

В. Й. Климченко

**ОЗБРОЄННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ
І ЧАСТИН ППО**

РАДІОЛОКАЦІЙНА СТАНЦІЯ 5Н84А

Затверджено Командувачем Військами
ППО
як навчальний посібник для курсантів і
слухачів ХВУ

ЗАТВЕРДЖУЮ ДО ВИДАННЯ

тиражем _____ примірників

**Заступник начальника ХВУ
з навчальної роботи
полковник М.Деменко**

« » _____ 2001р.

Харків
2001

Климченко В.Й. Озброєння радіотехнічних підрозділів і частин ППО. Радіолокаційна станція 5Н84А: Навчальний посібник.— Харків: ХВУ, 2001.— 302 с.

Навчальний посібник підготовлений для забезпечення навчальної дисципліни «Озброєння радіотехнічних підрозділів і частин ППО». У ньому викладені принципи побудови (до функціональних та принципіальних схем) основних систем одного з найпоширеніших зразків радіолокаційної техніки, що знаходиться на озброєнні радіотехнічних військ ППО, – РЛС 5Н84А («Оборона»).

Навчальний посібник являє собою систематизоване та концентроване викладення матеріалу, який розосереджений у багатьох томах технічних описів, інструкцій з експлуатації тощо. Весь матеріал викладений на підставі сучасної теорії радіолокації. Глибоко обґрунтовані основні технічні рішення, проаналізовані їх переваги та недоліки. Таке викладення матеріалу розвиває в курсантів аналітичне мислення та критичний підхід до оцінки інженерно-технічних рішень.

Навчальний посібник розрахований у першу чергу на курсантів, які навчаються за спеціалізацією «Радіолокаційні засоби інформаційного забезпечення військ». Але матеріал упорядкований і викладений так, що навчальним посібником можуть користуватися також особи командного та інженерного складу радіотехнічних військ.

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЛС 5Н84А

- 1.1. Призначення РЛС та вирішувані завдання
- 1.2. Склад РЛС та розміщення на позиції. Вимоги до позиції
- 1.3. Методи огляду простору та вимірювання координат
- 1.4. Тактико-технічні характеристики РЛС 5Н84А
 - 1.4.1. Основні технічні параметри РЛС
 - 1.4.2. Основні тактико-технічні дані РЛС

2. СТРУКТУРНА СХЕМА РЛС

- 2.1. Склад апаратури
- 2.2. Тракт формування, каналізації та випромінювання зондуючих сигналів
- 2.3. Тракт приймання, підсилення та обробки луна-сигналів
- 2.4. Тракт пеленгування постановників активних завад
- 2.5. Тракт перестройки та автоматичного підстроювання частоти
- 2.6. Відображення інформації
- 2.7. Хронізація роботи систем та пристроїв РЛС
- 2.8. Спряження РЛС із зовнішніми системами
 - 2.8.1. Спряження з КЗА та РЛС
 - 2.8.2. Спряження з ПРВ
- 2.9. Обертання антени та передача азимута
- 2.10. Імітація повітряної та радіоелектронної обстановки
- 2.11. Управління та контроль РЛС

3. ПЕРЕДАВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

- 3.1. Призначення, склад та загальна характеристика передавального пристрою
- 3.2. Генератор НВЧ
 - 3.2.1. Принципи побудови та функціонування генератора НВЧ
 - 3.2.2. Особливості побудови основних елементів генератора НВЧ
 - 3.2.3. Принципи настройки та регулювання генератора НВЧ
 - 3.2.4. Елементи захисту генератора НВЧ
- 3.3. Модуючий пристрій
 - 3.3.1. Призначення, склад та принципи побудови модулюючого пристрою
 - 3.3.2. Захист модулятора від перевантаження

4. АНТЕННО-ФІДЕРНА СИСТЕМА

4.1. Призначення, склад та структурна схема антенно-фідерної системи

4.2. Антена основного каналу

4.2.1. Загальна характеристика антени основного каналу

4.2.2. Особливості конструкції дзеркала антени

4.2.3. Особливості конструкції опромінювача

4.3. Антени допоміжних каналів

4.3.1. Антени А1 і А2

4.3.2. Антена А3

4.3.3. Антена А4

4.3.4. Антена А5

4.4. Фідерна система

4.4.1. Антенний комутатор

4.4.2. Направлені відгалужувачі

4.4.3. Блок струмозйомників

4.4.4. Високочастотне поворотне з'єднання

4.5. Блок захисту

4.6. Система еквівалента антени

4.6.1. Перемикач АНТЕННА – ЭКВИВАЛЕНТ

4.6.2. Блок навантажувальних опорів

4.6.3. Блок високочастотного трансформатора

4.6.4. Вимірювач входних опорів

4.6.5. Методика настройки еквівалента антени

4.7. Вимірювач коефіцієнта бігучої хвилі та потужності зондуєчих сигналів

4.7.1. Принципіальна схема блока 114

4.7.2. Методика вимірювань за допомогою блока 114

5. ПРИЙМАЛЬНА СИСТЕМА

5.1. Загальна характеристика приймальної системи

5.2. Блок підсилювача високої частоти (блок 215)

5.2.1. Структурна схема блока підсилювача високої частоти

5.2.2. Функціональна схема блока підсилювача високої частоти

5.3. Блок першого гетеродина (блок 222)

5.4. Блок підсилювача напруги гетеродина (блок 382)

5.5. Блоки підсилювачів сигналів проміжної частоти (блоки 351, 352)

5.5.1. Призначення та структурна схема блока підсилювача сигналів проміжної частоти основного каналу (блок 351)

5.5.2. Функціональна схема блока ППЧ (бл. 351)

5.5.3. Особливості побудови блоків ППЧ компенсаційних каналів (блоки 352)

5.6. Блок других гетеродинів (блок 220)

5.7. Вихідний блок ППЧ (блок 248)

6. СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД АКТИВНИХ ШУМОВИХ ЗАВАД

6.1. Загальна характеристика системи захисту від активних шумових завад

6.1.1. Призначення та принцип дії системи захисту від активних шумових завад

6.1.2. Принцип дії кореляційного автокомпенсатора

6.1.3. Варіанти застосування автокомпенсаторів при подавленні активних шумових завад

6.1.4. Варіанти технічної реалізації кореляційних автокомпенсаторів

6.2. Склад та структура системи захисту від активних шумових завад

6.3. Блоки кореляторів

6.4. Блок суматора (блок 271)

6.5. Блок контролю автокомпенсатора (блок 369)

7. СИСТЕМА ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТИ

7.1. Загальна характеристика системи перестройки частоти

7.2. Автомат перестройки АП1

7.3. Автомат перестройки АП4

7.4. Автомат перестройки АПКО

7.5. Характеристика основних пристроїв системи перестройки частоти

7.5.1. Пульт перестройки (блок 375)

7.5.2. Сервопідсилювач автомата перестройки АП1 (блок 41)

7.5.3. Сервопідсилювач автомата перестройки АПКО (блок 242)

7.5.4. Серводвигун автомата перестройки АП1 (блок 71)

7.5.5. Серводвигун автомата перестройки АП4 (блок 276)

7.5.6. Серводвигун автомата перестройки АПКО (блок 277)

7.5.7. Блоки комутації (блоки 46, 246)

8. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ

8.1. Загальна характеристика системи автоматичного підстроювання частоти

8.2. Блок частотного перетворення сигналів АПЧ (блок 247)

8.3. Блок частотних дискримінаторів (блок 47)

8.4. Блок сервопідсилювача АПЧ (блок 359)

8.4.1. Функціональна схема сервопідсилювача

8.4.2. Функціональна схема пристрою комутації

9. СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД ПАСИВНИХ ЗАВАД

9.1. Загальна характеристика системи захисту від пасивних завад

9.1.1. Призначення та особливості побудови системи захисту від пасивних завад

- 9.1.2. Склад, структурна схема та основні технічні параметри системи захисту від пасивних завад
- 9.2. Принципи побудови когерентно-імпульсного пристрою
 - 9.2.1. Блок когерентного гетеродина (блок 37)
 - 9.2.2. Блок кварцових гетеродинів (блок 38)
 - 9.2.3. Синусно-косинусний пристрій
- 9.3. Принципи побудови та функціонування компенсаційного пристрою
 - 9.3.1. Особливості роботи віднімаючого потенціалоскопа
 - 9.3.2. Вхідний блок ЧПК (блок 31)
 - 9.3.3. Вихідний блок ЧПК (блок 33)
 - 9.3.4. Блоки потенціалоскопів (блоки 32, 34)
 - 9.3.5. Блок спіральної розгортки (блок 35)
- 9.4. Принципи побудови формувача стробів комутації
 - 9.4.1. Датчик азимутальних стробів (блок 58)
 - 9.4.2. Блок стробів (блок 36)

10. ІНДИКАТОРНА АПАРАТУРА

- 10.1. Загальна характеристика індикаторної апаратури
 - 10.1.1. Призначення та склад індикаторної апаратури
 - 10.1.2. Структурна схема та принципи функціонування ІКО
 - 10.1.3. Структурна схема та особливості функціонування ВІКО
- 10.2. Блок розгортки (блок 123)
- 10.3. Блок трубки (блок 122)
- 10.4. Блок відеосигналів (блок 24)
- 10.5. Блок масштабних міток дальності (блок 29)
- 10.6. Селектор пеленга ІКО (блок 344) і ВІКО (блок 302)
- 10.7. Блок спряження (блок 126)
 - 10.7.1. Функціонування блока 126 при спряженні з ВІКО
 - 10.7.2. Функціонування блока 126 при спряженні з 5Н93М
- 10.8. Вхідний блок ВІКО (блок 27)
- 10.9. Індикатор контролю (блок 21)

11. СИСТЕМА ОБЕРТАННЯ АНТЕН

- 11.1. Загальна характеристика системи обертання антен
 - 11.1.1. Призначення, склад та технічні параметри системи
 - 11.1.2. Основні технічні рішення, які реалізовані в системі обертання антен
 - 11.1.3. Способи регулювання швидкості обертання асинхронних двигунів
- 11.2. Привод обертання основної антени
 - 11.2.1. Склад та структура приводу обертання основної антени
 - 11.2.2. Режим роботи приводу обертання основної антени

11.3. Привод обертання антени А5

11.4. Привод згортання та розгортання антени

12. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ АЗИМУТА

12.1. Загальна характеристика системи передачі азимута

12.2. Система передачі азимута на ВІКО

12.3. Система передачі азимута на ІКО

12.4. Система вторинної передачі азимута

ЗАКІНЧЕННЯ

ДОДАТОК 1

ЛІТЕРАТУРА

ВСТУП

Військова доктрина України є суто оборонною і спрямованою на забезпечення суверенітету та незалежності держави. Оборонний характер військової доктрини передбачає наявність високоефективної протиповітряної оборони. Високі вимоги до ефективності системи протиповітряної оборони зумовлені складом, льотно-технічними характеристиками і тенденціями розвитку сучасних засобів повітряного нападу. Поява в 80-х роках високоточної зброї та стратегічних крилатих ракет наземного, морського й авіаційного базування ще більше підвищила вимоги до ефективності системи протиповітряної оборони.

Для успішного вирішення завдань прикриття військ та об'єктів від ударів з повітря потрібна постійно діюча ефективна система розвідки повітряного простору. Основним засобом ведення постійної розвідки повітряного простору є спеціальний клас радіолокаційних станцій, так званих станцій чергового режиму або їх ще називають станціями дальнього виявлення та попередження. Тривалий час у військах ППО такими засобами радіолокаційної розвідки були РЛС П-14 та 5Н84 (П-14Ф). З удосконаленням засобів повітряного нападу й оснащенням їх високоефективними системами радіопротидії означені радіолокаційні станції внаслідок їх слабкої завадозахищеності перестали задовольняти зростим вимогам.

РЛС 8Н84А ("Оборона") прийшла на заміну станціям типу П-14, 5Н84 і відноситься до покоління радіолокаційних станцій, прийнятих на озброєння в середині 70-х років (РЛС 5Н84А була прийнята на озброєння в 1974 році). У ній реалізовані останні на той час досягнення теорії та практики щодо питань завадозахищеності радіолокаційних засобів. Формально РЛС 5Н84А («Оборона») є модернізацією радіолокаційної станції 5Н84. Але модернізація була настільки докорінною, що станція набула якісно нових властивостей та можливостей. Цим пояснюється широке використання РЛС 5Н84А не тільки в системі ППО СРСР, а потім країн СНД, а також і в системах ППО багатьох країн Європи, Азії та Африки.

Посібник написаний у відповідності з програмою навчальної дисципліни "Озброєння радіотехнічних підрозділів і частин ППО" для слухачів і курсантів факультету радіотехнічних інформаційних систем і РЕБ. У посібнику викладається загальна характеристика РЛС, розкриваються принципи побудови її основних систем і дається обґрунтування реалізованих технічних рішень. Посібник може бути рекомендованим для військ.

Матеріал посібника оброблений і упорядкований таким чином, що ним можуть користуватися різні категорії фахівців

радіотехнічних підрозділів і частин ППО. Для загального знайомства з тактико-технічними характеристиками РЛС і принципами її бойового застосування достатньо відпрацювати матеріал першого розділу. Для вивчення основних технічних рішень, що втілені в РЛС, необхідно додатково відпрацювати матеріал другого розділу. В решті розділів викладені принципи побудови й особливості експлуатації основних систем РЛС. Матеріал цих розділів корисний для інженерно-технічного складу, який безпосередньо експлуатує РЛС.

Автор висловлює щирі подяки працівнику Збройних Сил України Франкові Л.І. за машинну обробку графічної частини роботи і викладачам кафедри «Озброєння радіотехнічних частин та підрозділів» кандидатам технічних наук Бархатову О.М. і Мацулевичу А.А. за критичні зауваження і поради при написанні навчального посібника.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЛС 5Н84А

1.1. Призначення РЛС та вирішувані завдання

Двокоординатна РЛС 5Н84А ("Оборона") призначена для дальнього виявлення повітряних об'єктів, вимірювання їхніх координат (азимуту, дальності) і визначення державної належності за принципом "свій-чужий". Для вимірювання висоти повітряних об'єктів передбачене спряження РЛС з двома висотомірами типу ПРВ-13 або ПРВ-17. При цьому управління висотомірами та зчитування інформації про висоту повітряних об'єктів здійснюються на РЛС 5Н84А.

Радіолокаційна станція 5Н84А використовується в радіотехнічних військах як засіб для створення чергового радіолокаційного поля в автоматизованих і неавтоматизованих угруповуваннях військ ППО. Крім того, РЛС 5Н84А може використовуватися і як станція розвідки та цілевказування для групи каналів зенітного ракетного комплексу С-200.

При використанні РЛС у радіотехнічних військах ППО основними завданнями є:

- розвідка повітряного простору у складі чергових сил;
- визначення початку масового нальоту засобів повітряного нападу противника;
- забезпечення радіолокаційною інформацією чергових вогневих засобів.

Таким чином, РЛС 5Н84А у мирний час використовується як засіб чергового режиму, а при раптовому повітряному нападі – як джерело радіолокаційної інформації для чергових вогневих засобів до приведення основних сил і засобів до бойової готовності.

1.2. Склад РЛС та розміщення на позиції. Вимоги до позиції

У розгорнутому стані до складу РЛС 5Н84А входять (рис. 1.1) такі конструктивно обособлені одиниці:

- напівпричеп антенного поста АнП-1 на шасі МАЗ-938Б з основною антеною АО та допоміжними антенами А1...А4;

- напівпричеп антенного поста АнП-2 на шасі МАЗ-938Б з допоміжною антеною А5 (при транспортуванні РЛС напівпричеп АнП-2 використовується для перевезення допоміжних антен А1...А4, опорних пристроїв відтяжок основної антени, кабелів та іншого допоміжного майна РЛС);

апаратний напівприцеп АП-1 (типу ОДА3-828К) з приймальною апаратурою, апаратурою захисту від завад та індикатором кругового огляду;

апаратний напівприцеп АП-2 (типу ОДА3-828К) з передавальним пристроєм;

апаратний напівприцеп АП-3 (типу ОДА3-828К) з двома виносними індикаторами кругового огляду, апаратурою спряження та дистанційного управління;

прицеп наземного радіолокаційного запитувача 73Е6;

дизельна електростанція 5Е96 на шасі МА3-522Б в кузові типу КУНГ-П10 з двома дизель-електричними агрегатами АД100-Т/400;

розподільно-перетворювальна кабіна 5Е88 на шасі МА3-522Б в кузові типу КУНГ-П10 з двома перетворювачами сітьової частоти ПСЧ-50К, одним перетворювачем ПСЧ-15К та дизель-електричним агрегатом АД30-Т1/400-1;

У похідному стані все майно РЛС 5Н84А становить вісім транспортних одиниць. Вантажно-габаритні характеристики та необхідні для транспортування тягачі наведені на рис. 1.2.

Розміщення РЛС на місцевості і вимоги до позиції визначаються конструктивними особливостями станції та діапазоном хвиль.

Розташування кабін і причепів на позиції (рис. 1.3) здійснюється з таким розрахунком, щоб у відповідальному секторі не допустити екранування антени запитувача. Для розгортання антенної системи і розміщення транспортних одиниць потрібна рівна площадка розміром 100×100 м. Відстань між напівпричепами АП-1 і АП-1 не повинна перевищувати 6 м через обмежену довжину фідерного тракту. Приблизні відстані та розташування інших елементів на відкритій позиції наведені на рис. 1.3.

Для формування необхідної діаграми напрямленості антени (ДНА) у вертикальній площині позиція з прилеглою місцевістю повинні задовольняти ряду вимог. Кути закриття не повинні перевищувати 15 мінут. Радіус рівної площадки, яка істотно впливає на формування діаграми напрямленості, повинен бути не меншим від 1,5 км. Висота нерівностей на відстані 100...150 м від РЛС не повинна перевищувати 1...1,5 м, а на зовнішньому кордоні площадки, яка істотно впливає на формування ДНА, допустима висота нерівностей повинна бути не більш 4...5 м. Причепи, що розташовані в безпосередній близькості від антени (до 30... 40м), істотного впливу на формування ДНА не справляють. Загальний ухил або підйом площадки, яка істотно впливає на формування ДНА, не повинен перевищувати 3 градусів. При більших кутах нахилу відбувається помітне спотворення форми ДНА та зони виявлення РЛС.

Позиція має бути віддалена від багатопровідних відкритих ліній зв'язку, високовольтних ліній електропередач, масивних залізобетонних і кам'яних споруд (скупчення будівель, ГЕС, промислових об'єктів) та лісних масивів на відстань до 2,5...3 км.

При розгортанні РЛС на рівнинній місцевості вибір позиції, яка задовольняє означеним вимогам, не викликає складнощів.

При виборі позиції на обривистих берегах із висотою обриву в кілька десятків метрів і більше станцію доцільно розгортати на відстані 1...1,5 км від обриву.

При розгортанні РЛС у гірській місцевості позицію доцільно вибирати на вершинах з пологіми схилами (3... 5 градусів) у відповідальних секторах.

При виборі позиції необхідно також ураховувати характеристики електромагнітної сумісності (ЕМС) станції. По-перше, РЛС 5Н84А, маючи потужний і достатньо тривалий зонduючий сигнал, сильно впливає на роботу інших станцій метрового діапазону, які знаходяться на одній позиції. Поліпшення характеристик ЕМС може бути досягнуте за рахунок синхронізації роботи радіолокаційних станцій по запуску і по обертанню, а також за рахунок рознесення роботи станцій за часом. По-друге, діапазони робочих частот РЛС 5Н84А і 6...12 телевізійних каналів перекриваються або близькі. В зв'язку з цим не допускається розміщення РЛС у створах телевізійних ретрансляторів і використання в РЛС робочих частот, які попадають до смуги частот телевізійних каналів, що діють у зонах взаємного впливу.

При розгортанні РЛС необхідно мати на увазі і питання екології. Позиція станції має бути віддалена від населених пунктів на відстань до 3...4 км.

У цілому правильний вибір позиції і розміщення на ній елементів РЛС 5Н84А забезпечують створення зони виявлення з заданими параметрами.

1.3. Методи огляду простору та вимірювання координат

Радіолокаційна станція 5Н84А є двокоординатною і забезпечує вимірювання азимута і дальності до цілі. Антенна система РЛС формує на випромінювання і на приймання вузьку діаграму напрямленості в горизонтальній площині і широку – у вертикальній. При обертанні антенної системи забезпечується огляд простору по азимуту в широкому секторі кутів елевачії. Таким чином, у РЛС 5Н84А реалізований метод паралельного одноканального огляду простору.

У станції передбачені три режими огляду простору: режим НИЖНИЙ ЛУЧ, режим ВЕРХНИЙ ЛУЧ і режим СКАНИРОВАНИЕ. Призначення перших двох режимів очевидне з їхньої назви та характеру сформованих при цьому зон виявлення, вертикальні перетини яких наведені на рис. 1.4. Режим СКАНИРОВАНИЕ означає автоматичний перехід з одного режиму на інший з кожним обертом антени. Переключення режимів здійснюється оперативно з кабін АП-1 або АП-3 шляхом зміни режиму живлення опромінювачів антени.

Метод вимірювання координат залежить від режиму зйому інформації. При автономній роботі РЛС використовується візуальний зйом інформації за допомогою індикатора кругового огляду (ІКО). При спряженні РЛС з комплексами засобів автоматизації (КЗА) використовується автоматизований зйом інформації на робочих місцях операторів КЗА.

При візуальному зйомі інформації координати цілі визначаються шляхом інтерполяції положення позначок луна-сигналів між масштабними мітками дальності і азимуту на ІКО.

При автоматизованому зйомі інформації рішення про наявність цілі приймає оператор КЗА, аналізуючи обстановку по індикатору свого робочого місця. Вимірювання координат здійснюється шляхом суміщення маркера за допомогою маркерного механізму з центром позначки від цілі. Цим оператор визначає прямокутні координати цілі $X_{ц}$, $U_{ц}$, які потім пересилаються до обчислювального комплексу КЗА.

1.4. Тактико-технічні характеристики РЛС 5Н84А

1.4.1. Основні технічні параметри РЛС



При виборі основних технічних параметрів РЛС виходять з її призначення і забезпечення необхідних тактико-технічних характеристик.

1.4.1.1. **Передавальний пристрій** генерує некогерентну послідовність простих зондуючих сигналів імпульсною потужністю 700...900 кВт у метровому діапазоні хвиль ($\lambda=1,5...1,9\text{м}$). Тривалість зондуючого сигналу $\tau=10$ мкс, ефективна ширина спектра зондуючого сигналу $\Delta f_{\text{еф}}=100\text{кГц}$. Частота посилення зондуючих сигналів становить: $F_{\text{П1}}=185...195$ Гц, $F_{\text{П2}}=95$ Гц. При цьому в режимі $F_{\text{П1}}$ можливе увімкнення режиму 25%-ї вобуляції періоду посилення імпульсів для запобігання ефекту сліпих швидкостей при обробці сигналів у системі селекції рухомих цілей (СРЦ). Для надання луна-сигналам когерентності при обробці їх у системі СРЦ використовується спеціальний когерентний

гетеродин, тобто в РЛС застосована так звана еквівалентна внутрішня когерентність сигналів.

1.4.1.2. **Приймальний пристрій** за своєю побудовою є багатоканальним. Усі канали виконані за супергетеродинною схемою з двократним перетворенням частоти. При цьому перша проміжна частота для всіх приймальних каналів однакова: $f_{\text{ПР1}}=25,9\text{МГц}$, а друга проміжна частота в основному приймальному каналі становить $f_{\text{ПР2КО}}=10\text{МГц}$, в першому допоміжному – $f_{\text{ПР2К1}}=16,5\text{МГц}$, в другому – $f_{\text{ПР2К2}}=16,7\text{МГц}$ і в третьому – $f_{\text{ПР2К3}}=16,9\text{МГц}$. Динамічний діапазон усіх приймальних каналів становить $D=35\text{дБ}$. Коефіцієнт шуму $\text{Ш}\leq 4$, смуга пропускання узгоджена з шириною спектра зондуючих сигналів $\Pi=100\text{кГц}$.

1.4.1.3. **Антенна система** формує вузьку діаграму напрямленості в горизонтальній площині ($\Delta\beta_{\text{П}}=4^{\circ}20'$) і широку – у вертикальній площині ($\Delta\epsilon_{\text{П}}=12^{\circ}$ в режимі НИЖНИЙ ЛУЧ, $\Delta\epsilon_{\text{П}}=17^{\circ}$ в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ). Коефіцієнт підсилення антени $G=700$. Рівень бокових пелюсток порівняно високий ($G_{\text{бок}} = -17\ldots-20$ дБ). Антена являє собою антену дзеркального типу з розміром дзеркала 32×11 м.

У цілому вибір технічних параметрів основних систем визначає енергетичний потенціал РЛС, точнісні характеристики і розрізнявальну здатність, а також інші тактико-технічні характеристики, які розглядаються в пункті 1.4.2.

1.4.2. Основні тактико-технічні дані РЛС

1.4.2.1. **Зона виявлення.** Основні параметри зони виявлення РЛС по цілі типу МиГ-21 при ймовірності правильного виявлення $P\geq 0,5$ та ймовірності хибної тривоги $F_{\text{ХТ}}\leq 10^{-5}$ на основній (середній) частоті діапазону при різних режимах огляду простору зі швидкістю обертання антенної системи 3 об/хв наведені в табл. 1.1, а перетин зони виявлення вертикальною площиною наведений на рис. 1.4. До даних, наведених у табл. 1.1, треба додати, що висотна межа виявлення цілей при одному провалі в їх проводці протяжністю не більше 50 км становить 45 км, а пеленгування постановників активних шумових завад, що летять на висоті 10 км та створюють завади зі спектральною щільністю не менше $0,5\text{Вт/МГц}$, можливе з дальності 350 км. При роботі РЛС на крайніх частотах діапазону дальність виявлення цілей знижується на 5...10 відсотків.

Параметри зони виявлення, означені в табл. 1.1, забезпечуються при розгортанні РЛС на рівній позиції, що задовольняє вимогам, викладеним у п. 1.2. При цьому РЛС 5Н84А забезпечує розвідку повітряного противника на дальніх підступах у діапазоні можливих висот польоту.

1.4.2.2. **Точнісні характеристики.** При масштабі М2 ($r_{\text{макс}}=200\text{км}$) середньоквадратичні значення похибок вимірювань координат становлять $\sigma_r=1000\text{м}$, $\sigma_\beta=1^\circ$, а середньоквадратичні похибки пеленгування постановників активних завад – $\sigma_{\text{впЛАЗ}}=2^\circ$. Це, порівняно з іншими РЛС, невисокі показники, але цілком задовільні для класу станцій чергового режиму, якою є РЛС 5Н84А.

1.4.2.3. **Розрізнявальна здатність.** Розрізнявальна здатність по дальності становить $\delta_r=3500\text{м}$, а по азимуту $\delta_\beta=8^\circ$.

Таблиця 1.1

Параметр зони виявлення		Режим НИЖНИЙ ЛУЧ		Режим ВЕРХНИЙ ЛУЧ, без завад
		Без завад	Завади діють по бокових пелюстках ДНА, $N_3=10\text{Вт/МГц}$, $r_3=200\text{км}$, $h_3=10\text{км}$	
$r_{\text{в}}, \text{км}$	$h=100 \text{ м}$	33	30	30
	$h=500 \text{ м}$	80	70	75
	$h=1000 \text{ м}$	105	90	100
	$h=6000 \text{ м}$	230	200	210
	$h=10000 \text{ м}$	300	250	280
	$h=20000 \text{ м}$	400		360
$h_{\text{макс}}, \text{км}$		35	27	37
$\epsilon_{\text{макс}}, \text{град.}$		12	12	17
$R_{\text{МЗ}}$		5h	5h	3,5h

1.4.2.4. **Радіоелектронний захист.** Радіоелектронний захист РЛС включає в себе захист від протирадіолокаційних ракет (ПРР), захист від активних та пасивних завад, електромагнітну сумісність (ЕМС) і стійкість проти впливу електромагнітного імпульсу.

Захист від ПРР ускладнюється тим, що діаграма напрямленості антени РЛС має порівняно високий рівень бокових пелюсток. З іншого боку, використання метрового діапазону хвиль знижує ефективність застосування ПРР. Для захисту від ПРР передбачена заборона роботи на випромінювання в секторі та різні режими мерехтіння випромінюванням при обертанні антени. Захисту від ПРР сприяє також зміна частоти посилення зондуючих сигналів (ввімкнення режиму вобуляції) і перестройка частоти.

Радіолокаційна станція 5Н84А має високу **захищеність від активних завад**, яка досягається:

високим енергетичним потенціалом РЛС;

наявністю автокомпенсатора активних шумових завад, які діють по головному променю та по бокових пелюстках ДНА;

перестройкою робочої частоти зонduючого сигналу;

застосуванням пристрою подавлення несинхронних імпульсних завад;

застосуванням автоматичних регулювань підсилення сигналів у приймальних трактах;

наявністю апаратури пеленгування постановників активних шумових завад.

Високий енергетичний потенціал забезпечується великою імпульсною потужністю та тривалістю зонduючого сигналу, а також великою площею антени.

Подавлення активних шумових завад, які діють по головному променю та по бокових пелюстках ДНА, здійснюється шляхом застосування триканального автокомпенсатора завад. При наявності 5 допоміжних антен, які перекривають бокові та задні пелюстки діаграми напрямленості антени основного каналу, а також забезпечують приймання електромагнітних коливань з вертикальною поляризацією, є можливість широкого вибору режимів захисту залежно від завадової обстановки. Коефіцієнт подавлення активних шумових завад, які надходять до приймальних трактів від імітатора, становить не менше 20дБ, а в реальній обстановці при наявності в повітрі одного постановника завад – не менше 17дБ за умов відсутності перевантаження приймальних трактів.

Перестройка робочої частоти застосовується для захисту від прицільних по частоті завад. Існують 4 фіксовані частоти (робочі точки) в діапазоні перестройки РЛС. Вибір частоти здійснюється оператором.

Задача захисту від несинхронних імпульсних завад вирішується спеціальним пристроєм, який конструктивно об'єднаний із системою захисту від пасивних завад.

Використання в трактах обробки сигналів автоматичних регулювань підсилення забезпечує розширення динамічного діапазону приймальних трактів, що також сприяє підвищенню захищеності РЛС від завад.

Наявність апаратури пеленгування постановників активних шумових завад дає можливість точного визначення азимута на постановники завад.

У цілому застосування комплексу технічних заходів щодо захисту РЛС від активних завад забезпечує успішну проводку цілей на фоні завад середньої інтенсивності. За умов шумової загороджувальної завади, створюваної еквівалентним джерелом завад ($r_3=200$ км, $h_3=10$ км, $N_3=10$ Вт/МГц) і діючої по бокових пелюстках ДНА, зона виявлення стискається в 1,25...1,3 рази, тобто дальність виявлення знижується на 20...25% (див. табл. 1.1).

Дальність виявлення літаків типу ТУ-16 на висоті 10000 м у режимі самоприкриття при спектральній щільності завад 0,6 Вт/МГц і круговій їх поляризації становить не менше 200 км при роботі станції в режимі НИЖНИЙ ЛУЧ.

Захищеність від пасивних завад забезпечується наявністю апаратури селекції рухомих цілей (СРЦ), яка являє собою систему двократної черезперіодної компенсації пасивних завад. Система СРЦ виконана на потенціалоскопах. Коефіцієнт подавлення пасивних завад типу «Місцеві предмети» становить не менше 20 дБ. Впевнена проводка цілей типу ТУ-16 на фоні штучно створених пасивних завад можлива при щільності постановки завад до 2 стандартних пачок диполів на 100 м польоту і швидкості вітру до 60 м/с.

Електромагнітна сумісність РЛС характеризується такими особливостями. Маючи високий енергетичний потенціал, РЛС 5Н84А сильно впливає на роботу інших станцій метрового діапазону, які знаходяться на одній з нею позиції (П-12, П-18, П-14, 5Н84). Крім того, РЛС 5Н84А може сильно впливати на роботу систем телевізійного мовлення 6...12 телевізійних каналів і на роботу деяких радіостанцій типу Р-111 і Р-123МТ.

Перелічені характеристики ЕМС РЛС 5Н84А необхідно враховувати при виборі позиції і визначенні порядку роботи станції.

Електромагнітна сумісність двох однотипних РЛС 5Н84А або РЛС 5Н84А і РЛС П-12, П-18, 5Н84, 55Ж6, розміщених на одній позиції, забезпечується при частотному зсуві ≥ 6 МГц (розбіжність робочих частот на одну "точку"). При неможливості вибору таких частот електромагнітна сумісність забезпечується територіальним або часовим рознесенням роботи РЛС. Крім того, передбачена синхронна робота таких РЛС по запуску передавача і по обертанню антенної системи.

У цілому РЛС 5Н84А має для свого класу станцій високі показники щодо радіоелектронного захисту і може успішно вирішувати завдання розвідки повітряного противника за умов складної радіоелектронної обстановки.

1.4.2.5. Інформаційні можливості РЛС характеризуються кількістю одночасно супроводжуваних цілей при заданій дискретності видачі інформації.

При візуальному зйомі інформації з одного ІКО або ВІКО оператор може видавати координати 8...10 цілей за 1 хвилину. Оскільки до складу апаратури РЛС входять один ІКО і два ВІКО, то загальна кількість супроводжуваних цілей при автономному використанні станції може досягати 24...30 з дискретністю оновлення інформації в одну хвилину.

При використанні РЛС в автоматизованих підрозділах інформаційні можливості станції визначаються інформаційними можливостями спряженого КЗА.

1.4.2.6. Станція має широкі можливості по спряженню із зовнішніми об'єктами (рис. 1.5). РЛС 5Н84А може спрягатися з КЗА старого парку типу 5Н93М, ВП-02М, ВП-03М, ВП-04М, АСУРК-1МА, К9М, з КЗА нового парку 86Ж6, 5К60, 68К6 та з радіолокаційними станціями 5Н84А, 5Н84(П14Ф), П-12, П-18 і двома висотомірами ПРВ-13 або ПРВ-17.

Спряження з КЗА старого парку та з КЗА 86Ж6 здійснюється безпосередньо шляхом видачі на КЗА по кабелях усіх необхідних сигналів через стойку спряження С-14. Спряження з КЗА 5К60 та 68К6 здійснюється через спеціальні пункти зйому координат 5Д36, які входять до складу КЗА.

Спряження з РЛС здійснюється також через стойку С-14, яка розташована в напівпричепі АП-3.

При спряженні з радіолокаційними висотомірами їх виносні індикатори розміщуються в напівпричепі АП-3, а спряження здійснюється через апаратуру С-119.

1.4.2.7. Показники мобільності і готовності. У згорнутому (похідному) стані РЛС 5Н84А містить 8 транспортних одиниць. Маса та габарити причепів і напівпричепів наведені на рис. 1.2. Станція може транспортуватися автомобільним, залізничним, повітряним та водним видами транспорту.

При транспортуванні автомобільним транспортом потрібно 5 сідлових тягачів та три бортові автомашини (див. рис. 1.2). Швидкість руху на дорогах із твердим покриттям не більше 30 км/год, на ґрунтових дорогах – не більше 20 км/год. Глибина броду повинна бути не більше 0,8 м, товщина льоду – не менше 100 см, крутизна підйому – до 20°, боковий крен – не більше 15°.

При транспортуванні РЛС 5Н84А залізничним транспортом потрібні вісім чотириосних залізничних платформ і два криті вагони. Кабіни, причепа і напівпричепа, розміщені на платформах, вписуються в залізничний габарит 02-ВМ.

Транспортування станції водним транспортом здійснюється в трюмах або твіндеках відповідної водотонажності.

Транспортування повітрям може здійснюватися великовантажними транспортними літаками Ан-22 або Ил-76. Для перевезення РЛС 5Н84А повітряним транспортом потрібні 4 літаки Ан-22 або 6 літаків Ил-76.

Час розгортання РЛС на підготовленій позиції тренуваною обслугою з 16 осіб дорівнює часу згортання і становить 24 години світлої пори. Час

піднімання (опускання) антенно-щоглового пристрою становить 15...20 хвилин.

Час увімкнення РЛС при працюючих агрегатах живлення – 4 хвилини.

Середній час напрацювання на відмову – 109 годин (без урахування НРЗ і ДЕС).

Середній час відновлення – 1 година.

Запас ресурсу – 15000 годин.

Споживана потужність не перевищує 150 кВт (у тому числі 50 кВт на обігрівання антени). Електроживлення РЛС здійснюється від власної дизельної електростанції або від мережі трифазного змінного струму напругою 380 В, частотою 50 Гц та з ізолюваним «нулем».

Конструкція РЛС забезпечує її нормальну роботу при температурі навколишнього повітря від -50° до $+50^{\circ}$ і швидкості вітру до 30 м/с. За умов ожеледі робота може здійснюватися при швидкості вітру не більше 22 м/с і товщині ожеледиці на дротах дзеркала антени до 5 мм та до 2 см – на інших елементах антенно-щоглового пристрою.

Склад бойової обслуги – 16 осіб.

Таким чином, за своїми тактико-технічними характеристиками РЛС 5Н84А відповідає класу станцій дальнього виявлення та попередження і може бути використана як джерело інформації, необхідної для приведення військ до повної бойової готовності і прийняття рішення на відбиття удару повітряного противника.

2. СТРУКТУРНА СХЕМА РЛС

2.1. Склад апаратури

Структура РЛС визначається її призначенням, реалізованими принципами огляду простору і вимірювання координат, а також елементною базою. РЛС 5Н84А є двокоординатною станцією з паралельним оглядом простору по куту елевації і послідовним по азимуту. Станція має систему захисту від активних шумових завад, які діють по бокових пелюстках і по головному променю ДНА. В РЛС застосована антена дзеркального типу. Цим визначається загальна структура та зовнішній вигляд РЛС.

До складу РЛС входять одноканальний передавальний пристрій, багатоканальний приймальний пристрій, дзеркальна антена та ряд допоміжних антен, які використовуються в системі захисту від активних шумових завад. Вся обробка сигналів здійснюється в аналоговій формі. Елементна база – радіолампи, частково використовуються напівпровідники.

Уся апаратура за функціональним призначенням ділиться на системи і пристрої. За конструктивними ознаками апаратура ділиться на стойки, блоки і субблоки. Чіткої схеми позначення систем та блоків не існує. Прийнята наскрізна нумерація блоків.

Апаратура РЛС 5Н84А являє собою типовий набір систем, характерний для оглядових РЛС старого парку. Перелік систем та їх склад наведені у табл. 2.1.

Розташування апаратури в напівпричепках наведене на рис. 2.1, а найменування блоків за їх функціональним призначенням та їх місцезнаходження вказані в додатку 1.

Таблиця 2.1

№з/п	Найменування системи	Склад систем (номери блоків або назви складових)
1	Антенно-фідерна система (АФС)	Основна антена, допоміжні антени (бл. 361...365), бл.16, 212, 213, 366...368
2	Передавальна система	20, 50...53, 165
3	Приймальна система	215, 220, 222, 248, 351, 352, 382
4	Система автокомпенсації активних шумових завад	271...274, 369
5	Система пеленгування ПАЗ	384, 385

6	Система селекції рухомих цілей (СРЦ)	31...38, 58
7	Індикатор кругового огляду (ІКО)	21, 24, 29, 122, 123, 126, 344
8	Виносний індикатор кругового огляду (ВІКО)	21, 24, 27, 29, 122, 123, 302
9	Хронізуєчий пристрій	25, 225, 358
10	Система перестройки частоти	41, 45, 46, 71, 73, 95, 242, 246, 276, 277, 375
11	Система автоматичного підстроювання частоти	47, 74, 247, 359
12	Система обертання та розгортання антени	243, 254, 330...336, 370...373, 377, 378, 390
13	Система передачі азимута	6, 55, 59, 60, 76, 355
14	Апаратура управління	95, 286, 287
15	Апаратура спряження із зовнішніми системами (апаратура С-14)	1...4
16	Апаратура спряження з висотомірами (стойка С-119)	200...205
17	Апаратура захисту від протирадіолокаційних ракет (КОММУТАТОР-14)	206...208
18	Система еквівалента антени	16...19
19	Імітатор цілей і завад	80, 82, 83, 84, 305, 379, 380, 381
20	Контрольно-вимірювальна апаратура	20В, 114, 185, 188, плавний атенюатор, контрольний диполь, напрямлені відгалужувачі, контрольно-вимірювальні прилади
21	Система вторинного електроживлення	3, 61, 62, 90, 93, 94, 152, 163, 165, 166, 179, 196, 267, 300, 301, 310, 349, 350, 356, 357, 374, 376, 391, батарея акумуляторів
22	Система телефонного та гучномовного зв'язку	АТГС, П-193
23	Система вентиляції та опалення	Вентиляційні пристрої та повітряні опалювачі

Розгорнута структурна схема РЛС 5Н84А наведена на рис. 2.2. Загальний порядок функціонування РЛС доцільно вивчити шляхом розгляду основних трактів проходження та обробки сигналів.

2.2. Тракт формування, каналізації та випромінювання зондуючих сигналів

Тракт охоплює передавальний пристрій, антенно-фідерну систему та систему еквівалента антени.

У радіолокаційній станції 5Н84А використовується некогерентна послідовність «гладких» (тобто без внутрішньоімпульсної модуляції) зондуючих сигналів, яка формується генератором НВЧ (бл. 20). Генератор НВЧ виконаний за типовою для РЛС старого парку цього класу схемою лампового автогенератора з коливальною системою на жорстких коаксіалах.

Необхідні для роботи автогенератора потужні імпульси анодної напруги формуються модулятором (бл. 50, 51, 52, 53, 165), який виконаний за схемою модулятора з резонансним зарядом накопичувальної лінії та повним її розрядом.

Сформовані потужні зондуючі сигнали ($P_i=700\ldots900$ кВт) каналізуються до антенної системи за допомогою фідерного тракту довжиною близько 20 м (від передавача до струмозійника). Основними елементами фідерного тракту є: антенний комутатор АнК, напрямлені відгалужувачі НВ-1, НВ-2, механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ, потужний ВЧ-струмозійник, поворотний пристрій і перемикач опромінювачів.

Антенний комутатор забезпечує автоматичне підключення до антени передавача на час дії зондуючого сигналу і приймача – поза його дією. Антенний комутатор виконаний на розрядниках та чвертьхвильових відрізках коаксіальної лінії.

Напрямлені відгалужувачі НВ-1, НВ-2 забезпечують відгалуження частини високочастотної енергії зондуючого сигналу, необхідної для роботи систем АПЧ і СРЦ (НВ-1), а також для вимірювання потужності й умов розповсюдження зондуючого сигналу в тракті (НВ-2). За конструкцією НВ-1 і НВ-2 є відгалужувачами рамочного типу, при цьому рамка відгалужувача НВ-2 може бути вручну зорієнтована на приймання падаючої або відбитої хвилі, що необхідно при вимірюванні коефіцієнта бігучої хвилі.

Механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ має три положення і забезпечує підключення передавача або до антени, або до еквівалента антени, або залишає вихід передавача «відкритим», тобто ненавантаженим. Необхідність третього положення викликана особливостями настройки станції на запасні частоти без випромінювання в ефір.

Потужний ВЧ-струмозійник забезпечує передачу високочастотної енергії від нерухомої частини тракту до поворотної. Струмозійник являє

собою коаксіальне з'єднання контактного типу, виконане на потужних жорстких коаксіалах.

Поворотний пристрій є чисто конструктивним елементом, який забезпечує згинання фідерного тракту при згортанні антени. Поворотний пристрій являє собою коаксіально-обертальне з'єднання контактного типу.

Перемикач опромінювачів забезпечує зміну живлення опромінювачів антени при різних режимах огляду простору. В режимі НИЖНИЙ ЛУЧ вся енергія подається тільки на два верхні опромінювачі, а в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ – на всі три опромінювачі.

Система еквівалента антени використовується при настройці станції на запасні частоти без випромінювання в ефір. При цьому механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ устанавлюється в положення ИЗМЕРЕНИЕ. За допомогою ВЧ-трансформатора (бл. 18) та вимірювача входних опорів (бл. 17), який на цей час підключається спеціальними високочастотними штекерами до антени і до еквівалента (див. рис. 2.2), устанавлюється входний опір еквівалента антени рівним входному опору антени на заданій частоті. В подальшому генератор перемикається на еквівалент і настройка всіх елементів здійснюється без випромінювання в ефір.

2.3. Тракт приймання, підсилення та обробки луна-сигналів

Тракт охоплює кілька систем РЛС: антенно-фідерну та приймальну системи, систему автокомпенсації активних шумових завад та систему СРЦ.

Тракт містить основний канал приймання (КО) та кілька допоміжних каналів, які використовуються для вирішення завдань подавлення активних шумових завад, прийнятих боковими пелюстками та головним променем ДНА, і для пеленгування ПАЗ. Кількість допоміжних каналів поступово зменшується уздовж тракту. В антенно-фідерній частині тракт містить основний канал та шість допоміжних, тобто основну антену АО та шість допоміжних: А1, А2, А3, А4, А5Г і А5В. У приймальній системі кількість допоміжних каналів зменшується до чотирьох, а в системі захисту від активних шумових завад – до трьох. Таке поступове зменшення кількості допоміжних каналів дає можливість створення багатьох режимів захисту від АШЗ при прийнятних обсягах апаратури. Після системи захисту від АШЗ тракт стає одноканальним.

Структурно всі приймальні канали ідентичні і побудовані за схемою супергетеродинного приймача з двократним перетворенням частоти. Наявність подвійного перетворення частоти викликана суто конструктивними особливостями автокомпенсатора активних шумових

завад. Водночас така побудова покращує частотно-вибіркові властивості приймальної системи, бо знижує рівень приймання сигналів «дзеркальним каналом».

У високочастотній частині приймальної системи тракт містить основний канал КО та чотири допоміжних: К1, К2, К3, К4. Кожний канал, за винятком каналу К4, має свою відповідну антену. До каналу К4 за допомогою високочастотних реле Р1 і Р2 (див. рис. 2.2) можуть підключатися антени А4, А5В і А5Г залежно від вибраного режиму захисту від АШЗ.

Прийняті антенами сигнали в кожному каналі поступають через блок захисту (бл. 368) і напрямлений відгалужувач НВ на підсилювач високої частоти (бл. 215). Блоки 368 призначені для захисту приймальних каналів від проникнення зондуючих сигналів шляхом їх подавлення діодними обмежувачами. Направлені відгалужувачі НВ призначені для напрямленого введення в приймальні канали із системи імітації імітованих сигналів та завад з одночасним їх ослабленням в бік антени.

Кожний блок підсилювача високої частоти (бл. 215) здійснює частотно-вибіркове підсилення сигналів на високій частоті, перетворення їх на першу проміжну частоту ($f_{\text{ПР1}}=25,9\text{МГц}$) та попереднє підсилення сигналів на першій проміжній частоті. Відповідно до вирішуваних завдань кожний блок 215 містить перестроюваний підсилювач високої частоти ППВЧ, змішувач сигналів Зм, підсилювач проміжної частоти ППЧ та автомат перестройки підсилювача високої частоти АПКО(К1...К4), який виконаний окремим блоком (бл. 277) і конструктивно вмонтований в блок 215. Необхідна для частотного перетворення сигналів гетеродинна напруга виробляється першим гетеродином (бл. 222) і підсилюється та розмножується підсилювачем напруги гетеродина ПНГ (бл. 382).

Після блоків 215 сигнали поступають на блоки підсилювачів проміжної частоти. При цьому сигнали основного каналу КО та допоміжних каналів К1 і К3 подаються безпосередньо кожний на свій блок ППЧ, а виходи каналів К2 і К4 підключаються до входу відповідного блока ППЧ через високочастотне реле Р3, яке забезпечує подачу на подальшу обробку сигналів каналу К2 або К4 залежно від обраного режиму. Таким чином, далі тракт містить основний канал та три допоміжних, і обробка сигналів проводиться чотирма блоками ППЧ. За структурою всі блоки однотипні, і кожний з них забезпечує перетворення сигналів на другу проміжну частоту та їх підсилення. Крім того, в кожному блоці є контур шумового автоматичного регулювання підсилення (ШАРП), який забезпечує стабілізацію АШЗ в каналі на рівні 30 дБ відносно власних шумів. Незважаючи на повну структурну ідентичність блоків ППЧ, вони позначаються по-різному. Це пояснюється відмінністю проміжних частот (див. п. 1.4.1.2), що викликане особливостями побудови автокомпенсатора

активних шумових завад. Частоти в допоміжних каналах досить близькі, тому ці блоки ППЧ (бл. 352) взаємозамінні і вимагають лише додаткової підстройки. Проміжна частота основного каналу суттєво відрізняється, тому ППЧ основного каналу виконаний окремим блоком (бл. 351). Необхідні для другого частотного перетворення сигналів гетеродинні напруги виробляються другим гетеродином (бл. 220).

Після другого перетворення по частоті сигнали поступають на систему захисту від активних шумових завад. Основу системи становить триканальний гетеродинний автокомпенсатор АК. Необхідне частотне рознесення сигналів у каналах було здійснене в блоках ППЧ. Конструктивно автокомпенсатор складається з блока суматора (бл. 271) та трьох блоків кореляторів (бл. 272, 273, 274). Блок 369 є блоком контролю автокомпенсатора.

Після компенсації АШЗ тракт стає одноканальним, і сигнали поступають на вихідний блок ППЧ (бл. 248). У цьому блоці здійснюються остаточне підсилення сигналів на проміжній частоті, узгоджена фільтрація поодиноких луна-сигналів за допомогою фільтрів зосередженої селекції ФЗС та амплітудне детектування (АД). Крім того, вихідний ППЧ охоплений контуром ШАРП, який забезпечує додаткову стабілізацію рівня завад після автокомпенсатора. Блок має два виходи сигналів: амплітудний і когерентний. Сигнали з обох виходів поступають на систему селекції рухомих цілей (СРЦ).

Основне призначення системи СРЦ – подавлення природніх та штучно створюваних пасивних завад. Водночас система може також здійснювати подавлення несинхронних імпульсних завад, створюваних сусідніми РЛС або іншими джерелами імпульсного випромінювання.

За принципом побудови система СРЦ є когерентно-імпульсною системою з еквівалентною внутрішньою когерентністю та двократною черезперіодною компенсацією завад в одному квадратурному каналі. Для компенсації завад, створюваних рухомими під впливом вітру хмарами диполів, вводиться на час дії таких завад зсув частоти коливань напруги когерентного гетеродина за допомогою так званої схеми компенсації дії вітру (СКДВ). Компенсація завад здійснюється потенціалоскопами, які поєднують в собі одночасно функції лінії затримки сигналів та пристрою віднімання.

Принцип захисту від несинхронних імпульсних завад також ґрунтується на черезперіодному порівнянні (відніманні) сигналів. Луна-сигнали, з огляду на регулярність їх появи, після такого порівняння зникають, а несинхронні імпульсні завади залишаються і бланкують основний тракт проходження сигналів, тобто самі себе «знищують». Ці операції теж виконуються потенціалоскопами.

Означеними особливостями визначаються порядок обробки та проходження сигналів у системі СРЦ. Сигнали з когерентного виходу блока 248 подаються спочатку в блок когерентного гетеродина (бл. 37) на фазовий детектор ФД. Опорною напругою для ФД служить напруга когерентного гетеродина КГ. Фазування напруги когерентного гетеродина, тобто запам'ятовування або «нав'язування» початкової фази зондуючого сигналу, здійснюється спеціальним імпульсом фазування ІФ, який надходить від напрямленого відгалужувача НВ1 і після двократного частотного перетворення (в бл. 382 і 247) подається в блок 37 на когерентний гетеродин. Сформована когерентним гетеродином напруга подається на схему компенсації дії вітру СКДВ, яка разом із блоком кварцових гетеродинів (бл. 38) здійснює доплерівський зсув частоти коливань напруги когерентного гетеродина. Управління зсувом частоти здійснюється автоматично під впливом керуючої напруги U_y , яка надходить із блока управління обертанням антени (бл. 243). Сформована таким чином опорна напруга подається на фазовий детектор.

З виходу фазового детектора відеосигнали когерентного каналу надходять до вхідного блока ЧПК (бл. 31) на перемикач роду роботи РОД І – РОД ІІ. Сюди ж надходять із блока 248 сигнали амплітудного каналу.

У режимі роботи РОД І забезпечується захист від несинхронних імпульсних завад (НІЗ) в амплітудному каналі та однократна компенсація пасивних завад (ПЗ) в когерентному каналі. Сигнали амплітудного каналу надходять до блока 31 на першу ступінь ЧПК, яка разом з блоком першого потенціалоскопа (бл. 32) виконує операцію черезперіодної компенсації. При цьому луна-сигнали від цілей компенсуються, а імпульси НІЗ залишаються і подаються як імпульси бланкування на пристрій бланкування НІЗ, на другий вхід якого надходять сигнали з амплітудного каналу. З виходу пристрою бланкування очищені від НІЗ сигнали амплітудного каналу через перемикач роду роботи подаються на комутатор до вихідного блока ЧПК (бл. 33). Сигнали когерентного каналу надходять відразу на другу ступінь ЧПК (бл. 33), яка разом з другим потенціалоскопом (бл. 34) здійснює черезперіодну компенсацію пасивних завад, після чого луна-сигнали когерентного каналу також надходять на комутатор.

У режимі роботи РОД ІІ забезпечується двократна компенсація пасивних завад у когерентному каналі, а амплітудний канал залишається незахищеним від НІЗ. Сигнали когерентного каналу послідовно проходять обидва ступені ЧПК і надходять на комутатор у вихідний блок ЧПК (бл. 33), а сигнали амплітудного каналу поступають через перемикач роду роботи на комутатор безпосередньо.

Комутатор забезпечує автоматичну комутацію виходів амплітудного та когерентного каналів. У стробах, де є пасивні завади, на індикаторну

апаратуру подаються сигнали з когерентного каналу, а поза стробами – з амплітудного. Формування стробів комутації здійснюється блоком стробів (бл. 36) разом з датчиком азимутальних стробів (бл. 58). За допомогою цих блоків формуються один круговий строб, який охоплює «троянду» місцевих предметів, та два строби на віддалі, які перекривають зони дії хмар диполів.

2.4. Тракт пеленгування постановників активних завад

У РЛС 5Н84А реалізований метод амплітудного пеленгування постановників активних завад (ПАЗ), і пеленгатором є основний радіолокаційний канал станції. Для усунення хибних пеленгів треба мати кілька допоміжних приймальних каналів та антен, діаграми напрямленості яких перекривали б бокові пелюстки діаграми напрямленості основної антени. Порівнюючи потужність завад в основному та допоміжних каналах, можна визначити істинний пеленг на ПАЗ.

Тракт пеленгування ПАЗ охоплює антенну систему, високочастотну частину приймальної системи (до блоків 215 включно) і систему пеленгування у складі блока логарифмічних підсилювачів (бл. 385) і блока обробки сигналів пеленга (бл. 384). Блок 385 містить 5 (за кількістю приймальних каналів) логарифмічних підсилювачів сигналів на першій проміжній частоті ЛППЧ та 5 амплітудних детекторів АД. Після детектування сигнали поступають у блок 384, де вони усереднюються за допомогою інтеграторів і подаються на пристрій порівняння. Результат порівняння видається в індикаторну апаратуру на формувач позначки пеленга (бл. 344).

2.5. Тракт перестройки та автоматичного підстроювання частоти

Тракт охоплює систему перестройки частоти (СПЧ) і систему автоматичного підстроювання частоти (АПЧ) високочастотних коливань напруги генератора НВЧ та елементи передавального і приймального трактів, які треба перестроювати або пістроювати. Система перестройки частоти призначена для захисту РЛС від прицільних за частотою завад, а система АПЧ забезпечує сталість проміжної частоти луна-сигналів з метою їх оптимальної частотної фільтрації в приймальних трактах. За принципом побудови обидві системи є автоматичними слідкуючими системами за положенням. За способом реалізації системи є електромеханічними. Оскільки об'єкти регулювання для обох систем одні й ті ж і принципи їх

побудови схожі, то системи мають багато спільних елементів, тобто є системами подвійного використання.

Система перестройки частоти забезпечує перестройку робочих частот РЛС на одну з чотирьох заздалегідь вибраних частот у межах діапазону перестройки РЛС (160...200 МГц). Час перестройки не перевищує 6,5 с, а похибка встановлення частоти становить не більше 0,5 МГц.

Об'єктами перестройки є як елементи передавального тракту, так і елементи приймального тракту. У передавальному тракті перестроюються анодно-сітковий та вихідний (навантажувальний) контури генератора НВЧ, а також зв'язок між ними. Перестройка здійснюється так званими автоматами перестройки АП1 (бл. 71), АП2 (бл. 73) і АП3 (бл. 73). У приймальному тракті перестроюються коливальна система першого гетеродина (бл. 222) за допомогою автомата перестройки АП4 (бл. 276 – вмонтований у блок 222) та контури в перестроюваних підсилювачах високої частоти ППВЧ (блоки 215) усіх каналів відповідно автоматами перестройки АПКО, АПК1,...АПК4.

Таким чином, усього треба перестроювати 9 об'єктів. Відповідно до цього існує 9 каналів або контурів перестройки. Всі вони виконані за однаковою слідкуючою схемою, основу якої становить сельсинна пара. Автомати перестройки є виконавчими пристроями, основу яких становлять керовані двигуни змінного струму, так звані серводвигуни. Там же знаходяться і сельсин-приймальники, механічно поєднані через редуктор із валом серводвигуна. Сельсин-датчики для автоматів АП1,...АП4 знаходяться на пульті перестройки (бл. 375), а для автоматів АПКО, АПК1,...АПК4 використовується єдиний сельсин-датчик, який знаходиться в блоці автомата АП4 (бл. 276). На пульті перестройки для кожної частотної точки (а їх усього 4) є свій набір сельсин-датчиків для автоматів АП1,...АП4, тобто всього 16 сельсин-датчиків. При підключенні до автомата якого-небудь датчика напруга розходження подається на відповідний підсилювач (для АП1, АП2, АП3 це блок 41 і блоки 45, а для АП4 – блок 359, який використовується і в системі АПЧ), а потім – на обмотку управління серводвигуна відповідного автомата. Серводвигун буде обертатися доти, доки ротор сельсин-приймальника не досягне узгодженого положення з положенням ротора сельсин-датчика на пульті перестройки (бл. 375).

Дещо інакше здійснюється перестройка ППВЧ. Сельсин-датчик для автоматів АПКО, АПК1,...АПК4 знаходиться в автоматі АП4 (бл. 276). Напруга розходження підсилюється блоками сервопідсилювачів (бл. 242), на які з пульта перестройки через блок комутації (бл. 246) надходить напруга живлення, і подається на обмотку управління серводвигунів автоматів перестройки ППВЧ.

На закінчення щодо побудови системи перестройки частоти треба зазначити, що всі автомати перестройки можуть перестроюватись вручну. Це необхідно при настройці станції на запасні частоти.

Система АПЧ є двоканальною. Грубий канал забезпечує підстройку частоти першого гетеродина та контурів ППВЧ під частоту генератора НВЧ з точністю до 150...200 кГц при смузі захоплення ± 1 МГц, а точний канал забезпечує підстройку частоти генератора НВЧ під частоту першого гетеродина з точністю до 10 кГц при смузі захоплення 200 кГц. Обидва канали являють собою автоматичні слідкуючі системи за положенням.

У грубому каналі задавальним пристроєм є генератор НВЧ, регульованим пристроєм – перший гетеродин (бл. 222), а вимірювальним пристроєм є грубий частотний дискримінатор ЧДГ (бл. 47). Канал працює таким чином. Частина потужності зонduючого сигналу з напрямленого відгалужувача НВ1 (на схемі цей імпульс позначений як імпульс фазування ІФ) надходить до системи АПЧ, де зазнає подвійного перетворення по частоті (бл. 382, 247), і подається в блок частотних дискримінаторів (бл. 47) на грубий частотний дискримінатор ЧДГ. Сигнал розходження з виходу ЧДГ надходить у блок 359 через перемикач точного і грубого каналів на підсилювач-перетворювач, де він з імпульсної форми перетворюється на змінну напругу, амплітуда якої пропорційна величині частотної розстройки, а фаза визначається знаком розстройки. Сформована напруга надходить на обмотку управління серводвигуна автомата перестройки АП4 (бл. 276), який у цьому випадку забезпечує підстроювання частоти першого гетеродина. При цьому забезпечується також підстроювання ППВЧ, оскільки автомати АПКО, АПК1,...АПК4 постійно слідкують за положенням задавального сельсина автомата АП4.

У точному каналі задавальним пристроєм є перший гетеродин (бл. 222), регульованим пристроєм – генератор НВЧ, а вимірювальним пристроєм є точний частотний дискримінатор ЧДТ (бл. 47). Канал працює аналогічно грубому каналу. Різниця в тому, що сигнал на підсилювач-перетворювач (бл. 359) подається з виходу точного частотного дискримінатора, а вихідний сигнал підсилювача-перетворювача надходить на автомат АПЧ (бл. 74), який забезпечує повертання органу управління частотою генератора НВЧ (пластина в анодно-сітковому контурі генератора НВЧ).

2.6. Відображення інформації

Апаратура відображення інформації (індикаторна апаратура) призначена для відображення на робочих місцях операторів первинної радіолокаційної інформації. До складу апаратури відображення входять:

індикатор кругового огляду (ІКО) та два виносні індикатори кругового огляду (ВІКО). Апаратура ІКО розташована в напівпричепі АП-1, а обидва ВІКО винесені в напівпричеп АП-3. Принципи побудови та склад апаратури ІКО і ВІКО, за винятком деяких блоків, ідентичні.

Оснoву апаратури ІКО становить блок трубки (бл. 122). На екрані електронно-променевої трубки (ЕПТ) відображається первинна радіолокаційна обстановка у вигляді позначок цілей та позначок пізнавання, пеленгів на постановники завад при їх наявності та масштабних міток. Засобом відображення є традиційна для індикаторів РЛС старого парку ЕПТ з модуляцією яскравості променя і тривалим післясвітінням (кілька секунд) та з поворотною відхиляючою системою. Тому система координат полярна. На екрані формується радіально-кругова розгортка на масштабах 200, 400, 600 і 1200 км або кільцева розгортка тільки на масштабі 200 км із затримкою початку відліку на 100, 200, 300 і 400 км. Напруги, необхідні для створення розгортки, формує блок розгортки (бл. 123). У кожному такті зондування з появою імпульсу запуску ІЗ блок формує пилкоподібний імпульс напруги, який надходить до блока трубки (бл. 122) на відхиляючу систему ЕПТ. Так формується радіальна розгортка променя. Для отримання радіально-кругової розгортки відхиляюча система блока трубки обертається синхронно і синфазно з антеною. Для цього відхиляюча система має механічний зв'язок із серводвигуном ІКО (бл. 59), який є виконавчим елементом системи передачі азимута.

Підготовка всіх необхідних для відображення сигналів (підсилення сигналів, об'єднання тощо) здійснюється блоком відеосигналів (бл. 24), на який надходять луна-сигнали Э, сигнали пізнавання ОП, позначки пеленга П, мітки дальності МД та мітки азимута МА. Мітки дальності МД та позначки пеленга П формуються в індикаторній апаратурі відповідними блоками-формувачами (бл. 29 та 344), решта сигналів надходять ззовні.

До складу індикаторної апаратури входять також індикатор контролю (бл. 21) та блок спряження (бл. 126). Індикатор контролю являє собою осцилограф, яким можна проконтролювати всі відеосигнали, що надходять на ІКО. Крім того, його можна використовувати і як індикатор "амплітуда - дальність". Блок спряження об'єднує в декілька комплексних сигналів всі відеосигнали, які надходять на ІКО, і видає їх на ВІКО в напівпричеп АП-3.

Принципи побудови і функціонування ВІКО повністю співпадають з принципами побудови і функціонування ІКО. Але у складі апаратури ВІКО є деякі відмінності, викликані тим, що до ВІКО надходять комплексні сигнали, які треба "розпакувати".

2.7. Хронізація роботи систем та пристроїв РЛС

Узгоджена за часом робота систем та пристроїв РЛС забезпечується системою хронізації у складі трьох блоків, головним з яких є блок хронізатора (бл. 225), а решта блоків (бл. 358 і 25) забезпечують розмноження та підсилення сформованих імпульсів (у складі РЛС 5Н84АП хронізатором є блок 325, який поєднує в собі функції блоків 225, 358 і 25). Хронізатор може працювати в режимі внутрішнього або зовнішнього запуску.

У режимі внутрішнього запуску хронізатор забезпечує формування синхроімпульсів із частотою повторення 185...195 Гц або 95 Гц. Частота 185...195 Гц є основною. При цьому можлива 25% вобуляція періоду повторення імпульсів.

У режимі зовнішнього запуску важливо, щоб зовнішні синхронізуючі імпульси мали частоту повторення близько 200 Гц. Це можуть бути імпульси від сусідніх РЛС типу 5Н84А, П-18, 55Ж6, 1Л13 або від КЗА 5Н93М.

Управління роботою хронізатора здійснюється або з блока хронізатора (бл. 225), або з блока розгортки (бл. 123), або ж з блока дистанційного управління (бл. 287).

2.8. Спряження РЛС із зовнішніми системами

До зовнішніх систем, які можуть спрягатися з РЛС 5Н84А, відносяться: один з перелічених у п. 1.4.2.6 комплексів засобів автоматизації (КЗА), пересувні радіолокаційні висотоміри (ПРВ-13, ПРВ-17), радіолокаційні станції П-12, П-18 та наземний радіолокаційний запитувач (НРЗ) 73Е6. Останній об'єкт до зовнішніх систем можна віднести лише умовно, оскільки він входить до складу РЛС і окремої апаратури спряження з ним не існує.

Спряження з КЗА та РЛС П-12, П-18 здійснюється через апаратуру С-14, а спряження з висотомірами – через апаратуру С-119.

2.8.1. Спряження з КЗА та РЛС

Апаратура С-14 (стойка 1) забезпечує спряження РЛС 5Н84А одночасно з трьома КЗА і однією РЛС. При цьому один КЗА є головним, а решта – другорядними. Під головним КЗА розуміють КЗА 5Н93М, хоч це й необов'язково. Просто при роботі з КЗА 5Н93М найповніше реалізуються можливості РЛС щодо спряження. Для цього на КЗА 5Н93М (в причепі 5Н45М) встановлюється стойка 1РЛ-52, через яку

забезпечується спряження КЗА 5Н93М одночасно з двома РЛС 5Н84А. При цьому обидві РЛС можуть працювати синхронно як по запуску, так і по обертанню.

На всі КЗА видаються сигнали ССП (грубий і точний канали), луна-сигнали, імпульс запуску, сигнали пізнання, мітки дальності і азимута. На головний КЗА, крім того, видаються сигнали про готовність станції до вмикання, про вмикання високої напруги та про наявність випромінювання. З головного КЗА на РЛС надходять сигнали ССП для роботи РЛС у слідкуючому режимі, імпульси зовнішнього запуску, а також команди на вмикання і вимикання випромінювання та команди на вмикання НРЗ. Від другорядних КЗА ніякі сигнали та команди на РЛС не надходять.

Апаратура спряження С-14 забезпечує спряження з зовнішніми системами двох РЛС 5Н84А при використанні одного напівпричепа АП-3 (див. рис. 1.5). Крім того, стойка з апаратурою спряження С-14 може бути при необхідності винесена з напівпричепа АП-3 і встановлена, наприклад, на командному пункті підрозділу. При цьому кабельні лінії спряження виконані так, що їх можна від'єднати від АП-3 і з'єднати безпосередньо з блоками апаратури С-14.

2.8.2. Спряження з ПРВ

Для отримання інформації про висоту виявлених повітряних об'єктів станція може спрягатися з двома радіолокаційними висотомірами ПРВ-13 або ПРВ-17. При цьому індикаторні шафи висотомірів виносяться в напівпричеп АП-3, де для них передбачені спеціальні місця, і таким чином управління висотомірами здійснюється з напівпричепа АП-3. Для спряження використовуються штатні кабелі висотомірів, довжина яких не перевищує 500 м.

Спряження самих індикаторних шаф висотомірів із РЛС 5Н84А здійснюється через апаратуру С-119 (стойка 12), яка розташована також у напівпричепі АП-3. Апаратура С-119 забезпечує видачу від РЛС 5Н84А на індикатор кругового огляду, який є у складі виносної шафи висотоміра, усіх сигналів, необхідних для відображення первинної обстановки: імпульсів запуску, луна-сигналів, сигналів пізнання, міток дальності та азимута, напруги ССП. Імпульси запуску можуть бути використані також для зовнішнього запуску висотомірів. Від індикаторних шаф висотомірів на апаратуру С-119 надходять лише команди на вмикання передавача НРЗ. У модифікації 5Н84АП для спряження з висотомірами замість стойки 12 використовуються блоки 119 та ЛП-35.

У цілому можливості РЛС 5Н84А щодо спряження з зовнішніми системами дозволяють використовувати РЛС у складі автоматизованих і неавтоматизованих угруповувань Військ ППО.

2.9. Обертання антени та передача азимута

Система обертання антени забезпечує вирішення таких завдань:

- автономне обертання основної антени АО із швидкістю 3 або 6 об/хв;

- синхронно-синфазне обертання основної антени АО у слідкуючому режимі за обертанням головного датчика, розташованого в причепі 5Н45М, при спряженні РЛС 5Н84А з КЗА 5Н93М;

- синхронно-синфазне обертання допоміжної антени А5 з основною антеною АО;

- встановлення антен АО і А5 на заданий азимут;

- піднімання та опускання антени АО.

До складу системи обертання антени входять три відносно автономні підсистеми: підсистема обертання антени АО, підсистема обертання антени А5 і підсистема розгортання антени АО.

Підсистема обертання антени АО є силовим регульованим приводом змінного струму. Виконавчими елементами є два фазнороторні трифазні асинхронні електродвигуни потужністю 22 кВт кожний, які працюють на спільний вал і разом з редуктором становлять блок 254. Швидкість обертання валу регулюється двома способами. Фіксовані значення швидкості обертання антени 3 та 6 об/хв забезпечуються відповідною комутацією статорних і роторних обмоток двигунів, яка здійснюється блоком 333. Плавне регулювання швидкості обертання роторів двигунів, що необхідно при роботі системи обертання в слідкуючому режимі або при встановленні антени на заданий азимут, забезпечується використанням способу так званого подвійного живлення двигунів. Суть способу полягає в тому, що коли до ротора або статора асинхронного двигуна з фазним ротором підключити додаткове джерело живлення з регульованою напругою по амплітуді, фазі або частоті, то це дозволить регулювати швидкість обертання ротора двигуна. В РЛС 5Н84А використовуються фазове і частотне управління швидкістю обертання вала. Для цього в підсистемі обертання АО є блок перетворювача частоти (бл. 334). Управління частотою і фазою напруги блока 334 здійснюється блоком 335 відповідно з режимами, які формуються блоками 336 і 243 під впливом команд оператора.

Підсистема обертання допоміжної антени А5 являє собою силовий синхронно-слідкуючий привод постійного струму. Основу його становлять

двигун постійного струму потужністю 760 Вт та електромашинний підсилювач сигналів розузгодження, які формуються сельсинними парами. При роботі в слідкуючому режимі підсистема є двоканальною, і сельсин-датчики грубого та точного каналів знаходяться в блоці сельсинів (бл. 355), який механічно зв'язаний з приводом обертання основної антени АО. При роботі в режимі встановлення на заданий азимут підсистема є одноканальною, і сельсин-датчик знаходиться в блоці управління обертанням антени (бл. 243).

Підсистема розгортання антени АО містить лебідку піднімання антени, дві лебідки бокових відтяжок, лебідку піднімання ферми опромінювача та лебідку складання горизонтального ствола антени. Управління лебідками здійснюється виносним пультом управління (бл. 330), який під час розгортання (згортання) РЛС підключається до щита комутації живлення лебідок (бл. 332). Крім цього, в розгортанні антени приймає участь і основний привод, який на цей час підключається до механізму піднімання опорної секції основної антени.

З системою обертання антени механічно пов'язана система передачі азимута (СПА), основне завдання якої полягає в забезпеченні синхронного і синфазного обертання відхиляючих систем індикаторів з обертанням основної антени. Крім того, СПА забезпечує видачу на спряжені системи необхідних напруг ССП. Задавальним пристроєм СПА є блок сельсинів (бл. 355), який забезпечує видачу необхідної напруги ССП грубого і точного відліку для роботи самої СПА, а також на всі спряжені системи (КСА, сусідню РЛС, НРЗ 73Е6) через напівприцеп АП-3. Синхронне та синфазне обертання розгортки на ІКО і ВІКО здійснюється двома відносно незалежними системами: СПА ІКО та СПА ВІКО. За принципом побудови СПА ІКО являє собою одноканальну синхронно-слідкуючу передачу, до складу якої входять задавальний сельсин-датчик у блоці сельсинів (бл. 355), сервопідсилювач (бл. 60) і серводвигун ІКО (бл. 59). Сервопідсилювач забезпечує підсилення та перетворення сигналів розузгодження, які подаються на серводвигун ІКО (бл. 59). Серводвигун забезпечує обертання відхиляючої системи в блоці 122 синхронно і синфазно з обертанням антени АО. Крім того, в блоці 59 формуються мітки азимута. Система передачі азимута на ВІКО за принципами побудови аналогічна СПА ІКО, але вона є двоканальною і замість блоків 60 і 59 використовуються блоки 55 і 76 відповідно.

2.10. Імітація повітряної та радіоелектронної обстановки

Станція 5Н84А має розвинену для свого класу станцій систему імітації радіолокаційних сигналів та різного виду завад. Сигнали і завади,

які формуються імітатором, використовуються насамперед при контролі апаратури РЛС. Імітатор використовується також для навчання і тренування бойової обслуги.

В імітаторі формуються такі сигнали і завади:

активні шумові завади на високій частоті;

активні шумові завади на першій проміжній частоті;

пасивні завади;

луна-сигнали від цілей і своїх літаків;

різні послідовності контрольних відеоімпульсів.

Активні шумові завади на високій частоті використовуються для контролю працездатності пеленгаційних каналів і подаються (див. рис. 2.2) на входи підсилювачів високої частоти (блоки 215) через напрямлені відгалужувачі. Активні шумові завади на першій проміжній частоті використовуються для перевірки автокомпенсатора активних шумових завад і подаються на другий каскад вхідного ППЧ блоків 351 і 352. Пасивні завади та луна-сигнали від цілей і своїх літаків формуються на другій проміжній частоті і подаються тільки в основний канал на вихідний ППЧ в блоці 351. Пасивні завади використовуються для контролю системи СРЦ, а луна-сигнали від цілей та своїх літаків використовуються для імітації потрібної повітряної обстановки з метою тренування бойової обслуги. Послідовності контрольних відеоімпульсів використовуються для контролю роботи та вимірювання параметрів потенціалоскопів і надходять безпосередньо на блоки потенціалоскопів (на рис. 2.2 це не показано).

Таким чином, система імітації радіолокаційних сигналів за своїм призначенням і вирішуваними завданнями належить до основних систем РЛС та істотно впливає на готовність РЛС до бойового застосування.

2.11. Управління та контроль РЛС

У РЛС 5Н84А передбачені два режими управління: місцевий і дистанційний. Місцеве управління здійснюється з напівпричепа АП-1, а дистанційне – з напівпричепа АП-3.

При місцевому управлінні режимами роботи РЛС єдина централізована система управління відсутня. Органи управління системами станції розташовані переважно в блоках цих систем або на пультах управління системами, наприклад, пульт управління перестройкою частоти (бл. 375) або блок управління обертанням антени (бл. 243) та ін. Такі пульти і блоки розташовані в напівпричепі АП-1 поруч з ІКО, тобто з робочим місцем оператора, щоб останній мав змогу при необхідності оперативно змінювати режими під час бойової роботи.

Дистанційне управління станцією здійснюється спеціальною апаратурою дистанційного управління (АДУ), до складу якої входять блок дистанційного управління (бл. 287), розташований в АП-3, і блок комутації (бл. 286), розташований в АП-1. Всі необхідні органи управління зосереджені в блоці 287, який розташований між двома ВІКО (див. рис. 2.1) в зоні досяжності операторів. Команди з блока 287 у вигляді відповідних напруг надходять до напівпричепа АП-1 у блок 286, де розподіляються між системами.

Контроль параметрів окремих блоків і систем та контроль функціонування РЛС в цілому здійснюється вручну за допомогою вимірювальних приладів спеціального та загального призначення. Частина приладів вмонтована прямо в блоки. Це переважно вольтметри та амперметри різної потужності. Блок індикатора контролю (бл. 21) використовується як контрольний осцилограф для поточного контролю різних сигналів. Імітатор у цілому також використовується як спеціальний вимірювальний пристрій при перевірці систем захисту від активних та пасивних завад. Основні параметри передавального пристрою контролюються вимірювачем коефіцієнта бігучої хвилі (КБХ) та імпульсної потужності P_i (бл. 114). Крім вмонтованих приладів, до складу РЛС входить низка переносних приладів (див. додаток 1), за допомогою яких здійснюється періодичний контроль параметрів станції при різних видах технічного обслуговування.

У цілому системи управління та контролю забезпечують необхідний контроль стану основних систем і оперативне управління режимами роботи РЛС.

3. ПЕРЕДАВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

3.1. Призначення, склад та загальна характеристика передавального пристрою

Передавальний пристрій призначений для формування некогерентної послідовності потужних зондуючих радіоімпульсів у метровому діапазоні хвиль. Передавальний пристрій побудований за типовою для "метрових" РЛС старого парку схемою імпульсного лампового автогенератора з коливальною системою на жорстких коаксіалах. Імпульсна напруга анодного живлення формується модулятором, який перетворює постійну напругу високовольтного випрямляча на потужні імпульси. Цим визначаються склад та структура передавального пристрою.

Передавальний пристрій має (рис. 3.1.) такі основні складові:
генератор НВЧ (бл. 20);

модулятор (блоки 50, 51, 52, 53);

високовольтний (+14 кВ) випрямляч (бл.165);

Усі блоки розташовані в напівпричепі АП-2 (див. рис. 2.1) в два "поверхи". Внизу знаходяться блоки модулятора та високовольтного випрямляча, а над ними розташований генератор НВЧ.

Передавальний пристрій має такі основні технічні параметри:

імпульсна потужність зондуючих сигналів $P_i = 700 \dots 900$ кВт;

тривалість зондуючих сигналів $\tau_i = 10 \pm 1$ мкс;

частота повторення зондуючих сигналів у режимі основного запуску $F_{\Pi 1} = 185 \dots 195$ Гц, а в режимі рідкого запуску $F_{\Pi 2} = 95$ Гц. При цьому на частоті $F_{\Pi 1}$ можлива 25% вобуляція періоду повторення зондуючих сигналів, а також можливий зовнішній запуск передавального пристрою синхроімпульсами, які надходять з частотою приблизно 200 Гц;

імпульсна анодна напруга генераторної лампи $U_{\text{Амакс}} = 26$ кВ;

середнє значення анодного струму генераторної лампи $I_{\text{Аср}} = 200 \pm 50$ мА;

напруга розжарювання генераторної лампи $U_H = 6,7 \pm 0,3$ В;

струм розжарювання генераторної лампи $I_H = 425 \pm 40$ А;

коефіцієнт корисної дії ККД= 20%;

охолодження генераторної лампи повітряне.

Розглянемо принципи побудови основних елементів передавального пристрою.

3.2. Генератор НВЧ

3.2.1. Принципи побудови та функціонування генератора НВЧ

Генератор НВЧ побудований за схемою однотактного двоконтурного тріодного автогенератора з загальною сіткою. Спрощена принципова схема такого генератора наведена на рис. 3.2. Коливальна система генератора утворена анодно-сітковим контуром (L_{ac} , C_{ac}) та катодно-сітковим контуром (L_{ck} , C_{ck}). Зворотний зв'язок забезпечується міжелектродною ємністю "анод - катод" (C_{ak}). Ємності "анод - сітка" та "сітка - катод" враховані в ємностях відповідних контурів.

Оскільки між анодом і катодом лампи ввімкнута ємність, то для забезпечення умов самозбудження генератора опір катодно-сіткового контуру на робочій частоті має носити також ємнісний характер, а анодно-сіткового контуру – індуктивний. При цьому еквівалентна схема генератора являє собою класичну схему ємнісної триточки. Це досягається відповідною настройкою контурів. Власна частота анодно-сіткового контуру f_{ac} вибирається вище, а катодно-сіткового контуру f_{ck} – нижче заданої частоти генератора. На рис. 3.3 наведені залежності реактивних складових опору контурів та ємності C_{ak} від частоти. Коливальна система генератора має дві власні частоти f_r і f_r' , на яких сума реактивних складових опору дорівнює нулю $X_{ac} + X_{ck} + X_{ak} = 0$. Але умова самозбудження (умова балансу фаз) виконується тільки для частоти f_r , для якої опори X_{ck} і X_{ak} мають однаковий знак, від чого коефіцієнт зворотного зв'язку є позитивним: $k = U_{ck} / U_k = X_{ck} / X_{ak} > 0$, де U_k і U_{ck} - напруги на контурі і на затисках сітка-катод лампи відповідно.

Власна частота генератора f_r (див. рис. 3.3) ближче до власної частоти анодно-сіткового контуру f_{ac} , ніж до власної частоти катодно-сіткового контуру f_{ck} . Поблизу частоти f_r крива $X_{ac}(f)$ має більшу крутизну, ніж криві $X_{ck}(f)$ і $X_{ak}(f)$. Це, по-перше, означає, що стабільність частоти генератора f_r суттєво залежить від стабільності параметрів анодно-сіткового контуру і меншою мірою залежить від стабільності решти елементів коливальної системи. По-друге, для перестройки та автопідстроювання генератора достатньо здійснювати лише перестройку анодно-сіткового контуру, тобто змінювати f_{ac} .

Таким чином, за принципом побудови генератор НВЧ являє собою двоконтурний генератор з ємнісним зворотним зв'язком, а за принципом дії – ємнісну триточку.

3.2.2. Особливості побудови основних елементів генератора НВЧ

3.2.2.1. Генераторна лампа. Генераторна лампа ГИ-5Б являє собою потужний імпульсний НВЧ-тріод з вольфрамовим покритим торієм катодом прямого розжарювання. Охолодження лампи – повітряне примусове. Балон лампи скляний. Електродні виводи лампи мають кільцеподібну форму, що забезпечує зручне з'єднання лампи з коаксіальними лініями коливальної системи генератора. Вивід анода має радіатор повітряного охолодження. Катод прямого розжарювання має два кільцеві виводи, з яких один (більшого діаметра) умовно називається катодним, а другий – розжарювальним.

3.2.2.2. Коливальна система генератора. Анодно-сітковий і катодно-сітковий контури генератора утворені відрізками жорстких коаксіальних ліній та міжелектродними ємностями C_{ac} і C_{ck} лампи. На рис. 3.4 наведена принципова схема генератора, а на рис. 3.5 – поздовжній розтин коаксіальних ліній коливальної системи. Анодно-сіткова лінія Э1 утворена анодною і сітковою трубами, причому перша має більший діаметр. Довжина лінії визначається положенням короткозамикаючого плунжера. Вхідний опір відрізка лінії довжиною L визначається за формулою:

$$Z_{BX} = \rho \frac{Z_K + j \rho \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} L}{\rho + j Z_K \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} L}, \quad (3.1)$$

де Z_K – опір навантаження на кінці лінії.

Для закороченої на кінці лінії, тобто при $Z_K=0$ вхідний опір лінії носить реактивний характер $Z_{BX}=jX_{BX}=j\rho \operatorname{tg} 2\pi L/\lambda$. Графічна залежність $X_{BX}(L)$ наведена на рис. 3.6. Оскільки на робочій частоті генератора f_T вхідний опір анодно-сіткової лінії (див. рис. 3.3) мусить носити індуктивний характер, то довжина лінії має бути меншою від $\lambda/4$ або ж відрізнятися від зазначеної величини на ціле число півхвиль. У РЛС 5Н84А довжина анодно-сіткової лінії вибрана дещо меншою від $3\lambda/4$. Цей вибір визначається такими чинниками.

По-перше, стабільність частоти генератора визначається головним чином добротністю анодно-сіткового контуру $Q = 2\pi f E_K / P_B$, де E_K – накопичена в контурі електромагнітна енергія, а P_B – потужність втрат. Переважну частину потужності втрат становить потужність, яка віддається споживачу, тобто до антени. Тому підвищення добротності коливального контуру можна досягти лише збільшенням накопичуваної в ньому енергії. У коаксіальній лінії величина накопичуваної енергії залежить від величини

об'єму простору існування електромагнітного поля, тобто від об'єму простору між зовнішнім і внутрішнім провідниками коаксіала. Оскільки діаметри труб коаксіалів у коливальній системі вже визначені розмірами кільцевих електродних виводів генераторної лампи, то збільшення об'єму поля і накопичуваної енергії можна досягти лише шляхом збільшення довжини лінії.

По-друге, із збільшенням довжини лінії знижується так звана щільність настройки $q=d\lambda/dL$, тобто залежність приросту довжини хвилі $\Delta\lambda$ від приросту лінії ΔL . Це ілюструється рис. 3.7, де зображені два відрізки лінії, один довжиною $L_1=\lambda/4$, а другий – $L_2=3\lambda/4$, і наведені розподіли напруг впродовж цих ліній. Якщо довжину відрізка L_1 змінити на величину ΔL_1 , то зміниться на певну величину $\Delta\lambda$ і довжина хвилі. Щоб змінити на таку ж величину довжину хвилі при довжині лінії L_2 , треба довжину цієї лінії змінити на величину $\Delta L_2 = 3\Delta L_1$. Отже, при зниженій щільності настройки неточність встановлення короткозамикаючого плунжера при перестройці генератора викличе меншу похибку у встановленні частоти коливальних.

По-третє, при більшій довжині лінії конструктивно зручніше розміщувати на ній різні органи регулювання (зв'язок з навантаженням, органи системи АПЧ тощо).

З урахуванням сказаного в генераторі РЛС 5Н84А вибрані такі розміри анодно-сіткової коливальної системи: довжина лінії дещо менше $3\lambda/4$, діаметр анодної труби $D = 350$ мм, діаметр сіткової труби $d = 180$ мм. При цьому добротність анодно-сіткового контуру в навантаженому стані становить $Q = 40...50$, а хвильовий опір лінії $\rho = 138 \lg(D/d) = 40$ Ом.

Катодно-сіткова короткозамкнута лінія Э2 утворена сітковою та катодною трубами. Довжина лінії дещо менше $\lambda/4$, і тому лінія являє собою певну еквівалентну індуктивність L_E . Але результуючий опір катодно-сіткового контуру з урахуванням міжелектродної ємності $C_{СК}$ має на частоті f_Γ ємнісний характер. Дійсно, реактивна складова опору контуру на частоті f_Γ

$$X_{СК} = \frac{2\pi f_\Gamma L_E \left(-\frac{1}{2\pi f_\Gamma C_{СК}}\right)}{2\pi f_\Gamma L_E - \frac{1}{2\pi f_\Gamma C_{СК}}} = -\frac{2\pi f_\Gamma L_E}{\frac{(2\pi f_\Gamma)^2}{(2\pi f_{СК})^2} - 1} = -\frac{1}{2\pi f_\Gamma C_{СКЕ}}. \quad (3.2)$$

Оскільки власна частота катодно-сіткового контуру $f_{СК} = 1/(2\pi\sqrt{L_E C_{СК}})$ менше власної частоти генератора f_Γ , то опір контуру на цій частоті має негативний знак, тобто контур являє собою певну еквівалентну ємність $C_{СКЕ} < C_{СК}$.

Таким чином, використання в катодно-сітковому контурі коаксіала довжиною менше $\lambda/4$ з індуктивним характером опору зменшує результуючу ємність контуру $C_{СКЕ}$ порівняно з міжелектродною ємністю $C_{СК}$. Це в свою чергу дозволяє збільшити коефіцієнт зворотного зв'язку $K=X_{СК}/X_{аК}=C_{аК}/C_{СКЕ}$ і цим самим збільшити надійність самозбудження генератора на всіх частотах у діапазоні перестройки.

Довжина катодно-сіткової лінії задається положенням ємнісного плунжера (конденсатор C_{11} на принциповій схемі, рис. 3.4). Діелектриком служить фторопластова плівка. Використання ємнісного плунжера замість ціЛЬНОметалевого зумовлене необхідністю недопущення короткого замикання між сіткою і катодом лампи по постійному струму.

Через ємність плунжера частина електромагнітної енергії проникає з коливального контуру до неробочої частини лінії і випромінюється її відкритим кінцем. Для зменшення такого випромінювання на кінці лінії установлений загороджувальний фільтр L_6 . Він являє собою чвертьхвильовий стакан, насаджений на внутрішню (катодну) трубу відкритим кінцем у бік плунжера (рис. 3.8, а). Дія фільтра пояснюється за допомогою еквівалентної схеми, наведеної на рис. 3.8, б. У перетині А-А до лінії послідовно підключені два навантаження $Z_{ав}$ і $Z_{вс}$. Опір $Z_{ав}$ являє собою вхідний опір чвертьхвильового відрізка лінії, розімкнутого на кінці, і тому $Z_{ав} \approx 0$. Опір $Z_{вс} \rightarrow \infty$, бо являє собою вхідний опір короткозамкнутого чвертьхвильового відрізка лінії. У зв'язку з цим напруженість поля на вході відкритої ділянки лінії $ав$, а отже, і впродовж всієї ділянки лінії різко зменшується. Внаслідок цього значно зменшується випромінювання через відкритий кінець лінії.

3.2.2.3. Напруга розжарювання подається від трансформатора розжарювання на катод лампи через труби катодно-розжарювальної лінії ЭЗ (див. рис. 3.4, 3.5), яка являє собою короткозамкнутий по високій частоті відрізок коаксіальної лінії довжиною $\lambda/2$, утворений катодною і розжарювальною трубами. Ця лінія не входить до коливальної системи генератора і призначена для вирівнювання потенціалів виводів катода лампи по високій частоті. Високочастотне поле наводить у нитці розжарювання лампи електрорушійну силу (ЕРС), яка викличе протікання у нитці розжарювання високочастотного струму. В результаті частина високочастотної енергії буде витрачатися на додаткове розігрівання катода. Наявність півхвильової короткозамкнутої по високій частоті коаксіальної лінії усуває різницю потенціалів високочастотної напруги на виводах катода і зменшує таким чином втрати високочастотної енергії на додаткове розігрівання катода. Щоб запобігти короткому замиканню в колі розжарювання через короткозамикаючий плунжер, останній, як і в катодно-сітковій лінії, зроблено ємнісним. Зменшення випромінювання

відкритого кінця катодно-розжарювальної лінії досягається за допомогою загороджувального фільтра L7, принцип дії якого аналогічний принципу дії такого ж фільтра L6 в катодно-сітковій лінії.

3.2.2.4. Навантажувальна лінія Э4 являє собою коаксіальну лінію з хвильовим опором $\rho=38$ Ом, закріплену поруч з анодною трубою генератора. Зовнішня труба навантажувальної лінії та анодна труба мають співпадаючі повздовжні прорізи, через які анодно-сіткова лінія генератора з'єднується з навантажувальною лінією за допомогою фішки зв'язку Ф2. Частина навантажувальної лінії (праворуч від фішки зв'язку на рис. 3.5) являє собою початок фідерного тракту РЛС. Протилежна частина лінії (ліворуч від фішки зв'язку на рис. 3.5) є короткозамкнутим реактивним шлейфом. За допомогою цього шлейфа забезпечується компенсація реактивної складової вхідного опору антени, перерахованого в точку підключення до навантажувальної лінії фішки зв'язку. Завдяки цьому послаблюється вплив антени на частоту генерованих передавачем коливань. Довжина шлейфа регулюється за допомогою плунжера так, щоб його вхідний опір на частоті f_r був рівним за величиною і протилежним за знаком реактивній складовій опору навантаження в точці підключення фішки зв'язку.

3.2.2.5. Анодне живлення генераторної лампи здійснюється через спеціальні розділові та фільтруючі кола. Розділова ємність С9 забезпечує відокремлення анодного кола генераторної лампи від коливальної системи для високовольтної модулюючої напруги. Величина ємності (720 пф) вибрана такою, щоб її опір був малим для високочастотних коливань і великим для верхніх частот спектра модулюючих імпульсів. Конструктивно С9 виконана у вигляді восьми паралельних гілок, які охоплюють кільцевий вивід анода. Кожна гілка являє собою послідовне з'єднання двох конденсаторів ємністю по 180 пф.

Фільтр нижніх частот (С1...С4, L1...L4) перешкоджає проникненню високочастотних коливань до модулятора по лінії анодного живлення, а чвертьхвильовий стакан L5 запобігає проникненню високочастотної енергії до кіл модулятора по броні кабелю.

3.2.3. Принципи настройки та регулювання генератора НВЧ

Перестройка частоти генерованих коливань здійснюється шляхом зміни довжини анодно-сіткової лінії за допомогою короткозамикаючого плунжера. Переміщення плунжера здійснюється виконавчим двигуном автомата перестройки АП1 або вручну.

Зміна частоти в незначних межах у режимі точного автопідстроювання здійснюється за допомогою мідної пластини, яка розміщена між трубами анодно-сіткової лінії в пучності магнітного поля,

тобто поблизу від короткозамикаючого плунжера (рис. 3.9). В початковому стані площина пластини утворює кут 45° з радіальною лінією О-О. Відносно цього стану пластини може повертатися за допомогою серводвигуна АПЧ в той чи інший бік на кут до 45° . Таким чином, у крайніх положеннях площина пластини може співпадати з радіальним напрямком О-О або бути перпендикулярним йому. В першому випадку площина пластини буде нормально розташована до магнітних силових ліній. У пластині будуть наводитися значні вихрові струми. Ці струми створюють вторинне магнітне поле, яке напрямлене назустріч первинному полю і послабить його. Послаблення магнітного поля еквівалентне зменшенню індуктивності коливального контуру. Це викличе зростання частоти генерованих коливань. У другому випадку площина пластини буде паралельною магнітним силовим лініям і практично не буде впливати на магнітне поле в контурі. При цьому частота коливань зменшиться відносно початкової. Повертаючи пластину з одного крайнього положення в друге, можна змінювати частоту генератора в межах ± 50 кГц.

Регулювання потужності, що віддається споживачу (в антену), здійснюється вибором положення фішки зв'язку Ф2 (див. рис. 3.5), яка пересувається за допомогою серводвигуна автомата перестройки АП-3 або вручну.

Потужність, яку розвиває генератор, залежить від величини еквівалентного опору коливальної системи генератора

$$R_e = \frac{\rho^2}{r_k + r_{вн}}, \quad (3.3)$$

де ρ – хвильовий опір контуру;

r_k – еквівалентний опір втрат ненавантаженого контуру;

$r_{вн}$ – внесений до контуру опір за рахунок зв'язку з антенною.

Від величини внесеного опору залежить коефіцієнт корисної дії генератора $\eta = r_k / (r_k + r_{вн})$, тому зв'язок з антенною вибирається таким, щоб генератор працював у недонапруженому режимі, але близькому до критичного, де величина потужності, що віддається споживачу, максимальна.

Із зміною частоти коливань змінюється не тільки активна, а й реактивна складова вхідного опору антени. Тому для кожної робочої частоти необхідно підбирати свою довжину шлейфа навантажувальної лінії. Пересування плунжера шлейфа здійснюється за допомогою серводвигуна автомата перестройки АП2 або вручну.

Потужність генерованих коливань залежить також від коефіцієнта зворотного зв'язку і положення робочої точки на анодно-сітковій характеристиці лампи. Потрібний коефіцієнт зворотного зв'язку задається підбором довжини катодно-сіткової лінії. Плунжер лінії пересувається тільки вручну, оскільки в діапазоні перестройки змінювати коефіцієнт

зворотного зв'язку немає необхідності. Налаштування зворотного зв'язку здійснюється тільки при зміні лампи.

Оптимальний енергетичний режим роботи генератора забезпечується при куті відсічки анодного струму $70^{\circ} \dots 90^{\circ}$. Але при цьому робоча точка знаходиться на початковій ділянці анодно-сіткової характеристики лампи, де крутизна характеристики мала, від чого самозбудження генератора ускладнюється. З метою забезпечення надійного самозбудження генератора застосовується режим так званого "м'якого" збудження. При цьому напруга зміщення на сітці лампи створюється за допомогою кола автозміщення за рахунок протікання по ньому сіткового струму. В початковому стані сітковий струм лампи відсутній, напруга зміщення дорівнює нулю, і робоча точка знаходиться на ділянці характеристики з великою крутизною (рис. 3.10). При цьому легко здійснюється самозбудження генератора. З нарощуванням амплітуди коливань на затисках сітка-катод лампи сітковий струм лампи збільшується, і напруга зміщення на сітці лампи теж збільшується. Вибором параметрів кола автозміщення забезпечується необхідний кут відсічки анодного струму в сталому режимі.

Принципова схема кола автозміщення наведена на рис. 3.11. Коло містить резистори R3, R4, R5, R6 і конденсатор C1, а також конденсатор C11 (див. рис. 3.4) плунжера катодно-сіткової лінії. Підбирання необхідної величини напруги автозміщення (від 0 до 750 В) забезпечується вмиканням потрібної кількості резисторів шляхом вкручення у відповідне гніздо регульовального гвинта В1.

Струм розжарювання потужного генераторного тріода ГИ-5Б у робочому режимі становить 425 А. У момент вмикання струм збільшується в кілька разів через малий опір холодної нитки розжарювання. При цьому виникає сильне магнітне поле, яке може викликати механічну деформацію і навіть зруйнування нитки розжарювання. Тому вмикання напруги розжарювання здійснюється поступово. Спочатку подається напруга, яка становить половину від номінального значення, а через три хвилини – повна напруга розжарювання. Ступінчасте вмикання напруги розжарювання забезпечується дроселем насичення Др4 (див. рис. 3.11). Робоча обмотка 1-2 дроселя ввімкнута послідовно з первинною обмоткою розжарювального трансформатора Тр1. Протягом 3 хвилин після вмикання розжарювання генератора реле Р1 залишається знеструмленим, і його контакти підтримують у розімкнутому стані коло живлення керуючої обмотки 3-4 дроселя насичення. Опір робочої обмотки дроселя великий, і на ній виділяється приблизно половина підведеної напруги. Через 3 хвилини механізм затримки часу подає напругу живлення +26 В на обмотку реле Р1. Реле спрацьовує, і через його контакти замикається коло живлення

керуючої обмотки дроселя (через лампи Л8, Л9). У результаті підмагнічування сердечника дроселя Др4 опір його робочої обмотки зменшиться, і на первинній обмотці розжарювального трансформатора Тр1 установиться напруга номінальної величини.

Після вмикання режиму повного розжарювання стабільність напруги розжарювання підтримується спеціальним колом. Коло стабілізації охоплює трансформатор Тр3, керуючу лампу Л10 (4Ц14С) і дві паралельно ввімкнуті регулюючі лампи Л8, Л9 типу 6П1П. Коло стабілізації працює так. Наприклад, при збільшенні напруги розжарювання генераторної лампи відносно номінального значення збільшиться і напруга розжарювання кенотрона Л10. Це викличе збільшення струму через кенотрон. Напруга на його аноді і на керуючих сітках ламп Л8, Л9 зменшиться. Це викличе збільшення опору ламп Л8, Л9 і зменшення струму через керуючу обмотку дроселя насичення Др4. Опір робочої обмотки дроселя зросте, і напруга розжарювання зменшиться. Установлення необхідного номінального значення напруги розжарювання здійснюється за допомогою потенціометра R40 НАКАЛ ГИ-5Б.

Частота електромагнітних коливань контролюється частотоміром типу Ч2-2. Сигнал на частотомір надходить кабелем від витка зв'язку, який вмонтований усередині навантажувальної лінії. Анодний струм генераторної лампи вимірюється за допомогою міліамперметра ИП1, а анодна напруга – імпульсним кіловольтметром. Струм розжарювання генераторної лампи контролюється амперметром ИП2, ввімкнутим через трансформатор струму Тр2, а напруга – вольтметром ИП3. Потужність, яка віддається до антени, контролюється спеціальним блоком вимірювання коефіцієнта бігучої хвилі та потужності (бл. 114).

3.2.4. Елементи захисту генератора НВЧ

Генератор НВЧ є потужним високовольтним пристроєм і вимагає при експлуатації суворого дотримання встановлених для нього режимів роботи. Порушення режимів роботи може призвести до значного зіпсування пристрою або до загрози здоров'ю обслуговуючого персоналу. Тому при конструюванні пристрою було вжито ряд захисних заходів проти найбільш загрозливих ситуацій.

З метою безпеки бойової обслуги на відкидній кришці лампового відсіку коаксіальної системи закріплені блокувальні контакти КП2 (див. рис. 3.4), які здійснюють відключення високої напруги при відкриванні кришки.

У повітропроводі примусового охолодження генераторної лампи встановлені блокувальні контакти КП1, які забезпечують вимикання живлення станції при слабому потоці повітря.

Для запобігання зіштовхненню анодного плунжера і плунжера навантажувальної лінії з фішкою зв'язку Ф2 при неполадках у системі перестройки служать блокувальні контакти КПЗ, які здійснюють вимикання серводвигунів автоматів перестройки при відстані між зазначеними елементами перестройки меншій допустимої величини. При цьому на пульті перестройки (бл. 375) засвічується сигнальна лампочка РАЗВЕДИ АВТОМАТЫ.

При раптовому відключенні напруги в мережі живлення може вийти з ладу через перегрівання генераторна лампа. Для запобігання цьому при раптовому відключенні напруги живлення на вентилятор автоматично подається напруга від акумуляторної батареї. Вимикання вентилятора здійснюється вручну не раніше, ніж через 10 хвилин після його автоматичного вмикання.

3.3. Модулюючий пристрій

3.3.1. Призначення, склад та принципи побудови модулюючого пристрою

Модулюючий пристрій формує потужні високовольтні імпульси напруги прямокутної форми для анодного живлення генераторної лампи.

Параметри модулюючих імпульсів:

тривалість – 10 ± 1 мкс;

амплітуда – 26 кВ;

потужність – 2,7 МВт;

полярність – позитивна.

Модулюючий пристрій побудований за принципом модулятора з резонансним зарядом і повним розрядом накопичувальної лінії. Функціональна схема модулятора наведена на рис. 3.12. У відповідності з принципом побудови модулюючого пристрою до його складу входять такі основні елементи:

блок зарядного дроселя (бл. 53), в якому знаходяться зарядний дросель Др1, паралельно ввімкнуті зарядні діоди Л1...Л9 і два паралельно ввімкнуті захисні діоди Л10, Л11;

два блоки накопичувачів (бл. 50 і 51), в яких знаходяться чотири чарунки накопичувальної лінії;

блок імпульсного трансформатора (бл. 52), де розміщені імпульсний трансформатор, комутуючий тиратрон, генератор підпалюючих імпульсів (формував імпульсів підпалювання тиратрона), елементи захисту модулятора від перевантажень (реле Р1, Р2 та стабілівольт Л2), а також випрямлячі +1000 В, +300 В і –150 В (випрямлячі на схемі не показані).

Загальний принцип роботи модулятора полягає в повільному накопичуванні енергії протягом паузи між імпульсами запуску і швидкій видачі її споживачу з появою імпульсу запуску. Для цього на модулятор від високовольтного випрямляча подається напруга $E=14$ кВ. При заряді лінії зарядний струм змінюється повільно, а тому впливом котушок індуктивності лінії на процес заряду можна знехтувати, і лінію під час заряду можна розглядати тільки як ємність. Завдяки наявності зарядного дроселя Dr_1 , ввімкнутого послідовно з зарядною лінією (ємністю), утворюється послідовний коливальний контур. При цьому параметри дроселя і лінії вибираються такими, щоб резонансна частота заряду лінії F_L була дещо більшою за половинне значення найвищої частоти повторення зондуючих сигналів РЛС ($F_L \approx 150$ Гц $> F_{П1}/2$). Таким чином, у результаті резонансного заряду лінії напруга на її затисках через 3...4 мс з початку заряду досягне майже подвійного значення $E_L = 1,9E = 26$ кВ (рис. 3.13, а). Зарядні діоди фіксують цю напругу на лінії до появи імпульсу підпалу тиратрона. При підпалі тиратрона починається процес розряду накопичувальної лінії, в результаті чого на первинній обмотці трансформатора виділяється імпульс негативної полярності напругою $E_L/2=13$ кВ.

Коефіцієнт передачі трансформатора $n=2$. При цьому забезпечується узгодження опору R_T генераторної лампи постійному струму, перерахованого до первинної обмотки імпульсного трансформатора з хвильовим опором накопичувальної лінії ρ_L , тобто $\rho_L = R_T/n^2$. На вторинній обмотці імпульсного трансформатора формується імпульс позитивної полярності з амплітудою 26 кВ, який надходить на анод генераторної лампи.

У РЛС передбачена робота при 50% потужності передавача. В цьому режимі від високовольтного випрямляча на модулятор надходить знижена напруга (приблизно 10 кВ).

3.3.2. Захист модулятора від перевантаження

Перевантаження модулятора може наступити при порушенні узгодження опору навантаження R'_T з хвильовим опором накопичувальної лінії ρ_L . За принципом дії накопичувальна лінія є довгою лінією, за що такі накопичувачі іноді називають штучними довгими лініями. Тому далі для спрощення пояснення роботи накопичувача доцільно подати його у вигляді відрізка довгої лінії (рис. 4.14) довжиною L_L .

В узгодженому стані $R'_T = \rho_L$ і при підпалі тиратрона розряд лінії буде здійснюватися на узгоджене навантаження. При цьому без урахування внутрішнього опору тиратрона струм розрядження $I = E_L/(\rho_L +$

$R'_Г) = E_Л/2\rho_Л$. Цей струм створює на навантаженні падіння напруги $U_Н=E_ЛR'_Г/2\rho_Л=E_Л/2$. Вздовж лінії від вхідних затисків до протилежного кінця (на рис. 3.14 справа – наліво) починає розповсюджуватися падаюча хвиля напруги величиною $U_П=E_Л - U_Н=E_Л/2$ (рис. 3.14, а), яка послідовно понижує напругу на ділянках лінії до величини $E_Л/2$. Досягнувши відкритого кінця лінії, хвиля відбивається, зберігаючи свою полярність, і послідовно повністю знімає напругу з лінії. Параметри лінії підібрані так, що повний розряд лінії здійснюється за 10 мкс. Протягом цього часу на вхідних затисках лінії, а отже, і на навантаженні, діє напруга величиною $E_Л/2=13$ кВ. Таким чином, при розряді лінії на узгоджене навантаження на ньому виділяється імпульс напруги майже прямокутної форми тривалістю 10 мкс. Протягом цього часу зарядний дросель запобігає зростанню струму високовольтного випрямляча, і завдяки цьому замикання випрямляча на корпус через відкритий тиратрон не виникає.

При $R'_Г > \rho_Л$, що має місце у випадках втрати емісії катодом генераторної лампи або обривах у колах живлення лампи, напруга на навантаженні на початку розряду лінії перевищує величину $E_Л/2$. Тому амплітуда падаючої хвилі $U_П$, що розповсюджується впродовж лінії, буде менша від $E_Л/2$ (рис. 3.14, б). В результаті проходження хвилі до розімкнутого кінця лінії і назад лінія повністю не розрядиться. Досягнувши вхідних зажимів, хвиля знову частково відіб'ється із збереженням своєї полярності і розпочнеться новий цикл розряду лінії. Процес буде тривати доти, доки лінія повністю не розрядиться (рис. 3.15,б). Таким чином, при $R'_Г > \rho_Л$ розряд носить східчастий характер і триває значно довше 10 мкс. Величина "східця", а отже, і тривалість розряду залежать від міри розходження $R'_Г$ і $\rho_Л$. При такому характері розряду лінії тиратрон тривалий час буде відкритим. Струм високовольтного випрямляча, який протікає через дросель, зарядний діод і тиратрон, значно підвищиться, а ЕРС самоіндукції зарядного дроселя суттєво зменшиться. В результаті напруга +14 кВ буде прикладена до тиратрона і викличе його безперервне горіння. Виникне коротке замикання високовольтного випрямляча через тиратрон на корпус. Для захисту високовольтного випрямляча і тиратрона від перевантажень у блоці високовольтного випрямляча (в бл. 165) у коло навантаження послідовно ввімкнуте спеціальне захисне реле, яке спрацьовує при збільшенні струму випрямляча і вимикає живлення блока 165.

При $R'_Г < \rho_Л$, що має місце при пробоях в генераторній лампі або замиканнях в колах її живлення, падіння напруги на первинній обмотці імпульсного трансформатора при підпалі тиратрона буде меншим від $E_Л/2$. Тому впродовж лінії буде розповсюджуватися хвиля напруги амплітудою більше $E_Л/2$ (рис. 3.14,в). Після відбиття від розімкнутого кінця лінії ця

хвиля буде здійснювати послідовне перезарядження лінії до певної напруги негативної полярності. Величина цієї напруги залежить від міри розходження $R'_Г$ і $\rho_Л$. При цьому якщо б тиратрон мав двосторонню провідність, то на затисках лінії спостерігався б коливальний затухаючий процес (пунктирна ламана лінія на рис. 3.14, в), тому що хвиля, повертаючись до початку лінії, відіб'ється від неузгодженого навантаження $R'_Г < \rho_Л$ із зміною полярності. Оскільки тиратрон має односторонню провідність, то при перезарядженні лінії до негативної напруги він потухне, і на лінії зафіксується ця напруга як залишкова. При черговому розрядженні лінії на неузгоджене навантаження залишкова напруга ще більше зросте. В результаті напруга на лінії з кожним циклом роботи буде все більше і більше зростати (рис. 3.15). За кілька періодів повторення напруга на лінії може зрости до недопустимої величини.

Коло захисту модулятора від перевантажень такого роду утворюють захисні діоди Л10, Л11, розташовані в блоці зарядного дроселя, а також реле Р1, Р2 і стабілівольт Л2, розташовані в блоці імпульсного трансформатора (див. рис. 3.12). Діоди Л10, Л11 знімають з лінії залишкову напругу негативної полярності, і залишкова енергія витрачається на нагрівання резисторів R3, R4. Величина струму в колі захисту контролюється захисним реле Р2, яке спрацьовує при досягненні струмом граничного значення. При замиканні контактів реле Р2 подається напруга +300 В на інтегруючу ланку R1, R2, C5. Коли напруга на конденсаторі C5 досягне величини напруги запалювання стабілівольт Л2, спрацює реле Р1 і своїми контактами розімкне коло +115 В, яке в свою чергу розімкне кола живлення високовольтного випрямляча. За допомогою змінного резистора R2 підбирається постійна часу інтегруючої ланки так, щоб реле Р1 спрацьовувало через 0,5 секунди після спрацьовування реле Р2. Затримка на 0,5 с потрібна для захисту від випадкових короткочасних збоїв.

Для захисту особового складу від ураження електричним струмом у дверцятах кожного блока модулятора (бл. 50, 51, 52, 53) вмонтовані блокувальні контакти, через які замикаються кола живлення високовольтного випрямляча. При відкриванні будь-якого з цих блоків високовольтний випрямляч вимикається, а конденсатори накопичувальної лінії розряджаються на корпус.

4. АНТЕННО-ФІДЕРНА СИСТЕМА

4.1. Призначення, склад та структурна схема антенно-фідерної системи

Антенно-фідерна система (АФС) призначена для каналізації електромагнітної енергії від передавального пристрою до антени, направленої її випромінювання, а також направленої прийому сигналів і передачі їх на вхід приймальних пристроїв.

До складу антенно-фідерної системи РЛС 5Н84А (рис. 4.1) входять:

антена основного каналу АО;

антени допоміжних каналів системи автокомпенсації активних шумових завад та пристрою пеленгації постановників активних шумових завад (антени А1, А2, А3, А4, А5);

фідерний тракт.

До антенно-фідерної системи функціонально приєднуються система еквівалента антени (бл. 16, 17, 18, 19) та вимірювач коефіцієнта бігучої хвилі і потужності (ВКБП - бл. 114). Тому принципи їх побудови та застосування будуть розглянуті в цьому розділі.

Основу АФС становить антена основного каналу АО, яка являє собою антену дзеркального типу. Антена має вузьку діаграму направленості в горизонтальній (рис. 4.2) площині і широку – у вертикальній (рис. 4.3). При цьому ширина діаграми направленості антени у вертикальній площині залежить від обраного режиму огляду простору: НИЖНИЙ ЛУЧ або ВЕРХНИЙ ЛУЧ. Призначення режимів очевидне з їх назви та форми діаграм направленості (див. рис. 1.4 та 4.3). При зміні режиму огляду змінюється схема живлення вібраторів опромінювача, тобто змінюється амплітудно-фазовий розподіл поля по вертикальному розкриву антени.

Для вирішення завдань просторової та поляризаційної селекції, а також для пеленгування постановників активних шумових завад використовуються п'ять допоміжних антени А1, А2, А3, А4, А5. Антени А1, А2, А4 мають, як і основна антена, горизонтальну поляризацію, антена А3 – вертикальну, а антена А5 може приймати сигнали горизонтальної та вертикальної поляризації. Нормовані діаграми направленості допоміжних антен (нормування здійснене відносно максимуму ДН основної антени) наведені на рис. 4.4, 4.5. У горизонтальній площині (див. рис. 4.4) діаграма направленості антени А1 перекриває ближні бокові пелюстки ДН основної антени, діаграма направленості антени А2 охоплює дальні бокові та задню пелюстки, а діаграма направленості антени А3 охоплює головний промінь ДН основної антени. Діаграма направленості антени А4 перекриває бокові пелюстки у «мертвій воронці» ДН основної антени.

Антенa A5, являючи собою автономну конструкцію, може бути установлена на будь-який азимут або обертатися синхронно і синфазно з основною антеною. В останньому випадку її діаграма напрямленості охоплює, як і ДН антени A3, головний промінь ДН основної антени. У вертикальній площині (див. рис. 4.5) діаграми напрямленості антен A1 та A2 віддалено повторюють форму ДН основної антени, оскільки висота їх установлення над землею приблизно відповідає висоті установлення основної антени, а діаграми напрямленості антен A3, A4, A5 суттєво відрізняються від ДН основної антени через різну висоту їх установлення над землею. Всі допоміжні антени за конструкцією являють собою лінійні або двомірні антенні решітки (АР). Випромінювальним елементом є півхвильовий вібратор.

Основними елементами фідерного тракту (див. рис. 4.1) є: антенний комутатор АнК, напрямлені відгалужувачі (НВ1, НВ2), механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ, потужний та малопотужні ВЧ-струмозійомники, поворотне з'єднання, перемикач опромінювачів, симетруючі пристрої та блоки захисту приймальних каналів (бл. 368).

Антенний комутатор забезпечує автоматичне підключення до антени передавача на час дії зондуючого сигналу і приймача – поза його дією. Антенний комутатор виконаний на розрядниках та чвертьхвильових відрізках коаксіальної лінії.

Напрявлений відгалужувач НВ1 забезпечує відгалуження частини високочастотної енергії зондуючого сигналу, необхідної для роботи систем АПЧ і СРЦ. Відгалужувач НВ2 забезпечує відгалуження частини високочастотної енергії для вимірювання потужності зондуючого сигналу та узгодження в тракті. За конструкцією НВ1 і НВ2 є відгалужувачами рамочного типу, при цьому рамка відгалужувача НВ2 може бути вручну зорієнтована на прийом падаючої або відбитої хвилі, що необхідно при вимірюванні коефіцієнта бігучої хвилі.

Механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ має три положення і забезпечує підключення передавача або до антени, або до еквівалента антени, або залишає вихід передавача «відкритим», тобто ненавантаженим. Необхідність третього положення викликана особливостями настройки станції на запасні частоти без випромінювання в ефір.

Потужний ВЧ-струмозійомник забезпечує передачу високочастотної енергії від нерухомої частини тракту до поворотної. Струмозійомник являє собою коаксіальне обертальне з'єднання контактного типу.

Поворотне з'єднання є чисто конструктивним елементом, який забезпечує згинання фідерного тракту при згортанні антени. Поворотне

з'єднання являє собою коаксіально-обертальне з'єднання контактного типу.

Перемикач опромінювачів забезпечує зміну живлення опромінювачів антени при різних режимах огляду простору. В режимі НИЖНИЙ ЛУЧ уся енергія подається тільки на два верхні опромінювачі, а в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ – на всі три опромінювачі. Симетруючі пристрої забезпечують симетричне живлення вібраторів опромінювача.

Високочастотні реле Р1, Р2 забезпечують підключення відповідних антен до четвертого допоміжного приймального каналу. Блоки захисту (блоки 368) запобігають проникненню зондуючих сигналів на входи приймальних каналів, а напрямлені відгалужувачі НВ призначені для введення в приймальні канали імітованих шумових завад.

Основу фідерного тракту становлять гнучкі коаксіальні лінії різного перетину.

Система еквівалента антени використовується при настройці станції на запасні частоти без випромінювання в ефір. При цьому механічний перемикач АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ установлюється в положення ИЗМЕРЕНИЕ. За допомогою вимірювача вхідних опорів (бл. 17), який на цей час підключається спеціальними високочастотними штекерами і до антени, і до еквівалента (див. рис. 4.1), та ВЧ-трансформатора (бл. 18) установлюється вхідний опір еквівалента антени рівним вхідному опору антени на заданій частоті. В подальшому генератор перемикається на еквівалент, і настройка всіх елементів здійснюється без випромінювання в ефір.

На вимірювач коефіцієнта бігучої хвилі та потужності (ВКБП - бл. 114) від направленого відгалужувача НВ2 подаються коливання або падаючої, або відбитої хвилі. По співвідношенню потужностей цих коливань визначається коефіцієнт бігучої хвилі.

Уся антенна система (за винятком антени А5) являє собою єдину конструкцію, яка розташована на напівпричепі АнП-1. Антена А5 у вигляді автономної конструкції розташована на напівпричепі АнП-2. Елементи фідерного тракту розташовані на напівпричепах АнП-1, АнП-2 і в кабінах АП-1, АП-2.

4.2.Антенна основного каналу

4.2.1. Загальна характеристика антени основного каналу

Антенна основного каналу призначена для направленого випромінювання та прийому електромагнітної енергії і формує на випромінювання і на прийом діаграму направленості вузьку в горизонтальній площині і широку у вертикальній.

Антенна основного каналу являє собою антену дзеркального типу і містить (рис. 4.6) дзеркало-рефлектор і опромінювач. Незважаючи на зовнішню простоту конструкції антени, створення такого типу антен у метровому діапазоні хвиль є досить складним технічним завданням. По-перше, даються взнаки розміри антенного дзеркала і пов'язані з цим масо-габаритні характеристики, мобільність, стійкість проти ожеледі тощо. По-друге, виникають проблеми із створенням потрібного розподілу поля на горизонтальному та вертикальному розкривах антени через великі розміри опромінювача та його затінюючу дію. По-третє, на формування діаграми напрямленості у вертикальній площині суттєво впливає підстилаюча поверхня і положення антени над нею. Всі ці фактори суттєво вплинули на конструкцію антенної системи і відбиваються на особливостях її експлуатації. Проте, незважаючи на згадані технічні труднощі, конструкторам вдалося створити антену, яка має для свого класу антен високі технічні показники:

- коефіцієнт підсилення антени – 700;
- ширина діаграми напрямленості в горизонтальній площині – $4^{\circ}20'$;
- ширина діаграми напрямленості в вертикальній площині в режимі НИЖНИЙ ЛУЧ – 12° , в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ – 17° ;
- рівень перших бокових пелюсток – мінус 17дБ;
- рівень ближніх бокових пелюсток – мінус 20дБ;
- рівень дальніх бокових пелюсток (рівень фону) – мінус 25дБ;
- рівень задньої пелюстки – мінус 20дБ;
- розмір дзеркала – 32×11 м;
- фокусна відстань – 11 м;
- висота нижнього краю дзеркала над землею – 5 м.

4.2.2. Особливості конструкції дзеркала антени

Для зменшення затінюючої дії опромінювача дзеркало виконане у вигляді несиметричної по вертикалі вирізки з параболоїда обертання, в фокусі якого знаходиться електричний центр опромінювача (рис. 4.7). З метою запобігання появи глибоких провалів у характеристиці напрямленості антени у вертикальній площині електрична вісь антени має кут елевачії 6° . Основу конструкції дзеркала становить відбиваюча поверхня, тобто власне дзеркало, і каркас, на який кріпиться відбиваюча поверхня.

Відбиваюча поверхня антени з метою зменшення маси конструкції та вітрового опору утворена системою горизонтально натягнутих ніхромових дротів діаметром 1,2 мм. Відстань між дротами становить 70 мм. Дроти прикріплені до каркасу за допомогою ізоляторів. При ожеледі через дроти

пропускається електричний струм від спеціальних понижуючих трансформаторів обігрівання. При довжині електромагнітної хвилі 1,5...2 м таке дзеркало за відбиваючими властивостями наближається до суцільної металевої поверхні.

Каркас складається з вертикального і горизонтального стволів, плоских ферм, обв'язувальних трубок та тросів. Вертикальний ствол складається з семи секцій зварної конструкції. З'єднання нижніх секцій ствола виконане шарнірно для забезпечення складання антени у похідний стан. На середніх секціях вертикального ствола кріпляться 18 трансформаторів обігрівання. Горизонтальний ствол має два крила, розташованих симетрично відносно вертикального ствола. Внутрішньою стороною обидва крила утворюють симетричну параболічну криву. Кожне крило горизонтального ствола має по 10 шарнірно з'єднаних об'ємних рам (секцій), а до кожної рами ствола кріпиться вертикальна плоска ферма (див. рис. 4.6), внутрішня кромка якої має форму несиметричної параболи (див. рис. 4.7). Між об'ємними рамами горизонтального ствола кріпляться по дві підкоси (розпорки), які забезпечують жорсткість горизонтального ствола в розгорнутому стані.

Конструкція каркаса забезпечує складання антени у похідний стан майже без її розбирання. Для складання дзеркала антени підкоси послідовно роз'єднуються і звільнені від них рами поступово зтягуються у вигляді «гармошки» до вертикального ствола за допомогою троса та електролебідки. При цьому треба пильнувати за тим, щоб не переплутались і не порвалися дрти поверхні антени. У складеному стані рами фіксуються стопорами. Складена антена транспортується напівпричепом АнП-1 (МАЗ-938Б), який є її основою в розгорнутому стані.

При складанні антени частину конструкцій все-таки доводиться знімати: опромінювач, верхні секції вертикального ствола, допоміжні антени та кінцеві секції горизонтального ствола. Зняті елементи конструкції антени транспортуються напівпричепом АнП-2.

4.2.3. Особливості конструкції опромінювача

Опромінювач забезпечує необхідний розподіл поля на розкритті дзеркала антени. По горизонтальному розкриттю антени форма амплітудного розподілу близька до функції типу « $\cos^2 x$ на підставці», а по вертикальному розкриттю – типу « $\cos x$ на підставці». Рівень поля на краях дзеркала по горизонталі становить 0,2...0,3 від максимального значення, а по вертикалі – 0,3...0,4.

Опромінювач кріпиться за допомогою ферми, яка складається з двох секцій. Ферма опромінювача закріплена шарнірно до нижньої секції вертикального ствола й утримується двома тросами (див. рис. 4.6), перекинутими через блок у верхній частині вертикального ствола і закріпленими на барабан електролебідки, за допомогою якої опромінювач може опускатися або підніматися.

До складу опромінювача входять (рис. 4.8) три випромінювачі, два симетруючі пристрої та перемикач випромінювачів. Кожний випромінювач складається з симетричного горизонтального напівхвильового диполя і рефлектора. Два верхні випромінювачі за конструкцією однакові. Кожний з них складається з двох латунних трубок, закріплених у поліетиленовому ізоляторі, який охоплений металевим кожухом квадратного перетину. Випромінюючими елементами такого диполя є частини трубок, які виступають із кожуха, і зовнішня поверхня кожуха. За рахунок збільшених розмірів діаметра трубок та поперечного перетину кожуха забезпечується необхідна ширина частотного діапазону диполя.

Диполь третього (нижнього) випромінювача являє собою дві пластини, приварені до вузьких стінок торця корпусу смужкової лінії, яка являє собою симетруючий пристрій. Необхідний частотний діапазон випромінювача забезпечується вибором ширини пластин.

Рефлектори всіх випромінювачів однакові. Вони виконані з горизонтальних мідних дротів, натягнутих на вигнуті у вертикальній площині рами.

Вибором взаємного розташування трьох випромінювачів, розмірів і форми рефлекторів та розподілом потужності між випромінювачами забезпечується потрібний розподіл поля на розкриві антени.

Симетруючі пристрої служать для забезпечення живлення симетричних напівхвильових диполів за допомогою несиметричних коаксіальних кабелів або смужкових ліній. При безпосередньому підключенні диполя до коаксіального кабелю (рис. 4.9) виникає асиметрія струмів у його плечах через наявність різниці потенціалів між зовнішнім провідником коаксіального кабелю і плечем диполя, яке підключене до внутрішнього провідника кабелю. Тому струм цього плеча частково відгалужується на зовнішню оболонку кабелю через паразитну ємність $C_{\text{пар}}$. Еквівалентна схема такого кола зображена на рис. 4.10, де $Z_A/2$ – опір плеча диполя, $Z_{\text{об}}$ – опір зовнішньої оболонки струму витoku через $C_{\text{пар}}$. Лінія живлення на еквівалентній схемі зображена у вигляді двопроводної лінії. Асиметрія струмів призводить до зміщення фазового центра диполя і до спотворення його діаграми напрямленості. Для усунення цього ефекту використовуються симетруючі пристрої. Найбільш розповсюдженими

типами симетруючих пристроїв є чвертьхвильовий стакан та чвертьхвильова щілина. Обидва типи використовуються в конструкції опромінювача РЛС 5Н84А.

Чвертьхвильовий стакан одягається на зовнішню оболонку кабелю (рис. 4.11) і утворює разом з нею чвертьхвильову короткозамкнуту коаксіальну лінію, яка має великий вхідний опір. Побічний шлях струму через паразитну ємність відсутній, і розподіл струму в плечах диполя стає симетричним. Еквівалентна схема такого кола зображена на рис. 4.12, де через $Z_{ст}$ позначений вхідний опір чвертьхвильового стакана. Достоїнством такого пристрою є його простота, а недоліком – малий частотний діапазон (всього 2...3%). При зміні довжини хвилі вхідний опір стакана зменшується, і знову виникає асиметрія струмів.

Для розширення частотного діапазону симетруючих пристроїв використовують два чвертьхвильові стакани: один стакан надівають на зовнішню оболонку кабелю, а другий – на виступаючий з оболонки внутрішній провід кабелю (рис. 4.13). Для цього виступаючий кінець центрального проводу потовщують, щоб зробити однаковими хвильові опори обох стаканів. Диполь поєднується з таким симетруючим пристроєм двопроводною лінією, один кінець якої припаяний до зовнішньої оболонки кабелю, а другий – до потовщеного внутрішнього провідника (див. рис. 4.13). Еквівалентна схема такого симетруючого пристрою наведена на рис. 4.14. У такому пристрої при відхиленні довжини хвилі від номінальної паразитний витік струмів від обох плечей диполя буде однаковим, що забезпечує симетричність струмів у широкому діапазоні частот. Правда, при цьому має місце зменшення амплітуди струмів при відхиленні від резонансної частоти і, як наслідок, – зменшення ККД випромінювача. Оскільки звернуті один до одного відкриті кінці стаканів еквіпотенціальні, то вони можуть бути з'єднані між собою, утворюючи один суцільний циліндр.

З метою спрощення конструкції опромінювача в РЛС 5Н84А використовується один спільний для двох верхніх випромінювачів симетруючий пристрій, а чвертьхвильові стакани замість циліндричної форми мають вигляд паралелепіпеда (див. рис. 4.8). На рис.4.15 схематично зображений поздовжній перетин симетруючого пристрою.

Конструктивно пристрій являє собою сталевий кожух прямокутного перетину. В середині кожуха до його торців приварені дві труби А і Б. Ці труби разом з кожухом 2 утворюють два чвертьхвильові стакани, відкриті кінці яких розташовані один проти одного і з'єднані між собою, утворюючи суцільну конструкцію. Торці кожуха є короткозамкнутими кінцями стаканів. В одну з труб (труба А на рис. 4.15) протягнутий

коаксіальний кабель, зовнішня оболонка якого припаяна в точці 1 до труби. Внутрішній провід кабелю припаяний до труби Б в точці 2.

Обидва диполі підключаються паралельно до точок 1 і 2 симетруючого пристрою за допомогою двопроводних ліній. Кожний провід двопроводної лінії являє собою коаксіальний кабель з хвильовим опором $\rho=75$ Ом. Загальний опір такої двопроводної лінії буде становити 150 Ом, а вхідний опір напівхвильового вібратора $R_{вх}=75$ Ом. Для узгодження хвильового опору двопроводної лінії з вхідним опором вібратора кожний провід лінії утворений двома паралельно з'єднаними відрізками кабелю.

Оскільки до точок 1 і 2 підключені два вібратори із вхідними опорами по 75 Ом, то загальний опір навантаження буде становити 37,5 Ом, а хвильовий опір фідерного тракту становить 38 Ом, тобто має місце майже повне узгодження навантаження з фідером. При цьому потужність високочастотних коливань ділиться порівну між двома випромінювачами.

Особливістю конструкції третього (нижнього) випромінювача є те, що кінцевий відрізок фідера виконаний на смужковій лінії. Тому вібратор (рис. 4.16) має пластинчасту конструкцію. Безпосереднє підключення диполя до такої лінії (одне плече диполя з'єднане з внутрішньою смужкою, а друге – із зовнішньою) так само, як і при підключенні до коаксіальної лінії, призведе до асиметрії живлення плечей вібратора за рахунок появи паразитного струму витоку між плечем, підключеним до центральної смужки, і екраном лінії. Симетрування живлення плечей вібратора забезпечується за допомогою симетруючої чвертьхвильової щілини (див. рис. 4.16). При цьому внутрішня смужка на торці смужкової лінії з'єднується перемичкою з вузькою стінкою екрана, до якої приварена одна з випромінюючих пластин диполя. Друга пластина диполя приварюється до протилежної вузької стінки екрана смужкової лінії. В цьому випадку обидва плеча диполя знаходяться по відношенню до екрана лінії в однакових умовах, і паразитних струмів витоку не буде. Для запобігання короткому замиканню на кінці лінії через наявність перемички між центральною смужкою і екраном у широких стінках екрану прорізані чвертьхвильові щілини, які розділяють кінцеву частину екрану смужкової лінії на дві половини. В нерозрізаній частині лінії хвиля розповсюджується рівномірно по всьому перетину лінії, а починаючи з лінії А-А (початок щілини) хвиля буде розповсюджуватися тільки по правому краю лінії, оскільки ліва частина лінії являє собою чвертьхвильовий короткозамкнений на кінці відрізок із великим вхідним опором. Досягнувши кінця лінії, хвиля буде симетрично збуджувати обидва плеча вібратора. Вхідний опір вібратора узгоджений з хвильовим опором смужкової лінії і становить 75 Ом.

Перемикач випромінювачів служить для розподілу потужності зондуючих сигналів між випромінювачами залежно від обраного режиму формування зони виявлення у вертикальній площині. При роботі в режимі НИЖНИЙ ЛУЧ вся потужність сигналів подається на два верхні випромінювачі і симетруючим пристроєм ділиться між ними порівну. При роботі в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ на верхні випромінювачі подається 80% потужності сигналів, а на нижній випромінювач – 20%.

Перемикач виконаний на відрізках смужкових ліній, які утворюють Т-подібне сполучення. На рис. 4.17 наведений поздовжній перетин перемикача площиною, паралельною вузьким стінкам смужкових ліній. До складу перемикача входять: смужкова лінія Э14 ($\rho=38$ Ом); чвертьхвильовий смужковий трансформатор Э15 ($\rho=106$ Ом); дві комутуючі шторки з електромагнітним управлінням.

Комутуючі шторки встановлені в лінії Э15 на відстані $\lambda/4$ від внутрішньої смужки лінії Э14. При роботі в режимі НИЖНИЙ ЛУЧ шторки за допомогою електромагнітного приводу закриваються і замикають внутрішню смужку на екран. При цьому вхідний опір короткозамкнутого чвертьхвильового відрізка Э15 стає великим, і третій випромінювач фактично відключений. При роботі в режимі ВЕРХНИЙ ЛУЧ шторки відкриваються і не заважають розповсюдженню хвиль до третього випромінювача.

Розподіл потужності сигналів між випромінювачами здійснюється автоматично завдяки вибору відповідних хвильових опорів ліній. До точки розгалуження (точка А на рис. 4.17) в цьому випадку будуть підключені паралельно два споживача. Розподіл підведеної потужності між ними буде зворотно пропорційним опорам навантажень. Вхідний опір у точці А лінії, що веде до верхніх випромінювачів, становить $R_{1,2}=38$ Ом. Вхідний опір лінії, що йде від перемикача до нижнього випромінювача, $R_3=75$ Ом. Оскільки хвильовий опір чвертьхвильового смужкового трансформатора становить $\rho_{тр}=106$ Ом, то результуючий вхідний опір цього плеча, перерахований у точку А, буде мати величину $R'_3=\rho_{тр}^2/R_3=106^2/75\approx 150$ Ом. Таким чином, опір плеча, що веде до нижнього випромінювача, в 4 рази більший, ніж опір плеча верхніх випромінювачів. В зв'язку з цим до нижнього випромінювача буде відведено 20% потужності сигналів, а до верхніх – 80%.

4.3.Анени допоміжних каналів

Призначення антен допоміжних каналів описане в п. 4.1. Способи використання антен будуть розглянуті при вивченні системи захисту від активних шумових завад та системи пеленгування постановників активних

шумових завад. У цьому розділі будуть розглянуті лише конструктивні особливості допоміжних антен.

4.3.1. Антени A1 і A2

Антенa A1 (рис. 4.18) являє собою вертикальну чотириелементну лінійну антенну решітку (АР) з рефлектором. Випромінювальними елементами служать півхвильові горизонтальні вібратори, встановлені на відстані $\lambda/4$ від рефлектора. Відстань між вібраторами по вертикалі становить $0,7\lambda$.

Вібратор (випромінювальний елемент) конструктивно складається (рис. 4.19) з двох випромінюючих латунних трубок (власне вібратор) і симетруючого пристрою. Центральна частина випромінюючих трубок і симетруючий пристрій закриті металевим кожухом круглого перетину. На торцях кожуха установлені поліетиленові ізолятори з отворами для виведення випромінюючих трубок. Симетруючий пристрій виконаний у вигляді двох латунних труб довжиною $\lambda/4$. У середині однієї з труб проходить коаксіальний кабель. Вібратор уніфікований і використовується як випромінюючий елемент в усіх допоміжних антенах. У технічній документації він позначається як «елемент О».

Живлення диполів виконане за паралельною схемою і здійснюється за допомогою смужкового чвертьхвильового дільника-трансформатора з хвильовим опором $\rho_{\text{тр}} = 37,5$ Ом. Такий трансформатор забезпечує узгодження вхідного кабелю ($\rho_{\text{к}} = 75$ Ом) з чотирма диполями, які мають опір вимпромінювання також 75 Ом кожний. Дійсно, загальний опір навантаження чотирьох диполів, підключених паралельно до виходу трансформатора, становить $R_{\text{н}} = 75/4$ Ом. Цей опір, перерахований на вхід дільника-трансформатора, буде становити $R_{\text{вх}} = \rho_{\text{тр}}^2 / R_{\text{н}} = 75$ Ом $= \rho_{\text{к}}$. За конструкцією дільник-трансформатор являє собою чвертьхвильовий відрізок смужкової лінії з одним входом і чотирма виходами.

Діаграма напрямленості антени A1 у горизонтальній площині (див. рис. 4.4) має ширину приблизно 70° і охоплює область ближніх бокових пелюсток ДН основної антени. Діаграма напрямленості антени A1 у вертикальній площині має повторювати форму ДН основної антени. Досягається це розподілом поля по вертикальному розкриву антени. Амплітудний розподіл поля по вертикалі рівномірний, а фазовий – лінійно-зростаючий (рис. 4.20). Фазовий зсув у живленні двох сусідніх вібраторів становить приблизно 30° і забезпечується вибором довжини кабелів між вібраторами і дільником-трансформатором (довжина кожного наступного фідера менша від попереднього на 146 мм). При такому фазовому розподілі поля по вертикальному розкриву максимум діаграми

напрямлених антени А1 без участі підстилаючої поверхні орієнтований під кутом елевачії приблизно 6° (рис. 4.21), тобто під таким само кутом, що й електрична вісь основної антени (див. рис. 4.7). Це дозволяє сформувати у вертикальній площині діаграму напрямленості, за формою близьку до ДН основної антени (див. рис. 4.5).

Рефлектор являє собою полотно, утворене горизонтально натягнутими дротяними нитками. Кріпиться антена з задньої сторони блока опромінювачів основної антени і практично не збільшує затіняючої дії опромінювача.

Антена А2 (рис. 4.22) складається з трьох вертикальних лінійних решіток, аналогічних за конструкцією та схемою живлення антени А1. Для отримання широкої діаграми напрямленості в горизонтальній площині (див. рис. 4.5), яка охоплює область задніх та дальніх бокових пелюсток ДН основної антени, решітки скріплені у вигляді П-подібної конструкції. Кріпиться антена А2 на підймальній стрілі антенно-щоглового пристрою позаду дзеркала основної антени.

4.3.2. Антена А3

Антена А3 (рис. 4.23) являє собою плоску антенну решітку, яка містить чотири вертикальні лінійки. Кожна лінійка виконана у вигляді автономної конструкції (бл. 363) і містить 4 випромінювачі. Випромінювач являє собою вертикально орієнтований півхвильовий вібратор (елемент О) з рамковим рефлектором у вигляді суцільнозвареної петлі з тонких алюмінієвих трубок.

Живлення антенної решітки виконане за паралельною двоступінчастою схемою. Перший ступінь забезпечує рівноамплітудне і синфазне живлення лінійок, тобто по горизонтальному розкриву антени А3 створюються рівномірний амплітудний і фазовий розподіли. Оскільки площа розкриву антенної решітки А3 паралельна лінії горизонтального розкриву основної антени, то максимум ДН антени А3 у горизонтальній площині співпадає з максимумом ДН основної антени (див. рис. 4.4). Другий ступінь живлення випромінювачів забезпечує рівномірний амплітудний і лінійно-зростаючий (як в антени А1) фазовий розподіли по вертикальному розкриву антени А3. Цим забезпечується формування діаграми напрямленості у вертикальній площині, близької за формою до ДН основної антени (див. рис. 4.5). Формування амплітудного розподілу по горизонталі і по вертикалі здійснюється за допомогою відповідних дільників-трансформаторів (на рис. 4.23 вони розташовані у центрі кожної вертикальної лінійки). На відміну від антени А1 дільники-трансформатори виконані на жорстких чвертьхвильових коаксіалах і мають циліндричну конструкцію. Вхідний роз'єднувач розміщений на торці по осі коаксіальної

лінії трансформатора. Вихідні кабелі вмонтовані у протилежний торець трансформатора по колу симетрично відносно його осі. Цим забезпечується рівноамплітудне ділення сигналів.

Особливістю антени АЗ є порівняність її характеристик (ширини ДН та коефіцієнта підсилення) з характеристиками основної антени. Це пояснюється тим, що антена призначена для компенсації активних шумових завад із регулярною поляризаційною структурою, які діють по головному променю діаграми напрямленості основної антени. Ідеальним варіантом було б повне співпадання характеристик антен (за винятком поляризації), але для такої антенної системи, як в РЛС 5Н84А це – складне завдання. Тому намагаються хоча б наблизити параметри таких антен.

Кріпиться антена АЗ до горизонтального ствола за дзеркалом основної антени симетрично відносно вертикального ствола. Оскільки антена АЗ має вертикальну поляризацію, то дзеркало основної антени для неї є прозорим.

4.3.3. Антена А4

До складу антени А4 (рис. 4.24) входять випромінювальний елемент (елемент К), рефлектор і дільник-трансформатор. Уся конструкція закріплена на верхньому опорно-поворотному підшипникові вертикального ствола антенно-щоглового пристрою.

Випромінювальний елемент (елемент К) являє собою два півхвильових диполя (два елемента О), які утворюють хрестоподібну конструкцію. Симетруючі пристрої обох диполів мають спільний кожух. Живлення диполів здійснюється з фазовим зсувом на 90° через дільник-трансформатор з хвильовим опором $\rho=50$ Ом за допомогою двох кабелів, довжина яких відрізняється на $\lambda/4$.

Діаграма напрямленості антени А4 у горизонтальній площині близька до кругової (див. рис. 4.4). Для отримання конусоподібної діаграми напрямленості у вертикальній площині випромінювач розташований над рефлектором на відстані $\lambda/2$. Зважаючи на висоту розташування антени, діаграма напрямленості у вертикальній площині сильно подріблена на малих кутах елевації (див. рис. 4.5). Але на кутах 10° і вище, тобто в області «мертвої зони», яку має перекривати діаграма напрямленості антени А4, подрібненість майже зникає.

4.3.4. Антена А5

Антена А5 (рис. 4.25) являє собою синфазну антенну решітку, до складу якої входять вісім випромінювачів, розташованих у два ряди, і

рефлектор. Випромінювачами є елементи К, такі ж, як і в антені А4. Але, на відміну від А4, живлення вертикальних і горизонтальних диполів здійснюється окремо, і антена А5 фактично являє собою дві антени: А5В і А5Г. Відповідно до цього антена має два високочастотні виходи (два канали: В і Г). Відстань між випромінювачами по вертикалі і по горизонталі становить $0,7\lambda$, а між випромінювачами і рефлектором – $\lambda/4$.

Кожний канал має автономну двоступінчасту паралельну схему живлення випромінювачів. Перший ступінь забезпечує рівноамплітудне і синфазне живлення двох четвірок вібраторів (лівої і правої), а другий – таке ж живлення вібраторів у четвірках. Для цього в кожному каналі є три дільники-трансформатори: один забезпечує рівномірний розподіл енергії між двома четвірками, а два інші – між диполями у четвірці. Одночасно вони забезпечують узгодження опорів навантаження з хвильовими опорами кабелів по тракту.

Діаграми напрямленості антен А5В і А5Г у горизонтальній (див. рис. 4.4) і у вертикальній (див. рис. 4.5) площині практично однакові.

Рефлектор виконаний у вигляді сітки $4,8 \times 2,4$ м з дюралюмінієвих трубок овального профілю. Рефлектор кріпиться до горизонтальної балки опорно-обертального пристрою.

Уся конструкція антени А5 розташована на напівпричепі АНП-2, має власний привод обертання і може бути встановлена на будь-який азимут або обертатися синхронно і синфазно з основною антеною.

4.4. Фідерна система

Фідерна система РЛС призначена для передачі високочастотної енергії від передавального пристрою до основної антени, а також для передачі прийнятих основною і допоміжними антенами сигналів на вхід приймальних пристроїв. Фідерна система включає в себе (див. рис. 4.1.) фідерний тракт основного каналу і фідерні тракти допоміжних каналів.

Основу фідерної системи становить тракт основного каналу: антенний комутатор (бл. 213), напрямлені відгалужувачі НВ1 і НВ2, перемикач АНТЕННА - ИЗМЕРЕНИЕ - ЭКВИВАЛЕНТ (бл. 16), потужна частина ВЧ-струмозйомника (бл. 212), поворотне з'єднання і блок захисту приймального каналу (бл. 368). Поєднуються елементи основного фідерного тракту між собою за допомогою потужного (зовнішній діаметр становить 40 мм) коаксіального кабелю типу РКС-15/38. Кабель має захисну свинцеву оболонку. Антенний комутатор і блок захисту з'єднуються малопотужним коаксіальним кабелем типу РК-75-9-13. Втрати у фідерній системі основного каналу при роботі на випромінювання не

перевищують 3 дБ, а при роботі на прийом – 1,5 дБ. Коефіцієнт бігучої хвилі в тракті не нижче 0,6.

До складу фідерних трактів допоміжних каналів входять молопотужна частина високочастотного струмозйомника (бл. 212), блоки захисту приймальних каналів (бл. 368) і високочастотні реле. У допоміжних каналах використовуються спеціальні коаксіальні кабелі з малими втратами типу РК-75-17-31, які мають повітряну ізоляцію між центральною жилою та оболонкою.

Елементи фідерної системи розташовуються в кабінах АП-1, АП-2 і на антенному посту АП-1.

4.4.1. Антенний комутатор

Антенний комутатор являє собою швидкодіючий електронний перемикач, який забезпечує роботу передавального і приймального пристрою на одну антену. Принцип дії антенного комутатора (рис. 4.26) ґрунтується на властивостях чвертьхвильових відрізків довгих ліній. Антенний комутатор має три плеча: передавальне, приймальне і антенне.

Передавальне плече Э1 являє собою відрізок коаксіальної лінії з хвильовим опором $\rho_{\text{л}} = 38 \text{ Ом}$, яка, власне, є продовженням навантажувальної лінії генератора НВЧ. У розриві внутрішнього проводу ввімкнуті паралельно два розрядники РИ1 і РИ2 типу Р6. Напруга підпалювання розрядників становить 800 В. При дії зондуючого сигналу розрядники пробиваються і з'єднують вихід генератора з лінійним фідером АФС. Застосування двох паралельно ввімкнутих розрядників забезпечує передачу великих потужностей і зменшує опір розриву. Після закінчення дії зондуючого сигналу розрядники гаснуть, і лінія розривається. Таким чином, передавальне плече антенного комутатора забезпечує автоматичне з'єднання генератора НВЧ з лінійним фідером АФС тільки на час дії зондуючого сигналу.

Приймальне плече антенного комутатора призначене для захисту вхідних кіл приймача від дії потужних зондуючих сигналів і для з'єднання лінійного фідера АФС із входом приймача в паузах між зондуючими імпульсами. Крім того, тут забезпечується також узгодження вхідного опору приймача (75 Ом) з хвильовим опором лінійного фідера ($\rho = 38 \text{ Ом}$). Приймальне плече має два кола захисту.

Перше коло утворюється чвертьхвильовим відрізком кабелю Ф5 ($\rho = 50 \text{ Ом}$), на кінці якого ввімкнуті паралельно два розрядники РИ3 і РИ4 типу Р6. При дії зондуючого сигналу розрядники пробиваються і замикають центральну жилу відрізка Ф5 на зовнішню оболонку кабелю, тобто на корпус. Якщо б розрядник був ідеальним і мав у пробитому стані

нульовий опір ($Z_p=0$), то вхідний опір чвертьхвильового відрізка Ф5 був би безкінечно великим, що й забезпечувало б захист приймача від дії потужного зонduючого сигналу. Реально розрядники у пробитому стані мають $Z_p \neq 0$, і цей опір носить активно-індуктивний характер. Так, для розрядників типу Р6 $L_p \approx 0,8$ мкГн. Наявність опору Z_p призводить до зменшення вхідного опору чвертьхвильового відрізка Ф5, оскільки $Z_{вх} = \rho^2 / Z_p$, де ρ – хвильовий опір кабелю Ф5.

Для компенсації індуктивної складової опору розрядника послідовно з ним включається конденсатор (див. рис. 4.26), ємність якого вибирається так, щоб на робочій частоті мав місце послідовний резонанс (рис. 4.27). Наявність конденсатора дає позитивний ефект також при прийомі луна-сигналів, коли розрядники не горять. Холодний розрядник має ємнісний опір (рис. 4.28), а тому наявність додаткового конденсатора призводить до зменшення результуючої ємності кола і до зниження її шунтуючої дії. Для зменшення активної складової опору пробитого розрядника застосовується паралельне вмикання двох розрядників РИЗ, РИ4 (див. рис. 4.26).

Відрізок кабелю Ф5 першого кола захисту виконує додатково роль узгоджувального трансформатора і має хвильовий опір $\rho_{тр} = 50$ Ом. При цьому хвильовий опір кабелів Ф6 і Ф9 приймального плеча антенного комутатора (див. рис. 4.26), який узгоджений із вхідним опором приймача і становить величину $\rho = 75$ Ом, перераховується до точки з'єднання фідерів антенного і приймального плеча як величина $R_{вх} = \rho_{тр}^2 / \rho = 33$ Ом, що близько до хвильового опору лінійного фідера $\rho_{л} = 38$ Ом.

Друге коло захисту приймача утворене чвертьхвильовим відрізком кабелю Ф6 ($\rho = 75$ Ом) і розрядниками РИ5, РИ6 типу Р-28, які мають значно меншу напругу підпалювання, ніж розрядники першого кола захисту. Застосування двох послідовних кіл захисту з розрядниками, які мають різний потенціал підпалювання, підвищує надійність захисту приймача (рис. 4.29). Першими при дії зонduючого сигналу спрацьовують малопотужні розрядники РИ5, РИ6. При цьому в точці вмикання розрядників РИЗ, РИ4 виникає пучність напруги, що прискорює їхнє підпалювання, і далі більша частина потужності зонduючого сигналу виділяється на розрядниках РИЗ, РИ4, а розрядники РИ5, РИ6 додатково подавляють зонduючий сигнал, який проникає через перше коло захисту. Компенсація індуктивної складової опору пробитих розрядників РИ5, РИ6 здійснюється так само, як і в першому колі захисту. Тільки замість конденсаторів використовуються відрізки кабелю, які ввімкнуті у вигляді петлі (див. рис. 4.26). Кожна петля являє собою два паралельно ввімкнутих, розімкнутих на кінці, відрізки кабелю (рис. 4.30). Довжина відрізків вибирається меншою від $\lambda/4$, тому вони мають ємнісний вхідний опір. Паралельне вмикання двох відрізків забезпечує зменшення їхнього

активного опору. Оскільки довжина відрізків однакова, то їхні кінці еквіпотенціальні, і їх можна з'єднати. Так утворилась петля (шлейф). Застосування ємнісних шлейфів замість конденсаторів зумовлене тим, що індуктивність вводів розрядників типу Р-28 значно більша, ніж у розрядників Р-6 (діаметр вводів розрядників Р-28 менше). У зв'язку з цим для компенсації індуктивної складової опору пробитого розрядника потрібна дуже мала ємність, яку простіше створити у вигляді ємнісного шлейфа.

На закінчення щодо особливостей побудови антенного комутатора слід зазначити, що застосування двох кіл захисту розширює також робочий частотний діапазон антенного комутатора. Досягається це тим, що відрізки фідера $\Phi 5$ і $\Phi 6$ (див. рис. 4.26) вибираються так, що перший трошки менший, а другий трошки більший від $\lambda/4$, де λ – довжина хвилі електромагнітних коливань на центральній частоті робочого діапазону РЛС.

4.4.2. Направлені відгалужувачі

Направлені відгалужувачі призначені для відбирання частини потужності сигналів із тракту або для направленої введення сигналів у тракт. У фідерному тракті РЛС 5Н84А (див. рис. 4.1) використовуються три види різних за функціональним призначенням відгалужувачів: НВ1, НВ2 і НВ. Сигнал, який знімається з відгалужувача НВ1, використовується при роботі системи АПЧ, а також для фазування когерентного гетеродина системи СРЦ (див. рис. 2.2) і називається імпульсом фазування (ІФ). Сигнали з виходу відгалужувача НВ2 подаються в блок 114 для вимірювання потужності зондуючих сигналів та коефіцієнта бігучої хвилі в тракті. За допомогою відгалужувачів НВ в приймальні канали вводяться з системи імітації високочастотні шумові завади.

Потужні відгалужувачі НВ1 і НВ2 являють собою відгалужувачі рамково-штирьової конструкції. При цьому відгалужувач НВ2 за конструкцією більш складний. Він і буде розглянутий детальніше. Малопотужні відгалужувачі НВ виконані на мікросмужкових лініях і за їх простотою розглядатися не будуть.

Основне призначення направленої відгалужувача НВ2 полягає у видачі на блок 114 таких сигналів, які б забезпечили вимірювання коефіцієнта бігучої хвилі $K_{\text{бх}}$ та потужності зондуючого сигналу $P_{\text{и}}$, яка віддається в антену.

У довгих лініях, де існує режим змішаної хвилі, $K_{\text{бх}}$ визначається співвідношенням

$$K_{БХ} = \frac{U_{\min}}{U_{\max}} = \frac{U_{\Pi} - U_{В}}{U_{\Pi} + U_{В}} = \frac{1 - b}{1 + b}, \quad (4.1)$$

де $U_{\min}$, $U_{\max}$ – мінімальне та максимальне значення амплітуди змішаної хвилі;

U_{Π} , $U_{В}$ – значення амплітуди падаючої і відбитої хвилі;

$b = U_{\Pi}/U_{В}$ – модуль коефіцієнта відбиття хвиль.

Таким чином, для вимірювання $K_{БХ}$ необхідно вимірювати амплітуду падаючої і відбитої хвиль у фідері.

Потужність передавача, яка віддається в антену, взагалі залежить від узгодження в тракті

$$P_{и} = \frac{U_{\Pi}^2}{2\rho} - \frac{U_{В}^2}{2\rho} = \frac{U_{\Pi}^2}{2\rho}(1 - b^2), \quad (4.2)$$

де ρ – хвильовий опір фідера. Але при значеннях $K_{БХ} \geq 0,6$ величина $b = (1 - K_{БХ}) / (1 + K_{БХ}) \leq 0,25$, а $b^2 \leq 0,06$ і $P_{и} \approx U_{\Pi}^2 / 2\rho$. Отже, для вимірювання потужності, що віддається в антену, досить виміряти лише амплітуду падаючої хвилі.

Таким чином, відгалужувач НВ2 має забезпечити вимірювання окремо амплітуд як падаючої, так і відбитої хвилі. У зв'язку з цим відгалужувач НВ2 має рамково-штирову конструкцію (рис. 4.31). Штир занурюється в діелектрик між зовнішньою оболонкою і внутрішнім проводом лінійного фідера, а магнітна рамка розташовується над зовнішньою оболонкою фідера. В оболонці фідера зроблені поперечні прорізи, щоб магнітні силові лінії могли перетинати площину рамки. Штир і рамка з'єднані послідовно і навантажені на резистор R , який ввімкнутий між корпусом і точкою з'єднання штира з рамкою. Штир, рамка і резистор закриті кожухом, який приварений до зовнішньої оболонки фідера. Рамка може повертатися навколо вісі, яка проходить через штир. Важель управління рамкою виведений на передню панель стойки 108, в якій розташований відгалужувач НВ2, і має два положення: ОТРАЖ – ПАДАЮЩ.

При наявності в лінійному фідері електромагнітного поля в штирі наводиться ЕРС, амплітуда якої U_E пропорційна амплітуді електричної складової поля E у фідері та глибині занурення штира: $U_E = k_1 E$. Ця ЕРС викликає на резисторі R падіння напруги такої ж величини.

У рамці наводиться ЕРС, амплітуда якої U_M пропорційна магнітному потоку Φ у фідері, величині поверхні рамки та косинусу кута повертання φ площини рамки відносно поздовжньої вісі лінійного фідера: $U_M = k_2 \Phi \cos \varphi$. Оскільки резистор R і рамка з'єднані послідовно, а електрична і магнітна складові бігучої хвилі у фідері синфазні, то на виході відгалужувача буде діяти напруга сумарної амплітуди $U_{\Sigma} = U_E + U_M$, яка й подається на вимірювач коефіцієнта бігучої хвилі та потужності (бл. 114).

Якщо глибину занурення штира і поверхню рамки підібрати таким чином, щоб виконувалась умова $U_E < U_M$, то за допомогою такого напрямленого відгалужувача можна здійснювати окремо вимірювання амплітуд падаючої та відбитої хвилі у фідері. Принцип такого вимірювання пояснюється рис. 4.32, 4.33.

На рис. 4.32, а, б зображені відповідно структури електромагнітних полів для падаючої і відбитої хвиль у фідері. Ці поля відрізняються одне від одного тільки напрямком магнітних силових ліній.

На рис. 4.33, а зображені залежності U_Σ , U_E , U_M від кута повертання рамки φ при наявності в фідері тільки падаючої хвилі. Кут φ відраховується від горизонтальної вісі проти годинникової стрілки. Амплітуда і фаза ЕРС, наведеної в штирі, не залежить від кута повертання рамки. Тому залежність $U_E = U_E(\varphi)$ має вигляд кола з центром у точці початку координат. Фаза ЕРС умовно позначена знаком «+». Амплітуда ЕРС, наведеної в рамці, має косинусоїдальну залежність від кута її повертання φ . Графік $U_M = U_M(\varphi)$ має вигляд тороїда. Фаза ЕРС змінюється на π при переході кута φ через значення $\pi/2$, що на рис. 4.32 позначено знаками «+» і «-». Залежність сумарної ЕРС $U_\Sigma = U_\Sigma(\varphi)$ має вигляд спотвореного несиметричного тороїда. При повертанні рамки на кут φ_1 електрорушійні сили, наведені в штирі та в рамці, за амплітудою однакові, а за фазою протилежні, тому $U_\Sigma = 0$.

На рис. 4.33, б зображені залежності U_Σ , U_E , U_M від кута повертання рамки φ при наявності в фідері тільки відбитої хвилі. При цьому електричні силові лінії поля відбитої хвилі мають той само напрямок, що і при падаючій хвилі (див. рис. 4.32), а магнітні силові лінії напрямлені протилежно. Отже, фаза ЕРС, наведеної в рамці, зміниться на π . Це призведе до зміни залежності $U_\Sigma = U_\Sigma(\varphi)$. Нульове значення U_Σ тепер буде отримане при іншому положенні рамки (при куті φ_2 повертання рамки).

Таким чином, при встановленні рамки у положення φ_1 амплітуда напруги на виході напрямленого відгалужувача пропорційна амплітуді відбитої хвилі у фідері, а при встановленні рамки у положення φ_2 – пропорційна амплітуді падаючої хвилі. Конструктивно відгалужувач виконаний так, що рамка може виставлятися тільки під кутами φ_1 або φ_2 . Ручка встановлення рамки виведена на передню панель стойки 108, в якій розташований відгалужувач НВ2, і має два положення: ОТРАЖ – ПАДАЮЩ.

4.4.3. Блок струмозйомників

Блок струмозйомників (бл. 212) містить чотири струмозйомники: потужний високочастотний, малопотужний високочастотний, потужний низькочастотний і малопотужний низькочастотний.

4.4.3.1. Потужний ВЧ-струмозійомник служить для передачі високочастотної енергії зонduючих сигналів від нерухомої частини фідерного тракту до рухомої, яка обертається разом з антеною. Він являє собою коаксіальне обертальне з'єднання контактного типу і складається з рухомої і нерухомої частин. Кожна частина струмозійомника містить зовнішній і внутрішній стакани, які утворюють відповідно зовнішній і внутрішній проводи з'єднання. При цьому діаметр зовнішнього стакана рухомої частини трошки більший, а внутрішнього – трошки менший діаметру відповідного стакана нерухомої частини. Кінці стаканів нерухомої частини струмозійомника виконані у вигляді щіткового вінця. Рухома частина струмозійомника надягається на нерухому так, що щіткові вінці нерухомої частини впритул прилягають до поверхні стаканів рухомої частини. Діаметри внутрішнього і зовнішнього стаканів струмозійомника підібрані так, щоб його хвильовий опір був таким, як і опір фідера, тобто $\rho=38 \text{ Ом}$.

4.4.3.2. Малопотужний ВЧ-струмозійомник служить для передачі високочастотної енергії, прийнятої допоміжними антенами, на входи приймальних пристроїв. Він являє собою шестиканальний струмозійомник кільцевого типу. Зйом сигналів з кілець здійснюється за допомогою щіток.

4.4.3.3. Потужний низькочастотний струмозійомник служить для передачі живлення на трансформатори системи обігрівання антени. За конструкцією він являє собою колектор із шести латунних кілець. Напруга живлення подається на кільця за допомогою щіток.

4.4.3.4. Малопотужний низькочастотний струмозійомник служить для передачі керуючої напруги на електромагнітний привод перемикача опромінювача, а також напруги живлення лебідки ствола і лебідки ферми «О». Він являє собою колектор з десяти латунних дисків. Напруга на контактні диски подається за допомогою щіток.

Конструктивно всі чотири струмозійомники виконані у вигляді єдиного блока, до корпусу якого додатково кріпиться блок сельсинів (бл. 355). Усі рухомі елементи кріпляться до труби, яка проходить у центрі блока і є його центральною віссю. Труба своєю верхньою частиною кріпиться до цапфи великої шестерні електроприводу обертання антени і, таким чином, усі рухомі елементи блока струмозійомника обертаються синхронно з антеною. У верхній частині блока розташований потужний низькочастотний струмозійомник. У середній частині розміщені кільця та диски малопотужного низькочастотного та малопотужного високочастотного струмозійомників, а у нижній частині знаходиться потужний високочастотний струмозійомник. Доступ до контактних кілець і дисків здійснюється через зйомні кришки. Блок герметизований за допомогою гумових прокладок, манжетів, чохла. Для зливання конденсату

та води, що випадково потрапила до струмозйомника, в нижній частині блока є отвір, який закривається гвинтом.

Антенна А5 має свій малопотужний високочастотний струмозйомник (бл. 366). За принципом побудови він аналогічний такому ж струмозйомнику основного блока (бл. 212).

4.4.4. Високочастотне поворотне з'єднання

Високочастотне поворотне з'єднання (бл. 367) є чисто конструктивним елементом антенно-фідерної системи і забезпечує необхідне згинання фідера при згортанні антенної системи. Блок 367 являє собою коаксіально-обертальне з'єднання контактного типу. За конструкцією з'єднання являє собою сполучення двох жорстких коаксіальних Т-подібних трійників, які розвернуті в протилежні сторони і посаджені на спільну вісь. Трійники можуть повертатися відносно спільної вісі. Для кріплення внутрішнього проводу поворотного з'єднання застосовані чвертьхвильові короткозамкнуті шлейфи з хвильовим опором $\rho=50$ Ом. Поворотне з'єднання має $K_{\text{БХ}}$ не менше 80% у смузі робочих частот станції.

4.5. Блок захисту

Блок захисту (бл. 368) призначений для подавлення тієї частини зонduючого сигналу, що проникає на вхід приймального пристрою, і забезпечує таким чином захист приймальних пристроїв від потужних зонduючих сигналів. Блоки захисту встановлені в усіх приймальних каналах. При цьому в основному приймальному каналі блок є додатковим засобом захисту, оскільки значна частина зонduючого сигналу, яка проникла до приймального тракту, вже подавлена в антенному комутаторі (бл. 212). У допоміжних каналах блок 368 є основним і єдиним засобом їх захисту.

Відразу необхідно зазначити, що блок 368 існує тільки в РЛС 5Н84А випуску до 1981 року. У пізніших модифікаціях замість блока 368 використовується значно простіший обмежувач потужності зонduючих сигналів. Особливості його побудови будуть розглянуті в кінці цього пункту.

Блок захисту являє собою (рис. 4.34) ділянку смужкової лінії Э1 з хвильовим опором 75 Ом, до якої паралельно підключені чотири НВЧ-діоди Д1...Д4 типу 2А509А. Принцип роботи блока ґрунтується на управлінні опором діодів шляхом подавання на них керуючої напруги (напруги зміщення). При позитивному зміщенні діоди закриті. У цьому стані вони еквівалентні конденсаторам з ємністю приблизно 1 пф. Втрата

луна-сигналів у лінії Э1 при цьому не перевищують 0,5 дБ. При негативному зміщенні діоди відкриті і мають опір приблизно 3 Ом. Завдяки цьому внутрішня смужка лінії Э1 замикається через конденсатори С1...С4 на корпус, і сигнали ослаблюються на 26 дБ. Для вирівнювання струмів через відкриті діоди послідовно з ними ввімкнуті резистори R1...R4.

Керуюча напруга для діодів Д1...Д4 формується спеціальним формувачем-мультивібратором, який формує на час дії зонduючого сигналу імпульс негативної полярності. Оскільки перехідні процеси у діодах Д1...Д4 досить тривалі, то запуск формувача імпульсами запуску ІЗ здійснюється з упередженням приблизно на 20 мкс, а протяжність сформованого керуючого імпульсу становить 50 ± 10 мкс. Цим забезпечується надійне «перекриття» зонduючого сигналу.

Для виявлення зіпсованих НВЧ-діодів Д1...Д4 у блоці передбачена схема функціонального контролю, до складу якої входять індикаторні лампи Л1...Л5, діоди Д5...Д8 і кнопка Кн1 КОНТР. При натисканні на кнопку Кн1 на катоди діодів Д1...Д4 подається постійна позитивна напруга 6,3 В і загорається лампочка Л1 КОНТР. Якщо при цьому будь-який діод Д1...Д4 виявиться пробитим, то в його колі буде протікати зворотний струм і загориться відповідна контрольна лампочка Л2...Л5. Для того, щоб при пробі одного з діодів Д1...Д4 не загоралися всі індикаторні лампи, послідовно з обмежувальними опорами R1...R4 ввімкнені імпульсні діоди Д5...Д8 типу ДЗ10.

Обмежувачі сигналів, які використовуються замість блоків захисту в РЛС 5Н84А пізніших модифікацій, являють собою дільницю смужкової лінії з чотирма паралельно ввімкнутими ріп-діодами, які обмежують вхідні сигнали на рівні $\pm 0,5$ В.

4.6. Система еквівалента антени

Система еквівалента антени забезпечує настройку передавача на запасні частоти та контроль функціонування РЛС на запасних частотах без випромінювання високочастотної енергії в ефір.

Принцип дії системи полягає в тому, що вона забезпечує встановлення опору еквівалента антени на вибраній частоті, близького до опору самої антени, що й надає можливості скритної настройки, роботи та перевірки РЛС на будь-якій частоті в межах робочого діапазону.

До складу системи еквівалента антени входять (див. рис. 4.1):
перемикач АНТЕННА– ЭКВИВАЛЕНТ (бл. 16);
вимірювач вхідних опорів (бл. 17);
високочастотний трансформатор (бл. 18);

блок навантажувальних опорів (бл. 19).

Останні два блоки власне й утворюють еквівалент антени, а решта блоків забезпечує його підключення та настройку. Крім того, в роботі системи еквівалента антени безпосередню участь приймають антена, елементи фідерного тракту, приймальний пристрій і вимірювальні прилади у складі осцилографа та генератора стандартних сигналів. Принципіальна схема системи еквівалента антени та її зв'язки з іншими системами наведені на рис. 4.35. Перш ніж розглядати принципи функціонування та методику використання системи настройки на еквівалент у цілому, доцільно з'ясувати спочатку принципи побудови та функціонування окремих блоків.

4.6.1. Перемикач АНТЕННА – ЭКВИВАЛЕНТ

Перемикач АНТЕННА – ЭКВИВАЛЕНТ (бл. 16) являє собою потужний коаксіальний перемикач роторного типу. Спрощена схема його конструкції наведена на рис. 4.36. Ротор перемикача має три положення: АНТЕННА – ИЗМЕРЕНИЕ – ЭКВИВАЛЕНТ. Встановлення ротора перемикача здійснюється вручну за допомогою штурвала, який посаджений на вісь ротора. З віссю ротора і штурвала механічно зв'язаний низькочастотний перемикач, який забезпечує необхідну комутацію блокувальних кіл залежно від положення ротора.

У положенні АНТЕННА перемикач з'єднує передавач з антеною. Одночасно низькочастотний перемикач замикає кола блокування анодного живлення генератора.

У положенні ЭКВИВАЛЕНТ перемикач з'єднує генератор з навантажувальними опорами (бл. 19). Низькочастотний перемикач при цьому замикає коло живлення вентиляторів еквівалента, а також підключає до кола блокування анодного живлення генератора контакти аеродинамічного реле в блоці 19. Тобто якщо повітряний потік охолодження еквівалента недостатній, то генератор працювати не буде.

У положенні ИЗМЕРЕНИЕ всі кола перемикача розімкнуті. Ротор знаходиться в нейтральному стані, кола анодного живлення генератора та живлення вентилятора еквівалента заблоковані. В цьому положенні до антенно-фідерної системи та до еквівалента через спеціальні отвори в передній панелі блока перемикача за допомогою спеціальних штекерів підключається вимірювач входних опорів (бл. 17).

4.6.2. Блок навантажувальних опорів

Блок навантажувальних опорів (бл.19) призначений для поглинання енергії генератора НВЧ при його роботі на еквівалент. Основу його

становлять чотири потужні резистори типу УНУ-100-75, опором $R=75$ Ом кожний. Резистори попарно з'єднані (див. рис. 4.35) за допомогою коаксіальних кабелів Ф5, Ф6 и Ф7,Ф8 ($\rho=75$ Ом). Вхідний опір у точці з'єднання кабелів становить 37,5 Ом. За допомогою чвертьхвильових трансформаторів Ф3 і Ф4 з хвильовим опором $\rho_{тр}=50$ Ом вхідний опір кожної пари трансформується знову до величини 75 Ом. У блоці 18 обидва чвертьхвильові трансформатори з'єднуються в одній точці, тому загальний вхідний опір еквівалента антени за активною складовою становить 37,5 Ом.

Резистори закриті спеціальними кожухами і підлягають примусовому охолодженню за допомогою вентилятора з електродвигуном типу АОЛЗ1-12. Живлення електродвигуна здійснюється від трифазної мережі 220 В, 400 Гц через контактор. Керуюча напруга +115 В на контактор подається від блока вмикання живлення причепа АП-2 (бл. 374) через перемикач АНТЕНА-ЕКВІВАЛЕНТ при встановленні його в положення ЕКВІВАЛЕНТ. У повітропроводі вентилятора є аеродинамічне реле, яке своїми контактами замикає блокувальне коло анодного живлення генератора НВЧ і запобігає вмиканню генератора при відсутності охолодження еквівалента.

4.6.3. Блок високочастотного трансформатора

Блок високочастотного трансформатора (бл.18) призначений для регулювання (трансформування) вхідного опору еквівалента антени. Блок дозволяє регулювати реактивну складову опору еквівалента антени в межах ± 18 Ом і активну складову – в межах 22...64 Ом. Блок являє собою двохшлейфовий трансформатор, до складу якого входять (див. рис. 4.35) два коаксіальні короткозамкнуті шлейфи Ф5 і Ф9, трансформатор опорів Ф6, Ф7 довжиною $3/8\lambda$ і дві кабельні коробки Ф4 і Ф8.

У схемі трансформатора переважають паралельні з'єднання різних елементів. Тому розгляд принципів його роботи зручніше проводити шляхом аналізу не опорів, а провідностей на різних стадіях трансформації, оскільки при паралельному з'єднанні елементів їх провідності складаються.

У точці з'єднання реактивного шлейфа Ф9 і активного опору еквівалента антени, тобто в точці Ф8, результуюча провідність становить

$$\dot{y}_1 = g + j b_{ш1}, \quad (4.3)$$

де $g = 1/R_H$; $b_{ш1} = -1/x_{ш1}$;

R_H – результуючий опір резисторів еквівалента, перерахований у точку Ф8;

$x_{ш1}$ – реактивний опір шлейфа Ф9.

Ця провідність перераховується в точку Ф4 як величина

$$\dot{y}_2 = \frac{1}{\rho_{\text{тр}}} \cdot \frac{\rho_{\text{тр}} + j \frac{1}{\dot{y}_1} \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} L_{\text{тр}}}{\frac{1}{\dot{y}_1} + j \rho_{\text{тр}} \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} L_{\text{тр}}}, \quad (4.4)$$

де $\rho_{\text{тр}}$ – хвильовий опір трансформатора;

$L_{\text{тр}} = 3/8\lambda$ – довжина шлейфа трансформатора.

Оскільки $L_{\text{тр}} = 3/8\lambda$, то $\operatorname{tg} 2\pi L_{\text{тр}}/\lambda = \operatorname{tg} 3\pi/4 = -1$, і величина

$$\dot{y}_2 = \frac{1}{\rho_{\text{тр}}} \cdot \frac{\rho_{\text{тр}} - j \frac{1}{\dot{y}_1}}{\frac{1}{\dot{y}_1} - j \rho_{\text{тр}}} = \frac{1}{\rho_{\text{тр}}} \cdot \frac{\dot{y}_1 \rho_{\text{тр}} - j}{1 - j \dot{y}_1 \rho_{\text{тр}}}. \quad (4.5)$$

Підставивши до (4.5) значення y_1 , тобто (4.3), отримаємо:

$$\dot{y}_2 = \frac{2g}{(\rho_{\text{тр}} b_{\text{ш1}} + 1)^2 + \rho_{\text{тр}}^2 g^2} + j \frac{\rho_{\text{тр}}^2 (b_{\text{ш1}}^2 + g^2) - 1}{\rho_{\text{тр}} [(\rho_{\text{тр}} b_{\text{ш1}} + 1)^2 + \rho_{\text{тр}}^2 g^2]}. \quad (4.6)$$

З урахуванням провідності шлейфу Ф5 результуюча провідність у точці Ф4 буде становити:

$$\dot{y}_2 = \frac{2g}{(\rho_{\text{тр}} b_{\text{ш1}} + 1)^2 + \rho_{\text{тр}}^2 g^2} + j \left\{ \frac{\rho_{\text{тр}}^2 (b_{\text{ш1}}^2 + g^2) - 1}{\rho_{\text{тр}} [(\rho_{\text{тр}} b_{\text{ш1}} + 1)^2 + \rho_{\text{тр}}^2 g^2]} + b_{\text{ш2}} \right\}, \quad (4.7)$$

де $b_{\text{ш2}} = -1/X_{\text{ш2}}$ – реактивна провідність шлейфа Ф5.

Як видно з (4.7), величина $b_{\text{ш1}}$, тобто довжина шлейфа Ф9 впливає як на активну, так і на реактивну складові опору еквівалента антени, а величина $b_{\text{ш2}}$, тобто довжина шлейфа Ф5, впливає тільки на реактивну складову. Цією особливістю визначається порядок настройки еквівалента. Спочатку довжиною шлейфа Ф9 установлюють необхідне значення активної складової опору, а потім довжиною шлейфа Ф5 підбирають значення реактивної складової.

Конструктивно блок високочастотного трансформатора виконаний у вигляді окремої шафи, в якій розташовані два шлейфа, трансформатор опору та дві високочастотні коробки. Шлейфи являють собою короткозамкнуті жорсткі коаксіали довжиною 500 мм. Діаметр зовнішньої труби становить 100 мм, а внутрішньої – 26 мм. Короткозамикаючі плунжери пересуваються за допомогою штурвалів, які виведені на передню панель шафи. Трансформатор опору утворений двома відрізками кабелю РКС-15/38.

4.6.4. Вимірювач входних опорів

Вимірювач входних опорів (бл. 17) призначений для порівняльного вимірювання входних опорів антенно-фідерної системи та еквівалента антени. Блок має основну і допоміжну фідерні гілки, а також балансну коаксіальну лінію. Основна гілка утворена кабелем Ф7 (див. рис. 4.35) і має два рівних плеча, одне з яких веде до антени, а друге – до еквівалента. Кабель кожного плеча закінчується високочастотним штекером. При настройці еквівалента штекери вставляються в гнізда Ф4 і Ф5 блока 16. Середня точка гілки за допомогою фідера Ф8 з'єднується із входом приймача через перемикач РАБОТА-НАСТРОЙКА (в положенні РАБОТА) антенного комутатора. Допоміжна гілка також має два плеча рівної довжини (кабелі Ф10 і Ф11), які підключені до балансної коаксіальної лінії У1. До середньої точки балансної коаксіальної лінії У1 надходять високочастотні коливання від генератора стандартних сигналів (ГСС). Плечі допоміжної гілки зв'язані з плечами основної гілки за допомогою напрямлених відгалужувачів Э1 і Э2. Направлені відгалужувачі встановлені на однакових відстанях від середньої точки основної гілки. Відгалужувачі Э1, Э2 виконані аналогічно основним відгалужувачам НВ1 і НВ2, але мають тільки магнітні рамки. При цьому рамки відгалужувачів Э1 і Э2 орієнтовані протилежно. Це дає змогу вводити сигнали в тракти плечей основної гілки у протифазі. Результируюча напруга знімається з центральної точки основної гілки і подається на приймач. Величина результируючої напруги являє собою геометричну суму напруг, які діють у плечах основної гілки, і пропорційна різниці опорів плечей, тобто опорів антени та еквівалента антени. Якщо опори плечей однакові, то результируюча напруга дорівнює нулю.

Конструктивно блок виконаний на плоскому шасі і розташований у верхній частині стойки 108. Основна (Ф7) і допоміжна (Ф10, Ф11) гілки фідера виконані на відрізках коаксіальних кабелів. Направлені відгалужувачі Э1, Э2 являють собою відгалужувачі рамкового типу. Вісі рамок виведені на передню панель блока. На вісях закріплені ручки, за допомогою яких рамки можуть бути встановлені в положення ИЗМЕРЕНИЕ або КОНТРОЛЬ. Балансна лінія У1 виконана у вигляді жорсткого коаксіала, до торців якого кріпляться кабелі Ф10, Ф11 допоміжної лінії фідера, а до середньої точки подаються сигнали від ГСС за допомогою кабелю РК-20 через спеціальну каретку, яка через горизонтальну щілину зовнішньої труби коаксіальної лінії з'єднується з рухомим плунжером. Пересування каретки здійснюється за допомогою гвинтової передачі вручну при настройці блока.

4.6.5. Методика настройки еквівалента антени

Еквівалент антени має бути постійно настроєним на основну робочу частоту РЛС. При настройці РЛС на запасні частоти опір еквівалента антени буде змінюватися. Тому після закінчення настройки станції на запасні частоти еквівалент антени необхідно знову настроювати на робочу частоту. Перед настройкою станції на запасні частоти чи перед перевіркою такої настройки обов'язково необхідно провести перевірку і настройку фідерного тракту РЛС. Настройка еквівалента антени здійснюється в такій послідовності.

Спочатку за сигналом ГСС, який настроєний на потрібну фіксовану частоту, здійснюється настройка приймача. Потім вихід ГСС з'єднується з середньою точкою допоміжної гілки фідера вимірювача входних опорів. Перемикач АНТЕНА-ЕКВІВАЛЕНТ переводиться у положення ИЗМЕРЕНИЕ, а штекери основної гілки фідера вимірювача входних опорів вставляються у гнізда Ф4, Ф5 блока 16. При цьому одне плече основної гілки буде навантажене на антену, а друге – на еквівалент. Перемикач РАБОТА – НАСТРОЙКА блока антенного комутатора переводиться в положення НАСТРОЙКА. При цьому на вхід приймача (див. рис. 4.35) подаються сигнали з середньої точки основної гілки вимірювача входних опорів.

Тепер необхідно перевірити однаковість (збалансованість) плечей допоміжної гілки фідера вимірювача входних опорів. Для цього рамка одного відгалужувача ставиться в положення ИЗМЕРЕНИЕ, другого – в положення КОНТРОЛЬ, а потім – навпаки. При збалансованості плечей сигнали на виході приймача в обох випадках однакові. Збалансованість досягається пересуванням каретки балансної лінії У1. Після цього можна переходити до настройки еквівалента антени.

При настройці еквівалента обидва відгалужувачі на блоці вимірювача входних опорів переводяться в положення ИЗМЕРЕНИЕ. Якщо опори антени і еквівалента однакові, то сигнал від ГСС у середній точці основної гілки фідера (див. рис. 4.35) взаємно скомпенсується, оскільки він подається в плечі в протифазі, і на виході приймача (на осцилографі) сигналу не буде. Якщо ж комплексні входні опори антени і еквівалента неоднакові, то в середній точці основної гілки фідера і відповідно на виході приймача з'явиться некомпенсований сигнал. Для настройки еквівалента необхідно спочатку зміною довжини шлейфа Ф9 (нижній штурвал на блоці високочастотного трансформатора) установити мінімальне значення сигналу, а потім зміною довжини шлейфа Ф5 добитися його зникнення. При необхідності процедура повторюється кілька разів до повного зникнення сигналу.

4.7. Вимірювач коефіцієнта бігучої хвилі та потужності зондуючих сигналів

Блок вимірювача коефіцієнта бігучої хвилі і потужності зондуючих сигналів (бл. 114) є спеціальним вмонтованим вимірювальним приладом, який сумісно з напрямленим відгалужувачем НВ2 (див. рис. 4.1) забезпечує вимірювання потужності падаючої та відбитої хвиль у тракті. Потужність зондуючого сигналу і коефіцієнт бігучої хвилі визначаються за допомогою графіків, які додаються до блока.

4.7.1. Принципіальна схема блока 114

Принцип дії вимірювача коефіцієнта бігучої хвилі і потужності зондуючих сигналів ґрунтується на детектуванні імпульсних високочастотних сигналів і вимірюванні їх амплітуди за допомогою мостової схеми. Цим визначаються склад та принципова схема блока. До складу блока (рис. 4.37) входять піковий детектор, балансний підсилювач постійного струму та випрямляч.

Лампа Л1 сумісно з ланкою С1, К6 являють собою піковий детектор і забезпечують перетворення високочастотних імпульсних сигналів на постійну напругу, величина якої пропорційна амплітуді сигналів. Напруга вхідних сигналів виділяється на резисторі R2, опір якого узгоджений із хвильовим опором вхідного кабелю, і через дільник R3, R4 і перемикач В2 ИЗМЕРЕНИЕ - КОНТРОЛЬ (в положенні ИЗМЕРЕНИЕ) надходить на вхід детектора. Навантаженням детектора є ланка С1, R6, яка забезпечує запам'ятовування амплітуди сигналу на час, що приблизно дорівнює періоду повторення зондуючих сигналів.

Сигнали з виходу пікового детектора надходять на балансний підсилювач Л2, який служить, по-перше, для підвищення чутливості вимірювача і, по-друге, для забезпечення підключення вимірювального пристрою з малим внутрішнім опором до високоомного навантаження пікового детектора. Балансний підсилювач являє собою підсилювач постійного струму, побудований за мостовою схемою. Плечі моста утворюються внутрішніми опорами обох половин лампи Л2 і резисторами R7, R9, R10, R12, R13, які ввімкнуті в катодні кола лампи. До діагоналі моста ввімкнутий мікроамперметр ИП1. Послідовно з приладом ИП1 ввімкнутий змінний резистор R8 (ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ) і мікроамперметр блока контролю (бл. 185), який дозволяє в процесі бойової роботи контролювати потужність передавача з робочого місця оператора.

При відсутності вхідного сигналу через обидві половини лампи Л2 тече струм однакової величини, міст збалансований, і показання приладу

ИП1 становлять ноль. Балансування моста проводиться завчасно за допомогою змінних резисторів R13 (УСТАНОВКА НУЛЯ ГРУБО) і R10 (УСТАНОВКА НУЛЯ ТОЧНО).

При наявності на вході блока високочастотних сигналів струм лівої половини лампи Л2 збільшується, а правої залишається без змін. Баланс моста порушений, і стрілка приладу відхилиться від початкового положення. Параметри схеми підібрані так, щоб забезпечувалась лінійна залежність показань мікроамперметра від амплітуди напруги на вході блока.

Живлення анодних і розжарювальних кіл ламп блока здійснюється від мережі 220 В, 400 Гц за допомогою трансформатора Тр1 і випрямляча Д2, побудованого за мостовою схемою. Вмикання живлення здійснюється тумблером В1. Для ослаблення високочастотних наводок на вході трансформатора Тр1 установлені фільтри L1, L2, С3...С6.

4.7.2. Методика вимірювань за допомогою блока 114

Після вмикання живлення і прогрівання приладу протягом 5 хвилин здійснюється балансування моста. Балансування виконується при встановленні перемикача В2 у положення ИЗМЕРЕНИЕ, при вимкненому генераторі НВЧ і при максимальній чутливості вимірювального приладу (ручка ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ переводиться в крайнє праве положення).

Вимірюванню потужності зондуючих сигналів передуює градування приладу. Для цього перемикач В2 переводиться в положення КОНТРОЛЬ. При цьому на вхід пікового детектора (див. рис. 4.37) надходить еталонна контрольна напруга з резистора R1 дільника R1, R5, який підключений до первинної обмотки трансформатора Тр1. Еталонна напруга стабілізується кремнієвим стабілітроном Д1. За допомогою резистора R8 (ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ) показання приладу ИП1 виставляються рівними 50 поділкам.

При вимірюванні потужності зондуючих сигналів перемикач В2 переводиться в положення ИЗМЕРЕНИЕ, а рамка напрямленого відгалужувача НВ2 – у положення ПАДАЮЩАЯ. Показання приладу ИП1 перераховуються в потужність зондуючих сигналів згідно з графіком, який додається до вимірювача.

Вимірювання коефіцієнта бігучої хвилі виконується в такій послідовності. Спочатку вимірюється потужність падаючої хвилі, тобто потужність зондуючих сигналів. При цьому показання приладу ИП1 доводяться рукою ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ до 100 поділок. Після цього ручка напрямленого відгалужувача НВ2 переводиться в положення ОТРАЖЕННАЯ і фіксуються показання приладу. Оскільки показання приладу при вимірюванні амплітуди падаючої хвилі були доведені до 100

поділок, то показання приладу при вимірюванні амплітуди відбитої хвилі відповідають її процентному значенню відносно падаючої хвилі. За допомогою спеціального графіка процентне значення відбитої хвилі переводиться в коефіцієнт бігучої хвилі. В діапазоні перестройки РЛС він має бути не більшим, ніж 0,6.

5. ПРИЙМАЛЬНА СИСТЕМА

5.1. Загальна характеристика приймальної системи

Приймальна система призначена для вирішення таких завдань:
вибіркового підсилення луна-сигналів, що приймаються, і перетворення їх на проміжну частоту;
нормування рівня активних шумових завад;
узгодженого за спектром фільтрування поодиноких луна-сигналів;
амплітудного детектування сигналів.

Приймальна система РЛС 5Н84А має деякі особливості, пов'язані з необхідністю забезпечення високої завадозахищеності РЛС від активних шумових завад та конструктивним побудуванням станції.

По-перше, приймальна система є багатоканальною і містить основний канал прийому та низку допоміжних, які забезпечують захист РЛС від активних шумових завад, які діють як з напрямку головного променя, так і з напрямків бокових пелюсток ДНА. Кількість допоміжних каналів у високочастотній частині тракту становить чотири, а потім по мірі обробки сигналів скорочується до трьох. Така невідповідність кількості допоміжних каналів і кількості допоміжних антен (їх шість, див. розділ 4) пояснюється прагненням конструкторів створити шляхом відповідної комутації антен та каналів гнучку систему захисту від активних шумових завад за прийнятного обсягу апаратури.

По-друге, до приймального тракту і функціонально, і конструктивно вплетена апаратура захисту від активних шумових завад у вигляді триканального гетеродинного автокомпенсатора. Це зумовило побудову приймальних трактів за супергетеродинною схемою з двократним перетворенням частоти. При цьому друга проміжна частота в допоміжних каналах за принципом дії гетеродинного автокомпенсатора має відрізнятися від проміжної частоти основного каналу. Попутно двократне перетворення частоти сприяє підвищенню частотної вибіркової каналів, бо придушує прийом на дзеркальних частотах.

По-третє, фідерні тракти, які поєднують приймальні канали з антенами, надто протяжні, що спричиняє надмірне затухання сигналів. Це особливо стосується основного каналу прийому, в якому фідерний тракт майже вдвічі довший, ніж у допоміжних (див. рис. 2.2). Тому в деяких модифікаціях РЛС, наприклад, в РЛС 5Н84АП, з метою підвищення чутливості основного каналу прийому в ньому використовується двоступенева схема підсилення сигналів на високій частоті. Для цього додатково використовується ширококутовий неперестроюваний

підсилювач високої частоти (ШПВЧ), який розміщується відразу після антенного перемикача в причепі АП-2 (див. рис. 2.2). Але при цьому виникає небажане порушення ідентичності приймальних каналів, що негативно впливає на роботу автокомпенсатора та системи пеленгування постановників активних шумових завад. Тому при використанні апаратури захисту від активних шумових завад передбачене автоматичне вимикання ШПВЧ із приймального тракту основного каналу.

Вирішуваними завданнями та зазначеними особливостями побудови приймальних каналів визначаються склад та структура приймальної системи. До складу приймальної системи (див. рис. 2.2) входять:

- блок широкосмугового підсилювача високої частоти – блок ШПВЧ;
- п'ять блоків підсилювачів високої частоти (ПВЧ) – блоки 215;
- блок першого гетеродина – блок 222;
- блок підсилення напруги першого гетеродина – блок 382;
- чотири блоки підсилювачів проміжної частоти (ППЧ) – блок 351 та три блоки 352;
- блок других гетеродинів – блок 220;
- вихідний блок ППЧ – блок 248.

На вхід блока ПВЧ основного каналу (КО) надходять сигнали, прийняті основною антеною (АО). При цьому тракт проходження сигналів на ділянці від опромінювача до антенного комутатора (АнК) співпадає з трактом проходження зонduючих сигналів (див. рис. 2.2). Після антенного комутатора до приймального тракту основного каналу в деяких модифікаціях РЛС може вмикатися блок ШПВЧ. Крім того, прийняті сигнали додатково проходять через блок захисту (бл. 368), який забезпечує двостороннє обмеження проникаючої до приймального тракту частини зонduючого сигналу, та напрямлений відгалужувач (НВ), через який до приймального тракту вводяться імітовані сигнали та завади. Блоки ПВЧ допоміжних каналів К1, К2, К3 поєднуються через блоки захисту та напрямлені відгалужувачі з відповідними допоміжними антенами А1, А2, А3. До п'ятого блока ПВЧ можуть вмикатися за допомогою високочастотних реле Р1 та Р2 антена А4 або ж антени А5Г чи А5В. Тому четвертий допоміжний канал позначається як К4-5.

У блоках ПВЧ здійснюється підсилення прийнятих сигналів, перетворення їх на першу проміжну частоту $f_{\text{пр1}}=25,9$ МГц і попереднє підсилення на першій проміжній частоті. Необхідна для частотного перетворення сигналів гетеродина напруга виробляється в блоці першого гетеродина (бл. 222), а потім підсилюється і розподіляється між блоками ПВЧ в блоці підсилювача напруги гетеродина (бл. 382).

З виходів блоків ПВЧ сигнали на першій проміжній частоті подаються на систему пеленгування та на блоки ППЧ основного (ППЧКО – блок 351) і трьох компенсаційних (ППЧК1, ППЧК2, ППЧК3 – блоки

352) каналів. У блоках ППЧ здійснюється підсилення сигналів на першій проміжній частоті, перетворення їх на другу проміжну частоту і попереднє підсилення на другій проміжній частоті. За принципом дії гетеродинного автокомпенсатора значення другої проміжної частоти вибрані різними для основного і компенсаційних каналів ($f_{\text{пр2 КО}} = 10$ МГц; $f_{\text{пр2 К1}} = 16,5$ МГц; $f_{\text{пр2 К2}} = 16,7$ МГц; $f_{\text{пр2 К3}} = 16,9$ МГц). Необхідні для перетворення сигналів гетеродинні напруги ($f_{\text{гет2 КО}} = 15,9$ МГц; $f_{\text{гет2 К1}} = 9,4$ МГц; $f_{\text{гет2 К2}} = 9,2$ МГц; $f_{\text{гет2 К3}} = 9$ МГц) формуються блоком других гетеродинів (блоком 220).

Блоки ППЧК1 і ППЧК3 поєднані з виходами відповідних блоків ПВЧ постійно, а блок ППЧК2 залежно від заводової обстановки може поєднуватися або з блоком ПВЧК2, або з блоком ПВЧК4-5.

З виходів блоків ППЧ сигнали та завади надходять на триканальний автокомпенсатор (АК), який здійснює автоматичну компенсацію активних шумових завад, що діють в основному каналі (принципи побудови та функціонування автокомпенсатора детально розглядаються в розділі 6). Після автокомпенсатора приймальний тракт стає одноканальним, і сигнали на проміжній частоті $f_{\text{пр2}}=10$ МГц надходять на вихідний блок ППЧ (бл. 248).

У вихідному блоці ППЧ здійснюється узгоджена за спектром фільтрація сигналів фільтром зосередженої селекції (ФЗС) та підсилення їх на другій проміжній частоті. Тут же здійснюється амплітудне детектування сигналів. Блок 248 має три виходи: один когерентний (на проміжній частоті) і два амплітудні (на відеочастоті). З когерентного виходу та з одного з амплітудних виходів сигнали надходять до системи захисту від пасивних завад для подальшої обробки. З другого амплітудного виходу сигнали подаються на індикатор контролю (бл. 21).

Приймальна система має такі технічні характеристики:

динамічний діапазон $D=40$ дБ;

коефіцієнт шуму $\Pi \leq 4$;

смуга пропускання $\Pi=100$ кГц;

перша проміжна частота $f_{\text{пр1}}=25,9$ МГц;

друга проміжна частота $f_{\text{пр2}}$: в основному каналі – 10 МГц;

у першому допоміжному каналі – 16,5 МГц;

у другому допоміжному каналі – 16,7 МГц;

у третьому допоміжному каналі – 16,9 МГц.

Конкретна реалізація основних технічних рішень, прийнятих у приймальній системі, детально розглядається при вивченні структурних та функціональних схем окремих блоків системи.

5.2. Блок підсилювача високої частоти (блок 215)

5.2.1. Структурна схема блока підсилювача високої частоти

Блок призначений для частотновибіркового підсилення сигналів на високій частоті, перетворення їх на першу проміжну частоту та попереднього підсилення сигналів на першій проміжній частоті.

До складу приймальної системи входять п'ять блоків підсилювачів високої частоти (ПВЧ). Всі блоки за структурою та принципами побудови однакові. Кожний з них (рис. 5.1) містить: вхідне коло, трикаскадний ПВЧ, змішувач, трикаскадний попередній підсилювач сигналів на першій проміжній частоті (ПППЧ), підсилювач напруги першого гетеродина (ПНГ) та блок серводвигуна автомата перестройки (бл. 277), який функціонально належить до системи перестройки робочої частоти РЛС, а територіально розташований у блоці ПВЧ безпосередньо біля перестроюваних елементів блока.

Вхідне коло забезпечує узгодження хвильового опору фідера з вхідним опором першого каскаду ПВЧ, тобто передачу енергії сигналів від фідера на вхід ПВЧ з мінімальними втратами. Крім того, вхідне коло забезпечує попереднє придушення прийому по дзеркальному каналу. Для цього смуга пропускання вхідного кола становить близько 5 МГц і при перестройці робочої частоти РЛС його також необхідно перестроювати.

Основним призначенням ПВЧ є забезпечення високої чутливості та високої частотної вибіркової приймального пристрою. Відомо, що чутливість приймального тракту визначається головним чином чутливістю його першого елемента, тобто чутливістю ПВЧ:

$$\text{Ш} = \text{Ш}_1 + (\text{Ш}_2 - 1)/K_1,$$

де Ш – коефіцієнт шуму приймального тракту в цілому;

Ш₁ – коефіцієнт шуму ПВЧ;

K₁ – коефіцієнт підсилення сигналів у ПВЧ за потужністю;

Ш₂ – коефіцієнт шуму решти елементів приймального тракту.

Таким чином, для забезпечення високої чутливості і частотної вибіркової приймального пристрою необхідно, щоб ПВЧ мав низький рівень власних шумів Ш₁, великий коефіцієнт підсилення потужності K₁ та вузьку смугу пропускання. У метровому діапазоні хвиль як ПВЧ використовують одноконтурні резонансні підсилювачі. Але для таких ПВЧ останні дві вимоги деякою мірою суперечливі. Тому для задоволення цих вимог використовують багатокаскадні структури ПВЧ. У РЛС 5Н84А застосовують трикаскадний ламповий ПВЧ. Очевидно, що перший каскад мусить мати малий коефіцієнт шуму і великий коефіцієнт підсилення потужності сигналів.

Підсилювачі високої частоти будують із застосуванням спеціальних тріодів або транзисторів, які мають низький рівень власних шумів, здебільшого за двома схемами: із загальним катодом (емітером) та із загальною сіткою (базою). Схеми із загальним катодом (емітером) мають дещо більший коефіцієнт шуму, ніж схеми із загальною сіткою (базою), але забезпечують значно більше підсилення потужності сигналів. Крім цього, схеми із загальним катодом (емітером) схильні до збудження через наявність паразитного зворотного зв'язку між вихідними і вхідними колами каскаду через міжелектродну ємність анод – сітка (колектор – база). Оптимальним є послідовне поєднання каскадів: тріод із загальним катодом – тріод із загальною сіткою (каскадна схема). Така схема застосована в РЛС 5Н84А. При цьому перший каскад має смугу пропускання, яка перекриває весь діапазон перестройки частот, а другий каскад має дещо звужену смугу і перестроюється при перестройці робочої частоти РЛС. Для подальшого підвищення частотної вибірконості ПВЧ додатково застосовується третій каскад із порівняно вузькою регульованою смугою пропускання (близько 5 МГц). Для запобігання самозбудженню він виконаний також за схемою із загальною сіткою.

Таким чином, застосування трикаскадного ПВЧ, побудованого за каскадною схемою, з перестройкою вхідного кола та коливальних контурів другого і третього каскадів забезпечує високу чутливість і частотну вибірконість приймального пристрою РЛС 5Н84А.

Змішувач Зм забезпечує перетворення високочастотних сигналів на сигнали першої проміжної частоти. Необхідна для цього гетеродинна напруга надходить із блока 382 і перед подачею на змішувач підсилюється підсилювачем напруги гетеродина (ПНГ).

Три каскади попереднього підсилювача проміжної частоти (ПППЧ) забезпечують необхідне розгалуження сигналів і узгодження виходу змішувача із входом блока ППЧ (бл. 351 або 352) та входом апаратури пеленгування постановників активних шумових завад (бл. 385).

Блок серводвигуна (бл. 277) є виконавчим механізмом системи перестройки та автопідстройки частоти. Вал серводвигуна механічно поєднаний із змінними конденсаторами коливальних контурів вхідного кола, другого і третього каскадів ПВЧ та підсилювача напруги гетеродина. Керуюча напруга надходить на блок серводвигуна з блока сервопідсилювача (бл. 242).

5.2.2. Функціональна схема блока підсилювача високої частоти

Функціональна схема блока підсилювача високої частоти зображена на рис. 5.2.

Вхідне коло являє собою коливальний контур, утворений короткозамкнутим відрізком коаксіального кабелю Э1 і конденсаторами С1, С2, С3. Довжина відрізка кабелю менша від $\lambda/4$, отже, його опір має індуктивний характер. Вхідне коло і фідер мають автотрансформаторний зв'язок (неповне підключення). Це необхідне для забезпечення узгодження хвильового опору фідера з опором контуру вхідного кола. Узгодження досягається вибором точки підключення фідера до короткозамкнутого відрізка кабелю Э1. Перестройка контуру в діапазоні частот здійснюється за допомогою змінного конденсатора С1.

Перший каскад ПВЧ зібраний за схемою із загальним катодом на тріоді Л1 (6С17К-В), який має малий рівень власних шумів і велику крутизну анодно-сіткової характеристики. Коливальний контур першого каскаду утворений короткозамкнутим відрізком кабелю Э6, який має еквівалентний індуктивний опір, та сумарною ємністю, яка складається із ємності підстроювального конденсатора С10, вихідної ємності лампи Л1, вхідної ємності лампи Л2 та ємності монтажу. Контур навантажений на низький вхідний опір другого каскаду і має завдяки цьому широку смугу пропускання, яка перекриває весь діапазон перестройки РЛС (близько 40 МГц). Катод лампи Л1 для високочастотних коливань замикається на корпус конденсатором С6, а конденсатори С7, С9 разом з дроселями Др1, Др3 не пропускають високочастотні коливання до кіл розжарювання лампи Л1.

Другий каскад ПВЧ зібраний також на тріоді 6С17К-В (лампа Л2), але за схемою із загальною сіткою. Його анодний контур утворений короткозамкнутим відрізком кабелю Э9 довжиною меншою від $\lambda/4$, конденсаторами С16, С17, С18, вихідною та вхідною ємностями ламп Л2 і Л3 відповідно та ємністю монтажу. Конденсатором С16 здійснюється перестройка контуру в діапазоні частот. Дроселі Др4, Др6 запобігають замиканню для високочастотних коливань катода лампи на корпус через конденсатори С13, С15 та проникненню високочастотних коливань на джерело напруги розжарювання лампи.

Третій каскад ПВЧ зібраний на лампі Л3 (6С17К-В) за схемою, яка ідентична схемі другого каскаду.

Змішувач виконаний на тріоді Л4 (6С17К-В), який працює в нелінійному режимі. Напруга сигналів та гетеродина подається на керуючу сітку лампи. На вихідному контурі Л1, С44, який ввімкнутий в анодне коло лампи Л4, виділяються сигнали на частоті биття, тобто на першій проміжній частоті $f_{\text{пр1}} = f_c - f_{\text{гет1}} = 25,9$ МГц. Для отримання необхідної ширини смуги пропускання контур шунтується резистором R17. Передача сигналу на вхід першого каскаду попереднього підсилювача проміжної частоти (ПППЧ) здійснюється через дросель Др17, який являє собою загороджувальний фільтр для частоти напруги гетеродина.

Підсилювач напруги гетеродина (ПНГ) виконаний на пентоді 6Ж9П (лампа Л5) за схемою підсилювача із загальним катодом. Напруга першого гетеродина надходить із блока 382 і через роз'єднувач Ф4 і конденсатор С47 подається на сітку лампи Л5. Навантаженням лампи Л5 є коливальний контур, утворений відрізком коаксіальної лінії Э10 та конденсаторами С25, С29, С30. Для зниження рівня власних шумів контур ПНГ виконаний вузькосмуговим, і він перестроюється разом з контуром ПВЧ за допомогою конденсатора С29. Через конденсатори С28 і С24 підсилена напруга гетеродина надходить на керуючу сітку лампи змішувача Л4. В коло гетеродинної напруги передбачене також введення напруги першої проміжної частоти $f_{\text{пр1}}$, яка надходить на сітку лампи змішувача Л4 через роз'єднувач Ф3 від зовнішнього генератора при настройці контурів змішувача та ПППЧ. Коефіцієнт підсилення ПНГ регулюється зміною напруги на екранній сітці лампи Л5 за допомогою потенціометра R12 (УСТ. НАПР. ГЕТЕР.), ввімкнутого в коло +125 В.

Перестройка блока ПВЧ по частоті здійснюється одночасною перестройкою коливальних контурів вхідного кола, другого і третього каскадів ПВЧ та підсилювача напруги гетеродина. Перестройка здійснюється за допомогою пластинкових конденсаторів С1, С16, С26 (в третьому каскаді ПВЧ), С29, які механічно поєднані з валом серводвигуна системи перестройки (бл. 277).

Каскади ПППЧ зібрані на пентодах 6Ж9П-Е (лампи Л6, Л7, Л8) за схемою одноконтурних резонансних підсилювачів. Каскад на лампі Л6 забезпечує попереднє підсилення сигналів, а каскади на лампах Л7, Л8 забезпечують розгалуження сигналів на два виходи. З виходу Л8 сигнали через роз'єднувач Ф5 надходять на блоки ППЧ (бл. 351, 352). Цей каскад охоплений колом шумового автоматичного регулювання підсилення (ШАРП). Саме коло ШАРП знаходиться в блоках 351 або 352, а на каскад Л8 надходить лише керуюча напруга. З виходу Л7 сигнали через роз'єднувач Ф6 надходять на блок 385 системи пеленгування постановників активних шумових завад. Цей каскад має регульоване підсилення сигналів. Коефіцієнт підсилення каскаду регулюється шляхом зміни напруги на екранній сітці лампи Л7 за допомогою потенціометра R31 УСИЛ. КП, ввімкнутого в коло +125 В.

У блоці передбачений контроль роботи ламп Л2, Л2, Л3, Л4, який здійснюється шляхом вимірювання падіння напруги відповідно на резисторах R5, R7, R8, R16, ввімкнутих у анодні кола ламп, за допомогою вимірювального пристрою ИП1 з додатковим резистором R3. Робочий режим ламп контролюється при встановленні перемикача В1 відповідно у положення Л1, Л2, Л3, Л4. Анодний струм ламп Л1, Л2, Л3 має бути в межах 40 ± 2 мкА. Анодний струм змішувача, тобто лампи Л4, за відсутності напруги гетеродина (знімається вхідний кабель з роз'єднувача

Ф4) має становити 30 ± 2 мкА, а при наявності напруги гетеродина – 38 ± 2 мкА. Виставлення номінальних значень струмів ламп здійснюється шляхом зміни напруги зміщення за допомогою підстроювальних резисторів R1 (УСТ. СМЕЩ. Л1), R4 (УСТ. СМЕЩ. Л2), R6 (УСТ. СМЕЩ. Л3) и R14 (УСТ. СМЕЩ. Л4). Величина напруги гетеродина регулюється потенціометром R12 (УСТ. НАПР. ГЕТЕР.).

З метою забезпечення високої стабільності параметрів високочастотних каскадів блока ПВЧ, що важливе для когерентного режиму роботи РЛС, розжарювання ламп Л1...Л4 здійснюється від окремих джерел постійної напруги 6,3 В. Розжарювання катодів решти ламп здійснюється від джерела змінної напруги $\sim 6,3$ В. У блоці передбачені гнізда для контролю величин напруг живлення. Для контролю настройки блока на потрібну частоту на валу серводвигуна блока 277 встановлена шкала настройки. Крім того, настройку блока на потрібну частоту можна здійснювати і вручну за допомогою ручки НАСТРОЙКА на передній панелі блока.

5.3. Блок першого гетеродина (блок 222)

Блок призначений для генерування високочастотної напруги, яка використовується як гетеродинна при першому частотному перетворенні сигналів змішувачами у приймальних каналах (у блоках ПВЧ) та в каналі АПЧ (у блоці 382).

Відомо, що стабільність гетеродинних коливань суттєво впливає на якість роботи системи захисту від пасивних завад (про це докладніше буде сказано в кінці цього підпункту) і має бути на порядок вищою, ніж стабільність високочастотних коливань зондуючих сигналів. Крім того, гетеродин має змінювати частоту коливань при перестройці робочої частоти передавального пристрою. Цими двома основними вимогами визначаються склад, структура та принципи побудови блока першого гетеродина.

Для забезпечення високої стабільності високочастотних коливань гетеродина побудований за схемою «задавальний генератор – підсилювач потужності». При цьому коливальні контури задавального генератора та підсилювача мають перестроюватися при перестройці частоти зондуючого сигналу. Структурна схема блока наведена на рис. 5.3. До складу блока входять такі основні функціональні вузли: задавальний генератор, вхідний буферний каскад, підсилювач напруги гетеродина (ПНГ), вихідний буферний каскад і серводвигун. Серводвигун є виконавчим елементом системи перестройки частоти і являє собою окремий блок (бл. 276), який територіально розташований у блоці першого гетеродина і механічно

поєднаний з елементами перестройки коливальних контурів задавального генератора та підсилювача напруги.

Принципальна схема блока першого гетеродина наведена на рис. 5.4. У зв'язку із спрощенням принципальної схеми позиційні номери її елементів не відповідають схемі, наведеній в технічному описі. Задавальний генератор виробляє неперервну високочастотну напругу частотою $f_{\text{гет1}} = f_c - f_{\text{пр1}}$. Генератор виконаний (рис. 5.4) на лампі Л1 (6С51Н-В) за схемою із загальною сіткою (сітка лампи заземлена для високої частоти через конденсатор С1). Еквівалентна схема генератора являє собою ємнісну триточку. Між анодом і сіткою лампи ввімкнутий коливальний контур, який складається із короткозамкнутого відрізка кабелю Э1 і конденсаторів С9, С10. Опір контуру на частоті генерування має індуктивний характер. Між анодом і катодом, а також між катодом і сіткою лампи ввімкнуті ємності, які складаються відповідно із ємностей конденсаторів С7, С2 і міжелектродних ємностей лампи $C_{\text{ак}}$ і $C_{\text{ск}}$. Значення повних ємностей між електродами лампи $C_{\text{ак}\Sigma}$ і $C_{\text{ск}\Sigma}$ підібрані так, щоб забезпечити великий коефіцієнт зворотного зв'язку $K = C_{\text{ак}\Sigma} / C_{\text{ск}\Sigma}$ і завдяки цьому стійке генерування високочастотних коливань в усьому діапазоні перестройки генератора.

Перестройка контуру задавального генератора здійснюється за допомогою конденсатора змінної ємності С9. Для зменшення впливу неідентичностей параметрів ламп на параметри контуру застосовується часткове підключення контуру до анода лампи Л1 через розділяючий конденсатор С8 (автотрансформаторне підключення анода лампи до відрізка кабелю Э1). Високочастотна напруга знімається з контуру за допомогою петлі зв'язку Э2, яка встановлена біля короткозамкнутого кінця лінії Э1. Через роз'єднувачі Ф2, Ф3 напруга подається на вхідний контур Л1, С11 вхідного буферного каскаду.

Вхідний буферний каскад забезпечує постійність навантаження на виході задавального генератора, що сприяє стабільності частоти коливань. Каскад виконаний на лампі Л2 (6С51Н-В) за схемою із загальною сіткою. Вхідний (Л1, С11) і анодний (Л2, С18) контури каскаду навантажені малими вхідними опорами ламп Л2 і Л3. Завдяки цьому каскад має широкую смугу пропускання і не потребує перестройки, оскільки його смуга пропускання перекидає весь робочий діапазон РЛС.

Підсилювач напруги гетеродина виконаний на лампі Л3 (6С51Н-В) за схемою підсилювача із загальною сіткою. Анодний контур підсилювача утворений короткозамкнутим відрізком кабелю Э3 довжиною, меншою від $\lambda/4$, конденсатором змінної ємності С24 і конденсатором С25.

Перестройка частоти гетеродина здійснюється одночасною перестройкою контурів задавального генератора та підсилювача напруги

гетеродина за допомогою серводвигуна блока 276 (блок 276 на принципіальній схемі не наведений). Є також можливість грубої і точної ручної настройки частоти за допомогою ручок НАСТРОЙКА ГРУБ. і НАСТРОЙКА ТОЧН., які виведені на передню панель блока.

Вихідний буферний каскад забезпечує постійність вихідного опору в діапазоні перестройки гетеродина та передачу його напруги на блок підсилювача напруги гетеродина (бл. 382). Він виконаний на лампі Л4 (6С51Н-В) також за схемою підсилювача із загальною сіткою. Анодний контур (L3, C31) зашунтований резистором R5 з малим опором ($R_5=75\text{ Ом}$). Цим забезпечується широка смуга пропускання вихідного буферного каскаду, тобто постійність коефіцієнта передачі в діапазоні перестройки частоти РЛС.

Відомо, що флюктуації частоти та амплітуди гетеродинних високочастотних коливань викликають декореляцію пасивних завад при їх частотному перетворенні змішувачами і як наслідок зниження якості подавлення пасивних завад системою селекції рухомих цілей (СРЦ). У зв'язку з цим при розробці блока першого гетеродина конструкторами були вжиті спеціальні заходи, доступні для технології того часу, щодо стабілізації частоти та напруги гетеродинних коливань. Ці заходи можна умовно розділити на схемні рішення та конструктивні.

До схемних рішень належать:

- застосування схеми генератора з незалежним збудженням (задавальний генератор – підсилювач потужності);

- часткове (автотрансформаторне) підключення коливального контуру задавального генератора до анода генераторної лампи;

- слабкий зв'язок коливального контуру задавального генератора з вхідним буферним каскадом за допомогою петлі зв'язку Ξ_2 ;

- розжарювання ламп блока здійснюється постійним струмом;

- джерела анодної напруги та напруги розжарювання стабілізовані;

- підвищена фільтрація напруги в колах анодів та колах розжарювання ламп.

До конструктивних рішень належать такі заходи, які забезпечують стійкість блока до механічних вібрацій та захищають його від впливу зовнішніх електромагнітних полів:

- блок установлений у кожусі з подвійними стінками, порожнина між якими заповнена поропластом;

- кожух розташований у стойці №200 на м'якій підвісці (на пружинах);

- конденсатори коливальних контурів C9, C10, C24, C25 розташовані в екранованих відсіках;

- між пластинами змінних конденсаторів C9, C25 вставлені поліетиленові прокладки, які забезпечують вібростійкість конденсаторів;

монтаж блока виконаний на печатних платах, розташованих у двох екранованих коробках (субблок задавального генератора і субблок підсилювача).

У цілому блок першого гетеродина забезпечує генерування високостабільних коливань напруги, необхідних для перетворення прийнятих сигналів на першу проміжну частоту.

5.4. Блок підсилювача напруги гетеродина (блок 382)

Блок підсилювача напруги гетеродина (ПНГ) призначений для підсилення напруги першого гетеродина та її розподілу між змішувачами блоків ПВЧ та змішувачем каналу АПЧ. У блоці здійснюється також перетворення на першу проміжну частоту і попереднє підсилення імпульсу АПЧ, тобто частки зондуючого сигналу, яка відгалужується з високочастотного тракту передавального пристрою.

Вирішуваними завданнями визначаються склад та структура блока. До складу блока входять (рис. 5.5): дільник потужності У1, три широкосмугові підсилювачі напруги гетеродина У2, У3, У4 і змішувач системи АПЧ з попереднім підсилювачем проміжної частоти У5.

Дільник потужності здійснює розподіл гетеродинних коливань за потужністю порівну між трьома каналами, а також трансформування вхідних опорів підсилювачів У2, У3, У4 на вхід блока ПНГ так, щоб вхідний опір ПНГ був узгоджений із вихідним опором блока 222. Конструктивно дільник потужності являє собою печатну смужкову лінію, закріплену в алюмінієвому закритому корпусі.

Підсилювачі У2, У3, У4 виконані за однаковою схемою і кожен з них складається з п'яти широкосмугових транзисторних каскадів ПНГ1,...ПНГ5. Кожний підсилювач має два виходи. Отже, гетеродинна напруга розподіляється рівномірно між шістьма споживачами. Підсилені гетеродинні напруги з п'яти виходів надходять на блоки ПВЧ, а з одного виходу підсилювача У2 – на змішувач АПЧ.

Вхідні та вихідні каскади кожного підсилювача, тобто каскади ПНГ1, ПНГ4, ПНГ5 виконані на транзисторах за схемою одноконтурного широкосмугового підсилювача. Потрібна ширина смуги пропускання досягається шляхом шунтування коливальних контурів резисторами з невеликим опором ($R=910\text{ Ом}$). Кожний із каскадів ПНГ2 та ПНГ3 виконаний на двох транзисторах за каскодною схемою. Навантаженням кожного каскаду є трикільцевий фільтр, який має широку смугу пропускання та круті фронти частотної характеристики.

Змішувач АПЧ виконаний також на транзисторі. Гетеродинна напруга надходить на базу транзистора, а високочастотні імпульси

передавача – на емітер. Навантаженням змішувача є поодинокий контур, настроєний на першу проміжну частоту. Попередній підсилювач проміжної частоти (ППЧ) виконаний на двох транзисторах за каскодною схемою. Його навантаженням також є поодинокий коливальний контур. З виходу ППЧ сигнали АПЧ на першій проміжній частоті надходять на блок другого змішувача АПЧ (бл. 247).

У цілому наявність у складі апаратури РЛС 5Н84А блока 382 забезпечує підсилення та розподіл гетеродинної напруги між чисельними споживачами.

5.5. Блоки підсилювачів сигналів проміжної частоти (блоки 351, 352)

Перш ніж перейти до аналізу принципів побудови блоків підсилювачів сигналів проміжної частоти (ППЧ), необхідно зазначити, що і вирішувані завдання, і основні технічні рішення, які реалізовані в блоках, орієнтовані на забезпечення нормальних умов роботи гетеродинного автокомпенсатора активних шумових завад. Під цим кутом зору будуть розглядатися і структурна, і функціональна схеми блоків.

Принципи побудови блоків ППЧ основного приймального каналу (блок 351) та блоків ППЧ допоміжних каналів (блоки 352), а також конструктивні та схемні рішення у блоках майже повністю співпадають. Тому в подальшому детально розглядатися буде тільки блок ППЧ основного каналу (бл. 351), а особливості блоків 352 будуть розглянуті окремо.

5.5.1. Призначення та структурна схема блока підсилювача сигналів проміжної частоти основного каналу (блок 351)

Блок підсилювача сигналів проміжної частоти (ППЧ) призначений для вирішення таких завдань:

- підсилення сигналів на першій проміжній частоті ($f_{\text{пр1}}=25,9 \text{ МГц}$);
- перетворення сигналів на другу проміжну частоту ($f_{\text{пр2 КО}}=10 \text{ МГц}$);
- підсилення сигналів на другій проміжній частоті;
- стабілізація рівня шуму на виході блока.

Вирішуваними завданнями визначаються склад та структура блока. До складу блока (рис. 5.6) входять: трикаскадний підсилювач першої проміжної частоти ППЧ1, кільцевий змішувач Зм, чотирикаскадний підсилювач другої проміжної частоти ППЧ2 і пристрій шумового автоматичного регулювання підсилення ШАРП.

На вхід блока ППЧ сигнали надходять з виходу блока ПВЧ (бл. 215) основного каналу. Крім того, на блок подаються різні сигнали та завади від

системи імітації. Так, на вхід першого каскаду ППЧ1 може надходити через контакти реле Р1 шумова напруга (на частоті $f_{\text{пр1}}=25,9$ МГц) від імітатора шумової завади (блок 305). Ця напруга використовується для контролю та настройки автокомпенсатора (АК) активних шумових завад. На вхід ППЧ2 можуть надходити імітовані сигнали цілей та пасивні завади на другій проміжній частоті ($f_{\text{пр2}} \text{ КО}=10$ МГц). Ці сигнали використовуються для контролю системи захисту від пасивних завад, а також для імітації повітряної обстановки.

Смуги пропускання підсилювачів ППЧ1 та ППЧ2 вибрані ширшими за оптимальну, що знижує вплив неідентичностей амплітудно-частотних (АЧХ) та фазо-частотних (ФЧХ) характеристик каналів на якість подавлення активних шумових завад автокомпенсатором.

Стабілізація рівня шумів (шумової завади) на виході блока забезпечується пристроєм ШАРП. За принципом побудови пристрій ШАРП являє собою систему автоматичного регулювання з астатизмом нульового порядку, тобто слідкуючу систему з похибкою за станом. До пристрою ШАРП (див. рис. 5.6) входять: власний підсилювач проміжної частоти ППЧ3, амплітудний детектор Д, інтегратор у вигляді RC-фільтра, підсилювач постійного струму ППС, емітерний повторювач ЕП та детектор з відсіканням (пороговий детектор).

Принцип дії пристрою ШАРП полягає у регулюванні підсилення ППЧ так, щоб рівень шумів на його виході залишався постійним при зміні рівня шумів на вході ППЧ. Для цього напруга шумових коливань з виходу ППЧ2 надходить на власний підсилювач ППЧ3 пристрою ШАРП, детектується детектором Д і згладжується RC-фільтром. На виході RC-фільтра таким чином формується напруга, пропорційна рівню шумів на виході ППЧ2. Ця напруга підсилюється в ППС та ЕП і надходить на сітки ламп деяких каскадів ППЧ як напруга зміщення. При підвищенні рівня шумів на виході ППЧ2 збільшиться напруга зміщення, і коефіцієнт підсилення ППЧ зменшиться так, що рівень шумів відновиться. Колом ШАРП охоплені перший та другий каскади ППЧ1, перший, другий і третій каскади ППЧ2, а також каскад ПППЧ2 у блоці ПВЧ (бл. 215).

Для того, щоб на величину вихідної напруги пристрою ШАРП не впливали потужні відбиття від місцевих предметів, корисні сигнали та імпульсні завади, передбачене бланкування цими сигналами кола ШАРП. Імпульси бланкування виробляє пороговий детектор (детектор із відсіканням). Він детектує вхідні сигнали, порівнює їх із напругою на виході ППС, тобто порівнює із загальним рівнем шумів у тракті, і при перевищенні формує бланкуючі імпульси, які закривають ППЧ3 пристрою ШАРП.

У блоці ППЧ передбачене відключення кола ШАРП, і тоді на сітки ламп подається напруга ручного регулювання підсилення. Відповідний

перемикач ШАРУ-РРУ і потенціометр РРУ розташовані на передній панелі блока ППЧ.

На завершення розглянемо підхід до вибору основних параметрів пристрою ШАРП. Такими параметрами є коефіцієнт підсилення в колі ШАРП та постійна часу інтегрування.

Як уже зазначалося, пристрій ШАРП є слідкуючою системою з похибкою за станом. Це означає, що підтримувати рівень шумів абсолютно стабільним можна лише теоретично при безкінечному підсиленні сигналів у колі ШАРП. Справді, нехай інтенсивність завади на вході блока ППЧ збільшиться в кілька разів. Тоді щоб інтенсивність завад на виході ППЧ залишилась попередньою, необхідно в стільки ж разів зменшити його коефіцієнт підсилення. Для цього необхідно, щоб у стільки ж разів зросла керуюча напруга на виході пристрою ШАРП. А це може мати місце тільки в тому випадку, якщо зміниться рівень шуму на виході ППЧ. Величина відхилення рівня завад на виході блока від заданого буде тим меншою, чим більшим є коефіцієнт підсилення пристрою ШАРП. Таким чином, потрібний коефіцієнт підсилення в колі ШАРП залежить від можливого діапазону зміни рівня завад на вході ППЧ та допустимого діапазону зміни рівня завад на виході ППЧ:

$$K_{\text{ШАРП}} = D_{\text{вх}} / (D_{\text{вих}} - 1), \quad (5.1)$$

де $D_{\text{вх}}$, $D_{\text{вих}}$ – динамічний діапазон завад відповідно на вході та виході ППЧ.

Необхідний коефіцієнт підсилення $K_{\text{ШАРП}}$ забезпечується як підсиленням сигналів власне в колі ШАРП, так і кількістю охоплених колом ШАРП каскадів ППЧ. Сучасні пристрої ШАРП забезпечують при зміні рівня завад на вході приймача в діапазоні 60...70 дБ зміну вихідного рівня завад не більше, ніж на 10...15 %. Обмеження на величину $K_{\text{ШАРП}}$ визначаються кінцевим часом інтегрування (усереднення) завад, який у свою чергу вибирають, виходячи з часу стаціонарності завад на вході приймача. Надмірний коефіцієнт підсилення може призвести до самозбудження системи ШАРП - ППЧ.

Постійна часу інтегрування кола ШАРП визначається перш за все параметрами інтегратора, а також підсиленням у колі ШАРП і рівнем діючих завад. Розрізняють статичну $\tau_{\text{ШАРПстат}}$ і динамічну $\tau_{\text{ШАРПдин}}$ постійні часу ШАРП:

$$\phi_{\text{ШАРПстат}} = RC; \quad (5.2)$$

$$\tau_{\text{ШАРПдин}} = \frac{RC}{\gamma U_{\text{швх}}^2}, \quad (5.3)$$

де R, C – параметри інтегруючої ланки;

γ – крутизна регулювальної характеристики кола ШАРП;

$U_{\text{швх}}$ – рівень шумів на вході ППЧ.

Параметри інтегруючої ланки RC вибирають так, щоб динамічна постійна часу кола ШАРП при середньому рівні завад (рівень завад відповідає середині динамічного діапазону приймального пристрою) була в 50...100 разів більшою від часу кореляції шумового процесу на виході ППЧ:

$$\tau_{\text{ШАРПдин}} = \frac{50 \dots 100}{P_{\text{ППЧ}}}, \quad (5.4)$$

де $P_{\text{ППЧ}}$ – смуга пропускання ППЧ.

При такій постійній часу забезпечується прийнятне згладжування (усереднення) шумового процесу, і пристрій ШАРП встигає реагувати на порівняно повільні зміни середнього рівня завад на вході, які виникають внаслідок обертання антени.

У цілому наявність у складі блоків ППЧ пристроїв ШАРП забезпечує вирівнювання інтенсивності завад в основному і допоміжних приймальних каналах, чим створюються найкращі умови для роботи автокомпенсатора активних шумових завад.

5.5.2. Функціональна схема блока ППЧ (бл. 351)

Практична реалізація основних технічних рішень, реалізованих у блоці ППЧ і проаналізованих у попередньому підпункті, буде розглянута по функціональній схемі, яка наведена на рис. 5.7.

Луна-сигнали (або завади, або суміш сигналів і завад) на першій проміжній частоті надходять на вхід першого каскаду ППЧ1 через роз'єднувач Ф2 (СИГН. ПЧКО). Через роз'єднувач Ф3 (ШУМ ПЧ) і контакти реле Р1 на вхід каскаду може надходити також шумова напруга від імітатора шумових завад (бл. 305).

Однією з основних вимог до блоків ППЧ (а їх у приймальній апаратурі РЛС 5Н84А чотири) є ідентичність їх частотних характеристик. Це й зумовило побудову підсилювачів проміжної частоти ППЧ1 і ППЧ2. Потрібна смуга пропускання тракту має визначатися одним елементом. При цьому легше досягти ідентичності частотних характеристик різних блоків. Таким елементом є фільтр зосередженої селекції (ФЗС), ввімкнутий після другого каскаду ППЧ1. Його смуга пропускання не є узгодженою з шириною спектра сигналу, а приблизно втричі ширша, але важливо те, що вона однакова в усіх блоках ППЧ. Решта каскадів ППЧ1 і ППЧ2 мають смугу пропускання значно ширшу, ніж ФЗС і на загальну ширину смуги пропускання тракту не впливають.

Каскади ППЧ1 виконані на лампах Л1, Л2, Л3 типу 6Ж9П-Е. Каскад на лампі Л1 виконаний за схемою резонансного підсилювача з поодиноким контуром. З метою розширення смуги пропускання цього каскаду його контур зашунтований резистором з малим опором ($R7 = 470 \text{ Ом}$). Між другим і третім каскадами ППЧ1 ввімкнутий уже згадуваний фільтр

зосередженої селекції ФЗС. Третій каскад ППЧ1 навантажений на широкосмуговий вхідний (тобто сигнальний) контур кільцевого змішувача.

Змішувач виконаний за схемою кільцевого (подвійного балансного) змішувача. Він являє собою функціональний вузол, виконаний на уніфікованій печатній платі. Перевагою кільцевого змішувача є так звана чистота перетворення сигналів, тобто на вихід проходять тільки сигнали на частоті $f_{\text{пр}2}$, а коливання на частотах $f_{\text{пр}1}$ та $f_{\text{гет}2}$ ефективно подавляються. Необхідність вибору такої схеми змішувача зумовлена тим, що ці частоти ($f_{\text{пр}1}=25,9$ МГц, $f_{\text{гет}2}=15,9$ МГц) близькі до другої проміжної частоти ($f_{\text{пр}2}=10$ МГц). Тому без вживання спеціальних заходів вони разом з коливаннями другої проміжної частоти проникали б на вихід блока внаслідок широкосмуговості тракту ППЧ2 і порушували роботу автокомпенсатора.

Гетеродинна напруга на змішувач подається через роз'єднувач Ф1 (НАПР. ГЕТЕР. КО) з блока других гетеродинів (бл. 222). Рівень гетеродинної напруги можна поміряти в гнізді Гн2, куди вона надходить після детектування та згладжування (Д2, R12, C11).

Перші три каскади ППЧ2 виконані також на лампах 6Ж9П-Е (Л4, Л5, Л6), а четвертий – на лампі Л7 типу 6Ж43П. Каскади на лампах Л4, Л5, Л6, Л7 виконані за схемою резонансного підсилювача з поодинокими контурами. З метою розширення смуги пропускання цих каскадів їх контури зашунтовані резисторами з малим опором ($R28 = R32 = R33 = 330$ Ом, $R37=R38=1,2$ кОм). Особливістю четвертого каскаду є те, що він виконаний на спеціальному пентоді (6Ж43П), який має два аноди. Застосування лампи з двома роздільними анодами дає можливість побудувати каскад з двома добре розв'язаними виходами. Навантаженням в колі першого анода є контур L6, C37, а в колі другого анода – L5, C36, які зашунтовані відповідно резисторами R37, R38. З частини контуру L5, C36 напруга через роз'єднувач Ф4 (ВЫХ КО) подається на вхід блока суматора, а з усього контуру – на детектор Д3. Після детектування та згладжування (R41, C39, Др8) сигнали надходять на роз'єднувач Ш1 і далі в коло вимірювання коефіцієнта шуму. З частини контуру другого анода (L6, C37) напруга надходить на вхід ППЧ пристрою ШАРП, а з усього контуру – на детектор з відсіканням (пороговий детектор) Д4 пристрою ШАРП.

У тракті ППЧ передбачене регулювання підсилення сигналів шляхом зміни напруги на екранній сітці лампи Л4 за допомогою потенціометра R25 (РЕГУЛ. УСИЛ.).

На вхід першого каскаду ППЧ2 (лампа Л4) можуть надходити через роз'єднувач Ф5 (СИГН. ПОМЕХА ПЧ) і дільник R17, R18 імітовані корисні сигнали та пасивні завади на другій проміжній частоті з блока 84.

Підсилювач проміжної частоти пристрою ШАРП виконаний за схемою ППЧ з поодиноким настроєним контуром на лампі Л8 (6Ж9П-Е). Для стабілізації коефіцієнта підсилювання каскаду напруга зміщення на керуючу сітку лампи надходить від зовнішнього стабілізованого джерела (-125 В) через дільник R50, R51, R53, R47, R42. Каскад бланкується негативними імпульсами, які виділяються на навантаженні R69, C40 детектора з відсіканням Д4 і надходять на керуючу сітку лампи Л8 через Др7, C42. З навантаження лампи (контур L7, C48) шумова напруга надходить на детектор ШАРП, який виконаний на діоді Д5 за схемою паралельного детектора. З навантаження детектора (R48) шумова напруга (шумові викиди позитивної полярності) надходять на інтегруюче коло R52, C51. Згладжена напруга позитивної полярності з конденсатора C51 надходить на керуючу сітку лампи Л9 (6Ж9П) підсилювача постійного струму. Живляча напруга лампи надходить на анод від джерела $+125\text{ В}$ через дільник R55, R57, а на катод від джерела -125 В через дільник R50, R51, R53. Параметри дільника вибрані такими, щоб початкова напруга на аноді лампи відносно корпусу була негативною. Для зменшення дрейфу нуля напруги на аноді і катоді лампи стабілізуються за допомогою стабілітронів Д6, Д7 і Д8 (останні два ввімкнуті послідовно). Напруга зміщення на керуючій сітці лампи Л9 відносно катода визначається падінням напруги на резисторах R51, R53 і регулюється шляхом зміни опору резистора R51 (ШАРУ). Одночасно цим само резистором регулюється і зміщення на керуючій сітці лампи Л8. Так регулюється коефіцієнт підсилення кола ШАРП. Напруга зміщення на керуючу сітку лампи Л9 надходить через навантаження детектора ШАРП R48. Щоб ця напруга не закривала детектор, він виконаний за паралельною схемою.

Негативна напруга з анода Л9 через діод Д9 і контакти перемикача В1 (в положенні ШАРУ) надходить на базу транзистора Т1, на якому виконаний емітерний повторювач. Ця ж сама напруга через дільник R47, R69 надходить на діод Д4 як напруга відсікання. Діод Д9 запобігає проникненню на базу транзистора Т1 позитивної напруги з анода лампи Л9 в разі виходу її з ладу. В цьому випадку напруга зміщення на базу транзистора Т1 надходить через діод Д10 з резистора R63 дільника R62, R63, ввімкнутого в коло -125 В . При нормальній роботі лампи Л9 негативна напруга на аноді діода Д10 (і на аноді лампи Л9) за величиною більша, ніж на катоді, і діод Д10 закритий.

При переведенні перемикача В1 в положення РРУ напруга на базу транзистора Т1 надходить із змінного резистора R64 (РРУ), який ввімкнутий в коло -125 В . А лампа Л9 при цьому закривається шляхом вмикання в коло її катода додаткового резистора R58. З навантаження емітерного повторювача R67 напруга надходить на керуючі сітки ламп Л1...Л6, а також через роз'єднувач Ш1 на керуючу сітку лампи Л8 (ПППЧ)

блока ПВЧКО. Емітерний повторювач служить для узгодження вихідного опору лампи Л9 з низькоомним опором сіткових кіл ламп регульованих каскадів. Для контролю вихідної напруги пристрою ШАРП передбачене гніздо Гн1.

5.5.3. Особливості побудови блоків ППЧ компенсаційних каналів (блоки 352)

Блоки ППЧ компенсаційних каналів виконані за такою ж схемою, що й блок основного каналу. Але при цьому є певні особливості, пов'язані з функціональним призначенням блоків.

По-перше, блок ППЧ основного каналу має один вихід (на блок суматора АК, тобто на блок 271), а блоки ППЧ компенсаційних каналів – по два (на блок суматора і на блок корелятора).

По-друге, значення других проміжних частот різні для кожного блока (для блока 351 $f_{\text{пр}2 \text{ КО}} = 10$ МГц, для блока 352К1 $f_{\text{пр}2 \text{ К1}} = 16,5$ МГц, для блока 352К2 $f_{\text{пр}2 \text{ К2}} = 16,7$ МГц, для блока 352К3 $f_{\text{пр}2 \text{ К3}} = 16,9$ МГц). Для отримання таких значень другої проміжної частоти на блоки ППЧ основного і компенсаційних каналів від блока других гетеродинів (блока 220) надходять гетеродинні напруги відповідно на частотах $f_{\text{гет}2 \text{ КО}} = 15,9$ МГц, $f_{\text{гет}2 \text{ К1}} = 9,4$ МГц, $f_{\text{гет}2 \text{ К2}} = 9,2$ МГц, $f_{\text{гет}2 \text{ К3}} = 9,0$ МГц.

Таким чином, величини проміжних і гетеродинних частот основного і компенсаційних каналів значно відрізняються. Звідси випливає, що параметри контурів ППЧ2 у блоках ППЧ основного і компенсаційних каналів також суттєво відрізняються. Відмінності цих величин між компенсаційними каналами несуттєві. Цим пояснюється те, що блоки ППЧ компенсаційних каналів можна взаємно міняти місцями навіть без додаткової настройки (смуги пропускання підсилювачів ППЧ2 у блоках, як уже зазначалося, досить широкі і перекривають розбіжності в значеннях проміжних частот).

5.6. Блок других гетеродинів (блок 220)

Блок призначений для формування чотирьох гетеродинних напруг, необхідних для перетворення сигналів у блоках ППЧ основного і трьох компенсаційних каналів з першої на другу проміжну частоту. Величини гетеродинних частот наведені в п. 5.5.3.

У відповідності з призначенням блока до його складу (рис. 5.8) входять чотири гетеродини: гетеродин основного каналу (КО) і гетеродини компенсаційних каналів (К1, К2, К3). Всі гетеродини виконані за схемою генератора з незалежним збудженням. До складу кожного гетеродина входять збуджувач, тобто задавальний генератор, підсилювач і вихідні

підсилювачі за числом необхідних виходів. Гетеродин КО має три виходи: на блок ППЧКО (бл. 351), на блок контролю АК (бл. 369) і на блок змішувача системи АПЧ (бл. 247). Решта гетеродинів мають по два виходи (на ППЧ відповідного компенсаційного каналу і на блок контролю АК). Всі каскади виконані на транзисторах.

Однією з основних вимог до гетеродинів є висока стабільність частоти коливань. Побудова гетеродинів за схемою генератора з незалежним збудженням сама по собі забезпечує високу стабільність частоти. Але крім цього, для підвищення стабільності гетеродинних коливань додатково вжито таких заходів:

- у збуджувачах застосована кварцова стабілізація частоти;

- збуджувачі і підсилювачі виконані на печатних платах і поміщені в термостатах, температура в яких підтримується в межах $70^{\circ} \pm 2^{\circ}$ за допомогою електронних реле, які комутують кола обмоток підігрівання.

Вихідні підсилювачі виконані у вигляді загальної лінійки. В блоці передбачене регулювання частот гетеродинів за допомогою варикапів, які ввімкнуті у коливальні контури задавальних генераторів. Напруги на варикапах змінюються за допомогою потенціометрів, вісі яких виведені під шліц на передню панель блока (ЧАСТОТА ГЕТЕР. КО, K1, K2, K3). Передбачені також гнізда для контролю вихідних напруг блока.

5.7. Вихідний блок ППЧ (блок 248)

Вихідний блок ППЧ є кінцевим блоком приймального тракту і призначений для вирішення таких завдань:

- узгодженої за спектром фільтрації луна-сигналів;

- підсилення сигналів на другій проміжній частоті;

- амплітудного детектування сигналів і підсилення їх на відеочастоті;

- стабілізації рівня вихідних шумів за допомогою пристрою ШАРП.

Суть перших трьох завдань очевидна. Необхідність вирішення останнього завдання вимагає додаткового обґрунтування, оскільки стабілізація рівня шумів уже проводилась у блоках ППЧ (блоки 351, 352) власними пристроями ШАРП.

Необхідність додаткової стабілізації рівня шумів у вихідному блоці ППЧ зумовлена тим, що на виході автокомпенсатора рівень некомпенсованих шумів (завад) може змінюватися в досить широких межах. Пояснення цієї тези наочно можна дати на прикладі одноканального автокомпенсатора, для якого потужність суміші активних шумових завад та власних шумів на виході $\sigma_{\text{зш вих}}^2$ визначається співвідношенням:

$$\sigma_{\text{зш вих}}^2 = \sigma_{\text{зшо}}^2 (1 - \rho_{01}^2), \quad (5.5)$$

де $\sigma_{\text{ш0}}^2 = \sigma_{\text{з0}}^2 + \sigma_{\text{ш0}}^2$ – сумарна потужність активної завади $\sigma_{\text{з0}}^2$ і власних шумів $\sigma_{\text{ш0}}^2$ в основному каналі АК;

ρ_{01} – коефіцієнт взаємної кореляції завад в основному та компенсаційному каналах.

Без урахування неідентичностей основного і компенсаційного каналів АК коефіцієнт взаємної кореляції ρ_{01} можна визначити так:

$$\rho_{01} = \frac{\sigma_{\text{з0}}\sigma_{\text{з1}}}{\sqrt{\sigma_{\text{з0}}^2 + \sigma_{\text{ш0}}^2} \cdot \sqrt{\sigma_{\text{з1}}^2 + \sigma_{\text{ш1}}^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\sigma_{\text{ш0}}^2}{\sigma_{\text{з0}}^2}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{\text{ш1}}^2}{\sigma_{\text{з1}}^2}}}, \quad (5.6)$$

де $\sigma_{\text{з1}}^2, \sigma_{\text{ш1}}^2$ – потужність завади та власних шумів у компенсаційному каналі АК.

Співвідношення (5.6) свідчить, що коефіцієнт взаємної кореляції ρ_{01} в процесі огляду простору може суттєво змінюватися внаслідок зміни співвідношень $\sigma_{\text{ш0}}^2/\sigma_{\text{з0}}^2, \sigma_{\text{ш1}}^2/\sigma_{\text{з1}}^2$, що викличе зміну рівня некомпенсованих завад $\sigma_{\text{зш вих}}^2$ на виході АК. Аналогічні процеси будуть спостерігатися і в багатоканальному автокомпенсаторі. Все сказане доводить необхідність застосування пристрою ШАРП у вихідному блоці ППЧ при наявності таких пристроїв у блоках ППЧ основного та компенсаційних каналів на вході АК.

Вирішуваними завданнями визначаються склад та структура вихідного блока ППЧ. До складу блока (рис. 5.9) входять фільтр зосередженої селекції ФЗС, шестикаскадний ППЧ, двоканальний відеотракт, який містить два детектори та два однокаскадні відеопідсилювачі, і пристрій ШАРП.

Фільтр зосередженої селекції забезпечує узгоджену фільтрацію луна-сигналів і являє собою контур з резонансною частотою 10 МГц та шириною смуги пропускання приблизно 100 кГц.

Каскади ППЧ виконані за схемою резонансних підсилювачів із поодинокими настроєними контурами. Конттури зашунтовані резисторами з малим опором для забезпечення швидкого розрядження перехідних конденсаторів після дії потужних сигналів або завад. Тому каскади мають широкі смуги пропускання. Але на величину співвідношення сигнал/шум це впливає мало, оскільки сигнали вже пройшли через ФЗС.

З виходу п'ятого каскаду ППЧ сигнали на другій проміжній частоті надходять на вхід пристрою ШАРП, а також подаються на блок когерентного гетеродина (блок 37). З виходу шостого каскаду ППЧ сигнали подаються на два детектори, а з їх навантажень – на однокаскадні відеопідсилювачі. З виходу першого відеопідсилювача відеосигнали негативної полярності надходять на блок 31 системи СРЦ, а з виходу

другого відеопідсилювача сигнали позитивної полярності подаються на індикатор контролю (блок 21).

Пристрій ШАРП виконаний за схемою, близькою до схем пристроїв ШАРП блоків 351, 352. Деякі відмінності полягають у способі запобігання діям потужних сигналів та імпульсних завад на роботу пристрою ШАРП. Як і у вищезазначених пристроях ШАРП, використовується бланкування каскаду ППЧ ШАРП потужними сигналами та завадовими імпульсами, які виділяються детектором із відсіканням (пороговим детектором) і підсилюються транзисторним відеопідсилювачем. Але напруга відсікання, пропорційна середньому значенню рівня шуму, надходить не з виходу пристрою ШАРП, як це зроблене в блоках 351, 352, а формується автоматично за рахунок «сповзання» робочої точки на перехідному конденсаторі, через який детектор підключений до анода лампи шостого каскаду.

У блоці передбачене загальне регулювання амплітуди вихідних сигналів шляхом зміни напруги на екранній сітці лампи шостого каскаду (РЕГ.УСИЛ.), а також роздільне регулювання в каналах відеотракту шляхом зміни за допомогою потенціометрів УСИЛ.Ц , УСИЛ.П величини сигналів на входах відеопідсилювачів. У блоці є також гнізда для контролю напруг живлення та вихідних напруг блока.

6. СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД АКТИВНИХ ШУМОВИХ ЗАВАД

6.1. Загальна характеристика системи захисту від активних шумових завад

6.1.1. Призначення та принцип дії системи захисту від активних шумових завад

Система захисту від активних шумових завад призначена для подавлення активних шумових завад, які діють як по бокових пелюстках, так і по головному променю діаграми напрямленості антени. При цьому використовуються просторові та поляризаційні розбіжності луна-сигналів і активних шумових завад.

Загальний принцип компенсації активних шумових завад розглянемо для випадку їх дії по бокових пелюстках діаграми напрямленості основної антени (рис. 6.1,а). При наявності завад від одного постановника для їх компенсації достатньо мати одну допоміжну слабконапрямлену антену, діаграма напрямленості якої охоплювала б бокові пелюстки діаграми напрямленості основної антени, та один допоміжний приймальний канал. При цьому має виконуватися умова:

$$c/d \gg P_3, \quad (6.1)$$

де c – швидкість світла;

d – відстань між фазовими центрами основної та допоміжної антен;

P_3 – ширина оброблюваного спектра активних шумових завад.

У противному разі завади, прийняті основною та допоміжною антенами, будуть некорельовані. Для оглядових РЛС розвідки повітряного простору ця умова завжди виконується.

Таким чином, якщо виконується умова (6.1) і якщо приймальні пристрої основного PrO та допоміжного $Pr1$ каналів вважати ідентичними, то в каналах будуть діяти завади $\dot{U}_0(t) = a_0 \dot{U}_3(t) e^{j\varphi_0}$, $\dot{U}_1(t) = a_1 \dot{U}_3(t) e^{j\varphi_1}$, які відрізняються лише амплітудою та фазовим зсувом (тут і далі буде використовуватися комплексна форма запису, оскільки ми маємо справу з радіопроцесами, в яких ширина спектра значно менша від несучої частоти). Щоб скомпенсувати заваду в основному каналі, досить її скласти із завадою допоміжного каналу, пропущеною через підсилювач із коефіцієнтом передачі a_0/a_1 і через фазообертач, який забезпечує фазовий зсув $\varphi = \varphi_0 - \varphi_1 + \pi$. Тоді

$$\dot{U}_\Sigma(t) = a_0 \dot{U}_3(t) e^{j\varphi_0} + a_1 \dot{U}_3(t) e^{j\varphi_1} (a_0/a_1) e^{j(\varphi_0 - \varphi_1 + \pi)} = 0,$$

що й пояснюється векторною діаграмою (рис. 6.1, б).

Отже, найпростіший компенсатор (див. рис. 6.1,а) містить суматор, в якому складаються завади, прийняті основним каналом, із завадами, прийнятими допоміжним каналом і пропущеними через фазообертач і підсилювач. Оскільки значення величин a_0 , a_1 , φ_0 , φ_1 можуть змінюватися в процесі обертання антени, то фазообертач і підсилювач у допоміжному каналі мають бути регульованими.

Можливий також варіант компенсатора завад (рис. 6.2,а) без регульованого фазообертача, але з двома регульованими підсилювачами типу балансного модулятора (БМ) у допоміжному каналі. В цьому випадку допоміжний канал розщеплюється на два так звані квадратурні канали, в яких процеси мають взаємний фазовий зсув 90° . Балансні модулятори від звичайних підсилювачів радіочастотних сигналів відрізняються тим, що в них при зміні знака керуючої напруги фаза коливань змінюється на 180° . Робота такого компенсатора завад пояснюється векторною діаграмою на рис. 6.2,б.

Таким чином, є принципова можливість компенсації корельованих завад із використанням допоміжного каналу і двох регульованих в ньому елементів. При незмінному просторовому розташуванні антен та постановника завад ця можливість цілком могла б бути реалізована оператором вручну. Реально ж при обертанні антен швидкість зміни амплітуди і фази завад значно перевищує швидкість реагування людини.

Існує клас пристроїв, які вирішують ці завдання автоматично. Це – пристрої з кореляційними зворотними зв'язками, які називають також кореляційними автокомпенсаторами.

6.1.2. Принцип дії кореляційного автокомпенсатора

Принцип роботи таких пристроїв розглянемо на прикладі одноканального кореляційного автокомпенсатора (рис. 6.3). Робота такого компенсатора описується системою рівнянь:

$$\dot{U}_\Sigma(t) = \dot{U}_0(t) + \dot{K}(t) \dot{U}_1(t), \quad (6.2)$$

$$T \frac{d\dot{K}(t)}{dt} + \dot{K}(t) = -\gamma \dot{U}_\Sigma(t) \dot{U}_1^*(t), \quad (6.3)$$

де $\dot{U}_0(t)$, $\dot{U}_1(t)$, $\dot{U}_\Sigma(t)$ – комплексні обвідні процесів відповідно на вході основного і допоміжного каналів та на виході автокомпенсатора;

$\dot{K}(t)$ – комплексна величина керуючої напруги;

T – постійна часу інтегрування;

γ – коефіцієнт підсилення напруги в колі зворотного зв'язку.

В усталеному режимі величина керуючої напруги

$$\dot{K} = -\gamma \overline{\dot{U}_{\Sigma}(t) \dot{U}_1^*(t)}, \quad (6.4)$$

де «—» — знак математичного усереднення за часом.

Таким чином, керуюча напруга (6.4) визначається як кореляція процесів, які діють на вході допоміжного каналу та на виході автокомпенсатора. Тому пристрій, який формує цю напругу (див. рис. 6.3), називається корелятором, а весь автокомпенсатор кореляційним.

Якщо співвідношення (6.2) підставити до (6.4), то можна знайти кінцевий вираз для керуючої напруги:

$$\dot{K} = -\gamma \overline{\dot{U}_{\Sigma}(t) \dot{U}_1^*(t)} = -\gamma \overline{[\dot{U}_0(t) + \dot{K} \dot{U}_1(t)] \dot{U}_1^*(t)}.$$

Розкривши дужки, отримаємо:

$$\dot{K} = -\gamma \overline{\dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)} - \gamma \dot{K} \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)},$$

звідки

$$\dot{K} = -\frac{\gamma \overline{\dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)}}{1 + \gamma \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)}}. \quad (6.5a)$$

При виборі коефіцієнта підсилення в колі зворотного зв'язку γ таким, що $\gamma \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)} \gg 1$, отримаємо

$$\dot{K} = -\frac{\overline{\dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)}}{\overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)}} = -\frac{\dot{\rho} \sigma_0 \sigma_1}{\sigma_1^2} = -\dot{\rho} \frac{\sigma_0}{\sigma_1}, \quad (6.5b)$$

де $\dot{\rho}$ — комплексний коефіцієнт кореляції процесів $\dot{U}_0(t)$ і $\dot{U}_1(t)$;

σ_0, σ_1 — середньоквадратичні значення процесів $\dot{U}_0(t)$ і $\dot{U}_1(t)$.

Тоді процес на виході автокомпенсатора можна подати таким чином:

$$\dot{U}_{\Sigma}(t) = \dot{U}_0(t) - \dot{\rho} \frac{\sigma_0}{\sigma_1} \dot{U}_1(t). \quad (6.6)$$

Знайдемо потужність (дисперсію) процесу на виході автокомпенсатора:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \frac{1}{2} \overline{\dot{U}_{\Sigma}(t) \dot{U}_{\Sigma}^*(t)}. \quad (6.7)$$

Після підстановки (6.6) в (6.7) і після нескладних перетворень отримаємо

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_0^2 (1 - |\dot{\rho}|^2). \quad (6.8)$$

Коефіцієнт подавлення завад знайдемо як відношення потужності процесу (шумових завад) на вході автокомпенсатора до потужності процесу на його виході:

$$K_{\Pi} = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_{\Sigma}^2} = \frac{1}{1 - |\dot{\rho}|^2}. \quad (6.9)$$

Таким чином, ступінь подавлення активних шумових завад одноканальним автокомпенсатором визначається ступенем кореляції процесів, які діють в основному та допоміжному каналах.

Якщо повернутися до рис. 6.1 і вважати приймачі ідентичними, а їх внутрішні шуми нехтуюче малими, то $|\dot{\rho}| \rightarrow 1$ і $\dot{U}_\Sigma(t) \rightarrow 0$. У реальних пристроях з урахуванням неідентичностей та власних шумів приймальних пристроїв $|\dot{\rho}| < 1$. Покажемо це спочатку на прикладі впливу власних шумів приймачів на кореляцію процесів у каналах автокомпенсатора. Уявимо, що приймальні канали ідентичні, і на вході їх діє одна і та ж завада $\dot{U}_3(t)$. Тоді на вході автокомпенсатора будуть діяти процеси $\dot{U}_0(t) = \dot{U}_3(t) + \dot{U}_{ш0}(t)$, $\dot{U}_1(t) = \dot{U}_3(t) + \dot{U}_{ш1}(t)$, де $\dot{U}_{ш0}(t)$ і $\dot{U}_{ш1}(t)$ – власні шуми приймальних трактів. Коефіцієнт кореляції цих процесів

$$|\dot{\rho}| = \frac{\overline{\dot{U}_0(t)\dot{U}_1^*(t)}}{\sigma_0\sigma_1} = \frac{\overline{(\dot{U}_3(t) + \dot{U}_{ш0}(t))(\dot{U}_3^*(t) + \dot{U}_{ш1}^*(t))}}{\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_{ш0}^2}\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_{ш1}^2}} = \frac{\sigma_3^2}{\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_{ш0}^2}\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_{ш1}^2}}.$$

Якщо $\sigma_{ш0} = \sigma_{ш1} = \sigma_{ш}$, то

$$|\dot{\rho}| = \frac{\sigma_3^2}{\sigma_3^2 + \sigma_{ш}^2}. \quad (6.10)$$

Через неідентичність частотних характеристик основного $\dot{A}_0(\omega)$ і допоміжного $\dot{A}_1(\omega)$ приймальних каналів виникає додаткова декореляція завад. Так, якщо один і той саме процес $\dot{U}_3(t)$ пропустити через фільтри з частотними характеристиками $\dot{A}_0(\omega)$ і $\dot{A}_1(\omega)$, то коефіцієнт кореляції процесів $\dot{U}_0(t)$ і $\dot{U}_1(t)$ на виході фільтрів буде визначатися так:

$$\dot{\rho} = \frac{\overline{\dot{U}_0(t)\dot{U}_1^*(t)}}{\sigma_0\sigma_1} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \dot{G}(\omega)\dot{A}_0(\omega)\dot{A}_1^*(\omega)d\omega}{\sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \dot{G}(\omega)|\dot{A}_0(\omega)|^2 d\omega} \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \dot{G}(\omega)|\dot{A}_1(\omega)|^2 d\omega}}, \quad (6.11)$$

де $\dot{G}(\omega) = \overline{\int_{-\infty}^{\infty} \dot{U}_3(t)\dot{U}_3^*(t)e^{-j\omega t} dt}$ – енергетичний спектр завади.

Аналізуючи вирази (6.10) і (6.11), можна зробити кілька висновків. З одного боку, кореляція завад на вході автокомпенсатора значною мірою залежить від їх потужності (від того, наскільки вони перевищують власні шуми приймальних каналів). З іншого боку, перевищення завад над власними шумами приймальних трактів не повинне виходити за межі

динамічного діапазону тракту. В протилежному разі порушиться умова лінійності трактів, і кореляція завад стрімко впаде. Розбіжність частотних характеристик приймальних трактів також суттєво впливає на кореляцію завад. Очевидно, що при смугах пропускання трактів, більших за ширину спектра завад, неідентичність позначається менше.

Таким чином, для збереження кореляції завад приймальні тракти мають задовольняти двом вимогам: мати широкий динамічний діапазон та ідентичність частотних характеристик.

На закінчення щодо принципів дії автокомпенсатора розглянемо перехідні процеси в ньому. Підставивши (6.2) до (6.3), отримаємо

$$T \frac{d\dot{K}(t)}{dt} + \dot{K}(t) = -\gamma \dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t) - \dot{K}(t) \gamma \dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t). \quad (6.12)$$

Рішенням цього диференціального рівняння є

$$\dot{K}(t) = - \frac{\overline{\gamma \dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)}}{1 + \gamma \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)}} \left(1 - e^{-\frac{1 + \gamma \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)}}{T} t} \right), \quad (6.13)$$

$$\text{де } \overline{\dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T \dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t) dt, \quad \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)} = \frac{1}{T} \int_0^T \dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t) dt = 2\sigma_1^2.$$

Величина $-\frac{\overline{\gamma \dot{U}_0(t) \dot{U}_1^*(t)}}{1 + \gamma \overline{\dot{U}_1(t) \dot{U}_1^*(t)}}$ є не що інше, як величина $\dot{K}$ керуючої

напруги в сталому режимі (див. вираз 6.5а), а величина σ_1^2 – потужність (дисперсія) завад у допоміжному каналі. З урахуванням цього вираз (6.13) перетвориться на

$$\dot{K}(t) = \dot{K} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_E}} \right), \quad (6.14)$$

$$\text{де } T_E = \frac{T}{1 + 2\gamma\sigma_1^2}. \quad (6.15)$$

Відомо, що величина T являє собою постійну інтегрування (усереднення), тобто це – час реакції інтегруючої ланки на одиничну функцію. Стосовно системи регулювання, якою є автокомпенсатор, величина T є тривалістю перехідного процесу при розімкнутому колі управління (рис. 6.4, крива 1). Цю величину називають також статичною постійною перехідного процесу. Величина ж T_E – не що інше, як динамічна постійна автокомпенсатора (рис. 6.4, крива 2). Вона характеризує тривалість перехідного процесу при замкнутому колі управління. Динамічна постійна автокомпенсатора, як видно з (6.15), залежить не тільки від статичної постійної інтегрування T ,

а й від коефіцієнта підсилення в колі зворотного зв'язку γ та від потужності завад у допоміжному каналі σ_1^2 .

При неправильному виборі параметрів автокомпенсатор, як і кожна система автоматичного регулювання із зворотними зв'язками, може перейти до стану збудження. Для усталеної роботи автокомпенсатора повинна виконуватися умова:

$$\gamma\sigma_1^2 \leq 0,5 \frac{T}{\tau_3}, \quad (6.16)$$

де τ_3 – час затримки процесів у колі кореляційного зворотного зв'язку.

6.1.3. Варіанти застосування автокомпенсаторів при подавленні активних шумових завад

6.1.3.1. Для захисту від активних шумових завад, які діють по бокових пелюстках діаграми напрямленості антени, на основний вхід автокомпенсатора необхідно надіслати завади та сигнали, прийняті основною антеною, а на компенсаційний – завади, прийняті допоміжною антеною, діаграма напрямленості якої охоплює бокові пелюстки діаграми напрямленості основної антени (рис. 6.5). На цьому прикладі пояснювалися постановка завдань та принцип компенсації активних шумових завад (див. п. 6.1.1). Далі в п. 6.1.2 показано, що такі завдання можуть вирішуватися за допомогою кореляційного автокомпенсатора. При цьому залишалося остеронь питання проходження корисних сигналів, тобто луна-сигналів від цілі через автокомпенсатор.

Сигнал не зазнає спотворень, тобто не буде скомпенсованим, при виконанні двох умов:

- наявність часових розбіжностей між сигналами і завадами;
- наявність просторових розбіжностей між сигналами і завадами.

Перша умова для імпульсних радіолокаторів при стаціонарних активних шумових завадах виконується автоматично. Дійсно, у більшості випадків час дії активних шумових завад значно перевищує тривалість зондуючих сигналів. Це враховується при розробці і виборі параметрів автокомпенсаторів. На практиці постійну інтегрування T вибирають такою, щоб при дії потужних завад ($\sigma_1^2 = D\sigma_{ш1}^2$, де D – динамічний діапазон приймального тракту) виконувалась умова:

$$T_E \gg \tau_i, \quad (6.17)$$

де T_E – динамічна постійна автокомпенсатора (6.15);

τ_i – тривалість зондуючого сигналу.

При виконанні цієї умови автокомпенсатор не реагує на сигнали, тобто просто не встигає настроїтися на подавлення сигналів.

Друга умова виконується не завжди, а тільки тоді, коли постановник завад і ціль знаходяться на різних азимутах. На рис. 6.5 наведений випадок, коли ціль знаходиться в головному промені ДНА, а завада діє по боковій пелюстці. При цьому і в основному, і в допоміжному каналах діє суміш завад і сигналів. Амплітудні співвідношення завад і сигналів визначаються значеннями коефіцієнтів підсилення A_0 , A_1 , a_0 , a_1 основної та допоміжної антен у напрямках на ціль β_{Π} та на постановник завад β_3 (див. рис. 6.5). Фазовий зсув між сигналами, прийнятими основною та допоміжною антенами, відсутній, а між завадами він визначається величиною просторової розбіжності, тобто різницею $\beta_{\Pi} - \beta_3$

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{d \sin(\beta_{\Pi} - \beta_3)}{\lambda}, \quad (6.18)$$

де d – відстань між фазовими центрами основної та допоміжної антен;
 λ – довжина хвилі.

Автокомпенсатор на сигнал не реагує, оскільки $T_E \gg \tau_i$, і настроюється на подавлення завади, формуючи при цьому керуючу напругу

$$\dot{K} = -\frac{a_0}{a_1} e^{-j\Delta\varphi}.$$

У результаті завада буде скомпенсована, і на вихід автокомпенсатора пройде тільки сигнал

$$\dot{U}_{\Sigma}(t) = A_0 \dot{U}_{\Pi}(t) - A_1 \frac{a_0}{a_1} \dot{U}_{\Pi}(t) e^{-j\Delta\varphi}.$$

Оскільки реально $A_0 \gg A_1 \frac{a_0}{a_1}$, то фактично сигнал не зазнає ніяких змін.

Інша справа, коли і сигнал, і завада діють по головному променю, тобто не мають просторових розбіжностей (рис. 6.6). У цьому випадку амплітудно-фазові співвідношення що для сигналів, що для завад однакові, і сигнал цілі буде скомпенсовано так само, як і заваду. На практиці при дії завад по головному променю вони фактично не компенсуються або компенсуються лише частково. Оскільки $A_0 \gg A_1$ (в десятки, а то і в сотні разів), то завада в основному каналі настільки потужна, що вона обмежується в приймальному тракті, і цим порушується її міжканальна кореляція, або ж просто не вистачає динамічного діапазону автокомпенсатора, щоб скомпенсувати заваду.

Таким чином, автокомпенсатор із слабконаправленими рознесеними допоміжними антенами ефективно працює при дії завад по бокових пелюстках ДНА, використовуючи просторові розбіжності сигналів і завад,

і стає недієздатним при дії завад по головному променю ДНА, коли такі просторові розбіжності зникають.

6.1.3.2. Для селекції сигналів на фоні завад, які діють по головному променю ДНА, використовують поляризаційні розбіжності між сигналами і завадами. У більшості випадків активні шумові завади мають еліптичну поляризацію (рис. 6.7), тобто завадові коливання можна подати як суму коливань із горизонтальною і вертикальною поляризацією з відповідним амплітудним співвідношенням та фазовим зсувом:

$$\dot{U}(t) = a_{\Gamma} \dot{U}_3(t) + a_B \dot{U}_3(t) e^{j\Delta\varphi}. \quad (6.19)$$

Отже, якщо забезпечити порізно прийом цих складових відповідними антенами і подати їх на основний та допоміжний канали автокомпенсатора, то завади будуть скомпенсовані. При цьому поділ каналів автокомпенсатора на основний та допоміжний умовний. Здебільшого основним (тобто нерегульованим) каналом автокомпенсатора вибирається той, який відповідає поляризації зондуємого сигналу. Важливо те, щоб коефіцієнт підсилення антени допоміжного каналу був близьким або хоча б одного порядку з коефіцієнтом підсилення антени основного каналу.

Щоб не скомпенсувати разом із завадою і сигнал, повинні виконуватися дві умови:

тривалість сигналу від цілі повинна бути значно меншою тривалості завад;

закон зміни поляризації сигналів повинен відрізнятися від закону зміни поляризації завад.

Перша умова, як уже зазначалося, для імпульсних РЛС виконується за принципом їх дії. Щодо другої умови, то вона теж практично завжди виконується, оскільки оператор постановника завад практично не зможе підібрати такий закон зміни поляризації завад, який би відповідав закону зміни поляризації луна-сигналу. Справа в тому, що при опромінюванні аеродинамічних цілей лінійно поляризованим сигналом відбитий луна-сигнал має досить складну поляризацію, яка залежить від типу цілі, її ракурсу, стану атмосфери тощо. Значно простіше випромінювати завади з хаотичною поляризацією (горизонтальна і вертикальна складові завади випромінюються незалежними генераторами шуму), при яких поляризаційна селекція сигналів неможлива. Але при цьому значно ускладнюється бортове обладнання постановників активних шумових завад.

Таким чином, кореляційний автокомпенсатор можна одночасно використовувати як для просторової, так і для поляризаційної селекції сигналів на фоні завад при відповідному наборі допоміжних антен і приймальних каналів.

6.1.4. Варіанти технічної реалізації кореляційних автокомпенсаторів

Розглядаючи принцип дії автокомпенсатора, ми мали справу тільки з його математичною моделлю і не замислювалися над питаннями його реалізації як пристрою. Залежно від того, в якій формі подані вхідні, вихідні процеси та керуюча напруга, розрізняють три типи автокомпенсатора: гетеродинний, квадратурний радіочастотний і квадратурний відеочастотний (квадрупольний).

У гетеродинних автокомпенсаторах вхідні, вихідні процеси та керуюча напруга є радіочастотними процесами. У квадратурних радіочастотних автокомпенсаторах вхідні та вихідні процеси є радіочастотними, а керуюча напруга подається у вигляді двох відеочастотних процесів. В квадратурних відеочастотних автокомпенсаторах і вхідні, і вихідні процеси, і керуюча напруга подані у вигляді двох відеочастотних процесів кожний. Гетеродинні автокомпенсатори завжди, а квадратурні радіочастотні здебільшого реалізуються з використанням аналогової елементної бази. Квадратурні відеочастотні автокомпенсатори виконуються як цифрові пристрої. Не вдаючись до подробиць реалізації усіх типів автокомпенсаторів, зупинимось більш детально на побудові гетеродинних автокомпенсаторів, бо саме такий тип автокомпенсаторів застосовується в РЛС 5Н84А.

Отже, в гетеродинних автокомпенсаторах вхідні процеси основного та допоміжного каналів є радіочастотними процесами з несучою частотою ω :

$$\dot{u}_0(t) = \dot{U}_0(t)e^{j\omega t}, \quad \dot{u}_1(t) = \dot{U}_1(t)e^{j\omega t}, \quad (6.20)$$

де $\dot{U}_0(t)$, $\dot{U}_1(t)$ – комплексні огибаючі (комплексні амплітуди) процесів. У приймальній системі (рис. 6.8) ці процеси перетворюються на проміжні частоти ω_0 та ω_1 за допомогою гетеродинів із частотою коливань $\omega_{Г0}$ і $\omega_{Г1}$. При цьому частоти гетеродинів вибрані так, щоб $\omega_0 - \omega_1 \gg 2\pi/T$, де T – час інтегрування (статична постійна часу автокомпенсатора). Після частотного перетворення процеси можна подати таким чином:

$$\dot{u}_0(t) = \dot{U}_0(t)e^{j\omega_0 t}, \quad \dot{u}_1(t) = \dot{U}_1(t)e^{j\omega_1 t}. \quad (6.21)$$

Вихідний процес, як і процес в основному каналі, також буде поданий на частоті ω_0 :

$$\dot{u}_\Sigma(t) = \dot{U}_\Sigma(t)e^{j\omega_0 t}. \quad (6.22)$$

Згідно з принципом роботи автокомпенсатора, вихідний процес $\dot{u}_\Sigma(t)$, підсилений підсилювачем із коефіцієнтом підсилення γ , та процес $\dot{u}_1(t)$ з допоміжного каналу повинні бути подані на корелятор, який виконує операцію перемноження двох процесів та усереднення результату перемноження. Операцію перемноження двох радіопроцесів на різних

несучих частотах здійснює змішувач, а усереднення результату перемноження виконується вузькосмуговим фільтром, настроєним на різницеву частоту процесів $\dot{u}_1(t)$ і $\dot{u}_\Sigma(t)$. Смуга пропускання цього фільтра $\Pi=1/T$, де T – постійна часу інтегрування. Таким чином, керуючу напругу гетеродинного автокомпенсатора можна подати так:

$$\dot{k}(t) = -\gamma \overline{\dot{U}_\Sigma(t) \dot{U}_1^*(t)} e^{j(\omega_0 - \omega_1)t} = \dot{K} e^{j(\omega_0 - \omega_1)t}. \quad (6.23)$$

Перемноження вхідного радіопроцесу допоміжного каналу $\dot{u}_1(t)$ на коефіцієнт $\dot{k}(t)$, який також є радіопроцесом, здійснюється знову ж таки змішувачем. У результаті на виході автокомпенсатора маємо:

$$\dot{u}_\Sigma(t) = \dot{U}_0(t) e^{j\omega_0 t} + \dot{K} e^{j(\omega_0 - \omega_1)t} \dot{U}_1(t) e^{j\omega_1 t} = \dot{U}_0(t) e^{j\omega_0 t} + \dot{K} \dot{U}_1(t) e^{j\omega_0 t}. \quad (6.24)$$

Таким чином, основними елементами (див. рис. 6.8) гетеродинного автокомпенсатора є радіочастотний корелятор у складі змішувача та вузькосмугового фільтра, змішувач у допоміжному каналі та суматор.

6.2. Склад та структура системи захисту від активних шумових завад

До складу системи захисту від активних шумових завад (див. рис. 2.2) входять:

шість допоміжних антен (A1...A4, A5Г, A5В);

чотири допоміжні приймальні канали K1...K3, K4-5 (після першого перетворення частоти кількість приймальних каналів скорочується до трьох);

триканальний автокомпенсатор активних шумових завад (блоки 271...274, 369).

Основу системи захисту від активних шумових завад становить триканальний автокомпенсатор гетеродинного типу (рис. 6.9). Використання багатоканального автокомпенсатора забезпечує одночасне подавлення активних шумових завад від кількох постановників, розташованих на різних напрямках. Чим більше допоміжних антен та каналів, тим більші можливості системи щодо завадозахищеності. Але при тій елементній базі, яка використовувалась у наземній військовій радіолокації на час розробки РЛС 5Н84А (в основному радіолампи), апаратурна реалізація багатоканальних приймальних пристроїв та автокомпенсаторів була надто складною. Цим пояснюється невідповідність кількості допоміжних антен, приймальних каналів та компенсаційних каналів автокомпенсатора. Конструктори намагалися зробити систему захисту від активних шумових завад гнучкою до завадової обстановки при сприйнятному обсязі апаратури. Гнучкість досягається комутацією

допоміжних антен та каналів (див. рис. 2.2) залежно від завадової обстановки.

За принципом дії автокомпенсатор є автокомпенсатором гетеродинного типу, а конструктивно він виконаний так, що кожен блок реалізує завершену функцію. Ці чинники й визначають склад та структуру автокомпенсатора (рис. 6.9). До складу автокомпенсатора входять: блок суматора (бл. 271), три блоки кореляторів (бл. 272, 273, 274) та блок контролю автокомпенсатора (бл. 369).

У блоці суматора здійснюється складання процесу основного каналу із «зваженими» процесами трьох допоміжних (компенсаційних) каналів. Процес в основному каналі перед подачею на суматор проходить через однокаскадний підсилювач проміжної частоти ППЧ1КО. Процеси в допоміжних каналах надходять з виходів блоків ППЧ (бл. 352) на сигнальні входи змішувачів $Зм1$, $Зм2$, $Зм3$, на керуючі входи яких подається керуюча напруга з виходів відповідних блоків кореляторів (бл. 272, 273, 274). Спільним навантаженням змішувачів $Зм1$, $Зм2$, $Зм3$ та каскаду ППЧ1КО є коливальний контур, настроєний на другу проміжну частоту основного каналу ($f_{пр2КО}=10$ МГц), який і виконує функцію суматора Σ . Після суматора сигнали надходять на трикаскадний вихідний підсилювач проміжної частоти ППЧ2КО і далі на блок вихідного ППЧ (бл. 248). Крім того, з виходу першого каскаду ППЧ2КО сигнали відгалужуються до кола кореляційного зворотного зв'язку і подаються на відповідні входи блоків кореляторів.

Блоки кореляторів (бл. 272, 273, 274) виконані за однаковою схемою. Кожен з них містить: чотирикаскадний підсилювач процесів відповідного компенсаційного каналу ППЧ1К1 (ППЧ1К2, ППЧ1К3), двокаскадний підсилювач напруги зворотного зв'язку ППЧ2К1 (ППЧ2К2, ППЧ2К3), перемножувач напруги компенсаційного каналу з напругою зворотного зв'язку, функції якого виконує змішувач $ЗмК1$ ($ЗмК2$, $ЗмК3$), та чотирикаскадний підсилювач керуючої (гетеродинної) напруги ППЧ3К1 (ППЧ3К2, ППЧ3К3), між третім і четвертим каскадами якого ввімкнутий вузькосмуговий кварцовий фільтр $\Phi1$ ($\Phi2$, $\Phi3$) із смугою пропускання $\Pi=500...1000$ Гц. Цей фільтр виконує функцію інтегратора (усереднювача) вихідної напруги змішувача.

Блоки 272, 273, 274 відрізняються один від одного лише частотою настройки підсилювачів ППЧ1К1, ППЧ1К2, ППЧ1К3 та кварцових фільтрів $\Phi1$, $\Phi2$, $\Phi3$. Значення несучих частот процесів на входах і виходах блоків 272, 273, 274 наведені на рис. 6.9. Несучі частоти керуючих напруг вибрані такими, щоб ні ці частоти, ні їх вищі гармоніки не попадали до смуги пропускання підсилювачів проміжної частоти після автокомпенсатора.

У блоці корелятора передбачені два регулювання, які виведені «під шліць» на передню панель блока: БАЛАНС і БАЛАНС C_0 . Регулювання БАЛАНС забезпечує симетрію балансного змішувача $Зм1$ ($Зм2$, $Зм3$) так, щоб при відсутності одного з множників напруга на виході змішувача дорівнювала б нулю. Регулювання БАЛАНС C_0 забезпечує формування необхідної частотної характеристики вузькосмугового фільтра $\Phi1$ ($\Phi2$, $\Phi3$). Більш детально фізичну суть регулювань БАЛАНС і БАЛАНС C_0 буде розкрито при розгляді функціональної схеми блока корелятора.

Однією з основних конструктивних вимог до автокомпенсатора є забезпечення ідентичності частотних характеристик приймальних трактів. Від цього значною мірою залежить якість подавлення завад. Ідентичність частотних характеристик приймальних трактів досягається конструктивно підбором елементів трактів. Для остаточного вирівнювання електричних довжин усіх трактів з урахуванням довжин фідерних трактів на виходах блоків ППЧ компенсаційних каналів ввімкнуті кабелі підібраної довжини, які згорнуті в котушки і розташовані в стойці 216.

Блок контролю автокомпенсатора (бл. 369) функціонального навантаження не несе і є суто технологічним блоком, призначеним для автономної поканальної перевірки працездатності автокомпенсатора. Структура цього блока, призначення його елементів та регулювань будуть розглянуті в п. 6.5.

6.3. Блоки кореляторів

Усі блоки кореляторів (бл. 272, 273, 274) виконані за однаковою схемою. На рис. 6.10 наведена функціональна схема блока 272, тобто корелятора першого компенсаційного каналу. Тому позначення вхідних і вихідних сигналів блока будуть стосуватися тільки першого компенсаційного каналу.

Напруга завади з виходу блока ППЧ (бл. 352) надходить на вхід блока 272 через роз'єднувач $\Phi2$ (ВХОД $K1$). Канал підсилення напруги завади (ППЧ1 $K1$ на рис. 6.9) виконаний на лампах Л5, Л6, Л7, Л8 (6Ж1П-ЕР). Перший, третій та четвертий каскади зібрані за схемою ППЧ з поодинокими настроєними контурами і є широкосмуговими. Смуга пропускання каналу визначається головним чином другим каскадом, навантаженням якого є два зв'язаних контури із зовнішнім ємнісним зв'язком.

Напруга зворотного зв'язку з виходу блока суматора надходить на вхід блока 272 через роз'єднувач $\Phi3$ (ВХОД Σ). Канал підсилення напруги зворотного зв'язку (ППЧ2 $K1$ на рис. 6.9) виконаний на лампах Л11, Л12 (6Ж1П-ЕР) за схемою ППЧ з поодинокими настроєними контурами. Тому

смуга пропускання каналу зворотного зв'язку визначається не ними, а першим каскадом вихідного ППЧ блока суматора, навантаженням якого є два зв'язані контури з ємнісним зв'язком, ідетичні контурам другого каскаду ППЧ1К1.

Перемножувач вхідного і вихідного процесів виконаний на пентодах Л9, Л10 (6Ж10П-ЕР). Він являє собою змішувач балансного типу. Один із множників (напруга зворотного зв'язку) надходить на керуючі сітки ламп синфазно, а другий множник (напруга компенсаційного каналу) подається на пентодні сітки ламп протифазно, оскільки напруга надходить з протилежних затисків контуру L10, C46, середня точка якого заземлена. Анодне живлення на лампи змішувача подається через середню точку котушки L11 вихідного контуру змішувача. Якщо плечі змішувача збалансовані (коефіцієнти підсилення ламп Л9 і Л10 однакові), то на вихідному контурі L11, C52, настроєному на різницеву частоту вхідних процесів, буде виділятися лише результат биття двох процесів, а побічні результати перетворення на вищих гармоніках та на субгармоніках будуть взаємно скомпенсовані. Балансування плечей змішувача здійснюється потенціометром R45 БАЛАНС шляхом зміни напруги на екранній сітці лампи Л10. Потенціометр R45 встановлюється в таке положення, щоб при нульовій напрузі зворотного зв'язку і при максимальній напрузі компенсаційного каналу (до тракту надходить відповідний шумовий процес із імітатора) шумова напруга на виході автокомпенсатора була мінімальною.

Канал підсилення керуючої (гетеродинної) напруги виконаний на лампах Л1, Л2 (6Ж1П-ЕР) і лампах Л3, Л4 (6Ж9П-Е). Усі каскади побудовані за схемою ППЧ з поодинокими настроєними контурами з шириною смуги пропускання близько 2МГц. Між третім і четвертим каскадами ввімкнутий кварцовий фільтр ПЭ1. Разом з вихідним контуром третього каскаду L3, C17 і вхідним контуром L4, C20 четвертого каскаду він утворює вузькосмуговий фільтр із шириною смуги пропускання 500...1000 Гц, який і виконує функцію інтегратора. Для розуміння фізичної суті настройки кварцового фільтра необхідно розглянути загальні принципи його побудови.

Як відомо, сам кристаль кварцу, відповідно оброблений, разом з індуктивностями тримачів утворює послідовний коливальний контур L_{KB} , C_{KB} , паралельно з яким ввімкнута небажана ємність монтажу (ємність тримачів кристалю) C_M . На резонансній частоті (для першого компенсаційного каналу резонансна частота $f_{KB1}=6,5$ МГц, для другого – $f_{KB2}=6,7$ МГц і для третього – $f_{KB3}=6,9$ МГц) у досить вузькій смузі частот ($\Delta f \approx 500 \dots 1000$ Гц) опір такого контуру малий. Поза означеною смугою опір контуру стрімко зростає і визначається ємністю C_M .

Для побудови паралельного контуру з такою вузькою смугою пропускання застосовують П-подібне сполучення із звичайних паралельних контурів та послідовного кварцового (рис. 6.11,а). Частотна характеристика такого сполучення (рис. 6.11,б) має вузький пік на резонансній частоті кварцу і еквівалентна частотній характеристиці вузькосмугового (високодобrotnого) паралельного контуру. Але недоліком такої схеми є наявність небажаного п'єдесталу в частотній характеристиці (див. рис. 6.11,б) через кінцевий опір кварцового фільтра на позарезонансних частотах (вплив ємності кварцотримача C_M). Для компенсації п'єдесталу використовують мостову схему з'єднання контурів (рис. 6.12,а). При цьому вхідний контур симетрично «заземлюється» і утворює два плеча, з яких коливання знімаються у протифазі і подаються на вихідний контур, ввімкнутий до діагоналі моста через кварцовий фільтр і через балансну ємність C_O . Міст за допомогою ємності C_O балансується так, щоб на позарезонансних частотах кварцового фільтра (хоча б у межах смуг пропускання вхідного та вихідного контурів) напруга на вихідному контурі була відсутня. Частотна характеристика такого фільтра наведена на рис. 6.12,б. Для додаткового звуження смуги пропускання кварцового фільтра та більш якісної компенсації п'єдесталу вхідний і вихідний контури фільтра розстроюють у різні боки відносно резонансної частоти (у блоках кореляторів таке розстроювання становить близько 1 МГц).

Практично кварцовий фільтр балансується так само, як і балансний змішувач: при нульовій напрузі зворотного зв'язку і при максимальній напрузі компенсаційного каналу (до тракту подається відповідний шумовий процес з імітатора) допомагаються мінімальної шумової напруги на виході автокомпенсатора.

Як вже зазначалося, з метою додаткового звуження смуги пропускання кварцового фільтра вхідний і вихідний контури фільтра розстроєні відносно резонансної частоти фільтра на 1 МГц (вхідний контур L3, C17 у бік низьких, а вихідний контур L4, C20 у бік високих частот). Крім того, для підвищення коефіцієнта передачі фільтра здійснене часткове вмикання вихідного контуру L4, C20 (див. рис. 6.10) у діагональ мосту.

У блоці передбачене вмикання і вимикання каналу підсилення керуючої напруги за допомогою реле P1. При вмиканні реле P1 (положення КОМПЕНСАЦИЯ) резистор R11 замикається на корпус. Напруга, яка знімається з дільника R8, R11, ввімкнутого до кола -125 В, і надходить на сітку лампи Л2, є робочим зміщенням для лампи і канал, таким чином, відкритий. При вимиканні реле P1 (положення ВЫКЛ.) до резистора R11 додатково підключається резистор R13 і напруга, яка знімається з дільника R8, R11, R13, закриває лампу Л2. Вмикання реле P1 блоків 272, 273, 274 здійснюється за допомогою тумблерів K1, K2, K3,

розташованих на блоці атенуаторів (бл. 380). Цими тумблерами здійснюється вмикання необхідної кількості компенсаційних каналів автокомпенсатора.

6.4. Блок суматора (блок 271)

Особливості побудови блока суматора розглянемо з посиланням на структурну схему автокомпенсатора (рис. 6. 9).

Вхідний каскад ППЧ1КО виконаний на лампі 6Ж1П-ЕР за схемою ППЧ з одиночним настроєним контуром, який одночасно є навантаженням і для керованих змішувачів, тобто є суматором Σ . Перший і другий каскади вихідного підсилювача ППЧ2КО виконані відповідно на лампах 6Ж9П-Е і 6Ж1П-ЕР за схемою ППЧ з двома зв'язаними контурами із зовнішнім ємнісним зв'язком. Останній каскад ППЧ2КО виконаний на лампі 6Ж9П-Е за схемою з одиночним настроєним контуром.

Керовані змішувачі 3м1, 3м2, 3м3 виконані на лампах 6Ж10П-ЕР за схемою двосіткових перетворювачів частоти. Напруга завад із виходів блоків ППЧ відповідних компенсаційних каналів надходить на керуючі сітки ламп, а керуючі гетеродинні напруги з виходів кореляторів – на пентодні сітки ламп. Для стабілізації режимів роботи змішувачів на керуючі і пентодні сітки ламп подаються напруги примусового зміщення з дільників, ввімкнутих у коло живлення –125 В.

Блок має на передній панелі роз'єднувачі Ф3, Ф6, Ф9, через які на пентодні сітки ламп змішувачів можуть надсилатися гетеродинні напруги відповідних частот з виходу блока контролю АК (бл. 369). Ці напруги використовуються для перевірки працездатності блока. В блоці передбачені гнізда для контролю всіх вхідних і вихідних напруг. Оскільки ці напруги являють собою радіопроцеси, то перед подачею на гнізда вони проходять через детектори, ввімкнуті у відповідні кола контролю.

6.5. Блок контролю автокомпенсатора (блок 369)

Блок служить для формування синусоїдальних напруг, частоти яких дорівнюють частотам керуючих напруг компенсаційних каналів автокомпенсатора ($f_{KB1}=6,5$ МГц, $f_{KB2}=6,7$ МГц, $f_{KB3}=6,9$ МГц). Ці напруги використовуються для перевірки працездатності автокомпенсатора.

Особливості побудови блока розглянемо по структурній схемі автокомпенсатора з посиланням на рис. 6.9.

Напруги зазначених частот формуються шляхом змішування напруги другого гетеродина основного каналу з напругами других гетеродинів

відповідних компенсаційних каналів. Ці напруги надходять на блок 369 з виходів блока других гетеродинів (бл. 220). Водночас формується напруга лише однієї із зазначених частот.

Напруга другого гетеродина основного каналу частотою 15,9 МГц надходить на однокаскадний підсилювач напруги гетеродина основного каналу ПНГО блока 369 постійно, а напруги других гетеродинів компенсаційних каналів (на частотах 9,4 МГц, 9,2 МГц, 9,0 МГц) надходять на підсилювач напруги гетеродинів компенсаційних каналів ПНГК через діодний комутатор, який підключає водночас лише один з каналів. Управління діодним комутатором здійснюється під впливом керуючих напруг УПР.НАПР.К1(К2, К3), які задаються перемикачем на стойці 216. З виходу підсилювачів гетеродинні напруги надходять на змішувач Зм, навантаженням якого є фільтр зосередженої селекції ФЗС. Фільтр забезпечує виділення коливань різницевої частоти 6,5 МГц, 6,7 МГц і 6,9 МГц відповідно.

Ці коливання підсилюються трикаскадним підсилювачем, виконаним за схемою ППЧ з поодинокими настроєними контурами. Між другим і третім каскадами ввімкнутий фазообертач, за допомогою якого регулюється фаза вихідної напруги, а в третьому каскаді передбачене регулювання його амплітуди. Відповідні регулювання ФАЗА і АМПЛІТУДА виведені «під шліц» на передню панель блока. Підбираючи амплітуду і фазу вихідної напруги, яка подається на відповідний керований змішувач блока 271 замість напруги блока корелятора, можна добитися компенсації завад, які подаються на вхід відповідних каналів автокомпенсатора з імітатора шумових завад. У блоці передбачені гнізда для контролю вхідних напруг, вихідної напруги та керуючих напруг УПР.НАПР.К1, УПР.НАПР.К2, УПР.НАПР.К3.

7. СИСТЕМА ПЕРЕСТРОЙКИ ЧАСТОТИ

7.1. Загальна характеристика системи перестройки частоти

Система перестройки частоти (СПЧ) призначена для автоматизованої перестройки РЛС на одну з чотирьох заздалегідь вибраних частот в робочому діапазоні станції з метою захисту РЛС від прицільних по частоті активних шумових завад. Попереднє встановлення фіксованих частот, тобто настройка відповідних пристроїв РЛС, здійснюється вручну відповідно до таблиць установочних даних. Перестройка РЛС при бойовій роботі здійснюється за допомогою так званих автоматів перестройки після натиснення оператором відповідної кнопки (Кн1...Кн4) на пульті перестройки (бл. 375), або на виносному пульті (бл. 95), або на блоці 1 апаратури «Сопряжение-14».

При зміні робочої частоти РЛС перестроюються такі пристрої станції: генератор НВЧ, перший гетеродин (бл. 222), блоки ПВЧ (бл. 215). Перестройка генератора НВЧ здійснюється шляхом зміни довжини анодно-сіткової і навантажувальної ліній, а також зміною положення фішки зв'язку анодно-сіткового контуру з навантажувальним контуром. У блоці першого гетеродина перестроюються коливальні контури задавального генератора та підсилювача напруги гетеродина. В блоках ПВЧ перестроюються вхідне коло та коливальні контури другого і третього каскадів ПВЧ.

Можливості системи перестройки характеризуються такими параметрами:

діапазон перестройки РЛС – близько 40 МГц;

максимальний час перестройки з однієї частоти на другу не перевищує 6,5 с;

похибка перестройки не більш $\pm 0,5$ МГц.

Структурно система перестройки станції (рис. 7.1) містить дев'ять автоматів перестройки (АП1, АП2, АП3, АП4, АПКО, АПК1, АПК2, АПК3, АПК4-5) та елементи комутації й управління, які розміщені на пульті перестройки (бл. 375), виносному пульті управління (бл. 95), на пульті управління та сигналізації (бл. 1, апаратура «Сопряжение-14») та в блоках комутації (бл. 46 і 246).

Автомати АП1, АП2, АП3 забезпечують перестройку генератора НВЧ (відповідно анодно-сіткової лінії, навантажувальної лінії та зв'язку генератора з навантажувальною лінією). Автомат АП4 здійснює перестройку першого гетеродина (бл. 222), а автомати АПКО, АПК1, АПК2, АПК3, АПК4-5 – перестройку ПВЧ основного та допоміжних

каналів. До складу кожного автомата входить (див. рис. 7.1) задавальний пристрій, вимірювальний пристрій, підсилювач сигналів управління (сервопідсилювач) і виконавчий пристрій (серводвигун). Кожний з автоматів АП1, АП2, АП3, АП4 має свій задавальний пристрій (у бл. 375), а автомати АПК0, АПК1, АПК2, АПК3, АПК4-5 мають спільний задавальний пристрій – сельсин-датчик СС2, який установлений на валу серводвигуна автомата АП4, тобто в блоці 276.

Оскільки система перестройки частоти має працювати епізодично, тобто тільки при переході з однієї робочої частоти на іншу, то напруги живлення подаються на автомати тільки під час перестройки. Комутації відповідних кіл здійснюються блоками 46 та 246.

За принципом дії всі автомати перестройки однакові. Кожен з них являє собою (рис. 7.2) слідкуючу за положенням систему автоматичного регулювання. Задавальним пристроєм є сельсин-датчик із фіксованим положенням ротора. Вимірювальним пристроєм є сельсин-трансформатор, ротор якого механічно зв'язаний із валом виконавчого двигуна, який прийнято називати серводвигуном. При подачі живлення (110 В, 400 Гц) на ротор сельсин-датчика на виході сельсин-трансформатора з'являється сигнал U_r , зумовлений розузгодженням кутових положень роторів сельсин-датчика та сельсин-трансформатора. Цей сигнал підсилюється сервопідсилювачем і надходить як керуючий сигнал U_y на обмотку управління серводвигуна. Під впливом цієї напруги вал серводвигуна починає обертатися і повертає одночасно відповідний орган перестройки та ротор сельсин-трансформатора на певний кут θ у бік зменшення напруги розузгодження. Коли ротор сельсин-трансформатора досягне положення, узгодженого з положенням ротора сельсин-датчика, то напруга розузгодження U_r буде близькою до нуля, і обертання вала серводвигуна припиниться. Отже, положення органів перестройки, тобто значення робочої частоти РЛС, задається положенням ротора сельсин-датчика.

Для забезпечення високої швидкодії автоматів перестройки та точності встановлення частот вибирають якомога більшим коефіцієнт підсилення сервопідсилювача. Але при цьому порушується усталеність роботи автомата аж до повного його збудження. Для забезпечення усталеності роботи автоматів при великому коефіцієнті підсилення застосовують кола стабілізації (кола негативного зворотного зв'язку). Напруга стабілізації формується тахогенератором змінного струму ТГ, встановленим на валу серводвигуна. Напруга тахогенератора $U_{ТГ}$ складається в протифазі з напругою розузгодження U_r . Вплив кола стабілізації на роботу системи автоматичного регулювання пояснюється за допомогою рис. 7.3. Суцільними лініями зображені перехідні характеристики автомата (відгук на одиничну функцію) при двох значеннях коефіцієнта підсилення K_1 і K_2 ($K_2 > K_1$) за відсутності кола

стабілізації, а штриховою лінією – перехідна характеристика при великому коефіцієнті підсилення (K_2) і за наявності кола стабілізації. Коефіцієнти підсилення сервопідсилювача та кола зворотного зв'язку вибираються такими, щоб перехідна характеристика мала не більше двох-трьох переколювань (див. рис. 7.3).

У задавальних пристроях автоматів АП1, АП2, АП3, АП4 для кожної фіксованої частоти передбачені свої сельсин-датчики (по 4 сельсин-датчика, за кількістю робочих частот РЛС). При натисканні тієї або іншої кнопки перестройки частоти схема комутації підключає до сельсин-трансформатора відповідний датчик.

За принципом побудови та складом апаратури автомати АП1, АП2 і АП3 є ідентичними і відрізняються лише потужністю серводвигунів та сервопідсилювачів (потужність серводвигуна автомата АП1 становить 62 Вт, а потужність серводвигунів автоматів АП2 і АП3 – 40 Вт). Автомат АП4 за складом апаратури дещо відрізняється від автоматів АП1, АП2 і АП3. Автомати перестройки блоків ПВЧ, тобто автомати АПКО...АПК4-5, за принципом побудови та складом апаратури є повністю ідентичними. Тому в подальшому будуть розглянуті більш детально лише автомати АП1, АП4 та АПКО.

7.2. Автомат перестройки АП1

Автомат АП1 забезпечує перестройку анодно-сіткового контуру генератора НВЧ шляхом пересування короткозамикаючого плунжера.

До складу автомата АП1 (рис. 7.4) входять:

задавальний пристрій у складі сельсин-датчиків Сс1...Сс4, які розташовані в пульті перестройки (бл. 375);

елементи комутації (кнопки, реле, контактори), які розташовані частково в пульті перестройки і частково – в блоці комутації (бл. 46);

блок сервопідсилювача (бл. 41);

блок серводвигуна (бл. 71).

Принцип роботи автомата АП1 доцільно розглянути при переході з однієї частоти на іншу. Будемо вважати, що оператор здійснив перехід на першу частоту, натиснувши кнопку Кн1 на пульті перестройки (бл. 375) або на виносному пульті управління (виносний пульт управління на рис. 7.4 не показаний).

При натисканні кнопки Кн1 подається напруга живлення +26 В на обмотку реле Р1 і на спеціальний пристрій, який називається пульс-мотором. Реле Р1 своїми контактами з'єднує трифазну (статорну) обмотку сельсин-датчика Сс1 із трифазною обмоткою сельсин-трансформатора блока 71, а роторну обмотку сельсин-датчика Сс1 поєднує із вторинною

обмоткою трансформатора Тр1 блока 41. Пульс-мотор відіграє роль електромеханічного запам'ятовуючого пристрою. Основу його становить електромагніт, якір з пружиною і контактами переривача, храповий механізм з чотирма (за кількістю частот) важелями, розташованими рівномірно по колу (через 90°) і чотири пари нормально замкнутих та нормально розімкнутих контактів. При натисканні будь-якої кнопки перестройки храповий механізм займає відповідне положення, і це положення залишається незмінним при вимкненні РЛС. При повторному ввімкненні станції вона буде працювати на тій частоті, яка була вибрана до цього. Пульс-мотор забезпечує самоблокування кнопки Кн1 і розблокування попередньої кнопки, а також гасіння попередньої лампочки і засвічення лампочки 1К. Крім того, пульс-мотор видає команду на реле Р25, яке запускає до дії релейну програму ввімкнення та роботи системи перестройки частоти. В радіолокаційних станціях виробництва після 1979 року пульс-мотор у блоці 375 відсутній, а його комутаційні функції виконує група реле.

Реле Р25 блока 375 вмикає реле-контактор Р4 блока 46, через замкнуті контакти якого змінна напруга ~ 200 В надходить на первинну обмотку трансформатора Тр1 блока 41. З вторинної обмотки трансформатора Тр1 подається напруга живлення на роторну обмотку сельсин-трансформатора Сс1 (через контакти реле Р1), на фазочутливий каскад У1, на підсилювач постійного струму (ППС) У2 та на робочу обмотку дроселя насичення У3.

На роторній обмотці сельсин-трансформатора МЗ з'являється напруга розузгодження частотою 400 Гц. Амплітуда цієї напруги залежить від величини кутового розузгодження валів роторів сельсин-датчика та сельсин-трансформатора, а фаза (0 або π) – від напрямку розузгодження. Напруга розузгодження через суматор Σ надходить на фазочутливий каскад У1, який за принципом дії являє собою синхронний детектор. У ньому напруга розузгодження перетворюється на постійну напругу, величина якої визначається амплітудою напруги розузгодження, а полярність залежить від співвідношення фаз (0 або π) між напругою розузгодження та опорною напругою, яка надходить на У1 з вторинної обмотки трансформатора Тр1. Перетворення змінної напруги розузгодження на постійну викликане тим, що далі в тракті підсилення сигналів розузгодження використовуються магнітні підсилювачі постійного струму.

Вихідна напруга фазочутливого каскаду У1 підсилюється підсилювачем постійного струму (ППС) У2 і подається на вхід попереднього підсилювача потужності У4 та на обмотку підмагнічування дроселя насичення У3. З появою цієї напруги опір робочої обмотки

дроселя зменшується, і на його виході з'являється напруга, яка після випрямлення викликає спрацювання реле Р1 у блоці 41. Реле Р1 вмикає сигнальну лампочку КОНТРОЛЬ ПЕРЕСТРОЙКИ і реле з затримкою на відпускання Р5 у блоці 46. Реле Р5 в свою чергу вмикає реле Р3, яке здійснює такі комутації:

- знімає напругу +300 В з субблока імпульсів підпалювання тиратрона, тобто знімається запуск передавача;

- вмикає коло зниження напруги високовольного випрямляча +14 кВ з метою збереження узгодження ВВВ з непрацюючим на час перестройки модулятором;

- вимикає АПЧ і переключає блок 359 в коло системи перестройки частоти;

- забезпечує коло живлення контактора Р4 (реле Р25 блока 375, яке спочатку забезпечувало вмикання контактора Р4, після відпрацювання пульс-мотора знеструмлюється);

- подає напругу живлення на реле Р7.

Реле Р7 спрацьовує із затримкою 0,25...0,3 с і вмикає контактор Р2, який забезпечує надходження напруги ~200В на первинну обмотку трансформатора Тр2 у блоці 41. З вторинних обмоток цього трансформатора напруги живлення надходять на попередній підсилювач потужності У4 і на вихідний каскад У5, а також на обмотки збудження серводвигуна і тахогенератора в блоці 71.

Вихідна напруга підсилювача постійного струму (ППС) У2 підсилюється попереднім підсилювачем У4 і надходить на вихідний каскад У5, де перетворюється знову на змінну напругу. З виходу каскаду У5 підсилена і перетворена напруга розузгодження через кінцеві вимикачі КВ2, КВ3 надходить на керуючу обмотку серводвигуна М1. Серводвигун, відпрацьовуючи розузгодження, перестроює анодно-сітковий контур генератора НВЧ і одночасно обертає ротори сельсин-трансформатора М3 і тахогенератора ТГ. Серводвигун буде працювати доти, доки ротор сельсин-трансформатора М3 не дійде до узгодженого з ротором сельсин-датчика Сс1 стану.

Для стабілізації роботи слідкуючої системи використовується негативний зворотний зв'язок за першою похідною, тобто за швидкістю обертання вала двигуна. Датчиком сигналу, пропорційного швидкості обертання вала двигуна, є тахогенератор ТГ. Змінна напруга з виходу ТГ надходить на суматор Σ , де складається в протифазі з напругою розузгодження.

Після спрацювання автомата, тобто при досягненні ротором сельсин-трансформатора М3 стану, узгодженого із станом ротора сельсин-датчика Сс1, напруга розузгодження зникає. При цьому знеструмлюється обмотка підмагнічування дроселя насичення У3. Опір робочої обмотки

дроселя стрімко зростає, і на її виході напруга спадає майже до нуля, завдяки чому знеструмлюється реле Р1. Лампочка КОНТРОЛЬ ПЕРЕСТРОЙКИ гасне, що свідчить про закінчення перестройки. Крім того, реле Р1 розмикає коло живлення обмотки реле Р5 блока 46. Реле Р5 вимикається з затримкою на 0,6 секунди і вимикає реле Р3. Затримка на 0,6 секунди необхідна для того, щоб до вимкнення живлення автомата в ньому встиг закінчитися переколивальний процес (див. рис. 7.3). Реле Р3 вимикається і здійснює такі комутації:

- видає сигнал про закінчення процесу перестройки на пульс-мотор в блок 375;

- вимикає контактор Р4, який в свою чергу знімає напругу ~ 200 В з трансформатора Тр1 в блоці 41;

- вимикає реле Р7, завдяки чому вимикається контактор Р2, і напруга живлення ~ 200 В знімається з трансформатора Тр2 бл. 41;

- видає команду в блок 359 на підключення його до системи АПЧ (вимикає систему АПЧ);

- видає команду на відновлення подачі напруги $+300$ В на субблок імпульсів підпалювання тиратрона (вимикає запуск передавача);

- вимикає коло зниження напруги ВВВ, чим відновлюється штатний режим роботи модулятора.

Таким чином, схема комутації та управління автоматом побудована так, що живлення на функціональні вузли подається тільки на час відпрацювання ним нового положення, а після закінчення роботи автомат знеструмлюється.

В автоматах АП1, АП2, АП3 передбачена схема блокування, яка забезпечує відключення контактора Р2 у блоці 46 та вмикання сигнальної лампочки РАЗВЕДИ АВТОМАТЫ на блоці 375 (на рис. 7.4 ці елементи не показані) при неприпустимому зближенні органів перестройки генератора НВЧ (див. п. 3.2.4) Таке зближення контролюється кінцевими автоматами КВ2, КВ3.

На передній панелі блока 46 розташований тумблер РАБОТА-НАСТРОЙКА, який служить для ручного вмикання контакторів Р4 і Р2 при настройці та регулюванні органів перестройки генератора НВЧ. При цьому на пульті перестройки (бл. 375) має бути натиснута кнопка СБРОС, яка відключає живлення сельсин-датчиків, щоб при ручному пересуванні плунжерів генератора НВЧ не з'явилась напруга розузгодження. Узгодження положення роторів сельсин-датчика і сельсин-трансформатора після ручної настройки генератора НВЧ здійснюється повертанням ротора відповідного сельсин-датчика на блоці 375 за допомогою ручок, розташованих поруч із кожним сельсин-датчиком, до співпадання показань шкал відповідного сельсин-датчика блока 375 та сельсин-трансформатора блока 71.

При настройці автомата виконуються такі основні операції:
симетрування магнітного підсилювача постійного струму (УСТ. НУЛЯ), яке забезпечує відсутність напруги на виході сервопідсилювача при відсутності напруги розузгодження;
установка коефіцієнта підсилення сервопідсилювача (УСИЛЕНИЕ);
установка напруги зворотного зв'язку (СТАБИЛИЗАЦИЯ);
установка рівня спрацьовування реле Р1 блока 41 (ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ).

7.3. Автомат перестройки АП4

Автомат АП4 призначений для перестройки першого гетеродина приймального пристрою (бл. 222).

До складу автомата АП4 (рис. 7.5) входять:

задавальний пристрій у складі сельсин-датчиків Сс13...Сс16, які розташовані в пульті перестройки (бл. 375);

елементи комутації (кнопки, реле, контактори), які розташовані частково в пульті перестройки і частково – в блоці комутації (бл. 246);

блок сервопідсилювача (бл. 359), який при перестройці частоти вмикається у коло автомата АП4;

блок серводвигуна (бл. 276);

трансформатор живлення Тр2, який розташований окремо в стойці 203.

Принцип роботи автомата АП1 розглянемо, як і в п. 7.2, при переході з однієї частоти на іншу. Будемо вважати, що оператор здійснив перехід на першу частоту, натиснувши кнопку Кн1 на пульті перестройки (бл. 375).

При натисканні кнопки Кн1 подається напруга живлення +26 В на обмотку реле Р13 і на пульс-мотор. Реле Р13 своїми контактами готує до з'єднання трифазну (статорну) обмотку сельсин-датчика Сс13 блока 375 з трифазною обмоткою сельсин-трансформатора Сс1 блока 276, а роторну обмотку сельсин-датчика Сс13 поєднує із вторинною обмоткою трансформатора Тр2 (у стойці 203). Пульс-мотор забезпечує самоблокування кнопки Кн1 і розблокування попередньої кнопки, а також гасіння попередньої лампочки і засвічення лампочки 1К. Крім того, пульс-мотор видає команду на реле Р25, яке запускає до дії релейну програму ввімкнення та роботи системи перестройки частоти.

Реле Р25 одночасно з ввімкненням у роботу автомата АП1, що було вже розглянуто в п. 7.2, видає також команду на реле Р3 у блок 246 і цим запускає до роботи автомат АП4. Після спрацьовування реле Р3 у блоці 246 послідовно вмикаються реле Р2, Р5, Р1 і контактор Р4. Реле Р1 своїми контактами поєднує вторинну обмотку трансформатора Тр2 з обмотками збудження серводвигуна М1 і тахогенератора ТГ, а вихід

сервопідсилювача (бл. 359) – з обмоткою управління серводвигуна М1. Реле Р2 остаточно з'єднує статорну обмотку сельсин-трансформатора Сс1 блока 276 із статорною обмоткою відповідного сельсин-датчика (у даному випадку Сс13) блока 375. Крім того, реле Р1 та контактор Р4 забезпечують управління та видачу напруг живлення на автомати перестройки АПКО, АПК1,...АПК4-5.

Після того, як будуть ввімкнуті до роботи автомати перестройки АП1 (АП2, АП3), від реле Р3 блока 46 (див. п. 7.2 і рис. 7.4) надійде команда на реле Р7, Р8 блока сервопідсилювача (бл. 359). Реле Р7 і Р8 забезпечують такі комутації:

подається напруга ~ 200 В на первинну обмотку трансформатора живлення Тр2;

вихід сервопідсилювача (бл. 359) приєднується (через вже замкнуті контакти реле Р1 блока 246) до обмотки управління серводвигуна М1;

вхід блока сервопідсилювача (бл. 359) поєднується з роторною обмоткою сельсин-трансформатора Сс1 блока 276, тобто сервопідсилювач відключається від системи АПЧ і вмикається у коло автомата перестройки АП4;

вихід тахогенератора ТГ поєднується із входом суматора Σ , тобто замикається коло зворотного зв'язку.

Після означених комутацій, здійснених у блоках 375, 246 та 359, автомат перестройки АП4 починає відпрацьовувати розузгодження між роторами сельсин-датчика Сс13 і сельсин-трансформатора Сс1. Напруга розузгодження з роторної обмотки сельсин-трансформатора Сс1 надходить на суматор Σ сервопідсилювача (бл. 359), підсилюється в наступних каскадах блока і через замкнуті контакти реле Р8 і Р1 надходить на керуючу обмотку серводвигуна М1. Серводвигун, відпрацьовуючи розузгодження, здійснює перестройку контурів першого гетеродина і одночасно обертає ротори сельсин-трансформатора Сс1, тахогенератора ТГ і сельсин-датчика Сс2, який є задавальним пристроєм для автоматів перестройки АПКО, АПК1,...АПК4-5. Вихідна напруга тахогенератора надходить до блока 359 на суматор Σ , де складається в протифазі з вихідною напругою сельсин-трансформатора Сс1, забезпечуючи стабільність роботи автомата АП4.

Час та порядок вимкнення автомата АП4 визначаються автоматом АП1. Як тільки автомат АП1 закінчить роботу, від реле Р3 блока 46 (див. рис. 7.4 та п. 7.2) на релейну схему блока 375 та на реле Р7, Р8 блока 359 надходить сигнал про закінчення процесу перестройки. Релейна схема знеструмлює реле Р25. Реле Р25 вимикає реле Р3 у блоці 246. Реле Р3 вимикається із затримкою 0,6 с, після чого вимикаються всі реле і контактори блока 246. При цьому реле Р1 відключає трансформатор Тр2

від обмоток збудження серводвигуна М1 і тахогенератора ТГ, а вихід сервопідсилювача – від керуючої обмотки серводвигуна. Реле Р2 роз'єднує статорні обмотки сельсин-трансформатора Сс1 і сельсин-датчика Сс13. Реле Р7, Р8 переключають сервопідсилювач (бл. 359) з кола автомата АП4 у коло системи АПЧ.

7.4. Автомат перестройки АПКО

Автомат АПКО призначений для перестройки контурів вхідного кола, другого і третього каскадів ПВЧ та контуру підсилювача напруги гетеродина.

До складу автомата АПКО (рис. 7.6) входять:

задавальний пристрій – сельсин-датчик Сс2, розташований у блоці серводвигуна автомата АП4 (бл. 276);

блок сервопідсилювача (бл. 242);

блок серводвигуна (бл. 277), конструктивно вмонтований у блок 215.

Автомат перестройки АПКО (АПК1,...АПК4-5) вмикається в роботу одночасно з автоматом АП4. Всі необхідні комутації здійснюються блоком 246. Контактор Р4 блока 246 забезпечує видачу напруги живлення ~200 В на трансформатори Тр1, Тр2 у блоці 242. Реле Р1 блока 246 поєднує обмотки збудження серводвигуна М1 і тахогенератора ТГ із вторинною обмоткою трансформатора Тр2, а також забезпечує видачу напруги живлення +26 В на попередній підсилювач та пристрій контролю роботи автомата у блоці 246. Автомат АПКО готовий до роботи.

З початком роботи автомата АП4 його серводвигун обертає ротор сельсин-датчика Сс2, і на роторній обмотці сельсин-трансформатора Сс1 в блоці 277 виникає напруга розузгодження. Ця напруга надходить на суматор Σ блока 242, де складається в протифазі з напругою тахогенератора ТГ (напругою зворотного зв'язку) і підсилюється спочатку попереднім підсилювачем, а потім доводиться до необхідної потужності магнітним підсилювачем. З виходу магнітного підсилювача напруга надходить на керуючу обмотку серводвигуна. Під впливом цієї напруги серводвигун відпрацьовує розузгодження і здійснює перестройку контурів ПВЧ. Одночасно серводвигун повертає ротори сельсин-трансформатора Сс1 і тахогенератора ТГ. Автомат АПКО вимикається одночасно з вимкненням автомата АП4.

Контроль роботи автомата АПКО здійснюється спеціальним пристроєм, який підключається до виходу попереднього підсилювача в блоці 242. Пристрій контролю роботи містить випрямляч, два реле та сигнальну лампочку ОТРАБ.АП. За наявності напруги розузгодження реле спрацьовують і вмикають сигнальну лампочку. При зменшенні напруги

розузгодження реле вимикаються, і сигнальна лампочка гасне. Рівень спрацьовування реле задається потенціометром ОТРАБ.АП.

7.5. Характеристика основних пристроїв системи перестройки частоти

Основними пристроями системи перестройки є:
пульт перестройки (блок 375);
сервопідсилювач автомата перестройки АП1 (блок 41);
сервопідсилювачі автоматів перестройки АП2, АП3 (два блоки 45);
сервопідсилювач автомата перестройки АП4 (блок 359);
сервопідсилювачі автоматів перестройки АПКО, АПК1,... АПК4-5 (п'ять блоків 242);
серводвигун автомата перестройки АП1 (блок 71);
серводвигуни автоматів перестройки АП2, АП3 (два блоки 73);
серводвигун автомата перестройки АП4 (блок 276);
серводвигуни автоматів перестройки АПКО, АПК1,...АПК4-5 (п'ять блоків 277);
блоки комутації (блок 46, блок 246).

Пульт перестройки та блоки комутації є спільними для всіх автоматів перестройки. Сервопідсилювачі автоматів АП1, АП2 і АП3 (блоки 41 і 45) за принципами побудови абсолютно однакові і відрізняються лише потужністю вихідних підсилювачів. Це ж стосується і серводвигунів автоматів АП1, АП2, АП3 (блоків 71, 73). Сервопідсилювач автомата АП4 (блок 359) використовується в системі перестройки лише частково, повністю його функції розкриваються в системі АПЧ, де він і буде докладно розглянутий. З урахуванням цих особливостей достатньо розглянути принципи побудови блоків 375, 41, 242, 71, 276, 277, 46 і 246. Зважаючи на те, що за складністю побудови та функціонування означені блоки не рівноцінні, то найбільш складні в цьому відношенні блоки сервопідсилювачів (блоки 41 і 242) будуть розглянуті на рівні функціональних схем, а решта блоків за їх простотою будуть розглянуті лише в описовому плані.

7.5.1. Пульт перестройки (блок 375)

На блоці 375 зосереджені всі органи управління системою перестройки станції. Основу пульта перестройки становлять 16 сельсин-датчиків типу СГСМ-1А (4 автомата перестройки × 4 частотні точки), кнопковий пристрій із сигнальними лампочками і реле, які забезпечують необхідну комутацію обмоток сельсинів, кнопок та сигнальних лампочок. Крім того, в блоці розташовані контрольні пристрої та органи управління

іншими системами РЛС, зокрема, контрольний сельсин ИНДИКАТОР АПЧ, та деякі органи управління передавачем.

Принципи функціонування блока 375 були розглянуті при викладенні принципів функціонування автоматів перестройки.

7.5.2. Сервопідсилювач автомата перестройки АП1 (блок 41)

Блок 41 призначений для підсилення сигналів розузгодження в колі управління автомата перестройки АП1. Сигнали розузгодження U_p та сигнали зворотного зв'язку за швидкістю $U_{\Gamma\Gamma}$ надходять до блока 41 з сельсин-трансформатора та тахогенератора блока серводвигуна (бл. 71). Вихідна напруга сервопідсилювача як напруга управління U_y надходить на обмотку управління серводвигуна блока 71.

Основними функціональними вузлами блока 41 (рис 7.7) є:

коло суматора (R3, R6);

фазочутливий каскад (У1);

підсилювач постійного струму (У2) з пристроєм встановлення нуля (R9, Д9...Д12);

попередній підсилювач потужності (У4);

вихідний каскад (У5);

пристрій контролю роботи автомата перестройки (R7, дросель насичення УЗ, діоди Д7, Д8, реле Р1 і лампочка ЛН1);

трансформатори живлення ТР1, Тр2.

Усі елементи на рис. 7.7 позначені так, як і на принципіальній схемі блока.

Коло суматора (R3, R6) являє собою потенціометричну схему складання сигналів розузгодження U_p та сигналів зворотного зв'язку $U_{\Gamma\Gamma}$. Сигнали U_p та $U_{\Gamma\Gamma}$ надходять на суматор у протифазі. Регулювання УСИЛЕНИЕ і СТАБИЛИЗ. забезпечують окремо встановлення підсилення сигналів розузгодження та сигналів зворотного зв'язку.

Фазочутливий каскад У1 являє собою фазочутливий випрямляч, який забезпечує перетворення змінної напруги розузгодження, яка надходить з сельсин-трансформатора, на постійну напругу, величина якої залежить від величини розузгодження, а полярність – від напрямку. Каскад виконаний на магнітних підсилювачах за мостовою схемою. Вхідна напруга надходить на керуючі обмотки магнітних підсилювачів, а опорна напруга (5,5 В, 400Гц) з трансформатора Тр1 – на робочі обмотки підсилювачів. Вхідна напруга, змінюючи магнітну проникливість сердечників, порушує баланс мосту, і на навантаженні мосту виділяється випрямлена напруга, величина якої пропорційна амплітуді вхідної змінної напруги, а полярність визначається зсувом фаз вхідної та опорної напруг (зсув може бути 0° або 180°). Конструктивно фазочутливий каскад виконаний у вигляді окремого приладу (прилад Д-1) і закритий металевим корпусом.

Підсилювач постійного струму У2 виконаний на чотирьох магнітних підсилювачах, з'єднаних за мостовою схемою, з виходом на постійному струмі. Симетрування підсилювача (встановлення нуля на виході підсилювача при нульовій напрузі на вході) здійснюється за допомогою напруги, яка знімається з потенціометра R9 УСТ.НУЛЯ (регулювання всередині блока) і подається на обмотки симетрування магнітних підсилювачів. Конструктивно підсилювач виконаний у вигляді окремого приладу УП-1.

Попередній підсилювач потужності У4 також є підсилювачем постійного струму, але виконаний на двох магнітних підсилювачах, ввімкнутих паралельно. Один з них посилює сигнали позитивної полярності, а другий – негативної. Конструктивно попередній підсилювач потужності являє собою окремий прилад М-15.

Вихідний каскад У5 (прилад М-100) являє собою двотактний дросельний магнітний підсилювач із виходом на змінному струмі. Симетрування каскаду (встановлення нуля на виході підсилювача при нульовій напрузі на вході) здійснюється шляхом зміни струму в обмотці симетрування за допомогою потенціометра R13 СИММЕТР, розташованого всередині блока.

Пристрій контролю роботи автомата перестройки (R7, дросель насичення УЗ, діоди Д7, Д8, реле Р1 і лампочка ЛН1) контролює величину сигналу на виході підсилювача постійного струму, і при досягненні сигналом порогового значення запалює сигнальну лампочку КОНТР.ПЕРЕСТР. Принцип дії ґрунтується на стрімкому зменшенні опору дроселя насичення УЗ з появою сигналу перестройки. При цьому дросель пропускає напругу від Тр1 на випрямляч Д7, Д8, який живить реле Р1. Реле Р1 замикає коло живлення контрольної лампочки ЛН1. Крім того, реле Р1 замикає коло живлення реле Р5 у блоці 46 і тим самим видає сигнал про готовність автомата АП1 до роботи (це коло на рис. 7.7 не наведене). З приходом цього сигналу з блока 46 буде видане живлення на трансформатор Тр2 блока 41. Рівень порога спрацьовування пристрою контролю регулюється потенціометром R7 ЧУВСТВИТ., який розташований усередині блока.

Трансформатори живлення Тр1, Тр2 забезпечують видачу необхідних напруг живлення як на внутрішні вузли блока 46, так і на інші блоки системи перестройки. При цьому напруга на трансформатор Тр1 надходить з ввімкненням системи перестройки і видається з нього на фазочутливий каскад, підсилювач постійного струму і на пристрій роботи контролю автомата, а також на блок 375 для живлення роторів сельсин-датчиків. Напруга на трансформатор Тр2 буде подана з блока 46 тільки після появи сигналу розузгодження в колі управління автоматом АП1 (тільки із загоранням лампочки КОНТР.ПЕРЕСТР. у блоці 41). З

трансформатора Тр2 напруга надходить на підсилювачі У4, У5 блока 41, а також на блок 71 для живлення обмоток збудження серводвигуна і тахогенератора. Коло живлення трансформатора Тр2 може бути розімкнуте вимикачем В1 ПИТАНИЕ–ВЫКЛ., який розташований на передній панелі блока. Це необхідне при настройці автомата АП1, коли потрібно контролювати сигнал розузгодження, а серводвигун має бути вимкненим.

7.5.3. Сервопідсилювач автомата перестройки АПКО (блок 242)

Блок 242 призначений для підсилення сигналів розузгодження в колі управління автомата перестройки АПКО. Сигнали розузгодження U_p та сигнали зворотного зв'язку за швидкістю U_{TG} надходять до блока 242 з сельсин-трансформатора та тахогенератора блока серводвигуна (бл. 277). Вихідна напруга сервопідсилювача як напруга управління U_y надходить на обмотку управління серводвигуна блока 277.

Основними функціональними вузлами блока 242 (рис 7.8) є:

міст-суматор ($U1/R1, U1/R2, U1/R3, U1/D1, U1/D2$);

попередній підсилювач ($U1/T1, U1/T2, U1/T3$);

магнітний підсилювач;

пристрій контролю роботи автомата перестройки ($R5$, діоди $D2... D5$, реле $P1, P2$ і лампочка $ЛН1$);

трансформатори живлення $TP1, TP2$.

Усі елементи на рис. 7.8 позначені так, як і на принципіальній схемі блока.

Міст-суматор ($U1/R1, U1/R2, U1/R3, U1/D2, U1/D2$) служить для протифазного складання сигналів розузгодження і сигналів зворотного зв'язку. Сигнали розузгодження подаються в діагональ **аб** моста, а сигнали зворотного зв'язку – в діагональ **вг**. Різниця сигналів знімається з діодного плеча **аг** моста. Діоди виконують роль амплітудних обмежувачів. Рівень сигналів розузгодження та напруги зворотного зв'язку регулюється відповідно потенціометрами $R1$ УСИЛЕНИЕ і $R3$ СТАБИЛИЗ, шліці яких виведені на передню панель блока.

Попередній підсилювач містить три каскади, кожен з яких виконаний на кремнієвих транзисторах за схемою із загальним емітером. Сигнали після першого каскаду відгалужуються на пристрій контролю роботи автомата перестройки, а сигнали з виходу підсилювача подаються на магнітний (вихідний) підсилювач через фазозсувну ланку $R6, C10$. Регулюванням $R6$ ФАЗА (регулювання знаходиться усередині блока) домагаються такого стану, щоб вхідні сигнали при позитивному знакові розузгодження були в фазі, а при негативному – в протифазі з опорною напругою, яка подається на робочі обмотки магнітного підсилювача з трансформатора $TP1$. Практично регулюванням ФАЗА домагаються

максимуму сигналу на виході магнітного підсилювача при фіксованому значенні вхідного сигналу.

Магнітний підсилювач є підсилювачем потужності сигналів і містить два каскади, кожен з яких виконаний за схемою однопівперіодного мостового магнітного підсилювача. Симетрування магнітного підсилювача (встановлення нуля на виході підсилювача при відсутності вхідної напруги) здійснюється за допомогою потенціометра R17 СМЕЩ.УМ, який розташований усередині блока.

Пристрій контролю роботи автомата перестройки (R5, діоди Д2... Д5, реле Р1, Р2 і лампочка ЛН1) забезпечує візуальний контроль роботи автомата. Напруга розузгодження після першого каскаду попереднього підсилювача випрямлюється діодним мостом Д2...Д5 і подається на обмотку реле Р2. Рівень спрацьовування реле Р2 регулюється потенціометром R5 ОТРАБ.АП, шліць якого виведений на передню панель блока. Контакти реле Р2 замикають коло живлення реле Р1, яке в свою чергу замикає коло живлення сигнальної лампочки ЛН1 ОТРАБ.АП.

7.5.4. Серводвигун автомата перестройки АП1 (блок 71)

Блок 71 є виконавчим елементом автомата перестройки АП1. До складу блока (рис. 7.9) входять серводвигун М1, тахогенератор М2, сельсин-трансформатор М3, дві пересувні рейки і редуктор, який пов'язує вали цих елементів. Крім того, всередині блока знаходяться три кінцеві вимикачі КП1, КП2, КП3, а на корпус блока виведені тумблер ОСВЕЩЕНИЕ, шкала КОНТРОЛЬ і штурвал ручної настройки автомата (позначення елементів таке, як на принципіальній схемі та на монтажі блока).

Серводвигун типу АДП-563А являє собою асинхронний двофазний електродвигун із порожнистим малоінерційним ротором. Потужність двигуна 62 Вт, номінальна швидкість обертання – 6000 об/хв.

Тахогенератором служить асинхронний двофазний електродвигун АДП-263А з порожнистим малоінерційним ротором.

Сельсин-трансформатор є сельсин типу СМСМ-1А. На вісь ротора сельсина насаджена шкала КОНТРОЛЬ. Обертання на сельсин-трансформатор передається від однієї з рейок блока серводвигуна за допомогою безлюфтових шестерень. При пересуванні рейки на 450 мм вісь ротора сельсина повертається на 160°. Шкала КОНТРОЛЬ призначена для візуального контролю положення ротора сельсина (положення пересувної рейки). Ціна однієї поділки шкали становить 2°, що відповідає пересуванню рейки блока приблизно на 5,6 мм.

Кінцеві вимикачі КП2, КП3 призначені для відключення обмотки управління серводвигуна при підході пересувної рейки до лівого або

правого крайнього положення. Розмикання вимикачів здійснюється кулачками, які насаджені на вісь, поєднану з віссю ротора сельсина.

Редуктор служить для перетворення обертового руху валу серводвигуна на лінійне пересування двох рейок, поєднаних тягами з анодним плунжером генератора, а також для передачі обертання на вал тахогенератора та на штурвал ручної настройки. Основу редуктора становлять циліндричні прямозубі та косозубі шестерні. За один оберт валу серводвигуна рейка пересувається приблизно на 1,6 мм. Максимальна швидкість пересування рейок становить 160 мм/с.

Штурвал ручної настройки (ручного пересування анодного плунжера) поєднується з редуктором тільки при натисканні на нього впродовж вісі, при цьому кінцевий вимикач КП1 розмикає коло обмотки управління серводвигуна і двигун, якщо автомат працював, зупиняється.

7.5.5. Серводвигун автомата перестройки АП4 (блок 276)

Блок 276 є виконавчим елементом автомата перестройки АП4. До складу блока (рис. 7.10) входять серводвигун М1, тахогенератор М2, сельсин-трансформатор Сс1, сельсин-датчик Сс2, редуктор і електромагнітна муфта ЭМ1 (позначення елементів таке, як на принципіальній схемі та на монтажі блока). Блок 276 конструктивно вмонтований у блок першого гетеродина (блок 222), і вихідні вали блока 276 поєднуються з вісями перестроюваних пластинчастих конденсаторів через спеціальні фрикційні муфти.

Серводвигун типу АДП-1121 являє собою асинхронний двофазний електродвигун із порожнистим немагнітним ротором. Потужність двигуна 8,9 Вт, максимальна швидкість обертання – 6000 об/хв.

Тахогенератором служить аналогічний за принципом побудови електродвигун типу ЭМ-0,5, який використовується у режимі тахогенератора.

Сельсин-трансформатор Сс1 є вимірювальним пристроєм автомата перестройки АП4. Його роль виконує сельсин типу СМСМ-1А. На вісь ротора сельсина насаджена шкала КОНТРОЛЬ.

Сельсин-датчик Сс2 типу СГСМ-1А є задавальним пристроєм для автоматів перестройки АПК0, АПК1,...АПК4-5.

Електромагнітна муфта ЭМ1 являє собою електромагніт постійного струму і використовується як гальмуючий елемент після закінчення роботи автомата перестройки. Цим забезпечується фіксація положень перестроюваних елементів (пластинчастих конденсаторів блока 222) після перестройки.

Редуктор служить для передачі обертового руху валу серводвигуна на вали тахогенератора, сельсинів та перестроюваних конденсаторів.

Основу редуктора становлять циліндричні прямозубі шестерні. Редуктор має два вали ручної настройки (грубої і точної), які виведені під спеціальний торцевий ключ. На передній панелі блока 222 є два отвори з надписами ГРУБ. і ТОЧН. для просування ключа при ручній настройці гетеродина. На передню панель блока 222 виведена також шкала сельсин-трансформатора СС1 із надписом КОНТРОЛЬ. Шкала має 160 поділок. Кутова ціна поділки 2° , а зміна частоти гетеродина при повертанні шкали на одну поділку становить від 0,25 МГц на краях шкали до 0,4 МГц у центральній частині шкали.

7.5.6. Серводвигун автомата перестройки АПКО (блок 277)

Блок 277 є виконавчим елементом автомата перестройки АПКО (АПК1...АПК4-5). До складу блока (рис. 7.11) входять серводвигун М1, тахогенератор М2, сельсин-трансформатор Сс1 і редуктор (позначення елементів таке, як на принципіальній схемі та на монтажі блока). Блок 277 конструктивно вмонтований у блок підсилювача високої частоти (блок 215), і вихідні вали блока 277 поєднуються з вісями перестроюваних пластинчастих конденсаторів вхідного кола, другого і третього каскадів ПВЧ та каскаду підсилювача напруги гетеродина через фрикційні муфти.

Серводвигун, тахогенератор і сельсин-трансформатор за типом і призначенням аналогічні таким само елементам у блоці 276.

Редуктор блока 277 за принципами побудови такий само, як і в блоці 276, а за конструкцією дещо відрізняється. Він має один вал ручної настройки, який виведений під ручку на передню панель блока 215. На передню панель блока 215 виведена також шкала сельсин-трансформатора СС1 із надписом НАСТРОЙКА.

7.5.7. Блоки комутації (блоки 46, 246)

Блоки 46 і 246 містять контактори і реле, які забезпечують комутацію відповідних кіл живлення та управління автоматів перестройки частоти. Призначення контакторів і реле були розглянуті при викладанні принципів функціонування автоматів перестройки (пункти 7.2...7.4).

Блок 46 містить перемикач РАБОТА – НАСТРОЙКА, який у положенні НАСТРОЙКА забезпечує постійне живлення всіх елементів автоматів перестройки АП1, АП2 та АП3, крім виконавчих двигунів. У блоці 246, крім реле, розташований також трансформатор Тр1 (див. рис 7.5) живлення роторної обмотки сельсин-датчика Сс2 блока 276.

8. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ПІДСТРОЮВАННЯ ЧАСТОТИ

8.1. Загальна характеристика системи автоматичного підстроювання частоти

Система автоматичного підстроювання частоти (АПЧ) призначена для підтримання різницевої частоти передавача і першого та другого гетеродинів основного каналу приймального пристрою рівною номінальному значенню другої проміжної частоти основного каналу

$$f_{\text{різн}} = f_{\text{пер}} - f_{\text{гет1}} - f_{\text{гет2КО}} \rightarrow f_{\text{пр2КО}} = 10 \text{ МГц}. \quad (8.1)$$

Оскільки частота другого гетеродина $f_{\text{гет2КО}}$ є «кварцованою» і змінюватися не може, то підтримання необхідного значення різницевої частоти може здійснюватися або підстройкою частоти передавача $f_{\text{пер}}$, або частоти першого гетеродина $f_{\text{гет1}}$. У РЛС з еквівалентною внутрішньою когерентністю зонduючого сигналу постійно підстроювати частоту гетеродина небажано, оскільки це порушує роботу системи селекції рухомих цілей (СРЦ). Таким чином, об'єктом підстроювання залишається передавач. Але конструктивні особливості передавача такі, що здійснювати підстроювання частоти можна лише в межах ± 50 кГц (див. п. 3.2.3), чого явно недостатньо, наприклад, при перестройці частоти, коли похибка встановлення частоти становить $\pm 0,5$ МГц (див. п. 7.1). Виходом з такої суперечливої ситуації може бути застосування двоканальної системи АПЧ. Один канал забезпечує грубе підстроювання частоти гетеродина під частоту передавача і його робота необхідна тільки при вмиканні передавача або при перестройці частоти. Другий канал повинен працювати постійно і забезпечувати точне підстроювання частоти передавача під частоту гетеродина.

Зазначеними міркуваннями визначаються склад та структура системи АПЧ РЛС 5Н84А (рис. 8.1).

Система АПЧ є двоканальною електромеханічною слідкуючою системою з двома частотними дискримінаторами (грубим і точним), двома виконавчими пристроями (серводвигунами) і двома об'єктами регулювання (пластинчасті конденсатори у коливальному контурі першого гетеродина та поворотна пластина в анодно-сітковій лінії генератора НВЧ). Стабілізація різницевої частоти здійснюється шляхом грубого автопідстроювання частоти першого гетеродина і точного автопідстроювання частоти генератора НВЧ. Груба АПЧ забезпечує досить широку смугу захоплення ($\pm 1,2$ МГц) і перекидає можливі похибки в установленні частот передавача та гетеродина при переході з однієї частоти на іншу. Грубий канал включається до роботи тільки при

необхідності (при вмиканні передавача, при перестройці частоти або при нестійкій роботі передавача). Точна АПЧ (з точністю підстроювання не гірше ± 10 кГц) працює постійно й усуває можливі повільні зміни частоти передавача, зумовлені його реакцією на зміну вхідного опору антени при огляді простору та іншими факторами.

До складу системи АПЧ (див. рис. 8.1) входять:

напрявлений відгалужувач НВ1 (Э6, у стойці 108);

субблок першого змішувача Зм1 системи АПЧ (у блоці підсилювача напруги першого гетеродина – бл. 382);

блок перетворення частоти сигналів АПЧ (блок другого змішувача Зм2 системи АПЧ – бл. 247);

блок дискримінаторів (бл. 47);

блок сервопідсилювача (бл. 359);

блок серводвигуна АПЧ (бл. 74);

блок серводвигуна першого гетеродина (бл. 276).

Крім того, в роботі системи АПЧ приймають участь деякі комутаційні елементи, розташовані в блоці комутації (бл. 246), а також трансформатори збудження електромашин серводвигуна першого гетеродина (Тр2) і блока серводвигуна АПЧ (Тр3), які встановлені у стойці 203.

Загальний порядок роботи системи АПЧ розглянемо з посиланням на структурну схему системи (див. рис. 8.1).

Зонduючий сигнал з виходу напрямленого відгалужувача НВ1 надходить до субблока змішувача Зм1 (бл. 382), де за допомогою напруги першого гетеродина перетворюється на сигнал першої різницевої частоти $f_{різн1} = f_{пер} - f_{гет1}$. У блоці перетворення сигналів АПЧ (бл. 247) за допомогою напруги другого гетеродина основного каналу сигнал перетворюється на другу різницеву частоту $f_{різн2} = f_{різн1} - f_{гет2КО} = f_{пер} - f_{гет1} - f_{гет2КО}$ і надходить до блока дискримінаторів (бл. 47).

Блок дискримінаторів має три паралельні канали: канал грубого частотного дискримінатора (ЧДГ), канал точного частотного дискримінатора (ЧДТ) і канал комутації. Дискримінаторні характеристики каналів (залежність величини та знака вихідних напруг від величини частотної розстройки $\Delta f = f_{різн2} - 10$ МГц) наведені на рис. 8.2.

Оскільки в обох каналах системи АПЧ використовується один і той само сервопідсилювач (бл. 359), то необхідно передбачити комутацію входу і виходу сервопідсилювача до того чи іншого каналу. Така комутація здійснюється релейним пристроєм управління комутацією в блоці 359 під впливом сигналів з виходу комутаційного каналу блока 47. Крім того, враховуючи те, що блок сервопідсилювача (бл. 359) використовується також і в системі перестройки частоти, на комутаційні елементи додатково подаються відповідні керуючі сигнали з системи перестройки частоти.

Залежно від величини частотної розстройки Δf , система АПЧ може працювати в таких режимах:

- режим грубої АПЧ;
- режим перехідної АПЧ;
- режим точної АПЧ.

Спрощені структурні схеми системи АПЧ у зазначених режимах роботи наведені на рис. 8.3.

Режим грубої АПЧ вмикається при великих значеннях частотної розстройки Δf , коли сигнал на виході каналу комутації малий (див. рис. 8.2). У цьому режимі на вхід сервопідсилювача надходить сигнал з виходу ЧДГ. Підсилений сервопідсилювачем сигнал подається на керуючу обмотку серводвигуна першого гетеродина (бл. 276). Одночасно пристрій управління комутацією в блоці 359 видає сигнал на реле РЗ блока комутації (бл. 246). Під впливом цього сигналу блок 246 формує необхідні команди на видачу напруг живлення на всі елементи блока серводвигуна першого гетеродина (бл.276), а також на автомати перестройки АПКО,...АПК4-5.

Таким чином, у режимі грубої АПЧ здійснюється підстроювання першого гетеродина по сигналах розузгодження, які формуються грубим частотним дискримінатором (рис. 8.3,а). Задавальним пристроєм, під частоту якого здійснюється підстроювання першого гетеродина, є генератор НВЧ. Разом з автопідстроюванням гетеродина здійснюється і автопідстроювання блоків ПВЧ за допомогою автоматів перестройки АПКО, АПК1,...АПК4-5. Внаслідок роботи системи в режимі грубої АПЧ розстройка Δf зменшується, і напруга на виході каналу комутації зростає (за модулем). Коли вона (див. рис. 8.2) досягне значення $U_{\text{ком}} = -2$ В, що відповідає величині розстройки 180...200кГц, пристрій управління комутацією вмикає режим перехідної АПЧ.

У **режимі перехідної АПЧ** на вхід сервопідсилювача надходить сигнал розузгодження з виходу точного частотного дискримінатора, а вихідний сигнал сервопідсилювача, як і в режимі грубої АПЧ, надходить до блока серводвигуна першого гетеродина (бл. 276). Таким чином, в режимі перехідної АПЧ здійснюється, як і в режимі грубої АПЧ, підстроювання першого гетеродина і блоків ПВЧ, але по сигналах розузгодження, які формуються точним частотним дискримінатором (рис. 8.3,б). У перехідному режимі система АПЧ працює 0,3 с. За цей час розстройка зменшується до 40...50 кГц. Через 0,3 с після вмикання режиму перехідної АПЧ пристрій управління комутацією блока 359 вимикає реле РЗ блока 246. Внаслідок цього серводвигун першого гетеродина (бл. 276) і автомати АПКО, АПК1,...АПК4-5 вимикаються, а вихід сервопідсилювача

(бл. 359) поєднується з обмоткою управління серводвигуна АПЧ (бл. 74). Система переходить до режиму точної АПЧ.

У **режимі точної АПЧ** здійснюється підстроювання частоти генератора НВЧ по сигналах розузгодження, які формує точний частотний дискримінатор. Задавальним пристроєм у цьому режимі є перший гетеродин (рис. 8.3,в). Режим точної АПЧ є основним режимом роботи системи. У цьому режимі система АПЧ працює постійно.

Таким чином, застосування в системі АПЧ двох каналів (грубого і точного) забезпечує широку смугу захоплення системи (грубий канал) і досить високу точність підстроювання частоти (точний канал), а введення перехідного режиму сприяє підвищенню швидкодії системи за рахунок прискореного переходу з грубого каналу на точний.

У цілому можливості системи АПЧ характеризуються такими параметрами:

- ширина смуги захоплення системи в цілому визначається шириною смуги захоплення грубого каналу і становить $\pm 1,2$ МГц;

- ширина смуги захоплення точного каналу – $\pm(150...180$ кГц);

- швидкодія системи АПЧ (швидкодія точного каналу) – $0,1...0,2$ с;

- похибка підстроювання частоти генератора не більше ± 10 кГц.

Найбільш важливими у функціональному відношенні і найбільш складними за принципами побудови елементами системи АПЧ є: блок частотного перетворення сигналів АПЧ (бл. 247), блок дискримінаторів (бл. 47) і блок сервопідсилювача (бл. 359). Принципи побудови та функціонування цих блоків будуть розглянуті на рівні функціональних схем у наступних підрозділах. Принципи побудови та функціонування решти блоків системи за їх простотою очевидні.

8.2. Блок частотного перетворення сигналів АПЧ (блок 247)

Блок призначений для перетворення сигналів АПЧ з першої на другу проміжну частоту (перетворення сигналів на першу проміжну частоту здійснюється в блоці 382).

Сигнал першої різницевої частоти надходить на вхід блока 247 (рис. 8.4) з виходу блока 382. Перетворення сигналів здійснюється за допомогою змішувача Зм. Необхідна для частотного перетворення сигналів гетеродинна напруга надходить з блока других гетеродинів (бл. 220). При цьому використовується гетеродинна напруга основного каналу $f_{\text{Гет2КО}}=15,9$ МГц. Ця напруга додатково підсилюється в блоці 247 однокаскадним підсилювачем напруги гетеродина ПНГ. На виході змішувача стоїть фільтр зосередженої селекції ФЗС для формування

необхідної смуги пропускання тракту. Вилучений фільтром зосередженої селекції сигнал надходить на трикаскадний підсилювач проміжної частоти ППЧ і з виходу блока надходить на блок дискримінаторів (бл. 47).

Усі каскади блока 247 виконані на лампах. У блоці передбачені гнізда для контролю вхідних сигналів, напруги другого гетеродина та вихідних сигналів.

8.3. Блок частотних дискримінаторів (блок 47)

Блок є вимірювальним елементом системи АПЧ і відповідно до загальних принципів побудови системи містить (рис. 8.5): канал грубого частотного дискримінатора, канал точного частотного дискримінатора і канал комутації. Крім того, до складу блока входить каскад підсилювання фазуючого імпульсу, необхідного для фазування когерентного гетеродина системи СРЦ.

Канал грубого частотного дискримінатора (канал ГД) містить підсилювач проміжної частоти ППЧ, грубий частотний дискримінатор і катодний повторювач.

Підсилювач ППЧ складається з трьох каскадів (Л1, Л2, Л4). Перші два каскади разом з фільтром зосередженої селекції ФЗС та каскадами ППЧ блока 247 утворюють трійку підсилювачів на розстроєних контурах: каскади в блоці 247 настроєні точно на другу проміжну частоту, контур першого каскаду ППЧ блока 47 (Л1) – на частоту дещо вищу від другої проміжної, а контур другого каскаду (Л2) – на частоту нижчу від другої проміжної. Така побудова тракту підсилення сигналів АПЧ забезпечує необхідну смугу пропускання ($\Delta f \approx 3$ МГц), яка перекриває смугу захоплення системи АПЧ. Третій каскад ППЧ (Л4) є буферним і являє собою резисторний підсилювач. Він запобігає впливу вхідних опорів двох паралельно ввімкнутих ламп грубого дискримінатора на параметри контуру другого каскаду ППЧ.

Грубий дискримінатор виконаний на лампах Л5, Л6 (6К4П-В) і Л7 (6Х2П-В) за схемою частотного дискримінатора на розстроєних контурах. Така схема дозволяє отримати досить широку смугу захоплення. Контур L3, C20 в аноді лампи Л5 настроєний на частоту f_1 , яка менша від номінальної проміжної частоти, а контур L4, C24 в аноді лампи Л6 – на частоту f_2 , яка більша від проміжної частоти. Резонансні характеристики контурів і результуюча дискримінаторна характеристика наведені на рис. 8.6. Напруга з аноду лампи Л5 через конденсатор C26 надходить на анод лівої половини подвійного діода Л7а, а з анода лампи Л6 через конденсатор C27 надходить на катод правої половини лампи Л7б. На лампах Л7а, Л7б і відповідних їм конденсаторах C26, C27 виконані пікові детектори, ввімкнуті послідовно із заземленою середньою точкою.

Паралельно піковим детекторам ввімкнуте навантаження у вигляді резисторів R19, R20. Сигнал знімається з середньої точки навантаження і подається на вхід катодного повторювача (Л8а).

Принцип роботи такого частотного дискримінатора полягає у знаходженні різниці продетектованих в обох плечах дискримінатора сигналів. У початковому стані (за відсутності сигналу на входах ламп Л5, Л6) конденсатори С26, С27 заряджені до напруги джерела живлення +200 В (конденсатор С26 – по лінії: +200 В, контур в аноді Л5, С26, діод Л7а, корпус, а конденсатор С27 – по лінії: +200 В, контур в аноді Л6, С27, резистори R19, R20, діод Л7а, корпус). Після закінчення процесу заряджання (це відбувається при вмиканні станції) потенціали зовнішніх затисків резисторів R19, R20 (точки **а** і **б** на рис. 8.5) відносно корпусу дорівнюють нулю, струм через резистори не тече і потенціал точки **в** (вихід дискримінатора) також дорівнює нулю. Потенціали анодів ламп Л5, Л6 становлять +200 В.

З появою на входах ламп Л5, Л6 сигналу різницевої частоти потенціали їх анодів змінюються на величину падіння напруги на контурах $U_{\text{конт}}$ (рис. 8.7). Під час позитивного півперіоду змінної складової напруги на аноді Л5 конденсатор С26 швидко підзаряджається (по лінії: анод Л5, С26, діод Л7а, корпус). Під час негативного півперіоду (а також за час між сусідніми радіоімпульсами) конденсатор розрядитися не встигає, оскільки постійна часу кола його розрядження $\tau_{\text{розр}} = C26 \cdot (R19 + R20 + R_{\text{конт}}) \approx 5,5$ мс набагато більша від постійної зарядження і навіть більша від періоду посилення зондуючих сигналів. Таким чином, на конденсаторі С26 фіксується максимальне значення напруги, яка виділяється на аноді лампи Л5.

Конденсатор С27 під час позитивного півперіоду змінної складової напруги на аноді лампи Л6 не встигає підзарядитися, оскільки постійна часу кола заряджання $\tau_{\text{зар}} = C27 \cdot (R20 + R19 + R_{\text{Л7а}} + R_{\text{конт}})$ велика. Але під час негативного півперіоду конденсатор С27 встигне розрядитися через діод Л7б відносно початкової напруги +200 В на величину, яка дорівнює амплітудному значенню змінної напруги на аноді лампи Л6. Таким чином, на конденсаторі С27 також фіксується амплітудне значення сигналу, але з протилежним знаком. Тепер точки **а** і **б** будуть мати різні за знаком потенціали відносно корпусу, і на виході з'явиться сигнал постійного струму, величина і полярність якого залежать від величини і знака розстройки. Цю залежність можна прослідкувати за допомогою діаграми, зображеної на рис. 8.8. По горизонтальній осі відкладені значення опорів резисторів R19 і R20 ($R19 = R20$). По вертикальній осі відкладені значення потенціалів у точках **а** і **б**, зафіксовані відповідно конденсаторами С26 і С27. Якщо різницева частота сигналу дорівнює проміжній частоті, то внаслідок симетрії розстройки контурів дискримінатора в них

вирізняються сигнали однакової амплітуди, і на конденсаторах C26 і C27 зафіксуються однакові за величиною, але різні за знаком напруги. Зміна потенціалу впродовж резисторів здійснюється за лінійним законом, і потенціал середньої точки відносно корпусу дорівнює нулю (пряма 1 на рис. 8.8.). Якщо різницева частота сигналу менша від проміжної, то амплітуда сигналів на контурі L3, C20 буде більшою, ніж на контурі L4, C24, і тому $|U_{C26}| > |U_{C27}|$. Потенціал точки **в** стає негативним (пряма 2 на рис. 8.8), а його величина залежить від величини розстройки. При зміні знака розстройки зміниться і полярність вихідного сигналу.

Очевидно, що для нормальної роботи частотного дискримінатора треба забезпечити ідентичність частотних характеристик контурів і симетрію їх розстройки відносно другої проміжної частоти. Це досягається технологічним шляхом відповідним підбиранням елементів контурів. Але контури ввімкнуті в анодні кола підсилювачів Л5 і Л6, коефіцієнти підсилення яких можуть відрізнятися. Це призведе до зсуву перехідної частоти дискримінатора відносно другої проміжної частоти (рис 8.9). Для запобігання цьому в коло живлення екранних сіток ламп Л5, Л6 ввімкнутий змінний резистор R21 (ДИН.НУЛЬ ГРУБ.). За допомогою цього резистора регулюється підсилення ламп Л5, Л6, і перехідна частота дискримінаторної характеристики виставляється рівною другій проміжній частоті основного приймального каналу ($f_{\text{пр2 ко}} = 10$ МГц). Для цього на вхід дискримінатора подаються коливання на частоті 10 МГц, і регулюванням R21 домагаються нуля на виході дискримінатору.

Сигнали з виходу дискримінатора подаються на катодний повторювач, який виконаний на лампі Л8а. На анод лампи надходить напруга +200 В, а на катод подається напруга –150 В через резистор R58 і потенціометр R57 (СТАТ. НУЛЬ ГРУБ.). Потенціометром R57 виставляється нуль на виході катодного повторювача при відсутності сигналу на його вході.

Канал точного частотного дискримінатора (канал ТД) містить підсилювач проміжної частоти ППЧ, точний частотний дискримінатор і катодний повторювач.

Підсилювач проміжної частоти є двокаскадним і виконаний на лампах Л9, Л10. Перший каскад являє собою резонансний підсилювач з поодиноким настроєним контуром, а другий – резисторний підсилювач. З метою запобігання впливу на роботу точного каналу АПЧ шумів у паузах між зондуючими сигналами, тобто для зменшення флюктуаційної складової похибки, лампа першого каскаду ППЧ у звичайному своєму стані закрита негативною напругою –150 В, яка подається на третю сітку пентода Л9. Відкривання лампи здійснюється тільки на час дії зондуючого сигналу спеціальним імпульсом $U_{\text{зап АПЧ}}$, який формується в системі хронізації (у бл. 25).

Точний частотний дискримінатор виконаний на лампах Л13 (6Ж9П) і Л14 (6Х2П-В) за схемою частотного детектора із зв'язаними настроєними контурами. Така схема у виготовленні і настройці є простішою, ніж схема на розстроєних контурах, і застосовується тоді, коли не потрібна широка смуга захоплення. Основними елементами такого частотного детектора (див. рис. 8.5) є зв'язані контури L7, C54 і L8, C55, C56, C57, які ввімкнуті в анодне коло підсилювальної лампи Л15 і є її навантаженням, а також пікові детектори Л14а, Л14б з навантаженнями R48, C60 і R49, C61 відповідно. Обидва контури настроєні на номінальне значення проміжної частоти. Верхній та нижній виводи вторинного контуру підключені до анодів детекторів Л14а, Л14б. Вторинний контур із первинним має трансформаторний зв'язок. Крім того, напруга із первинного контуру через розділовий конденсатор C53 підводиться до середньої точки котушки вторинного контуру L8 і виділяється на дроселі Др12. Детектори ввімкнуті до вторинного контуру за балансною схемою. Вихідна напруга знімається з навантаження R48, R49, C60, C 61.

Принцип дії частотного детектора із зв'язаними контурами пояснюється за допомогою спрощеної принципіальної схеми (рис. 8.10). Для наочності основні елементи на ній позначені так, як і на функціональній схемі блока 47 (порівн. рис. 8.10 і 8.5).

Напруга $\dot{U}_1$ з першого контуру через розділову ємність C53 подається на дросель Др12 і діє на обидва діоди однаково. Напруга $\dot{U}_1$, яка створюється у вторинному контурі за рахунок індуктивного зв'язку, ділиться середньою точкою індуктивності L8 навпіл і діє на діоди у протифазі. Таким чином, напруги на анодах діодів відносно заземлених по високій частоті катодів можна подати як суму:

$$\dot{U}_{aD1} = \dot{U}_1 + \frac{\dot{U}_2}{2}, \quad (8.2a)$$

$$\dot{U}_{aD2} = \dot{U}_1 - \frac{\dot{U}_2}{2}. \quad (8.2б)$$

Напруга на виході частотного детектора визначається різницею продетектованих детекторами Д1 і Д2 напруг:

$$U_{\text{вих}} = |\dot{U}_{aD1}| - |\dot{U}_{aD2}|. \quad (8.3)$$

Для з'ясування характеру залежності вихідної напруги частотного детектора від частоти розглянемо векторні діаграми напруг і струмів для трьох значень частоти вхідного сигналу: а) $f_c = f_o$, б) $f_c < f_o$, в) $f_c > f_o$ (рис. 8.11).

Для простоти пояснень будемо вважати, що втрати в контурах незначні і ними можна знехтувати. При такому припущенні струм у котушці індуктивності первинного контуру $\dot{I}_1$ завжди відстає за фазою від

напруги $\dot{U}_1$ на ній на 90° . Електрорушійна сила (ЕРС) у вторинному контурі $\dot{E}_2 = j\omega M \dot{I}_1$, де M – коефіцієнт взаємоіндукції між контурами, випереджає струм $\dot{I}_1$ за фазою на 90° і, отже, співпадає за фазою з напругою $\dot{U}_1$. Фазові співвідношення між векторами $\dot{U}_1, \dot{I}_1$ і $\dot{E}_2$ зберігаються при будь-якому значенні частоти сигналу.

При $f_c = f_0$ у вторинному контурі, оскільки він настроєний на частоту f_0 , спостерігається резонанс. Це означає, що струм $\dot{I}_2$ в контурі співпадає за фазою з ЕРС $\dot{E}_2$. Напруга на індуктивності вторинного контуру $\dot{U}_2 = j\omega \cdot L_8 \cdot \dot{I}_2$ і випереджує за фазою струм $\dot{I}_2$, а, отже, і напругу $\dot{U}_1$, на 90° . Оскільки напруга $\dot{U}_2$ ділиться середньою точкою індуктивності L_8 навпіл, то на діоди Д1 і Д2 вона діє протифазно. Векторна діаграма сумісної дії напруг $\dot{U}_1$ і $\dot{U}_2$ на діоди наведена на рис. 8.11,а. Модулі напруг $\dot{U}_{ад1}$ і $\dot{U}_{ад2}$ у цьому випадку однакові, і вихідна напруга частотного дискримінатора відповідно з (8.3) дорівнює нулю.

При $f_c < f_0$ (рис. 8.11,б) опір вторинного контуру має ємнісний характер, і струм у контурі $\dot{I}_2$ випереджає за фазою електрорушійну силу $\dot{E}_2$ на деякий кут ϕ_1 . Напруга $\dot{U}_2$ на котушці індуктивності випереджує напругу $\dot{U}_1$ на кут, більший від 90° . При цьому $|\dot{U}_{ад1}| < |\dot{U}_{ад2}|$, і на виході частотного детектора з'явиться напруга негативного знака.

При $f_c > f_0$ (рис. 8.11,в) опір вторинного контуру має індуктивний характер, і струм у контурі $\dot{I}_2$ відстає за фазою від електрорушійної сили $\dot{E}_2$ на деякий кут ϕ_2 . Напруга $\dot{U}_2$ на котушці індуктивності тепер випереджає напругу $\dot{U}_1$ на кут, менший від 90° . При цьому $|\dot{U}_{ад1}| > |\dot{U}_{ад2}|$, і на виході частотного детектора з'явиться напруга позитивного знака.

Таким чином, відхилення частоти вхідного сигналу від резонансного значення приводить до появи напруги на виході частотного дискримінатора. Величина цієї напруги тим більша, чим більше відхилення частоти. Полярність вихідної напруги визначається знаком відхилення частоти.

Встановлення перехідної частоти дискримінатора, рівної номінальному значенню проміжної частоти, здійснюється шляхом настройки вторинного контуру на проміжну частоту за допомогою підстроювального конденсатора С55 (ДИН.НУЛЬ ТОЧН.). Настройкою первинного контуру за допомогою конденсатора С54 (СИММЕТРИЯ ТОЧН.) домагаються симетрії дискримінаторної характеристики частотного детектора.

Катодний повторювач каналу точного частотного дискримінатора виконаний на лампі Л15а (6Н1П-В). Регулюванням R50 (СТ.НУЛЬ ТОЧН.) забезпечується встановлення нульової вихідної напруги каналу при відсутності вхідних сигналів.

Канал комутації формує керуючий сигнал (сигнал вмикання каналу точного дискримінатора). Цей сигнал формується у вигляді постійного струму негативної полярності. До складу каналу комутації (див. рис. 8.5) входять однокаскадний підсилювач проміжної частоти ППЧ, піковий детектор і катодний повторювач. Каскад ППЧ виконаний на лампі Л11 за схемою резонансного підсилювача. Частотна характеристика каскаду визначає частотну характеристику каналу комутації (див. рис. 8.2, крива 3). Піковий детектор виконаний на лампі Л12а (6Х2П-В). Катодний повторювач (Л15б) виконаний за схемою, аналогічною схемам катодних повторювачів у каналах частотних дискримінаторів, і має аналогічне регулювання R52 (СТ.НУЛЬ КОММ.).

Контроль каналів здійснюється за допомогою приладу ИП1 та перемикача В1, який забезпечує підключення приладу ИП1 до виходу будь-якого каналу.

8.4. Блок сервопідсилювача АПЧ (блок 359)

Блок сервопідсилювача призначений для підсилення сигналів розузгодження і надання їм такої форми, при якій можливе управління обертанням (напрямок та швидкістю) серводвигуна першого гетеродина (бл. 276) та серводвигуна АПЧ (бл. 74).

Блок 359 використовується в двох системах: системі АПЧ і системі перестройки (атомат перестройки АП4). При роботі в системі перестройки сигнали розузгодження надходять на вхід блока (див. рис. 7.5) від вимірювального пристрою блока серводвигуна першого гетеродина (бл. 276). Вихідні сигнали надходять на серводвигун цього ж блока. При роботі в системі АПЧ (див. рис. 8.1) сигнали розузгодження надходять з блока частотних дискримінаторів, а вихідні сигнали подаються або на серводвигун блока 276 (режим грубої та перехідної АПЧ), або на серводвигун блока 74 (режим точної АПЧ). Подвійне використання блока сервопідсилювача зумовило його склад та структуру.

До складу блока сервопідсилювача (рис. 8.12) входять власне сервопідсилювач і пристрій комутації. Сервопідсилювач при роботі в системі АПЧ здійснює перетворення сигналів розузгодження постійного струму, які формуються частотними дискримінаторами блока 47, на сигнали змінного струму частотою 400 Гц і підсилення їх до величини, необхідної для управління серводвигунами блоків 74 та 276. При роботі в

системі перестройки на вхід сервопідсилювача сигнали розузгодження надходять у вигляді змінного струму частотою 400 Гц, і сервопідсилювач виконує функцію тільки підсилення. Пристрій комутації під впливом сигналів управління, які надходять з каналу комутації блока 47 та з системи управління РЛС, здійснює відповідні комутації вхідних та вихідних сигналів блока, а також комутацію сигналів зворотного зв'язку, які надходять від тахогенераторів блоків 74 та 276.

8.4.1. Функціональна схема сервопідсилювача

До складу сервопідсилювача (див. рис. 8.12) входять: модулятор (перетворювач) сигналів частотних дискримінаторів (Д1,...Д4, R1,...R9, Tr1), емітерний повторювач із трансформаторним виходом (Т1, Tr2), міст-суматор (Д5,Д6, R20,...R22), трикаскадний попередній підсилювач (Т4, Т5, Т6), двокаскадний магнітний підсилювач, а також коло зворотного зв'язку (коло стабілізації R23,...R26). На рис. 8.12 нумерація резисторів, транзисторів, конденсаторів та діодів умовна, а позначення решти елементів (трансформаторів, реле та їх контактів, перемикачів та сигнальних лампочок) збережене таким, як на принципіальній схемі блока.

Модулятор здійснює перетворення сигналів розузгодження постійного струму, які формуються частотними дискримінаторами, на сигнали змінного струму частотою 400 Гц. Амплітуда перетвореної напруги визначається величиною сигналу дискримінатора, а фаза змінюється на 180° при зміні знака сигналу дискримінатора. Модулятор сигналів дискримінатора складається з мостової схеми (діодні ключі-стабілітрони Д1, Д2 та резистори R2,...R8) і формувача опорної «прямокутної» напруги (меандра) частотою 400 Гц (Tr1, R9, стабілітрон Д3, діод Д4).

Перед тим, як розглянути принцип перетворення сигналів постійного струму на сигнали змінного струму, доцільно з'ясувати принцип формування опорної напруги. Опорна «прямокутна» напруга формується з синусоїдальної напруги частотою 400 Гц за допомогою стабілітрона Д3 і діода Д4. На рис. 8.13,б наведена вольт-амперна характеристика стабілітрона, а на рис. 8.13в пунктиром – синусоїдна напруга на вторинній обмотці трансформатора Tr1. На час дії негативного півперіоду синусоїдальної напруги вона через відкритий діод Д4 і резистор R9 буде прикладена до діагоналі **вг** моста. Але для стабілітрона Д3 ця напруга є зворотною і буде обмежена на рівні $U_{ст}$. На час дії позитивного півперіоду напруги на вторинній обмотці Tr1 діод Д4 закривається, і напруга на виході формувача дорівнює нулю. Таким чином, опорна напруга, яка діє в діагоналі **вг** моста, має вигляд послідовності прямокутних імпульсів типу меандр (див. рис. 8.13,в, суцільна лінія) частотою 400 Гц.

Перетворення сигналів розузгодження на сигнали змінної напруги здійснюється мостовою схемою (Д1, Д2, R2,...R7). До діагоналі **аб** моста через резистор R1 надходить сигнал розузгодження постійного струму з виходу блока дискримінаторів, а до діагоналі **вг** – меандр частотою 400 Гц від формувача «прямокутної» напруги. На час дії на міст прямокутних імпульсів, амплітуда яких $U_{ст}$ перевищує пряму порогову напругу стабілітронів Д1, Д2 ($U_{ст} > U_{пор}$, рис. 8.13,б), стабілітрони Д1, Д2 відкриваються, їх опір стрімко падає і міст стає провідником для сигналів будь-якої полярності. Сумарний опір резисторів моста значно менший опору резистора R1 ($R1=5,6$ кОм, $R2=R7=100$ Ом, $R3=R6=560$ Ом, $R4=R5=390$ Ом, $R8=470$ Ом). Тому більша частина сигналу розузгодження виділиться на резисторі R1, а напруга, яка знімається з точки **а** моста, буде близькою до нуля. Коли опорна напруга, яка подається до діагоналі **вг** моста, стає рівною нулю, опір стабілітронів Д1, Д2 стрімко зростає (максимальна величина сигналу розузгодження менша від величини $U_{пор}$), і напруга сигналу розузгодження в точці **а** моста (на виході модулятора) буде практично дорівнювати вхідній напрузі. Приблизний вигляд сигналу розузгодження на виході модулятора для різних значень величини та знака розузгодження наведений на рис. 8.14. На рис. 8.14,а,б зображені епюри вихідної напруги при сигналах розузгодження позитивної полярності, але різної величини ($U_2 > U_1$), а на рис. 8.14,в – при сигналі розузгодження негативної полярності. Таким чином, вихідна напруга також має форму меандра, амплітуда якого пропорційна величині вхідного сигналу розузгодження, а фаза змінюється на 180° при зміні знака вхідної напруги.

Вихідна напруга модулятора через конденсатор С1, за допомогою якого усувається постійна складова напруги, надходить на базу транзистора Т1 емітерного повторювача, який навантажений на вихідний трансформатор Тр2. У цьому трансформаторі, а також у наступних колах сервопідсилювача здійснюється згладжування напруги (фільтрація вищих гармонік) так, що на виході сервопідсилювача напруга буде мати форму, близьку до синусоїдальної.

Мостова схема модулятора вибрана з метою запобігання проникненню опорної напруги в коло сигналу (на вихід модулятора). Дійсно, якщо міст збалансований, то опорна напруга, яка подається у діагональ **вг** моста, на виході моста, тобто в діагоналі **аб**, виділятися не буде. Балансування моста здійснюється за допомогою потенціометра R8 (БАЛАНС МОДУЛ.). Ознакою збалансування моста є відсутність напруги на його виході при відсутності напруги розузгодження.

Прямокутна форма опорної напруги вибрана для того, щоб забезпечити постійність опорів відкритих стабілітронів Д1, Д2 і тим самим

забезпечити постійність коефіцієнта передачі модулятора при будь-якій величині вхідного сигналу розузгодження.

У коло вторинної обмотки трансформатора Tr_2 на виході емітерного повторювача ввімкнуті паралельно потенціометри R13 (УСИЛ.ТОЧН.), R14 (УСИЛ.ПЕРЕХ.АПЧ) и R15 (УСИЛ.ГРУБ.). Залежно від режиму роботи системи АПЧ напруга з одного з потенціометрів подається через контакти реле Р4, Р6, Р8 на міст-суматор. За допомогою зазначених потенціометрів здійснюється роздільне регулювання коефіцієнтів підсилення системи АПЧ в точному, перехідному та грубому режимах відповідно.

Міст-суматор призначений для складання сигналів розузгодження з напругою зворотного зв'язку (напругою стабілізації), яка знімається з тахогенератора відповідного блока серводвигуна. До складу моста входять резистори R20, R21, R22 і діоди Д5, Д6. Напруга розузгодження надходить до діагоналі **аб**, а напруга зворотного зв'язку (напруга тахогенератора – $U_{тг}$) – до діагоналі **вг** моста. Складання напруг здійснюється на опорах діодів Д5, Д6. Подача напруг до діагоналей моста здійснюється таким чином, щоб вони склалися в протифазі. З плеча **аг** моста сумарна напруга надходить на попередній підсилювач. Мостова схема забезпечує при збалансованості моста високу розв'язку кіл сигналу та зворотного зв'язку. Вмикання в плече **аг** моста замість резисторів діодів Д5, Д6 з протилежним їх вмиканням забезпечує обмеження амплітуди сигналу розузгодження на рівні $U_{пор}$ (див. рис. 8.13,б). Обмеження необхідне для запобігання перевантаженню транзисторів попереднього підсилювача.

При вмиканні блока 359 до кола автомата перестройки АП4 в діагональ **аб** моста-суматора через контакти 10, 11 реле Р7 і контакти 10, 11 реле Р8 надходить напруга розузгодження від сельсин-трансформатора Сс1 блока 276. Величина цієї напруги (коефіцієнт підсилення блока в режимі перестройки) регулюється за допомогою потенціометра R19 (КАНАЛ ПЕРЕСТР.УСИЛ.).

Напруга зворотного зв'язку, яка знімається з тахогенератора блока 276, надходить на паралельно ввімкнуті потенціометри R23 (СТАБИЛИЗ. ГРУБ.), R24 (КАНАЛ ПЕРЕСТ. СТАБИЛИЗ.) R25 (СТАБИЛИЗ. ПЕРЕХ. АПЧ), а напруга тахогенератора блока 74 – на потенціометр R26 (СТАБИЛИЗ.ТОЧН.). До діагоналі **вг** моста-суматора напруга стабілізації (напруга тахогенератора) подається залежно від режиму роботи з одного з зазначених потенціометрів через контакти реле Р2, Р4, Р7, Р8 (на рис. 8.12 ця група контактів позначена окремим прямокутником). За допомогою потенціометрів R23,...R26 можна окремо підбирати величину напруги зворотного зв'язку для кожного режиму роботи так, щоб перехідний процес системи становив не більше двох-трьох переколювань.

З виходу попереднього підсилювача напруга розузгодження надходить на керуючу обмотку двокаскадного магнітного підсилювача потужності. Кожний каскад виконаний за схемою однопівперіодного мостового магнітного підсилювача. На робочі обмотки підсилювача подається напруга мережі живлення 400 Гц. Синфазність (протифазність) керуючої та робочої напруг забезпечується за допомогою фазозсуваючої ланки СЗ, R27 шляхом зміни опору змінного резистора R27 (ФАЗА).

Для усунення залишкової напруги магнітного підсилювача служить коло компенсації, яке складають резистори R28, R30 і потенціометр R29, поєднані за мостовою схемою. До однієї діагоналі моста подається напруга +26 В, а з іншої діагоналі напруга знімається і надходить на компенсуючу обмотку магнітного підсилювача. Змінюючи положення повзунка потенціометра R29 (СМЕЩ.УМ), можна змінювати величину та полярність компенсуючої напруги. Положення повзунка потенціометра R29 при настройці підбирається так, щоб за відсутності сигналу розузгодження на вході блока напруга на виході блока дорівнювала нулю (ознакою цього є відсутність обертання ротора серводвигуна, підключеного до виходу блока 359).

З виходу магнітного підсилювача напруга розузгодження через контакти реле Р4, Р8 надходить на блок 276 або 74 залежно від режиму роботи.

8.4.2. Функціональна схема пристрою комутації

До пристрою комутації режимів роботи блока 359 входять (див. рис. 8.12) пристрій комутації режимів перестройки та АПЧ (реле Р7, Р8), пристрій комутації режимів грубої та перехідної АПЧ (транзисторне реле Т2, Т3, реле Р1, Р2, Р5, Р6) і пристрій комутації режимів перехідної та точної АПЧ (реле Р3, Р4). За допомогою цих реле здійснюється комутація вхідних, вихідних та внутрішніх кіл сервопідсилювача відповідно до режиму роботи блока. Управління пристроями комутації при бойовій роботі здійснюється автоматично, а при настройці блока його режими роботи задаються за допомогою перемикача В2 (РАБ. – ВЫКЛ. – КП – АПЧ ПРД – АПЧ ПРМ). Крім того, до складу пристрою комутації входить перемикач В1 (С К14 – БЕЗ К14), за допомогою якого враховуються особливості роботи пристроїв комутації за наявності апаратури захисту від протирадіолокаційних ракет КОММУТАТОР-14.

Принципи функціонування пристрою комутації блока 359 розглянемо окремо для кожного режиму роботи блока.

На час вмикання системи **перестройки** станції реле Р3 блока комутації (блока 46) розриває кола живлення реле Р7, Р8 блока 359. При цьому блок сервопідсилювача вмикається в коло автомата перестройки

АПЧ. Через контакти 10, 11 реле Р7 і контакти 10, 11 реле Р8 на діагональ **аб** моста-суматора надходить через потенціометр R19 (КАНАЛ ПЕРЕСТР.УСИЛЕНИЕ) напруга розузгодження автомата перестройки АП4 (ця напруга надходить від сельсин-трансформатора Сс1 блока 276, див. рис. 7.5). Одночасно на діагональ **вг** моста-суматора через групу контактів реле Р2, Р4, Р7, Р8 подається напруга стабілізації з потенціометра R24 (КАНАЛ ПЕРЕСТ.СТАБИЛИЗ.), куди вона надходить з тахогенератора блока 276. Вихід сервопідсилювача через контакти 1, 2 реле Р8 поєднується з блоком серводвигуна перестройки першого гетеродина (бл. 276). Після закінчення роботи системи перестройки вмикаються реле Р7, Р8, і вхід сервопідсилювача вмикається в коло системи АПЧ.

Принципи роботи пристрою комутації блока 359 при роботі його в системі АПЧ розглянемо в такій послідовності: режим грубої АПЧ, режим перехідної АПЧ і режим точної АПЧ.

У режимі грубої АПЧ, тобто при великій розстройці Δf , напруга на виході каналу комутації блока 47 мала або зовсім відсутня (див. рис. 8.2). Будемо поки що вважати, що перемикач В1 (С К14 - БЕЗ К14) знаходиться в положенні БЕЗ К14, тобто апаратура захисту від протирадіолокаційних ракет у РЛС відсутня. Тоді через замкнуті контакти перемикача В1 напруга з випрямляча -26 В надходить на транзистори Т2, Т3 електронного реле. При цьому транзистор Т3 відкривається і перебуває в насиченому стані, а транзистор Т2 за рахунок падіння напруги на резисторі R12 перебуває в закритому стані. Через обмотку реле Р1 і насичений транзистор Т3 тече струм, достатній для вмикання реле Р1. Після цього послідовно вмикаються такі реле. Через контакти 2, 3 реле Р1 вмикається реле Р2, яке своїми контактами 5, 6 вмикає реле Р6. У свою чергу реле Р6 контактами 11, 12 вмикає реле із затримкою на відпускання Р5. Через контакти 2, 3 реле Р5 вмикаються реле Р3, Р4 (перемикач В2 знаходиться в положенні РАБ.). Таким чином, за відсутності або за малої величини напруги на виході каналу комутації блока 47 всі реле блока 359 будуть ввімкнутими. При цьому здійснюються такі комутації в колах сервопідсилювача.

На модулятор сигналів розузгодження через контакти 8, 9 реле Р6 надходять сигнали грубого частотного дискримінатора з блока 47. Після їх перетворення та підсилення емітерним повторювачем вони подаються на діагональ **аб** моста-суматора через потенціометр R15 (УСИЛ.ГРУБ.), контакти 5, 6 реле Р6 і контакти 11, 12 реле Р8. На діагональ **вг** моста-суматора через групу контактів реле Р2, Р4, Р7, Р8 надходить напруга стабілізації з потенціометра R23 (СТАБИЛИЗ.ГРУБ.), куди вона надходить з тахогенератора блока 276. Вихід сервопідсилювача через контакти 2, 3 реле Р8 і контакти 2, 3 реле Р4 підключається до серводвигуна блока першого гетеродина (бл. 276). Таким чином, вхідні, вихідні кола та кола

стабілізації сервопідсилювача закомутовані так, що сервопідсилювач готовий до роботи в режимі грубої АПЧ.

Сигнал про готовність блока 359 до роботи в цьому режимі видається у блок комутації (бл. 246) за допомогою реле РЗ, яке своїми контактами 5, 6 вмикає також реле РЗ в блоці 246. Під впливом цієї команди в блоці 246 здійснюються необхідні для режиму грубої АПЧ комутації (вони такі, як і при роботі автомата перестройки АП4) і вмикаються автомати АПКО, АПК1, АПК2, АПК3, АПК4-5, які будуть здійснювати підстройку блоків ПВЧ синхронно з підстройкою першого гетеродина. Для візуального контролю ввімкнення і роботи системи в режимі грубої АПЧ служить сигнальна лампочка ЛН2 (ГРУБ.) на передній панелі блока 359, на яку подається напруга +26 В через контакти 17, 18 реле Р6.

У результаті роботи системи АПЧ в грубому режимі величина частотної розстройки $\Delta f = f_{\text{різн2}} - 10$ МГц буде наближатися до нуля, і абсолютне значення напруги на виході каналу комутації блока 47 буде зростати (див. рис. 8.2). Ця напруга виділяється на потенціометрі R10 блока 359 і з його повзунка надходить на транзистор Т2 електронного ключа.

У режим перехідної АПЧ система переводиться при досягненні напруги $U_{\text{ком}}$ на виході каналу комутації блока 47 значення мінус 2 В. При цьому транзистор Т2 відкривається і переводиться в режим насичення (рівень спрацьовування транзистора Т2 регулюється потенціометром R10 РЕЛЕ КОММУТАЦ.), а транзистор ТЗ, навпаки, закривається, і реле Р1 знеструмлюється. Внаслідок цього вимикаються реле Р2 і Р6. Реле Р6 своїми контактами 11, 12 розриває коло живлення обмотки реле із затримкою на відпускання Р5. Реле Р5 після розриву його кола живлення ще протягом 0,3 с зберігає свої контакти у замкнутому стані, а тому реле РЗ і Р4 залишаються протягом 0,3 с ввімкнутими. При відключенні реле Р2, Р6 в блоці 359 здійснюються такі комутації:

на вхід модулятора через контакти 7, 8 реле Р6 підключається вихід каналу точного дискримінатора блока 47;

на діагональ **аб** моста-суматора через контакти 14, 15 ввімкнутого поки що реле Р4 і контакти 4, 5 вимкнутого реле Р6 надходить сигнал розузгодження з потенціометра R14 (УСИЛ.ПЕРЕХ.АПЧ);

на діагональ **вг** моста-суматора надходить напруга стабілізації з потенціометра R25 (СТАБИЛИЗ.ПЕРЕХ.АПЧ);

на сигнальну лампу ЛН1 (ТОЧН.) подається напруга +26 В через контакти 16, 17 реле Р6;

вихід сервопідсилювача залишається підключеним до блока 276 через контакти 2, 3 реле Р8 і контакти 2, 3 реле Р4;

залишається ввімкнутим через контакти 5, 6 реле РЗ блока 359 реле РЗ блока 246, тобто режим роботи блока 246 не змінився.

Система перейшла в режим перехідної АПЧ, тобто в режим підстроювання першого гетеродина і блоків ПВЧ по сигналах розузгодження точного частотного дискримінатора.

У **режим точної АПЧ** система переводиться через 0,3 секунди після вмикання режиму перехідної АПЧ, тобто тоді, коли реле Р5 розімкне свої контакти 2, 3 і розірве коло живлення обмоток реле РЗ, Р4. При цьому в блоці 359 здійснюються такі комутації:

на діагональ **аб** моста-суматора через контакти 13, 14 вимкненого реле Р4, контакти 4, 5 вимкненого реле Р6 і контакти 11, 12 реле Р8 надходить сигнал розузгодження з потенціометра R13 (УСИЛ.ТОЧН.);

на діагональ **вг** мосту-суматора надходить напруга стабілізації з потенціометра R26 (СТАБИЛИЗ.ТОЧН.);

вихід сервопідсилювача підключається до серводвигуна АПЧ (бл. 74) через контакти 2, 3 реле Р8 і контакти 1, 2 реле Р4;

розривається коло живлення реле РЗ блока 246 контактами 5, 6 реле РЗ блока 359.

Система, таким чином, перейшла до постійного режиму роботи, тобто до режиму підстроювання генератора НВЧ по сигналах розузгодження точного частотного дискримінатора.

Крім означених вище комутацій, додатково здійснюються комутації кіл живлення обмоток збудження серводвигунів блоків 276 і 74 за допомогою реле Р4, Р8. Напруга збудження ввімкнута не постійно, а подається на той або інший серводвигун відповідно до режиму роботи системи АПЧ. Змінна напруга ~200 В, 400 Гц подається на трансформатор Тр2 стойки 203, а звідти на обмотки збудження серводвигуна і тахогенератора блока 276 в режимі перестройки через контакти 4, 5 реле Р8, а в режимі грубої та перехідної АПЧ – через контакти 5, 6 реле Р8 і контакти 5, 6 реле Р4. У режимі точної АПЧ ця ж напруга подається через контакти 5, 6 реле Р8 і контакти 4, 5 реле Р4 на трансформатор Тр3 стойки 203, а звідти надходить на обмотки збудження серводвигуна і тахогенератора блока 74.

Крім того, в режимах грубої та перехідної АПЧ, а також у режимі перестройки за допомогою реле Р4, Р8 подається напруга живлення +26 В на обмотку електромагнітного фіксатора блока 74, який у зазначених режимах фіксує пластину АПЧ анодно-сіткового контуру генератора НВЧ у середньому положенні. У режимі точної АПЧ напруга +26 В з електромагнітного фіксатора знімається і подається на обмотку електромагнітної муфти Э1 блока 74, яка в режимі точної АПЧ поєднує вал лопатки АПЧ з валом серводвигуна .

Якщо за час роботи системи у режимі перехідної АПЧ (0,3 с) значення розстройки частоти Δf не ввійде до смуги ± 50 кГц (це діапазон зміни частот генератора НВЧ при повертанні пластини з одного крайнього положення в інше), то при роботі системи в режимі точної АПЧ пластина в анодно-сітковому контурі генератора НВЧ відхилиться в ліве або праве крайнє положення. При цьому замкнуться контакти кінцевого вимикача В2 блока 74 і знову ввімкнеться реле Р5, а за ним послідовно ввімкнуться реле Р3, Р4, тобто знову система перейде до режиму перехідної АПЧ. При цьому реле Р4 ввімкне коло живлення фіксатора лопатки, яка відразу займе середнє положення, і кінцевий вимикач В2 в блоці 74 розімкнеться. Але реле Р5 буде ще протягом 0,3 с перебувати у ввімкнутому стані, і система протягом цього часу буде перебувати в режимі перехідної АПЧ. Такий цикл може повторюватись кілька разів, доки розстройка частоти Δf не попаде до смуги ± 50 кГц.

До цього часу робота системи АПЧ розглядалась за умови відсутності в РЛС апаратури захисту від протирадіолокаційних ракет КОММУТАТОР-14 (перемикач В1 знаходився в положенні БЕЗ К14). За наявності апаратури КОММУТАТОР-14 передавач може короткочасно вимикатися. При цьому сигнали на виході каналу комутації блока 47 зникають, і система АПЧ при кожному короткочасному вимиканні передавача буде переводитися в режим грубої АПЧ. Щоб запобігти цьому, необхідно перемикач В1 поставити в положення С К14. Живлення реле Р1 та електронного реле Т2, Т3 при роботі системи в режимі точної АПЧ (реле Р3 при цьому знеструмлене) розривається, і система не реагує на відсутність сигналу на виході каналу комутації блока 47. При відновленні роботи передавача система буде продовжувати працювати в режимі точної АПЧ.

Правда, при переведенні перемикача В1 у положення С К14 порушується послідовність режимів роботи системи АПЧ при вмиканні РЛС або після закінчення перестройки РЛС на іншу частоту. Оскільки коло живлення електронного реле (Т2, Т3), а, отже, і реле Р1 розірване, то й реле Р2, Р6, Р5, Р3, Р4 (див. рис. 8.12) при вмиканні системи АПЧ також будуть знеструмлені. Такий стан означених реле відповідає режиму точної АПЧ, тобто система АПЧ відразу переводиться в режим точної АПЧ. Очевидно, що з великою ймовірністю величина частотної розстройки Δf не попаде в смугу ± 50 кГц, і пластина анодно-сіткового контуру генератора НВЧ дійде до лівого або правого крайнього положення і на короткий час спрацює кінцевий вимикач В2 блока 74, який замкне коло живлення реле Р5. Після цього спрацюють реле Р3, Р4, і система перейде в режим перехідної АПЧ. Одночасно реле Р3 своїми контактами 2, 3 замкне коло живлення електронного реле та реле Р1, і система тепер перейде в режим

грубої АПЧ і буде перебувати в цьому режимі доти, доки на виході каналу комутації блока 47 (тобто на вході електронного реле Т2, Т3) не з'явиться сигнал і не вимкне реле Р1. Після цього система на 0,3 с перейде в режим перехідної АПЧ, а потім – в режим точної АПЧ. При цьому контакти 2, 3 реле Р3 розімкнуться і розімкнуть коло живлення реле Р1. Тепер система АПЧ не буде реагувати на короточасні зникнення сигналів на виході комутаційного каналу блока 47 і буде залишатися в режимі точної АПЧ, якщо частотна розстройка за цей час не вийде за межі ± 50 кГц.

При настройці системи АПЧ (балансування модулятора, встановлення коефіцієнта підсилення, встановлення напруги стабілізації тощо) в кожному із режимів роботи необхідно, щоб система тривалий час знаходилася в заданому режимі незалежно від величини напруги на виході каналу комутації блока 47. Необхідний режим роботи системи задається перемикачем В2 РОД РАБОТЫ, який має такі положення:

РАБОТА – відповідає нормальному робочому стану системи АПЧ (у цьому положенні вимикача В2 були розглянуті всі режими роботи блока 359 в системі перестройки та в системі АПЧ);

ВЫКЛ. – відповідає вимкнутому стану системи АПЧ та автомата перестройки АП4, при цьому відключаються кола збудження серводвигунів і тахогенераторів блоків 74 та 276;

КП (канал перестройки) – блок 359 вмикається в коло автомата перестройки АП4. Для запуску до роботи автомата АП4 необхідно додатково натиснути яку-небудь кнопку перестройки частоти на пульті перестройки (бл. 375);

АПЧ ПРД – режим, при якому здійснюється автопідстроювання тільки передавача, тобто задається режим точної АПЧ. Цей різновид роботи блока 359 використовується при настройці системи у режимі точної АПЧ;

АПЧ ПРМ - режим, при якому здійснюється автопідстроювання тільки приймального пристрою. Цей різновид роботи блока 359 використовується при настройці системи у режимі грубої та перехідної АПЧ.

Для технологічної перевірки швидкодії системи АПЧ передбачені контрольні гнізда Гн9, Гн10 ЭЛЕКТРОСЕКУНДОМЕР, на яких з'являється напруга приблизно 1 В при ввімкнутому реле Р4, тобто при роботі системи в режимі грубої та перехідної АПЧ. До цих гнізд підключається електросекундомір, який і фіксує тривалість роботи системи у режимі грубої та перехідної АПЧ. На контрольні гнізда виведені також усі вхідні та вихідні сигнали блока (див. рис. 8.12).

9. СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД ПАСИВНИХ ЗАВАД

9.1. Загальна характеристика системи захисту від пасивних завад

9.1.1. Призначення та особливості побудови системи захисту від пасивних завад

Система захисту від пасивних завад призначена для подавлення завадових коливань, які виникають внаслідок відбиття зондуючих сигналів від підстилаючої поверхні та місцевих предметів (МП), від штучно створюваних противником хмар півхвильових диполів (ДП), а також від потужних гідрометеорних (ГМ) утворень (пасивні завади типу ГМ у метровому діапазоні хвиль виникають тільки за наявності досить потужних грозових та градових хмар і спостерігаються відносно рідко). Крім того, в системі захисту від пасивних завад здійснюється подавлення (бланкування) несинхронних імпульсних завад (НІЗ), які до пасивних завад відношення не мають.

При подавленні пасивних завад усіх видів (МП, ДП і ГМ) використовуються швидкісні розбіжності між цілями і завадовими об'єктами, і тому система захисту від пасивних завад називається системою селекції рухомих цілей (СРЦ). При подавленні НІЗ використовуються часові розбіжності в періодах надходження луна-сигналів та імпульсних завад. В обох випадках потрібна міжперіодна обробка сигналів. Тому в деяких станціях, у тому числі в РЛС 5Н84А, подавлення пасивних та несинхронних імпульсних завад здійснюється одними й тими ж пристроями.

У подальшому система захисту від пасивних завад буде розглядатися як система СРЦ, а подавлення НІЗ – як додаткове завдання.

Розглянемо основні особливості побудови системи захисту від пасивних завад РЛС 5Н84А.

9.1.1.1. Система захисту від пасивних завад побудована за схемою системи СРЦ з еквівалентною внутрішньою когерентністю сигналів з одно- або двократною черезперіодною компенсацією завад на відеочастоті в одному квадратурному каналі. Основу такої системи (рис. 9.1) становлять когерентний гетеродин КГ, який «запам'ятовує» початкову фазу зондуючого сигналу під впливом імпульсу фазування ІФ, фазовий детектор ФД, пристрій затримки сигналів на період посилення T_{Π} та пристрій віднімання сигналів. Епюри луна-сигналів від поодинокого нерухомого місцевого предмета (МП) та рухомої цілі (Ц) на виході фазового детектора за кілька періодів посилення наведені на рис. 9.2, а їх спектри – на рис. 9.3. Послідовність сигналів від рухомих цілей промодульована за законом $\sin 2\pi F_{\text{Д}} t$. Частота модуляції $F_{\text{Д}}$ викликана ефектом Доплера і визначається радіальною складовою вектора швидкості руху цілі V_r та довжиною хвилі λ високочастотних електромагнітних коливань зондуючого сигналу

$$F_{\text{Д}} = \frac{2V_r}{\lambda}. \quad (9.1)$$

Очевидно, що при черезперіодному відніманні таких сигналів луна-сигнали від місцевих предметів будуть скомпенсовані, а луна-сигнали від рухомих цілей пройдуть на вихід з відповідним коефіцієнтом передачі, величина якого залежить від частоти доплерівської модуляції сигналів і кратності віднімання (рис. 9.4). При однократному черезперіодному відніманні сигналів амплітудно-частотна характеристика

$$K_1(f) = 2|\sin(\pi f T_{\Pi})|, \quad (9.2)$$

а при двократному

$$K_2(f) = 4|\sin(\pi f T_{\Pi})|^2, \quad (9.3)$$

де T_{Π} – період посилення зондуючих сигналів.

Наявність лише одного квадратурного каналу є суттєвим недоліком системи, оскільки модуляція пачки сигналів від рухомих цілей за законом $\sin 2\pi F_{\text{Д}} t$ (див. рис. 9.2) призводить до

завмирання пачки відбитих луна-сигналів. При цьому втрати у відношенні «сигнал/шум» досягають 3 дБ. Але на такі втрати конструктори змушені були йти свідомо, бо введення другого квадратурного каналу призвело б до подвоєння обсягу апаратури системи захисту від пасивних завад.

9.1.1.2. Для захисту від пасивних завад, які виникають внаслідок відбиття зондуючих сигналів від штучно створюваних противником хмар півхвильових диполів (ДП), необхідно вжити додаткових заходів. Це пов'язане з тим, що спектр пасивних завад типу ДП внаслідок руху хмар диполів під впливом вітру має доплерівський зсув, який у метровому діапазоні хвиль (для РЛС 5Н84А $\lambda=1,7$ м) при швидкості вітру 40...50 м/с може досягати 50...60 Гц. Такі завади подавлені системою не будуть, бо їх спектр попадає в смугу пропускання компенсаційного пристрою (див. рис. 9.4). Для компенсації доплерівського зсуву спектра пасивних завад застосовується так звана схема компенсації дії вітру (СКДВ, див. рис. 9.1), яка забезпечує зміну частоти когерентного гетеродина на величину доплерівської добавки. Налаштування СКДВ у РЛС 5Н84А здійснюється автоматизовано.

9.1.1.3. У когерентно-імпульсних РЛС, в яких частота посилення зондуючих сигналів F_{Π} менша від можливого доплерівського зсуву спектра пачки луна-сигналів від цілі F_d , проявляється стробоскопічний ефект і пов'язане з ним явище «сліпих» швидкостей. На рис. 9.5 наведені епюри луна-сигналів на виході ФД від рухомих цілей при різних значеннях радіальної складової швидкості. Частота пульсацій сигналів (рис. 9.6) ніколи не перевищує половинного значення частоти посилення зондуючих сигналів $F_{\text{пульс}} \leq F_{\Pi}/2$. При $F_d = nF_{\Pi}$, де n – ціле число, пульсації сигналів відсутні і вони будуть подавлені, як і відбиття від нерухомих місцевих предметів. Цим доплерівським частотам відповідають так звані «сліпі» швидкості цілей. Кількість значень таких швидкостей у діапазоні можливих швидкостей польотів літаків досягає для РЛС 5Н84А 4...5 (див. рис. 9.4). Більш того, перша «сліпа» швидкість становить 160 м/с, що близько до крейсерської швидкості більшості літальних апаратів.

Таким чином, явище «сліпих» швидкостей значно погіршує умови виявлення цілей при вмиканні системи захисту від пасивних завад. Для усунення «сліпих» швидкостей необхідно порушити періодичність структури зондуючих сигналів. Одним із способів порушення періодичності є вобуляція періоду надходження зондуючих сигналів. У РЛС 5Н84А використовується найпростіший вид вобуляції – однократний несиметричний запуск передавача з коефіцієнтом несиметрії 1,2...1,3 (рис. 9.7). Амплітудно-частотна характеристика компенсаційного пристрою при несиметричному запуску і при двократному черезперіодному відніманні завад виражається співвідношенням:

$$K(f) = 2\sqrt{\frac{3}{2} - \cos 2\pi f T_1 - \cos 2\pi f T_2 + \frac{1}{2} \cos 2\pi f (T_1 + T_2)} \quad (9.4)$$

і при $T_1=4,6$ мс, $T_2=5,75$ мс має вигляд, як на рис. 9.8. Перший нульовий провал у амплітудно-частотній характеристиці спостерігається на частоті 870 Гц = $1/1,15$ мс, де величина 1,15 мс – найбільший спільний дільник величин T_1 і T_2 . Перша «сліпа» швидкість, яка відповідає цьому провалу, становить приблизно 740 м/с і майже виходить за межі можливих швидкостей аеродинамічних літальних апаратів.

9.1.1.4. Компенсаційний пристрій системи захисту від пасивних завад у РЛС 5Н84А побудований на потенціалоскопах, які поєднують у собі функції пристрою затримки сигналів на період посилення зондуючих імпульсів та пристрою віднімання. Крім того, потенціалоскопи як пристрої затримки сигналів є інваріантними до періоду надходження сигналів, що важливо при вобуляції періоду надходження зондуючих сигналів. Ці властивості потенціалоскопів надали їм широкого застосування в системах захисту від пасивних завад на час розробки РЛС 5Н84А, бо при їх застосуванні значно зменшувався обсяг апаратури системи СРЦ. Недоліком потенціалоскопів є їх малий динамічний діапазон (у серійних зразках не більше 25 дБ) і як наслідок низьке значення коефіцієнта подавлення пасивних завад. Тому в системах захисту від пасивних завад сучасних РЛС потенціалоскопи не використовуються.

9.1.1.5. Розглянуті в п. 9.1.1.1 та 9.1.1.3 особливості побудови системи захисту від пасивних завад свідчать, що при проходженні корисних сигналів через систему вони зазнають додаткових втрат порівняно з амплітудним режимом. Тому вмикання когерентного каналу має здійснюватися тільки в зонах наявності пасивних завад. Для цього у складі системи захисту від пасивних завад є спеціальний пристрій комутації виходів амплітудного та когерентного каналів. Управління пристроєм комутації здійснюється спеціальними стробами СтрМ і СтрД (рис. 9.9). Розміри та положення стробу СтрМ і двох стробів СтрД задаються оператором, виходячи із завадової обстановки.

9.1.1.6. На систему захисту від пасивних завад покладене додаткове завдання подавлення (бланкування) несинхронних імпульсних завад (НІЗ). Принцип подавлення НІЗ ґрунтується на використанні часових розбіжностей у періодах надходження луна-сигналів та імпульсних завад (рис. 9.10, а). Якщо сигнали з виходу амплітудного детектора піддати операції черезперіодного віднімання (рис. 9.10, а, б), то луна-сигнали від цілей будуть скомпенсовані, а НІЗ пройдуть на вихід (рис. 9.10, в). Їх і використовують для самобланкування (рис. 9.10, г, д). Загальна структура такого пристрою подавлення НІЗ наведена на рис.9.10, ж. При вмиканні режиму подавлення НІЗ перший ступінь черезперіодної компенсації (ЧПК) використовується для захисту амплітудного каналу від НІЗ, а другий ступінь – для однократної ЧПК пасивних завад у когерентному каналі. При вимкненні режиму захисту від НІЗ обидва ступені ЧПК використовуються в когерентному каналі.

9.1.2. Склад, структурна схема та основні технічні параметри системи захисту від пасивних завад

Склад та структурна схема системи захисту від пасивних завад визначаються розглянутими в п. 9.1.1 особливостями її побудови.

До складу системи захисту від пасивних завад (рис. 9.11) входять три функціонально самостійні пристрої:

когерентно-імпульсний пристрій, до якого входять:

- блок когерентного гетеродина (бл. 37);
- блок кварцових гетеродинів (бл. 38);
- синусно-косинусний пристрій (у блоці 243);

компенсаційний пристрій, до якого входять:

- вхідний блок ЧПК (бл. 31);
- блок першого потенціалоскопа (бл. 32);
- вихідний блок ЧПК (бл. 33);
- блок другого потенціалоскопа (бл. 34);
- блок спіральної розгортки (бл. 35);

формував стробів комутації у складі:

- датчика азимутальних стробів (бл. 58);
- блока стробів (бл. 36).

Когерентно-імпульсний пристрій здійснює усунення випадкової початкової фази зонduючого сигналу і фазове детектування прийнятих луна-сигналів. Усунення випадкової початкової фази зонduючого сигналу здійснюється шляхом «нав'язування» неперервним коливанням, які генерує когерентний гетеродин КГ, фази зонduючого сигналу під впливом імпульсу фазування ІФ у кожному такті зондування. Напруга когерентного гетеродина проходить далі через схему компенсації дії вітру СКДВ, де шляхом подвійного частотного перетворення змінюється частота коливань напруги КГ на величину доплерівської добавки F_d . Необхідні для цього перетворення допоміжні коливання формуються блоком кварцових гетеродинів (бл. 38) під впливом керуючої напруги U_y , яка виробляється синусно-косинусним пристроєм (у бл. 243). Наявність синусно-косинусного пристрою забезпечує автоматичну підстройку СКДВ при обертанні антени. Перетворена у СКДВ напруга когерентного гетеродина надходить як опорна напруга $U_{оп}$ на фазовий детектор ФД. На сигнальний вхід ФД через

обмежувач надходять з вихідного блока ППЧ прийняті луна-сигнали. Обмеження сигналів здійснюється на рівні приблизно 25 дБ і завдяки цьому забезпечується узгодження динамічного діапазону приймального тракту (близько 35 дБ) з динамічним діапазоном потенціалоскопів (близько 25 дБ). Відеосигнали з виходу ФД надходять на компенсаційний пристрій.

Основу компенсаційного пристрою становлять віднімаючі потенціалоскопи ВП1 і ВП2 (блоки 32 і 34), які разом з вхідним блоком ЧПК (бл. 31) і вихідним блоком ЧПК (бл. 33) відповідно утворюють два ступені черезперіодної компенсації завад. Додатково у складі вхідного блока ЧПК знаходиться пристрій бланкування НІЗ, а у вихідному блоці ЧПК – комутатор сигналів амплітудного і когерентного каналів. Формування напруги розгортки променя на мішені потенціалоскопів здійснюється блоком спіральної розгортки (бл. 35). Компенсаційний пристрій може працювати в двох режимах: РОД РАБОТЫ І і РОД РАБОТЫ ІІ. Перемикач режимів знаходиться на передній панелі вхідного блока ЧПК (бл. 31). У режимі РОД РАБОТЫ ІІ компенсаційний пристрій являє собою систему двократного черезперіодного віднімання. При цьому сигнали з виходу ФД послідовно проходять через перший і другий ступені ЧПК і потім надходять на один з входів комутатора у вихідному блоці ЧПК. На другий вхід комутатора надходять сигнали ЭА амплітудного каналу. В стробах СтрМ і СтрД на вихід комутатора і далі на індикатор надходять сигнали когерентного каналу, а поза стробами – сигнали амплітудного каналу. Сигнали на виході комутатора позначаються як сигнали ЭЗ («эхо защищенное»). У режимі РОД РАБОТЫ І перший ступінь використовується для формування бланкуючих імпульсів у схемі захисту від НІЗ, і тому на перший ступінь надходять сигнали амплітудного каналу ЭА. Ці ж сигнали надходять і на пристрій бланкування НІЗ у вхідному блоці ЧПК. «Очищені» від НІЗ сигнали амплітудного каналу з виходу пристрою бланкування НІЗ надходять через перемикач роду роботи на вхід комутатора у вихідному блоці ЧПК. Сигнали когерентного каналу в цьому режимі надходять відразу на другий ступінь ЧПК і після нього – на комутатор. Таким чином, у режимі РОД РАБОТЫ І амплітудний канал захищається від НІЗ, а в когерентному каналі забезпечується лише однократна компенсація пасивних завад.

Формувач стробів комутації забезпечує формування стробу СтрМ і двох стробів СтрД, необхідних для управління роботою комутатора у вихідному блоці ЧПК. Азимутальне положення двох стробів СтрД та їх ширина по азимуту задаються датчиком азимутальних стробів (бл. 38), а вибір розмірів стробів СтрД і СтрМ по дальності і остаточне їх формування здійснюються блоком стробів (бл. 36).

Для контролю роботи і настройки потенціалоскопів на компенсаційний пристрій можуть бути подані контрольні відеосигнали з блока 82 імітатора через перемикач КОНТР - ЭХО, який розташований на стойці 203.

На закінчення загальної характеристики системи захисту від пасивних завад наводяться основні технічні параметри системи, до яких відносяться коефіцієнт підзавадової видимості, допустима щільність постановки пасивних завад, при якій можливе проведення цілі, та технічні параметри потенціалоскопів.

Коефіцієнт підзавадової видимості по імітованих завадах при оптимальній радіальній швидкості цілі становить не менше 14 дБ. Допустима щільність пасивних завад при радіальній їх постановці – не більше 0,25 пачок на 100 м шляху. Динамічний діапазон потенціалоскопів становить 25 дБ, коефіцієнт подавлення контрольних сигналів – 20 дБ, коефіцієнт перезаряду – не менше 0,9.

9.2. Принципи побудови когерентно-імпульсного пристрою

9.2.1. Блок когерентного гетеродина (блок 37)

Блок когерентного гетеродина призначений для вирішення двох основних завдань: формування опорної напруги для фазового детектора і фазового детектування прийнятих луна-

сигналів. Відповідно до вирішуваних завдань блок містить два тракти: тракт формування опорної напруги і тракт фазового детектування (рис. 9.12).

9.2.1.1. Тракт формування опорної напруги містить: каскад фазування (Л1), когерентний гетеродин (Л5), два змішувачі Зм1, Зм2 (Л6, Л8) і два фільтри-підсилювачі (Л7, Л9).

Основу тракту формування опорної напруги становить когерентний гетеродин, виконаний на лампі Л5 (пентод 6Ж1П-ЕВ) за схемою індуктивної триточки із заземленим катодом. Частота коливань, які генеруються когерентним гетеродином, має точно дорівнювати другій проміжній частоті приймального тракту і становити 10 МГц. Регулювання частоти гетеродинних коливань здійснюється зміною величини індуктивності коливального контуру, для чого сердечник відповідної котушки індуктивності виведений під шліц ЧАСТОТА і може регулюватися через отвір на передній панелі блока.

Щоб напругу когерентного гетеродина можна було використовувати як опорну напругу для фазового детектора, необхідно здійснити дві операції. По-перше, напругу необхідно дійсно зробити когерентною з зондуючим сигналом і, по-друге, необхідно добитися можливості регулювання частоти коливань у межах $10 \text{ МГц} \pm F_d$, де $F_d \leq 50...60 \text{ Гц}$ – можливий доплерівський зсув спектра пасивних завад від рухомої хмари диполів (див. п. 9.1.1.2).

Когерентність напруги гетеродина із зондуючим сигналом досягається шляхом нав'язування коливанням гетеродина в кожному такті зондування фази зондуючого сигналу. Для цього частина зондуючого сигналу відгалужується направленим відгалужувачем НВ1 з фідерного тракту (див. рис. 2.2), зазнає таких само частотних перетворень, як і луна-сигнали в приймальному тракті, і надходить як імпульс фазування ІФ на каскад фазування до блока когерентного гетеродина. Підсилений каскадом імпульс надходить до контуру когерентного гетеродина, який одночасно є навантаженням каскаду фазування, і нав'язує коливанням гетеродина фазу зондуючого сигналу. Амплітуда ІФ регулюється шліцом ФАЗИР, який виведений під отвір на передній панелі блока. Щоб уникнути впливу випадкових завад на роботу когерентного гетеродина по лінії фазування, каскад фазування у звичайному стані є закритим і відкривається спеціальним імпульсом ІЗ, який надходить з системи хронізації (бл. 25) на пентодну сітку лампи Л1 тільки на час дії імпульсу фазування ІФ.

Завдання регулювання частоти когерентного гетеродина в межах $\pm 60 \text{ Гц}$ при несучій частоті 10 МГц вирішити прямою дією на елементи коливального контуру практично неможливо. Тому на практиці така частотна добавка вводиться до коливань на значно нижчих частотах, а потім шляхом подвійного перетворення частоти вноситься до коливань на більш високих частотах. В РЛС 5Н84А для цього використовуються два допоміжні кварцові генератори на частоті 1,05 МГц, в яких опосередковано в незначних межах змінюється ємність кварцу і внаслідок цього змінюється резонансна частота. Ці кварцові генератори розташовані в блоці 38, принципи побудови і роботи якого будуть детально розглянуті в п. 9.2.3. А поки зауважимо, що з практичних міркувань використовується не основна, а друга гармоніка кварцу, і таким чином для перетворення частоти когерентного гетеродина використовуються коливання допоміжних кварцових генераторів $f_{Г1}=2,1\text{МГц}-\Delta F_1$ і $f_{Г2}=2,1\text{МГц}+\Delta F_2$, де ΔF_1 , ΔF_2 – добавки, які вводяться до частоти коливань кварцових генераторів. Різнопolarityність добавок ΔF_1 і ΔF_2 пояснюється принципами управління кварцовими генераторами і буде обґрунтована в п. 9.2.3. Після першого змішування коливань когерентного гетеродина в змішувачі Зм1 (лампа Л6) з коливаннями першого кварцового генератора виділяються і підсилюються за допомогою першого фільтра-підсилювача (Л7) коливання різницевої частоти $7,9 \text{ МГц}+\Delta F_1$. Ці коливання подаються на другий змішувач Зм2 (лампа Л8), де змішуються із коливаннями другого кварцового генератора $f_{Г2}=2,1\text{МГц}+\Delta F_2$ і другим фільтром-підсилювачем (Л9) виділяються коливання сумарної частоти $10\text{МГц}+(\Delta F_1+\Delta F_2)$. Таким чином, внаслідок подвійного частотного перетворення напруги когерентного гетеродина до частоти коливань вводиться сумарна частотна добавка $\Delta F_1+\Delta F_2$, яка може змінюватися в межах $\pm 100 \text{ Гц}$, що перекриває можливі зсуви спектра пасивних завад від хмар диполів. Коливання напруги після другого фільтра-підсилювача використовуються як опорна напруга для фазового детектора. Амплітуда опорної напруги регулюється в каскаді другого фільтра-підсилювача (Л9) шліцом АМПЛ.К, який

виведений на передню панель блока. Обидва змішувачі виконані на подвійних тріодах 6Н2П-ЕВ1 за балансною схемою. Фільтри-підсилювачі виконані на пентодах 6Ж1П-ЕВ за схемою резонансного підсилювача на зв'язаних контурах.

9.2.1.2. Тракт фазового детектування утворюють обмежувач вхідних сигналів (Л3), фазовий детектор (Л4) і катодний повторювач (Л2).

Основу тракту фазового детектування сигналів становить фазовий детектор ФД, виконаний на лампі Л4 типу 6Х2П-ЕВ за балансною схемою (рис. 9.13,а). Елементи на рис. 9.13 позначені так, як і на принципіальній схемі блока в технічній документації на РЛС. Режим роботи фазового детектора обрано таким, що $U_{\text{КГ}}=U_{\text{С}}=U$ (рис. 9.13,б). При такому режимі вихідна напруга фазового детектора

$$U_{\text{ФД}} = 2U \left(\cos \frac{\varphi}{2} - \sin \frac{\varphi}{2} \right) \quad (9.5)$$

має майже лінійну залежність (рис. 9.13, в) від фазового зсуву φ між опорною напругою $U_{\text{КГ}}$ і сигналом $U_{\text{С}}$. Вихідна напруга $U_{\text{ФД}}$ знімається з середньої точки резистора навантаження R18 і надходить на вихідний катодний повторювач (Л2) через фільтр високих частот, утворений дроселем Др3 та міжелектродною ємністю сітка-катод лампи Л2. Усунення зміщення, тобто балансування фазового детектора, здійснюється резистором R18 БАЛАНС, шліц якого виведений на передню панель блока. Балансування здійснюється так, щоб за відсутності напруги на сигнальному вході вихідна напруга фазового детектора також була відсутня.

Обмежувач вхідних сигналів, який виконаний на лампі Л3 типу 6Ж1П-ЕВ, забезпечує обмеження сигналів перед їх надходженням на фазовий детектор на рівні 20...25 дБ над власними шумами приймального тракту. Взагалі операція обмеження сигналів, як нелінійна операція, в якісних системах СРЦ є шкідливою, оскільки при цьому порушується міжперіодна кореляція завад. Але враховуючи обмежений динамічний діапазон потенціалоскопів (не вище 25 дБ), таке обмеження сигналів на проміжній частоті можна вважати доцільним як захід узгодження динамічних діапазонів елементів тракту. Крім того, обмеження сигналів перед фазовим детектуванням певною мірою сприяє стабілізації рівня залишків неподавлених пасивних завад. Рівень обмеження сигналів виставляється регулюванням АМПЛ.С, яке виведене під шліц на передню панель блока.

Вихідний катодний повторювач виконаний на половині лампи Л2 типу 6Н1П-ЕВ і призначений для підсилення потужності вихідних сигналів блока. Рівень вихідних сигналів виставляється регулюванням Выход, яке виведене під шліц на передню панель блока.

9.2.2. Блок кварцових гетеродинів (блок 38)

Блок кварцових гетеродинів призначений для формування двох високостабільних допоміжних змінних напруг із регульованою в незначних межах частотою коливань. До складу блока (див. рис. 9.12) входять:

два канали формування допоміжних напруг, кожний з яких містить кварцовий генератор КвГ1(КвГ2), реактивну лампу РЛ1(РЛ2) і діод Д1(Д2);

термостат, в якому розташовані кварци Кв1 і Кв2;

канал комутації напруг у складі двох строб-каскадів (Л6, Л7), парафазного підсилювача (Л9) і підсилювача стробу (Л8).

Перед розкриттям принципів функціонування окремих складових блока доцільно розглянути загальні принципи його роботи.

Блок формує дві допоміжні напруги на частотах $f_{Г1} = 2,1 \text{ МГц} - \Delta F_1$ і $f_{Г2} = 2,1 \text{ МГц} + \Delta F_2$. Вихідна напруга першого кварцового гетеродина на частоті $f_{Г1} = 2,1 \text{ МГц} - \Delta F_1$ подається на перший змішувач до блока 37 і одночасно на перший строб-каскад, який відкривається за наявності стробу СтрМ. Таким чином, у зоні місцевих предметів ця ж напруга подається і на другий змішувач до блока 37. Тому на фазовий детектор буде надходити опорна напруга на частоті 10 МГц без доплерівської добавки. Поза стробом СтрМ перший строб-каскад (Л7)

закривається, зате відкривається другий строб-каскад (Л6), і на другий змішувач блока 37 буде надходити напруга другого кварцового гетеродина $f_{Г2} = 2,1 \text{ МГц} + \Delta F_2$. У результаті подвійного перетворення частоти когерентного гетеродина в блоці 37 на фазовий детектор буде надходити опорна напруга на частоті $10 \text{ МГц} + F_d$, де $F_d = (\Delta F_1 + \Delta F_2)$.

9.2.2.1. Принципи формування допоміжної напруги будуть розглянуті для першого каналу. Основу каналу становить кварцовий гетеродин КвГ1, виконаний на пентоді 6Ж5П за схемою Шембеля з подвоєнням частоти. Кварц Кв1, який має резонансну частоту 1,05 МГц, ввімкнутий між сіткою і катодом пентода Л5. Навантаженням генератора є контур у змішувачі Зм1 блока 37. Цей контур настроєний на другу гармоніку генератора, тобто на частоту 2,1 МГц. Сам кварц розташований у термостаті.

Управління частотою кварцового гетеродина здійснюється за допомогою так званої реактивної лампи, яка відіграє роль додаткової ємності, ввімкнutoї паралельно до кварцу. Еквівалентна схема вмикання такої лампи наведена на рис. 9.14,а (позначення елементів збережені такими, як на принципіальній схемі). Фазозсувна ланка С5, R17 підібрана так, що $R17 \ll 1/2\pi f_{КВ}C5$, завдяки чому фаза струму $\dot{I}_C$ випереджує фазу напруги $\dot{U}_\Sigma$ на кут, близький до 90° (рис. 9.14, б). Змінна напруга частотою $f_{КВ}=1,05 \text{ МГц}$, яка діє на R17, є одночасно і сітковою напругою лампи і тому синфазна з $\dot{I}_C$. Анодний струм лампи $\dot{I}_a$ також змінюється синфазно із сітковою напругою. Отже, фази струмів $\dot{I}_C$ і $\dot{I}_a$ співпадають і випереджують напругу $\dot{U}_\Sigma$ на кут, близький до 90° . При цьому $\dot{I}_C \ll \dot{I}_a$ (див. рис. 9.14, б). Вхідний опір лампи має ємнісний характер

$$\dot{Z}_{AB} = \frac{\dot{U}_\Sigma}{\dot{I}_a + \dot{I}_C} \approx \frac{\dot{U}_\Sigma}{\dot{I}_a} \approx \frac{1}{j2\pi f C_E}, \quad (9.6)$$

де C_E – еквівалентна ємність реактивної лампи, ввімкнута паралельно кварцу (рис. 9.14, в). Змінюючи величину анодного струму $\dot{I}_a$, можна змінювати величину вхідного опору лампи $\dot{Z}_{AB}$, тобто величину C_E . Величина анодного струму лампи залежить від крутизни анодно-сіткової характеристики лампи S та величини вхідної напруги $\dot{I}_a = S\dot{U}_\Sigma$, а крутизна анодно-сіткової характеристики лампи залежить у свою чергу від постійної напруги U_y зміщення на сітці $S=S(U_y)$. Приблизний вигляд цієї залежності наведений на рис. 9.15,а.

Таким чином, змінюючи напругу зміщення U_y на сітці реактивної лампи, можна змінювати величину еквівалентної ємності C_E , ввімкнutoї паралельно кварцу. Робочий режим лампи обраний таким, що величина C_E на кілька порядків менша від ємності самого кварцу, і резонансна частота кварцу змінюється в межах $\pm(50...100) \text{ Гц}$. У цих межах залежність частоти кварцового гетеродина від керуючої напруги має лінійний характер. Керуюча напруга U_y формується синусно-косинусним пристроєм у блоці 243 і надходить на детектори Д1, Д2 до блока 38 (див. рис. 9.12). Детектори ввімкнуті так, що на сітку першої реактивної лампи надходить випрямлена напруга негативної полярності, а на сітку другої лампи – позитивної. Тому закони зміни частот кварцових гетеродинів при зміні U_y (рис. 9.15, б) мають протилежний характер. Для вирівнювання крутизни законів $f_{КВГ1}(U_y)$ і $f_{КВГ2}(U_y)$ служать регулювання СИММЕТРИЯ і УСТ.НУЛЯ (див. рис. 9.12), які виведені під шліц на передню панель блока. Регулювання СИММЕТРИЯ забезпечує зміну нахилу модуляційної характеристики $f_{КВГ1}$ (див. рис. 9.15), а регулювання УСТ.НУЛЯ – зсув модуляційної характеристики $f_{КВГ2}$ по вісі U_y , так, щоб точка перетину знаходилася посередині діапазону перестройки частот $f_{КВГ1}$ і $f_{КВГ2}$. Для вибору початкового значення керуючої напруги служить регулювання КОМП.МЕСТ., яким виставляється значення $U_y = U_{оп}$ (див. рис. 9.15). При цьому $f_{КВГ1} = f_{КВГ2} = f_{КВ0} \approx 2,1 \text{ МГц} + 50 \text{ Гц}$.

9.2.2.2. З метою забезпечення стабільності коливань кварци обох гетеродинів розміщені у термостаті, в якому автоматично за допомогою спеціального підігрівного опору R51 та двох

ртутних температурних датчиків РТД (вони на рис. 9.12 позначені одним прямокутником) підтримується температура $+70^{\circ}$ з точністю $\pm 1^{\circ}$. Робота термостата контролюється сигнальною лампочкою ЛН1 ПОДОГРЕВ ТЕРМОСТАТА, яка загоряється при вмиканні підігрівного опору. При перегоранні запобіжника Пр1 у колі підігрівного опору спрацьовує сигнальна лампочка ЛН2 ПРОВЕРЬ ТЕРМОРЕЛЕ. Обидві лампочки виведені на передню панель блока.

9.2.2.3. Канал комутації напруг кварцових гетеродинів містить підсилювач стробу (Л8), парафазний підсилювач (Л9) та два строб-каскади (Л6, Л7). Підсилювач стробу виконаний на пентоді 6Ж1П-В, ввімкнутому за тріодною схемою. Парафазний підсилювач виконаний на подвійному тріоді 6Н1П-ЕВ і формує комутуючі імпульси для двох строб-каскадів. За наявності стробу СтрМ парафазний підсилювач видає високу напругу на пентодну сітку лампи Л7, і перший строб-каскад відкривається для проходження напруги першого кварцового гетеродина. На пентодну сітку лампи Л6 у цей час надходить нульова напруга, і другий строб-каскад залишається закритим. За відсутності СтрМ відкривається другий строб-каскад, а перший закривається. Строб-каскади виконані на пентодах 6Ж2П-Е. По змінному струму вони мають спільне навантаження, яким є контур другого змішувача Зм2 в блоці когерентного гетеродина (бл. 37).

9.2.3. Синусно-косинусний пристрій

Синусно-косинусний пристрій призначений для автоматичного формування керуючої напруги для кварцових гетеродинів СКДВ. Необхідність такого пристрою викликана тим, що радіальна складова швидкості вітру V_r залежить від азимутального положення антени (рис. 9.16) і при обертанні антени постійно змінюється. Просторове положення хмар диполів, як правило, таке (рис. 9.17), що вони перекривають певний азимутальний сектор. Радіальна складова швидкості їх переміщення змінюється за законом $V_r = V \cos(\beta_a - \beta_b)$, де β_a , β_b – азимути антени і напрямку вітру відповідно. За таким само законом повинна змінюватися і доплерівська добавка частоти коливань когерентного гетеродина:

$$\Delta F_d = \frac{2V_r}{\lambda} = \frac{2V}{\lambda} \cos(\beta_a - \beta_b). \quad (9.7)$$

Як було з'ясоване в п. 9.2.2.1, залежність зміни частоти кварцових гетеродинів від керуючої напруги носить лінійний характер. Тому і керуюча напруга має змінюватися за таким само законом:

$$U_y = U_0 \cos(\beta_a - \beta_b), \quad (9.8)$$

де U_0 – величина керуючої напруги, яка відповідає модулю швидкості вітру $|V|$. Маємо рівняння з двома невідомими: U_0 (тобто $|V|$) і β_b . Для його розв'язання необхідні два значення U_y при двох значеннях β_a . Теоретично це можна було б зробити таким чином. Зупинити антену на азимуті лівого краю хмари диполів і підібрати U_{y1} так, щоб компенсація завад була найкращою. Потім так само підібрати значення U_{y2} для правого краю хмари диполів. Тепер маємо два рівняння з двома невідомими, які можна розв'язати за допомогою будь-яких обчислювальних приладів. Але реалізація такого способу із застосуванням лампової техніки була б надто складною.

Розв'язання рівняння (9.8) можна дещо спростити, якщо подати U_y у вигляді двох ортогональних складових. Для цього рівняння (9.8) перепишемо відносно довільно вибраного азимута β_0 :

$$U_y = U_0 \cos[(\beta_a - \beta_0) - (\beta_b - \beta_0)]. \quad (9.9)$$

Розкривши квадратні дужки, маємо:

$$U_y = U_0 \cos(\beta_b - \beta_0) \cos(\beta_a - \beta_0) + U_0 \sin(\beta_b - \beta_0) \sin(\beta_a - \beta_0) = U_c \cos(\beta_a - \beta_0) + U_s \sin(\beta_a - \beta_0) = U_1 + U_2, \quad (9.10)$$

де $U_c = U_0 \cos(\beta_b - \beta_0)$, $U_s = U_0 \sin(\beta_b - \beta_0)$, $U_0 = \sqrt{U_c^2 + U_s^2}$.

Таким чином, значення керуючої напруги, яке відповідає радіальній складовій швидкості вітру для напрямку антени β_a можна подати у вигляді суми двох складових U_1 і U_2 , одна з яких при зміні азимута антени змінюється за законом $\cos(\beta_a - \beta_0)$, а друга – за законом $\sin(\beta_a - \beta_0)$. Таку напругу можна отримати за допомогою сельсин-датчика, ротор якого обертається синхронно і синфазно з антеною, та двох сельсин-трансформаторів, статори яких розузгоджені на 90° . Функціональна схема такого пристрою, який називають синусно-косинусним, наведена на рис. 9.18 (в РЛС 5Н84А застосовуються сельсини типу СМСМ-1 та СГСМ-1, в яких обмотки збудження намотані на статорі, а фазні обмотки – на роторі). Ротори сельсин-трансформаторів через зубчасту передачу 1:1 зв'язані між собою та з ручкою УСТ.НУЛЯ, якою задається величина β_0 . Статор другого сельсин-трансформатора розузгоджений із статором першого сельсин-трансформатора на 90° . Таке розузгодження задається грубо відразу при встановленні сельсин-трансформаторів, а точне положення досягається зубчатим регулюванням УСТ.90°, яке виведене під шліц на передню панель блока 243. Зі статорної обмотки першого сельсин-трансформатора знімається напруга $u_1(t) = U_1 \sin \omega_0 t = U_c \cos(\beta_a - \beta_0) \sin \omega_0 t$, а зі статорної обмотки другого – напруга $u_2(t) = U_2 \sin \omega_0 t = U_s \sin(\beta_a - \beta_0) \sin \omega_0 t$, де $\omega_0 = 2\pi 400$ рад/с – циклічна частота напруги збудження сельсинів. Епюри цих напруг та їх сума наведені на рис. 9.19, а, б, в. Нас цікавить огинаюча $U_1 + U_2$ сумарної напруги, бо якраз вона є керуючою напругою для реактивних ламп кварцових гетеродинів. Щоб її виділити, треба було б піддати напругу $u_1(t) + u_2(t)$ фазовому детектуванню. При цьому керуюча напруга приймала б як позитивні, так і негативні значення. Але на сітку реактивної лампи повинна надходити керуюча напруга однієї полярності (див. рис. 9.15). Тому до напруги $u_1(t) + u_2(t)$ додається опорна напруга $u_{оп}(t) = U_{оп} \sin \omega_0 t$ (рис. 9.19, г). Внаслідок цієї операції остаточно формується керуюча напруга $u_y(t) = U_y \sin \omega_0 t$ (рис. 9.19, д). Для виділення огинаючої U_y достатньо піддати вихідну напругу синусно-косинусного пристрою амплітудному детектуванню, що й здійснюється в блоці кварцових гетеродинів. Величиною напруги $U_{оп}$ задається початкова точка роботи реактивних ламп (див. рис. 9.15), тому регулювання рівня опорної напруги УРОВ.ОПОРН. виведене під шліц на панель блока 243.

На закінчення щодо принципів побудови та функціонування синусно-косинусного пристрою доцільно розглянути загальний порядок та фізичну суть його настройки. Для цього необхідно встановити режим ручного управління обертанням антени і ручкою УСТ.АЗИМ. встановити антену на азимут лівого краю хмари диполів (див. рис. 9.17). Ручкою УСТ.НУЛЯ на синусно-косинусному пристрої встановити такий само азимут, що й азимут антени, тобто виконати умову $\beta_a = \beta_0$. При цьому з першого сельсин-трансформатора буде зніматися напруга, огинаюча якої $U_1 = U_c$. (див. співвідношення 9.10), а напруга на виході другого сельсин-трансформатора буде відсутня: $U_2 = 0$. Регулюванням КОМПЕНС.І підбирають таке значення U_c , при якому пасивні завади найкраще подавляються. Таким чином, косинусна складова керуючої напруги визначена. Тепер необхідно антену встановити на азимут правого краю хмари диполів (див. рис. 9.17) і ручкою КОМПЕНС.ІІ на блоці 243 домогтися знову найкращого подавлення пасивних завад. Цим фактично задається складова U_s керуючої напруги. Далі антена переводиться у режим обертання, і керуюча напруга для реактивних ламп кварцових гетеродинів блока 38 буде автоматично змінюватися за законом (9.10).

9.3. Принципи побудови та функціонування компенсаційного пристрою

Компенсаційний пристрій побудований на віднімаючих потенціалоскопах і має два ступені компенсації. Цим визначаються структура та блочний склад пристрою, які були розглянуті в п. 9.1.2. Принципи побудови та функціонування кожного блока компенсаційного пристрою визначаються виключно особливостями потенціалоскопів. Тому перш ніж перейти до розкриття принципів функціонування окремих блоків необхідно розглянути особливості роботи віднімаючого потенціалоскопа.

9.3.1. Особливості роботи віднімаючого потенціалоскопа

Потенціалоскоп являє собою електронно-променеву трубку з електростатичним фокусуванням та електромагнітним управлінням променем. Крім електронної гармати, системи фокусування (СФ) та відхиляючої системи (ВС) до складу потенціалоскопа (рис. 9.20) входять:

сигнальна пластина (СП);

діелектрична мішень;

сітка управління (СУ);

сітка екранна (СЕ), або її ще називають бар'єрною;

колектор.

Сітка управління в деяких потенціалоскопах, які відразу виготовляються як віднімаючі, відсутня. Інші потенціалоскопи можуть працювати в режимі віднімання і в режимі інтегрування, як, наприклад потенціалоскоп ЛН-9, який використовується в РЛС 5Н84А. Для переведення потенціалоскопа у відповідний режим і служить сітка управління. Оскільки в РЛС 5Н84А потенціалоскоп використовується тільки в режимі віднімання, то сітка управління заземлена і в подальшому при розгляді принципів роботи віднімаючого потенціалоскопа буде вважатися, що вона взагалі відсутня.

Стисло фізичну суть роботи віднімаючого потенціалоскопа можна трактувати таким чином. Вхідні сигнали надходять на сигнальну пластину і записуються на діелектричній мішені у вигляді потенціального рельєфу по сліду переміщення променя. При цьому відбувається відповідний перерозподіл електронного потоку між електродами потенціалоскопа. Навантаження, з якого знімаються вихідні сигнали, вмикається до кола одного з електродів. Відхиляюча система працює так, що промінь періодично переміщується по мішені по одному й тому ж сліду, наприклад, з періодом посилення зондуючих сигналів. Якщо в наступному періоді вхідні сигнали будуть точно такими, як і в попередньому, то перерозподілу електронного потоку не буде, і вихідні сигнали на навантаженні будуть відсутні. Тобто відбувається безперіодичне віднімання сигналів.

Більш докладно роботу віднімаючого потенціалоскопа розглянемо для трьох випадків: відсутність вхідних сигналів, надходження сигналів позитивної та негативної полярності.

При відсутності вхідних сигналів потенціалоскоп працює таким чином. Первинний потік електронів, який формується електронною гарматою та фокусуною системою, проходить через екранну сітку (СЕ) і попадає в мішень. Мішень являє собою діелектричну пластину (спеціальне скло) з високим поверхневим опором і коефіцієнтом емісії електронів $k_{em} > 1$. Тому заряд, який створюється електронним потоком у місці його контакту з мішенню, не розтікається по поверхні. Первинний потік електронів, попадаючи на ділянку мішені, вибиває з неї вторинні електрони, число яких завжди більше первинних (бо $k_{em} > 1$). Оскільки поле в просторі "мішень – екранна сітка" у початковий момент відсутнє, то майже всі електрони попадуть на колектор, до якого прикладена позитивна напруга. Вторинний струм буде більшим від первинного. Це призведе до того, що ділянка мішені буде заряджатися позитивно. По мірі збільшення потенціалу мішені зростає гальмуюче поле для вторинних електронів, і їх потік зменшиться. Процес буде тривати доти, доки на мішені не встановиться рівноважний потенціал U_p , при якому кількість електронів, які ударяють по мішені, дорівнює кількості електронів, які вилетіли з мішені на колектор.

При надходженні на сигнальну пластину вхідного сигналу позитивної полярності гальмуюче поле в просторі "мішень – екранна сітка" зростає, і кількість вторинних електронів, які можуть досягти колектора, зменшується. Потенціал мішені також починає зменшуватися, що спричинить зменшення гальмуючого поля та збільшення вторинного струму. Так буде тривати, доки знову не наступить рівновага. Мішень при цьому набуває нового значення потенціалу $U_M = U_p - hU_{вх}$, де $U_{вх}$ – амплітуда вхідного сигналу, а величина $h < 1$ – коефіцієнт, який враховує діючу в просторі "мішень – екранна сітка" частину вхідного сигналу.

При надходженні на сигнальну пластину вхідного сигналу негативної полярності вторинний струм спочатку зростає, а потім починає спадати до настання рівноваги. При цьому потенціал мішені підвищується до значення $U_M = U_P + hU_{BX}$.

Таким чином, зміна струму колектора пропорційна зміні потенціалу в одній і тій самій точці мішені в двох суміжних періодах розгортки променя. Для виділення вихідних сигналів досить ввімкнути до кола колектора навантаження, напруга на якому буде пропорційна різниці вхідних сигналів двох суміжних періодів $U_{ВІХ}(t) \equiv U_{ВХ}(t) - U_{ВХ}(t - T_{\Pi})$. Але цей спосіб зняття вихідних сигналів на практиці не використовується. Пояснюється це великим рівнем власних шумів потенціалоскопа в колі колектора.

При зміні потенціалу мішені змінюється не тільки струм колектора, а й виникають струми заряду (перезаряду) міжелектродних ємностей сигнальна пластина – мішень та мішень – екранна сітка. Тому навантаження можна вмикати не тільки до кола колектора, а й до кіл сигнальної пластини та екранної сітки, що й використовується на практиці. В цих колах рівень шумів потенціалоскопа значно нижчий, ніж у колі колектора. Але при цьому виникає завдання розрізнення вихідних і вхідних сигналів, оскільки вони діють в одних і тих самих колах. Дійсно, на сигнальну пластину вхідні сигнали діють безпосередньо, а до кола екранної сітки проникають через міжелектродні ємності. При цьому вхідні сигнали значно потужніші вихідних і виділити останні без вжиття спеціальних заходів не вдається.

Найбільш прийнятним способом розрізнення вхідних і вихідних сигналів є частотний спосіб. Суть його полягає в тому, що вихідний сигнал перетворюється на радіоімпульс з несучою частотою $f_{\text{МОД}}$, значення якої вибирається так, щоб спектри вхідних відеосигналів і вихідних радіосигналів не перекривалися. На практиці вибирають $f_{\text{МОД}} = (20 \dots 50) \Delta F_C$, де ΔF_C – ширина спектра вхідних сигналів. У РЛС 5Н84А вибрано $f_{\text{МОД}} = 5$ МГц. Перетворення вихідних сигналів на радіоімпульси здійснюється шляхом модуляції первинного променя потенціалоскопа коливаннями частотою $f_{\text{МОД}}$. Для цього в електронну гармату потенціалоскопа вводиться модулюючий електрод, на який надходить напруга $U_{\text{МОД}}$ (див. рис. 9.20, 9.21). Режим роботи потенціалоскопа підбирається так, щоб він відкривався тільки позитивними півперіодами модулюючої напруги. При цьому як первинний, так і вторинні струми будуть мати пульсуючий характер (рис. 9.22, а). Навантаженням для вихідних сигналів є паралельний коливальний контур із резонансною частотою $f_{\text{МОД}}$, який вмикається або до кола сигнальної пластини, або до кола екранної сітки (рис. 9.21, а, б, контур $L3, C3$). Він і виділить першу гармоніку пульсацій, і вихідний сигнал буде мати вигляд радіоімпульсу. Для додаткової розв'язки вхідних і вихідних сигналів до кола вхідного сигналу вмикають фільтр-пробку (дросель $L2$ і контур $L1, C1$ на рис. 9.21), який для спектральних складових вхідного відеосигналу є «прозорим», а для вихідних сигналів має великий опір. У РЛС 5Н84А вихідні сигнали знімаються з сигнальної пластини, і схема вмикання потенціалоскопа відповідає варіанту на рис. 9.21, а.

Амплітуда вихідного радіоімпульсу залежить від модуля різниці амплітуд вхідних сигналів у суміжних періодах повторення, а фаза визначається знаком цієї різниці і може приймати значення 0 або π , як наведено на рис. 9.22, епюри б, в, г, д (це епюри вхідних і вихідних сигналів поточного періоду в припущенні, що в попередньому періоді вхідні сигнали були відсутні).

При зворотному переході від радіоімпульсів до відеоімпульсів необхідно зберегти як амплітудну, так і фазову (знакову) інформацію сигналів. Це означає, що необхідно здійснити операцію фазового детектування, а опорною напругою для фазового детектора (рис. 9.22, е) повинна бути та ж сама напруга, якою був промодульований промінь потенціалоскопа. Оскільки сигнали та опорна напруга можуть бути лише синфазними або протифазними, то такий детектор називають синхронним. Операцією синхронного детектування (рис. 9.22, ж) завершується перетворення сигналів у процесі черезперіодного віднімання.

Для записування всіх луна-сигналів у поточному періоді зондування здійснюється розгортка променя по мішені потенціалоскопа. Найбільш поширена спіральна форма розгортки,

при якій забезпечується постійна щільність запису сигналів по всій поверхні мішені та просто формуються відхиляючі напруги.

Таким чином, до складу пристрою черезперіодної компенсації на потенціалоскопі, крім віднімаючого потенціалоскопа, повинні входити такі додаткові складові:

вхідний пристрій (навантажувальний контур і фільтр-пробка);

модуючий гетеродин;

синхронний детектор;

підсилювачі вхідних і вихідних сигналів;

генератор спіральної розгортки.

На закінчення необхідно розглянути основні параметри потенціалоскопа, які суттєво впливають на його роботу як віднімаючого пристрою.

Коефіцієнт перезаряду мішені η характеризує швидкість встановлення рівноважного потенціалу. Для потенціалоскопа ЛН-9 $\eta=0,8...0,9$. Фізично це означає, що за час дії сигналу на сигнальну пластину заряд мішені встигне змінитися лише на 80...90% від потрібного. Очевидно, що із збільшенням струму променя коефіцієнт перезаряду зростає.

Величина η суттєво впливає на форму частотної характеристики (рис. 9.23) потенціалоскопічного компенсаційного пристрою:

$$K(\eta, f) = \sqrt{1 - 2\eta \cos(2\pi f T_{\Pi}) + \eta^2}. \quad (9.11)$$

При $\eta=1$ форма частотної характеристики визначається співвідношенням (9.2), тобто $K(f)=2|\sin(\pi f T_{\Pi})|$, а при $\eta \rightarrow 0$ $K(f) \rightarrow 1$.

Коефіцієнт подавлення k_{Π} характеризує поверхневий опір мішені, тобто швидкість розтікання зарядів, або іншими словами – «пам'ять» потенціалоскопа. Він визначається відношенням амплітуди вихідного сигналу при надходженні на вхід знакозмінного сигналу до амплітуди вихідного сигналу при надходженні на вхід уніполярних сигналів попередньої амплітуди. Для потенціалоскопа ЛН-9 $k_{\Pi} = 5...10$.

Динамічний діапазон трубки D характеризує її шумові властивості. Він визначається як відношення максимальної амплітуди вихідного сигналу (тобто сигналу, який досяг обмеження) при надходженні на вхід знакозмінного сигналу до амплітуди власних шумів. Для потенціалоскопа ЛН-9 величина $D=23...27$ дБ.

9.3.2. Вхідний блок ЧПК (блок 31)

Вхідний блок ЧПК разом з блоком першого потенціалоскопа (бл. 32) забезпечує однократну черезперіодну компенсацію пасивних завад у когерентному каналі або бланкування несинхронних імпульсних завад у амплітудному каналі.

Функціональна схема блока наведена на рис. 9.24.

Відповідно до вирішуваних завдань блок має два режими роботи: РОД РАБОТЫ I і РОД РАБОТЫ II. Режим роботи задається перемикачем В1 на передній панелі блока. Він має ще й третє положення – ДУ (дистанційне управління). В цьому положенні такі само режими задаються дистанційно з блока дистанційного управління (бл. 287) за допомогою реле Р1. Основним режимом є РОД РАБОТЫ II, в якому вирішується завдання компенсації пасивних завад у когерентному каналі. При вмиканні режиму РОД РАБОТЫ I здійснюється бланкування несинхронних імпульсних завад у амплітудному каналі.

9.3.2.1. При встановленні перемикача В1 у положення II сигнали амплітудного каналу ЭА проходять транзитом на вихідний блок ЧПК (бл. 33), а сигнали когерентного каналу ЭК надходять на попередній підсилювач (Л2, Л1). Амплітуда вхідних сигналів приблизно 3 В.

Попередній підсилювач забезпечує підсилення сигналів до 50 В. Він має два каскади, побудовані на пентодах 6П1П-ЕВ. Перший каскад виконаний за схемою резистивного підсилювача і забезпечує підсилення сигналів за напругою, а другий являє собою катодний повторювач і забезпечує необхідну потужність вихідних сигналів. Підсилювач має два виходи,

один з яких використовується в каналі черезперіодної компенсації, а другий – в каналі бланкування НІЗ, який буде розглянуто в п. 9.3.2.2.

Підсилені сигнали надходять на сигнальну пластину першого потенціалоскопа (бл. 32) через вхідний пристрій, який утворюють елементи Др2, L2, С20, L1, Сп (вхідна ємність сигнальної пластини потенціалоскопа), С25. Принципіальна схема вхідного пристрою та першого каскаду підсилювача модулюючої частоти (підсилювача вихідних сигналів) наведена на рис. 9.25. Вхідний пристрій призначений для розв'язування вхідних відеосигналів, які діють на сигнальну пластину потенціалоскопа, і вихідних радіосигналів, які знімаються також з сигнальної пластини і надходять далі на керуючу сітку першого каскаду (Л6) підсилювача вихідних сигналів. Тобто вхідний пристрій забезпечує, з одного боку, дію потужних вхідних відеосигналів тільки на сигнальну пластину потенціалоскопа і не допускає ударної дії цього сигналу на контур підсилювача вихідних радіоімпульсів, а з іншого боку, забезпечує дію вихідних радіоімпульсів тільки на керуючу сітку лампи першого каскаду підсилювача вихідних радіоімпульсів.

Паралельні контури С20, L2 і Сп, L1 настроєні на частоту 5 МГц (частота модуляції променя потенціалоскопа), а індуктивність дроселя Др2 вибрана такою, що на частоті 5 МГц він являє собою великий опір. Отже, для вхідних відесигналів з шириною спектра біля 100 кГц ці елементи опору не чинять, і вхідні сигнали виділяються тільки на опорі R36, який через контур Сп, L1 підключений до сигнальної пластини. Щоправда, вхідні відеосигнали діють через R37 і на керуючу сітку лампи Л6. Але ці саме імпульси діють одночасно і на катод через Сп, L1, R38, і на анод через С22, R39, так що статичний режим підсилювача на час дії вхідних сигналів залишається незмінним. Крім того, дросель Др2 і контур С20, L2 являють собою для частотних складових вхідних відеосигналів навколо 5 МГц фільтр-пробку (незважаючи на те, що основні частотні складові сигналів зосереджені в смузі до 100 кГц, спектр сигналів досягає 5 МГц і при амплітуді вхідних сигналів близько 50 В ці спектральні складові можуть бути досить потужними) і не допускають їх проникнення на вхід підсилювача радіоімпульсів. Таким чином, вхідний пристрій забезпечує дію вхідних відеосигналів тільки на сигнальну пластину потенціалоскопа.

Для вихідних радіоімпульсів, які знімаються з сигнальної пластини потенціалоскопа, контури С20, L2 і Сп, L1 чинять великий опір, а конденсатор С25 є короткозамикаючим. Отже, вихідні радіоімпульси виділяються контуром Сп, L1 і діють через R37 тільки на керуючу сітку лампи Л6, а до кола вхідних сигналів не пропускаються контуром С20, L2.

Вихідні радіоімпульси з сигнальної пластини потенціалоскопа надходять на чотирикаскадний підсилювач модулюючої частоти (див. рис. 9.24). Всі каскади виконані за схемою одноконтурного резонансного підсилювача. Перший каскад виконаний на пентоді 6Ж1П у режимі тріодного вмикання з метою зменшення власних шумів. Другий та третій каскади виконані на пентодах 6Ж5П, а четвертий – на пентоді 6К4П-ЕВ з подовженою анодно-сітковою характеристикою, що необхідне для усунення перевантаження каскаду великими сигналами.

Підсилені радіосигнали надходять на синхронний детектор Д1. Опорною напругою для синхронного детектора є модулююча напруга, яка надходить з блока першого потенціалоскопа через фазообертач ФВ1 та підсилювач опорної напруги (Л3). Фазообертач виконаний на LC елементах. Осердя індуктивності виведене під шліц ФАЗА на передню панель блока. Цим забезпечується компенсація фазових зсувів сигналу, яких він набуває при проходженні через чотирикаскадний підсилювач. Налаштування здійснюється по максимуму сигналів на виході блока.

З виходу синхронного детектора сигнали, перетворені тепер уже на відеоімпульси, надходять на вихідний каскад, який виконаний на лампі Л10а (половина подвійного тріода 6Н1П) за схемою підсилювача з анодно-катодним навантаженням. З потенціометра R56 (ВХОД 2 ТРУБ.) катодного навантаження сигнали в режимі РОД РАБОТЫ II надходять через перемикач В1 на другий каскад ЧПК. У режимі РОД РАБОТЫ I цей вихід не використовується. З анодного навантаження лампи Л10а сигнали надходять до тракту подавлення НІЗ.

9.3.2.2. При встановленні перемикача В1 в положення І сигнали когерентного каналу ЭК проходять транзитом на вихідний блок ЧПК (бл. 33), а сигнали амплітудного каналу ЭА амплітудою близько 3В надходять на попередній підсилювач (Л2, Л1) і далі до тракту черезперіодної компенсації, як і в режимі РОД РАБОТЫ ІІ. Крім того, сигнали амплітудного каналу з виходу попереднього підсилювача через лінію затримки ЛЗ1 надходять на каскад бланкування НІЗ. З іншого боку на каскад бланкування надходять бланкуючі імпульси. Лінія затримки ЛЗ1 в тракті сигналів амплітудного каналу забезпечує співпадіння НІЗ із серединою бланкуючих імпульсів (див. рис. 9.10, г, д).

Формування бланкуючих імпульсів здійснюється таким чином. Суміш луна-сигналів і НІЗ (див. рис. 9.10, а, б) пропускається через тракт черезперіодної компенсації. На виході синхронного детектора залишаються лише розмножені двополярні НІЗ (див. рис. 9.10, в). Підсилені імпульси НІЗ з анодного навантаження лампи Л10а проходять через коло виділення імпульсних завад, яке утворене діодом Д2 та відповідним навантаженням. Цим колом виділяються негативні імпульси, які за часом співпадають з НІЗ у поточному такті зондування (див. рис. 9.10, б, в). Ці імпульси дещо «розтягуються», підсилюються і обмежуються інтегратором-підсилювачем, внаслідок чого формуються бланкуючі імпульси (див. рис. 9.10, г). Інтегратор-підсилювач виконаний на лампі Л10б за схемою підсилювача з ємнісним зворотним зв'язком. Амплітуда бланкуючого імпульсу регулюється шліцом КОМПЕНСАЦ., виведеним на передню панель блока.

Каскад бланкування (рис. 9.26) виконаний на лампі Л5, яка являє собою подвійний тріод 6Н1П-ЕВ. На сітку лівого тріода лампи Л5 через лінію затримки ЛЗ1 надходять з виходу попереднього підсилювача луна-сигнали та НІЗ, які мають позитивну полярність. На сітку правого тріода через перехідний конденсатор С16 надходять виділені і розширені імпульси НІЗ, тобто бланкуючі імпульси також позитивної полярності.

У початковому стані, тобто за відсутності бланкуючих імпульсів, правий тріод закритий негативною напругою -150 В, яка надходить на його сітку через резистор R67, і на роботу лівого тріода не впливає. Луна-сигнали, які надходять на сітку лівого тріода, підсилюються і з анодного навантаження підсилювача надходять на перемикач В1 і далі – на вихід блока. Амплітуда вихідних сигналів регулюється потенціометром R31 УСИЛ.АМПЛ.І, ручка якого виведена під шліц на передню панель блока. З надходженням бланкуючого імпульсу на сітку правого тріода він відкривається, і на сітці лівого тріода, до кола якої ввімкнутий анод правого тріода, створюється негативний потенціал, який закриває лівий тріод і не пропускає НІЗ на вихід каскаду. Діод Д3 на виході каскаду служить для «зрізання» залишків бланкуючих імпульсів, які проникають на вихід.

9.3.3. Вихідний блок ЧПК (блок 33)

Вихідний блок ЧПК разом з блоком другого потенціалоскопа (бл. 34) забезпечує однократну черезперіодну компенсацію пасивних завад у когерентному каналі і автоматичну комутацію виходів амплітудного і когерентного каналів.

Функціональна схема блока наведена на рис. 9.27. До складу блока відповідно до вирішуваних завдань входять компенсаційний пристрій та комутатор каналів.

Компенсаційний пристрій за складом та принципами побудови аналогічний такому ж пристрою у вхідному блоці ЧПК (пор. рис. 9.24 і 9.27). Попередній підсилювач, вхідний пристрій, підсилювач модулюючої частоти, синхронний детектор, фазообертач та підсилювач опорної напруги співпадають до принципіальних схем з такими саме пристроями блока 31. Тому в подальшому будуть розглянуті особливості побудови тільки проміжного підсилювача та випрямляча.

Проміжний підсилювач виконаний на лампі Л4 типу 6Н1П-ЕВ за схемою підсилювача з негативним зворотним зв'язком за напругою і призначений для підсилення двополярних сигналів після синхронного детектора. Коефіцієнт підсилення УСИЛЕНИЕ КОГЕРЕНТ.

регулюється зміною зворотного зв'язку. Відповідне регулювання виведене на передню панель блока.

Випрямляч забезпечує перетворення знакозмінних сигналів синхронного детектора на уніполярні імпульси, тобто виконує операцію $U_{\text{вих}} = |U_{\text{вх}}|$. До складу випрямляча (рис. 9.28) входять фазоінверсний каскад (Л11 – подвійний тріод 6Н1П), діоди Д6...Д9 і вихідний катодний повторювач (права половина лампи Л12 тріода 6Н1П). Випрямляч працює таким чином. При надходженні на вхід позитивних сигналів вони інвертуються лівою половиною лампи Л11, потім ще раз інвертуються правою половиною Л11 і тільки після цього пройдуть через діоди Д6, Д7 і будуть виділені навантажувальним опором R63 (послідовне ввімкнення двох діодів пояснюється недостатньою їх робочою напругою). Вхідні ж сигнали негативної полярності після першого інвертування будуть пропущені діодами Д8, Д9 на навантаження R63. Таким чином, на опорі R63 завжди будуть існувати сигнали тільки позитивної полярності при вхідних сигналах будь-якої полярності. Ці сигнали підсилюються за потужністю катодним повторювачем (Л12а) і надходять далі на комутатор. При випрямленні вхідних сигналів важливою умовою є ідентичність коефіцієнтів підсилення фазоінверсного каскаду для сигналів обох полярностей, хоча тракти проходження цих сигналів різні. Цього можна досягти, якщо коефіцієнт передачі правого інвертора (Л11б) буде дорівнювати одиниці, та ще й бажано, щоб таке значення коефіцієнта передачі підтримувалось автоматично при зміні живлячих напруг, старінні лампи тощо. У зв'язку з цим правий інвертор фазоінверсного каскаду виконаний за схемою підсилювача з самобалансуванням. На сітку правого тріода (див. рис. 9.28) надходить напруга не тільки з анодного навантаження лівого тріода, а й напруга зворотного зв'язку з анодного навантаження правого тріода. Завдяки цьому в схемі автоматично підтримується рівність амплітуд вихідних напруг фазоінверсного каскаду.

Комутатор здійснює автоматичну комутацію сигналів амплітудного та когерентного каналів під впливом строб-імпульсів, які формуються блоком стробів (бл. 36). При дії стробів СтрМ або СтрД на вихід проходять сигнали когерентного каналу, а за їх відсутності – сигнали амплітудного каналу.

Комутатор являє собою (рис. 9.29) два катодні повторювачі, виконані на подвійному тріоді Л5 типу 6Н1П, спільним навантаженням яких є вихідний підсилювач, виконаний на лампі Л6а. Принцип дії комутатора доцільно розглянути разом з роботою вихідного каскаду блока стробів (бл. 36). Тому на рис. 9.29 додатково наведена принципіальна схема цього каскаду, виконаного на подвійному тріоді Л9. Позначення елементів на рис. 9.29 збережене таким, як на принципіальних схемах блоків 33 і 36. Цим пояснюється співпадіння позначень деяких діодів обох блоків.

За відсутності стробів лівий тріод лампи Л9 блока 36 відкритий, анодний струм тече через діод Д4. Потенціал точки А близький до нуля. Тому сигнали когерентного каналу ЕК, підсилені за потужністю катодним повторювачем Л5а, до сітки лампи вихідного підсилювача (Л6а) не дійдуть, а майже повністю виділяться на резисторі R20, бо його опір значно більший від опору відкритого діода Д4. У той саме час при відсутності стробів правий тріод лампи Л9 блока 36 закритий негативною напругою, яка надходить на його сітку через резистор R38. Діод Д5 закритий, і сигнали амплітудного каналу ЕА, підсилені лампою Л5б, через діод Д4 проходять на сітку лампи Л6а вихідного підсилювача. При надходженні стробів СтрМ або СтрД (строби негативної полярності) лівий тріод Л9 блока 36 закривається, а правий тріод відкривається. Відповідно закривається діод Д4 і відкривається діод Д5. Тепер сигнали когерентного каналу ЕК проходять на вихідний підсилювач, а сигнали амплітудного каналу ЕА шунтуються відкритим діодом Д5. При комутації сигналів важливо забезпечити рівність постійних складових на виходах катодних повторювачів Л5а і Л5б, щоб коефіцієнт підсилення сигналів обох каналів підсилювачем Л6а був однаковим, інакше на індикаторі будуть спостерігатися стрибкоподібні зміни рівня шуму (шумової доріжки) при перетинанні лінією розгортки області стробів. Вирівнювання постійних складових здійснюється регулюванням напруги зміщення на сітці Л5а за допомогою потенціометра R19 УРОВЕНЬ.

Кінцевий підсилювач являє собою катодний повторювач, виконаний на лампі Л6б (тріод 6Н1П). З виходу катодного повторювача підсилені за потужністю сигнали ЭЗ («эхо защищенное»), які мають амплітуду 2..3 В, надходять на індикаторну апаратуру на блок відеосигналів (бл. 24).

9.3.4. Блоки потенціалоскопів (блоки 32, 34)

За призначенням та принципами побудови блок першого потенціалоскопа (бл. 32) та блок другого потенціалоскопа (бл. 34) ідентичні і відрізняються лише монтажем модулюючого каскаду. Тому в подальшому буде розглядатися лише блок першого потенціалоскопа (бл. 32).

Блок першого потенціалоскопа працює разом з вхідним блоком ЧПК (бл. 31) і забезпечує черезперіодне віднімання сигналів, які надходять на його сигнальну пластину.

Основу блока (рис. 9.30) становить потенціалоскоп ЛН-9, який у блоці працює в режимі віднімаючого потенціалоскопа. Тому його керуюча сітка заземлена.

Електронну гармату потенціалоскопа утворюють катод, модулюючий електрод та фокусуючий електрод. Ці три електроди живляться від джерела постійної напруги -2000 В через дільник R8, R11, R14, R16, R17, R18, R22. На катод з дільника надходить нерегульована постійна напруга -1700 В. На модулюючий електрод надходять три види напруг. З потенціометра R18 ЯРК через високочастотний фільтр (Др2, Д1, R2, R23) надходить постійна напруга, якою задається величина струму електронного променя (яскравість). З блока спіральної розгортки (бл. 35) на модулюючий електрод через високочастотний фільтр (С1, С2, С3, Др1, R1) надходить імпульс підсвітлення $U_{\text{п}}$, який «відкриває» потенціалоскоп тільки на час робочого ходу розгортки. Від генератора модулюючої напруги надходить змінна напруга частотою 5 МГц і амплітудою 70 В, якою модулюється електронний потік потенціалоскопа. Фільтри в колі яскравості та в колі підсвітлення не допускають проникнення модулюючої напруги до цих кіл. Напруга на фокусуючий електрод надходить з потенціометра R14 ФОКУС.

Напруга на екранну сітку та на колектор надходить від джерела $+200$ В через фільтри Др5, С14, С16.

Відхиляюча система утворена чотирма парами котушок. Котушки L3...L6 забезпечують спіральну розгортку (переміщення) променя по мішені. На них з блока спіральної розгортки надходять напруги горизонтального та вертикального відхилення $U_{\text{Г}}$ та $U_{\text{В}}$. Котушки L7...L10 забезпечують зміщення центру розгортки на мішені. Відповідні напруги на них надходять з дільників R7, R10, R13 і R9, R12, R15. Зміщення по горизонталі регулюється потенціометром R12 ГОРИЗОНТ, а по вертикалі – потенціометром R10 ВЕРТИК.

Генератор модулюючої напруги виконаний за схемою індуктивної триточки на пентоді 6Ж1П-ЕВ. Модулююча напруга амплітудою близько 70 В знімається з коливального контуру, ввімкнутого в коло «керуюча сітка – катод» і надходить на модулюючий електрод потенціалоскопа. Крім того, з анодного контуру генератора знімається модулююча напруга амплітудою 3 В і надходить до вхідного блока ЧПК (бл. 31) як опорна напруга для синхронного детектора.

9.3.5. Блок спіральної розгортки (блок 35)

Блок спіральної розгортки призначений для формування напруг розгортки для відхиляючих котушок потенціалоскопів. Блок має два однакові канали, один з яких живить котушки першого потенціалоскопа (бл. 32), а другий – котушки другого потенціалоскопа (бл. 34).

Як зазначалось у п. 9.3.1, найбільш прийнятною формою розгортки є спіральна форма. При обмежених розмірах мішені (зовнішній діаметр становить 8 см, а внутрішній – 4 см) 10-виткова спіраль має довжину близько 180 см.

Для переміщення променя по зростаючій спіралі необхідно, щоб струми у взаємно перпендикулярних відхиляючих котушках змінювались за законом

$$i_1(t) = Ie^{\alpha t} \cos 2\pi f t, \quad i_2(t) = Ie^{\alpha t} \sin 2\pi f t. \quad (9.12)$$

За таким законом змінюються струми у відхиляючих котушках другого потенціалоскопа. А в котушках першого потенціалоскопа з метою зменшення взаємного впливу відхиляючих напруг струми змінюються за законом

$$i_1(t) = Ie^{-\alpha t} \cos 2\pi f t, \quad i_2(t) = Ie^{-\alpha t} \sin 2\pi f t \quad (9.13)$$

і промінь переміщується по спадаючій спіралі.

Функціональна схема другого каналу блока спіральної розгортки наведена на рис. 9.31.

Імпульс запуску ІЗ запускає через пускову лампу Л1а розширювач (Л2, Л16), який являє собою чекаючий мультівібратор, виконаний на лампах 6Н1П. Розширювач формує два імпульси: один негативної полярності (рис. 9.32, б), а другий – позитивної (рис. 9.32, в), обидва тривалістю близько 4 мс. Тривалість імпульсів може змінюватися регулюванням ДЛИТ.СПИР.2. Імпульс негативної полярності надходить на генератор ударного збудження й управляє його роботою. Імпульс позитивної полярності, підсилений за потужністю катодним повторювачем Л5б, надходить до блока 34 на модулюючий електрод потенціалоскопа як імпульс підсвітлення $U_{\text{п}}$.

Генератор ударного збудження виконаний на лампах Л3, Л4. Тріод Л3 (6Н1П) виконує роль ключа, який закривається імпульсом розширювача. Власне генератор виконаний на лампі Л4 типу 6П1П за схемою індуктивної триточки. Еквівалентна схема генератора наведена на рис. 9.33. Коливальний контур утворюють конденсатор С3 та індуктивності Л4, Л5 вертикальних відхиляючих котушок потенціалоскопа (бл. 34). Резонансна частота контуру підібрана так, що за час дії імпульсу напруга здійснює 7...10 коливань (стільки ж витків буде мати спіраль). Відсутність імпульсу відповідає замкнутому стану ключа КЛ1. При цьому контур виявляється зашунтованим малим внутрішнім опором лампи Л3, і генерація коливань відсутня. З появою імпульсу негативної полярності лампа Л3 закривається, тобто ключ КЛ1 розмикається, і в контурі ударно збуджуються коливання. Струм у контурі при цьому змінюється за законом

$$i_1(t) = Ie^{-\alpha t} \cos 2\pi f t, \quad (9.14)$$

де I – струм, який протікає через відхиляючі котушки при замкнутому ключі. Величиною струму I у цьому випадку визначається зовнішній діаметр спіралі. Ця величина регулюється змінним резистором ДИАМ.СПИР.2, який ввімкнутий у анодне коло лампи Л3. Величина α (затухання в контурі) регулюється потенціометром R16 ШАГ СПИР.2, яким задається величина позитивного зворотного зв'язку в генераторі. Межі регулювання зворотного зв'язку вибрані так, що коливання в контурі можуть мати як затухаючий (рис. 9.32, г, д), так і зростаючий (рис. 9.32, е, ж) характер. Величина α визначає відстань між витками спіралі.

Напруга з контуру генератора, яка змінюється, на відміну від $i_1(t)$, за синусоїдальним законом

$$u_1(t) = I\rho e^{-\alpha t} \sin 2\pi f t, \quad (9.15)$$

де $\rho = \sqrt{\frac{L_{\text{к}}}{C_{\text{к}}}}$ – хвильовий опір контуру, через резистор R15 і потенціометр R14 (ФОРМА

СПИР.) надходить на каскад з трансформаторним виходом (Л5а). Каскад має два протифазні виходи, з яких напруга надходить на двотактний підсилювач, виконаний на тетрах 6П1П (Л6, Л7). До анодних кіл тетродів ввімкнуті горизонтальні відхиляючі котушки Л3, Л6. Застосування двотактного підсилювача з симетричним ввімкненням котушок забезпечує при ідентичності ламп Л6, Л7 відсутність постійної складової струму в котушках. Струм у горизонтальних котушках змінюється за законом

$$i_2(t) = k u_1(t) = k I \rho e^{-\alpha t} \sin 2\pi f t, \quad (9.16)$$

де k – коефіцієнт передачі тракту після генератора ударного збудження (розмірність 1/Ом). Цей коефіцієнт регулюється потенціометром R14 (ФОРМА СПИР.2) так, щоб струм у горизонтальних котушках за амплітудою дорівнював струму у вертикальних котушках.

У цілому застосування однієї з пар відхиляючих котушок (у даному випадку вертикальної) як індуктивності в коливальному контурі генератора ударного збудження

дозволило сформувати для другої пари відхиляючих котушок строго ортогональні коливання струму (пор. вирази 9.14 і 9.16) без застосування фазозсувних кіл.

9.4. Принципи побудови формувача стробів комутації

9.4.1. Датчик азимутальних стробів (блок 58)

Датчик азимутальних стробів призначений для управління каналом формування строб-імпульсів СтрД у режимі місцевого управління. Датчик формує дві керуючі напруги, які визначають азимути центрів двох стробів СтрД та їх азимутальну ширину (азимутальна ширина обох стробів однакова), і надсилає їх до блока стробів (бл. 36). Крім того, в режимі дистанційного управління блок 58 забезпечує передачу до блока 36 таких само керуючих напруг, вироблених у блоці дистанційного управління (бл. 287).

До складу блока 58 (рис. 9.34) входять два сельсин-трансформатори (М1, М2), два підсилювачі напруги (Л1а, Л1б), два детектори (Л2а, Л2б), стабілізатор напруги (Л3, Л4) і реле Р1.

Керуючі напруги формуються за допомогою сельсин-трансформаторів, які працюють від одного спільного датчика, встановленого у блоці серводвигуна ІКО (бл. 59). Якщо ротор сельсин-датчика обертається синхронно і синфазно з антеною станції, то напруга на виході сельсин-трансформатора за принципом дії сельсинної пари змінюється відповідно до закону:

$$u_{\text{вих}}(t) = U \sin \varphi \sin 2\pi f t, \quad (9.17)$$

де φ – кут розузгодження роторів сельсинів;

$f = 400$ Гц – частота напруги збудження сельсинів.

З (9.17) випливає, що за один оберт ротора сельсин-датчика (один оберт антени) вихідна напруга сельсин-трансформатора двічі буде приймати нульове значення (при $\varphi = 0^\circ$ і 180°). Це недопустимо, бо нульовим значенням вихідної напруги сельсин-трансформатора має однозначно визначатися азимут центра стробу СтрД. Для усунення хибного нуля коефіцієнт передачі між валом антени та ротором сельсин-датчика у блоці 59 встановлюється 2:1. При цьому напруга на виході сельсин-трансформатора буде змінюватися (рис. 9.35) за законом:

$$u_{\text{вих}}(t) = U \sin(\varphi/2) \sin 2\pi f t. \quad (9.18)$$

Для встановлення необхідного значення азимута стробів СтрД вісь ротора кожного сельсин-трансформатора механічно зв'язана з вказівною стрілкою, яка розташована над круговою азимутальною шкалою. Азимутальне положення стрілки задається ручкою АЗИМ.ПОМ.І (АЗИМ. ПОМ.ІІ).

Напруга розузгодження з ротора сельсина надходить на керуючу сітку лампи Л1а (Л1б) підсилювача напруги. Одночасно з напругою розузгодження на сітки лампи Л1 надходить напруга зміщення з подвоєного потенціометра R20 (ШИРИНА ПОМЕХ). Цією напругою регулюється рівень відсікання сигналів у підсилювачах, і тому вона відіграє роль порогової напруги $U_{\text{пор}}$ (див. рис. 9.35), якою задається азимутальна ширина одночасно обох стробів СтрД.

З анодного навантаження підсилювачів напруга надходить на детектори Л2, виконані на подвійному діоді 6Х2П-ЕВ. Детектори знімають огинаючу негативної полярності, коли вона нижча від $U_{\text{пор}}$ (див. рис. 9.35). Ця напруга надходить як керуюча напруга до блока 36 і забороняє формування стробів СтрД. Якщо огинаюча перевищує поріг, то на блок 36 надходить нульова напруга, і блок 36 у цьому секторі формує СтрД. Керуюча напруга для формувача першого стробу при місцевому управлінні надходить до блока 36 безпосередньо, а для формувача другого стробу – через перемикач В1, коли він знаходиться у положенні СТРОБ І+ІІ (див. рис. 9.34). У положенні СТРОБ І на формувач другого стробу надходить напруга -150 В і забороняє його роботу. У положенні КОНТР. на цей формувач надходить нульова напруга і він постійно формує СтрД, що потрібно при налаштувальних роботах.

У режимі дистанційного управління (ДУ) на реле Р1 надходить напруга +26 В. Реле спрацьовує, і керуюча напруга на блок 36 надходить з блока дистанційного управління (бл. 287).

9.4.2. Блок стробів (блок 36)

Блок стробів призначений для формування строб-імпульсів СтрД і СтрМ, які забезпечують автоматичну комутацію виходів амплітудного та когерентного каналів у вихідному блоці ЧПК (бл. 33). Блок формує два строби СтрД та один строб СтрМ. Блок може працювати у режимі місцевого управління, при якому параметри стробів (дальність та ширина по дальності) задаються з передньої панелі блока, і в режимі дистанційного управління, при якому параметри стробів задаються з блока дистанційного управління (бл. 287).

Основу блока (рис. 9.36) становлять фантастри, які формують імпульси регульованої тривалості. На функціональній схемі можна визначити два основні канали: канал формування строб-імпульсів СтрД і канал формування строб-імпульсів СтрМ.

9.4.2.1. Канал формування строб-імпульсів СтрД містить каскад співпадання (Л14, Л16), фантастрон «Начало помехи», фантастрон «Строб дипольные» і катодний обмежувач.

Каскад співпадання виконаний на двох пентодах 6Ж2П-ЕВ. На керуючі сітки пентодів надходить імпульс запуску ІЗ від блока хронізації (бл. 25), а на пентодні сітки надходить керуюча напруга АЗИМ.ПОМ.І, АЗИМ.ПОМ.ІІ від датчика азимутальних стробів (бл. 58). За наявності керуючої напруги негативної полярності пентоди закриті, і канал формування строб-імпульсів СтрД не працює. При нульовій керуючій напрузі пентоди відкриваються, і імпульс запуску проходить на фантастрон «Начало помехи».

Фантастрон формує імпульс, задній перепад якого визначає початок стробів СтрД по дальності. Тривалість імпульсу, тобто положення стробів по дальності, регулюється потенціометром R62 НАЧАЛО ПОМЕХИ, а межі цього регулювання задаються потенціометрами R63 НАЧАЛО і R60 КОНЕЦ. Задній фронт цього імпульсу запускає фантастрон «Строб дипольные» і побіжно надходить на блокінг-генератор (Л15, Тр1) для формування регульованого затриманого запуску контрольного осцилографа (бл. 21).

Фантастрон «Строб дипольные» формує імпульс, тривалість якого визначає розмір стробів СтрД по дальності. Протяжність стробів по дальності регулюється потенціометром R3 СТРОБ ДИПОЛЬНЫЕ, а межі цього регулювання задаються потенціометрами R4 НАЧАЛО і R2 КОНЕЦ.

Сформовані строб-імпульси СтрД проходять через катодний обмежувач, де набувають крутих фронтів, і надходять на суматор (Л8) для об'єднання в один канал із стробом СтрМ. Після об'єднання строби надходять на бланкуючу лампу (Л9), основне призначення якої полягає в формуванні пари взаємно інвертованих імпульсів СтрД, СтрМ і $\overline{\text{СтрД}}$, $\overline{\text{СтрМ}}$. Робота бланкуючої лампи розглянута в п. 9.3.3 разом із роботою комутатора.

9.4.2.2. Канал формування строб-імпульсів СтрМ за принципами побудови аналогічний розглянутому. До його складу входять фантастрон «Строб местные» і катодний обмежувач. Фантастрон «Строб местные» запускається імпульсом запуску ІЗ. Протяжність стробу по дальності регулюється потенціометром R10 СТРОБ МЕСТНЫЕ, а межі цього регулювання виставляються потенціометрами R11 НАЧАЛО і R9 КОНЕЦ. Катодний обмежувач має два виходи. З одного виходу строб-імпульси СтрМ надходять на суматор (Л8) для об'єднання із стробами СтрД, а з іншого – на блок кварцових гетеродинів для вимкнення СКДВ у зоні місцевих предметів.

При вмиканні дистанційного управління реле Р1 забезпечує підключення до фантастронів органів управління, які знаходяться в блоці дистанційного управління (бл. 287).

10. ІНДИКАТОРНА АПАРАТУРА

10.1. Загальна характеристика індикаторної апаратури

10.1.1. Призначення та склад індикаторної апаратури

Індикаторна апаратура призначена для відображення повітряної обстановки в зоні виявлення РЛС і визначення двох координат (азимута і похилої дальності) та державної належності (за принципом «свій – чужий») цілей. По постановниках активних шумових завад (ПАЗ) визначається лише азимут при ввімкненні апаратури пеленгування. Крім того, індикаторна апаратура використовується як вимірювальний пристрій при контролі функціонування окремих систем РЛС.

До складу індикаторної апаратури входять основний індикаторний пристрій (індикатор кругового огляду – ІКО) і два виносні індикаторні пристрої (виносні індикатори кругового огляду – ВІКО-1 і ВІКО-2). ІКО знаходиться в напівпричепі АП-1, а обидва ВІКО – у напівпричепі АП-3. За функціональним призначенням ІКО є робочим місцем першого (старшого) оператора, а ВІКО-1 і ВІКО-2 – робочими місцями другого і третього операторів. За принципами побудови і функціонування ІКО і ВІКО є ідентичними, а за складом апаратури дещо відрізняються, що пов'язане із способом надходження сигналів на ІКО і ВІКО (на ІКО всі інформаційні та синхронізуючі сигнали надходять окремо від відповідних систем РЛС, а на ВІКО надходить комплексний сигнал). У подальшому основна увага буде приділена вивченню принципів побудови та функціонування ІКО, а стосовно ВІКО будуть розглянуті лише його особливості.

10.1.2. Структурна схема та принципи функціонування ІКО

Структурна схема індикатора кругового огляду наведена на рис. 10.1. До складу ІКО входять:

- блок трубки (блок 122);
- блок розгортки (блок 123);
- блок відеосигналів (блок 24);
- калібратор (блок міток дальності – блок 29);
- селектор пеленга (блок формування позначок пеленга – блок 344);
- блок спряження (блок 126);
- індикатор контролю (блок 21).

Основу ІКО становить блок трубки. На екрані електронно-променевої трубки формується радіально-кругова розгортка і

відображається радіолокаційна інформація у вигляді позначок цілей, позначок пізнавання, позначок пеленга і масштабної сітки (мітки дальності та азимута). Робота всіх блоків синхронізується імпульсами запуску ІЗ, які надходять з системи хронізації (бл. 25).

Принцип формування радіально-кругової розгортки ґрунтується на використанні в блоці трубки обертальної відхиляючої системи. Тому для створення означеної розгортки достатньо сформувати пилкоподібні імпульси і надіслати їх на відхиляючу систему, яка має обертатися синхронно і синфазно з антеною РЛС. Такі імпульси (U_p), тривалість яких залежить від масштабу, формуються блоком розгортки (бл. 123) і надходять на відхиляючу систему блока трубки. Одночасно з U_p у цьому блоці формується також так звана напруга (імпульси) підсвічування (U_{Π}) прямого ходу променя, яка надходить на прискорюючий електрод трубки і на цей час «відкриває» її. Обертання відхиляючої системи блока трубки здійснюється через шестерневу передачу серводвигуном, який знаходиться в блоці серводвигуна ІКО (бл. 59).

Усі необхідні для відображення радіолокаційної інформації сигнали надходять спочатку на блок відеосигналів (бл. 24). Луна-сигнали (Э – «эх») надходять з вихідного блока ЧПК (бл. 33). Сигнали пізнавання (З – сигнали запитувача) надходять від спряженого з РЛС наземного радіолокаційного запитувача (НРЗ). Мітки азимута (МА-10°, МА-30°) формуються безпосередньо в блоці відеосигналів з напруги, яка надходить від датчика азимутальних імпульсів, розташованого у блоці серводвигуна ІКО (бл. 59). Мітки дальності (МД – 10 км, 50 км, 100 км) формуються калібратором (блоком масштабних міток дальності – бл. 29). У блоці відеосигналів усі ці сигнали об'єднуються в один комплексний сигнал (Є+М+З – «эх + метки + запрос») і надсилаються на керуючий електрод трубки. Сигнали для формування позначки пеленга (П) формуються селектором пеленга з сигналів пеленга, що надходять з блока обробки сигналів пеленга (бл. 384), під впливом допоміжних імпульсів ГПІ та ЕкспГПІ, які виробляються блоком розгортки (бл. 123). Сигнал П «приєднується» (суть цього «приєднування» буде розглянута при вивченні функціональної схеми блока 24) до комплексного сигналу блока 24, і на керуючий електрод трубки надходить повний комплексний сигнал Є+М+З+П.

Формування комплексних відеосигналів для ВІКО та для спряженого КЗА 5Н93М здійснюється блоком спряження (бл. 126). Для цього на блок спряження надходять ті само сигнали, що й на блок 24. З цих сигналів для ВІКО формується один комплексний сигнал, до складу якого входять імпульси запуску ІЗ, луна-сигнали Э, сигнали запитувача З, мітка С («Север») та імпульси пеленга ІмпП, які «приєднуються» до основних сигналів так, як і сигнал П. При цьому ІмпП відрізняються за структурою

та формою від сигналів П. Комплексний сигнал ІЗ+Э+З+С+ІмпП коаксіальним кабелем подається в напівпричеп АП-3. Для КЗА 5Н93М формуються три комплексні сигнали: МД+С – мітки дальності та мітка «Север», МА+З – мітки азимута та сигнали пізнання, Э+ІЗ – луна-сигнали та імпульси запуску. Ці сигнали трьома коаксіальними кабелями подаються на стойку 1РЛ52, яка знаходиться в причепі 5Н45 комплексу 5Н93М. Від КЗА 5Н93М можуть надходити сигнали зовнішнього запуску, які через блок спряження надходять на блок задавального хронізатора (бл. 225).

Контроль сигналів, які надходять на ІКО, здійснюється за допомогою індикатора контролю (бл. 21). Крім того, за допомогою цього блока можна проконтролювати деякі сигнали найбільш важливих систем РЛС, а також будь-які зовнішні сигнали. Основу блока становить осцилограф та елементи комутації сигналів, які контролюються. На блок постійно надходять комплексний сигнал Є+З, мітки дальності МД, сигнал ЭА («эхо амплитудное»), сигнал ЭК («эхо когерентное») та сигнал КВ («компенсация ветра»). На вхід КОНТР. можна подати будь-який зовнішній сигнал. Для контролю сигналів «по дистанції» передбачена затримка запуску осцилографа, для чого на блок 21 подається з блока 36 затриманий імпульс запуску (ІЗ_{ЗАТРИМ.}). Затримка регулюється регулюванням НАЧАЛО ПОМЕХИ на блоці стробів (бл. 36).

10.1.3. Структурна схема та особливості функціонування ВІКО

За принципами побудови виносний індикатор кругового огляду ідентичний ІКО, а за складом апаратури дещо відрізняється. До складу ВІКО (рис. 10.2) входять:

- вхідний блок ВІКО (блок 27);
- блок трубки (блок 122);
- блок розгортки (блок 123);
- блок відеосигналів (блок 24);
- калібратор (блок міток дальності – блок 29);
- селектор пеленга (блок формування позначок пеленга – блок 302);
- індикатор контролю (блок 21).

Таким чином, за складом апаратури ВІКО відрізняється від ІКО тільки тим (пор. рис. 10.1 і 10.2), що у ВІКО використовується свій селектор пеленга (бл. 302) і замість блока спряження (бл. 126) використовується вхідний блок (бл. 27), який виконує функції, протилежні функціям блока 126. Решта блоків і за побудовою, і за функціями ідентичні таким само блокам у складі ІКО.

Особливості функціонування ВІКО пов'язані з тим, що на його вхід через виносний пульт управління (бл. 95) надходить від ІКО комплексний

сигнал $I3+\mathcal{E}+3+C+Imp\P$, який необхідно «розпакувати». Цю функцію виконує вхідний блок ВІКО (бл. 27). Перш за все блок 27 виділяє з комплексного сигналу імпульс запуску $I3$ і надсилає його на відповідні блоки ВІКО та на такий саме блок другого ВІКО. Сигнал $\mathcal{E}+3+C$ надходить на блок відеосигналів (бл. 24), а сигнал $Imp\P$ – на селектор пеленга (бл. 302) для формування позначки пеленга Π . Крім того, вхідний блок ІКО (бл. 27) виконує деякі функції спряження із зовнішніми системами. Так, через блок 27 на спряжені висотоміри надходять мітки дальності МД та мітки азимута МА, а від ВІКО-2 може надходити сигнал зовнішнього запуску (у тому випадку, коли ВІКО-2 підключений до другої РЛС 5Н84А). Сигнали зовнішнього запуску з блока 27 подаються на блок спряження в ІКО тим саме кабелем (див. рис. 10.2), по якому з блока 126 надійшов на ВІКО комплексний сигнал. В усьому іншому принципі функціонування ВІКО ідентичні принципам функціонування ІКО.

На закінчення щодо особливостей функціонування ВІКО необхідно додати, що в системі передачі азимута ВІКО використовується свій блок серводвигуна (бл. 76), а на індикатор контролю постійно надходять лише мітки дальності МД та сигнал $\mathcal{E}+3+C$.

10.2. Блок розгортки (блок 123)

Основним призначенням блока 123 є формування імпульсів трапецеїдальної форми, необхідних для створення радіальної розгортки на екрані трубки. Крім того, блок виробляє низку допоміжних імпульсів, які використовуються у різних блоках індикаторного пристрою для формування сигналів, необхідних при відображенні первинної обстановки на екрані електронно-променевої трубки. Блок забезпечує роботу ІКО в двох режимах: круговому та кільцевому. У режимі кругового огляду забезпечується робота на чотирьох масштабах дальності: 200, 400, 600 і 1200 км. В режимі кільцевого огляду – тільки на масштабі 200 км. При цьому затримка початку розгортки здійснюється ступінчасто через кожні 100 км у межах від 100 до 400 км.

Перш ніж перейти до викладання принципів побудови та функціонування блока розгортки, доцільно розглянути структуру та призначення сигналів, які формуються блоком розгортки.

У режимі кругового огляду блок 123 формує такі сигнали (рис. 10.3):

U_p – імпульси напруги розгортки. Імпульси трапецеїдальної форми (рис. 10.3, б) негативної полярності тривалістю 1,33 мс, 2,66 мс, 4 мс або 8 мс (залежно від масштабу). Імпульси надходять на відхиляючу котушку блока трубки;

U_{Π} – імпульси підсвічування прямого ходу променя (рис. 10.3, в). Імпульси прямокутної форми (тривалість і часове положення цього та наступних імпульсів цілком визначаються імпульсами U_p). Імпульси надходять на прискорюючий електрод трубки і «відкривають» її на час прямого ходу променя;

U_{Φ} – імпульси динамічного фокусування променя. Імпульси трапецеїдальної форми (рис. 10.3, г) позитивної полярності. Імпульси надходять у блок трубки на котушку динамічного фокусування променя;

$U_{\text{пер}}$ – імпульси перекидання. Короткі імпульси, часове положення яких (рис. 10.3, д) відповідає задньому фронту імпульсів U_p . Імпульси надходять у блок відеосигналів (бл. 24) на генератор азимутальних міток і використовуються при формуванні міток МА-10;

ГПІ і ЕкспГПІ – імпульси напруги відповідно прямокутної і експоненціальної форми (рис. 10.3, е). Імпульси надходять у блок 344, де використовуються при формуванні сигналів пеленга.

У режимі кільцевого огляду блок формує такі само імпульси. Але тривалість усіх імпульсів у цьому режимі постійна (рис. 10.4) і становить 1,33 мс (200 км), а їх затримка відносно імпульсу запуску ІЗ може становити 0,66 мс, 1,33 мс, 2 мс або 2,66 мс залежно від вибраної затримки початку розгортки (100, 200, 300 або 400 км). Крім того, в режимі кільцевого огляду додатково до розглянутих сигналів формується так званий імпульс стробу (Імп.стр. – рис. 10.4, ж), який надходить у блок індикатора контролю (бл. 21) на катод трубки контрольного осцилографа і використовується для додаткового підсвічування тієї ділянки дистанції, де існує розгортка.

Функціональна схема блока наведена на рис. 10.5. До складу блока розгортки входять три канали: канал розгортки, канал підсвічування і канал затримки імпульсу запуску.

Канал розгортки призначений для формування такої напруги, при якій би забезпечувався рівномірний рух променя від центра екрана трубки до периферії. В блоці трубки (бл. 122) застосовується трубка з електромагнітною системою відхилення променя. Оскільки відхиляючі котушки мають не тільки активну, а й індуктивну складову опору, то для формування лінійно-зростаючого струму в котушках на них треба подавати напругу трапецеїдальної форми.

Імпульси запуску надходять на канал розгортки через перемикач масштабу В1а-1. При цьому на масштабах 400, 600 і 1200 км на канал надходять незатримані імпульси запуску ІЗ безпосередньо з системи хронізації (бл. 25), а на масштабі 200 км – затримані імпульси від каналу затримки імпульсу запуску.

Імпульси запуску через перемикач В1а-1 надходять на пускову лампу Л1а. Пускова лампа виконує дві функції: порогового пристрою і

обмежувача. Лампа пропускає імпульси, амплітуда яких не менше 10...15 В і обмежує їх, якщо амплітуда імпульсів більше 20..25 В. Завдяки цьому, по-перше, не допускається запуск каналу розгортки випадковими викидами напруги і, по-друге, підвищується стабільність роботи каналу, оскільки амплітуда імпульсів запуску після обмеження є постійною.

Генератор прямокутних імпульсів виконаний на лампах Л1б, Л2 за схемою очікуючого мультивібратора. Генератор формує прямокутні імпульси негативної полярності (рис. 10.6, б), тривалість яких залежить від масштабу. Для цього в коло перезарядження ємності мультивібратора через перемикач масштабів В1б-1 вмикаються потенціометри ДЛИТЕЛЬНОСТЬ 200, 400, 600, 1200, шліци яких виведені на передню панель блока. Прямокутні імпульси використовуються для запуску генератора трапецеїдальних імпульсів, а також надходять до каналу підсвічування. Крім того, ці імпульси використовуються як імпульси ГПІ в блоці 344 при формуванні сигналу пеленга, а також як імпульс стробу (Імп.стр.) у блоці 21 в режимі кільцевого огляду. Для цього Імп.стр. надходить на перемикачі В1в-1 і В3б-1, які здійснюють необхідну комутацію. З кола перезарядження ємності мультивібратора знімається частина напруги і використовується як імпульс ЕкспГПІ у блоці селектора пеленга (бл. 344).

Генератор трапецеїдальних імпульсів виконаний на тріоді Л3а, який відіграє роль ключа в колі заряду ємності С4. У коло заряду ємності С4 ввімкнуті через перемикач масштабу В1а-2, В1б-2 потенціометри МАСШТАБ КОНЕЦ 200, 400, 600, 1200 і МАСШТАБ НАЧАЛО 200, 400, 600, 1200, якими відповідно регулюються крутизна (швидкість) заряду ємності та величина початкового стрибка трапецеїдальної напруги (рис. 10.6, в). Шліци потенціометрів виведені на передню панель блока.

Трапецеїдальна напруга з ємності С4 надходить на двокаскадний підсилювач, виконаний на подвійному тріоді Л4. Для підвищення лінійності наростання трапецеїдальної напруги в підсилювачі застосовується негативний зворотний зв'язок. Підсилені та лінеаризовані трапецеїдальні імпульси надходять на вихідний каскад (Л5). Крім того, ці імпульси використовуються як імпульси динамічного фокусування U_{ϕ} , а також подаються в канал підсвічування на компаратор (Л9) для формування укороченого імпульсу підсвічування в режимі затемнення центра екрана.

Вихідний каскад виконаний на потужному пентоді ГУ-50, в анодне коло якого ввімкнута відхиляюча котушка блока 122. Разом із котушкою вихідний каскад являє собою генератор пилкоподібного струму, що й необхідне для формування радіально-кругової розгортки. Імпульси напруги розгортки U_r надходять також на диференціюючу ланку С15, R58 і після диференціювання (рис. 10.6, г) використовуються як імпульси

перекидання ($U_{\text{пер}}$) генератора азимутальних міток у блоці відеосигналів (бл. 24).

Канал підсвічування формує імпульс підсвічування $U_{\text{п}}$ прямокутної форми амплітудою 700 В. Канал може працювати в двох режимах: у звичайному режимі і в режимі із затемненням центра екрана (такий режим іноді потрібний при фотографуванні екрана для усунення сильного засвічення плівки «трояндою» місцевих предметів). Режим затемнення центра екрана вмикається тумблером В2 ЗАТЕМН.ЦЕНТРА на передній панелі блока.

У режимі без затемнення канал забезпечує підсилення та інвертування імпульсу, виробленого генератором прямокутних імпульсів у каналі розгортки. Для цього імпульси з генератора прямокутних імпульсів надходять через тумблер В2 ЗАТЕМН.ЦЕНТРА в положенні ВЫКЛ і через діодний регульований обмежувач (Д5, R33, R32, С9, Д6) на підсилювач імпульсів підсвічування, виконаний на потужному пентоді Л7 типу ГУ50. Амплітуда імпульсів підсвічування регулюється потенціометром R32 ПОДСВЕТ, яким задається рівень обмеження сигналів, які надходять на лампу Л7. Шліц потенціометра R32 виведений на передню панель блока.

У режимі із затемненням центра (тумблер В2 в положенні ВКЛ.) на підсилювач імпульсів підсвічування надходять сигнали від генератора затриманих прямокутних імпульсів, виконаного на лампі Л8. Генератор являє собою тригер. До високопотенціального стану тригер переводиться заднім перепадом прямокутного імпульсу розгортки, для чого останній пропускається через диференціюючу ланку С10, R41, R42. До низькопотенціального стану тригер переводиться імпульсом, який затриманий відносно переднього фронту імпульсу розгортки. Цей імпульс формується таким чином. Трапецеїдальні імпульси напруги з каналу розгортки (після підсилювача Л4) надходять на компаратор Л9 і порівнюються з постійною напругою, яка знімається з дільника R52, R53 (рис. 10.6, д). Компаратор виробляє імпульс позитивної полярності, якщо напруга розгортки перевищує постійну напругу. Цей імпульс диференціюється ланкою С12, R47 і переднім фронтом переводить генератор затриманих прямокутних імпульсів до низькопотенціального стану. Таким чином, генератор затриманих прямокутних імпульсів формує імпульси негативної полярності, фронт яких на деякий час затриманий відносно фронту імпульсу розгортки (рис. 10.6, е), а кінець співпадає із кінцем розгортки. Величина затримки (зона затемнення) регулюється потенціометром R53 ДЛИТ.ЗАТЕМН., шліц якого виведений на передню панель блока.

Канал затримки запуску забезпечує затримку запуску каналу розгортки на 0,66 мс (100 км), 1,33 мс (200 км), 2 мс (300 км) або 2,66 мс (400 км). Основу каналу становить генератор прямокутних імпульсів

(Л10б, Л11), який являє собою очікуючий мультівібратор. Запускається мультівібратор імпульсом запуску ІЗ, який проходить через пускову лампу ЛЗб (призначення пускової лампи ЛЗб аналогічне призначенню пускової лампи Л1а у каналі розгортки). Зривається робота мультівібратора мітками дальності МД-100. Для цього мітки дальності МД-100 подаються на каскад зривання, який являє собою обмежувач знизу (рис. 10.6, ж). Тобто на вихід проходять тільки ті мітки, амплітуда яких перевищує постійну напругу, яка задається регулюванням ИМП.СРЫВА. Після цього мітки МД-100 подаються у коло перезарядження ємності генератора прямокутних імпульсів (рис. 10.6, і) і повертають мультівібратор до сталого стану. Прямокутні імпульси з виходу мультівібратора проходять через перемикач ВЗа-2 (ЗАДЕРЖКА) і диференціюючу ланку С24, R84. Задній перепад імпульсу (рис. 10.6, к) використовується як затриманий імпульс запуску каналу розгортки при роботі на масштабі 200 км. Величина зарядної ємності мультівібратора змінюється перемикачем ВЗа-1 залежно від величини затримки (100, 200, 300, 400 км). При встановленні перемикача ВЗ у положення 0 генератор прямокутних імпульсів не працює, а в коло запуску каналу розгортки через перемикач ВЗа-2 надходять незатримані імпульси запуску.

10.3. Блок трубки (блок 122)

Блок трубки призначений для безпосереднього відображення повітряної обстановки на екрані електронно-променевої трубки із тривалим післясвіченням. У блоці застосована трубка 45ЛМ1В з магнітними системами відхилення та фокусування променя. Функціональна схема блока наведена на рис. 10.7.

Радіально-кругова розгортка створюється за допомогою обертальної відхиляючої котушки L4, в якій протікає пилкоподібний струм (котушка L4 є навантаженням вихідного каскаду блока розгортки). Резистор R23 шунтує відхиляючу котушку для усунення паразитних коливань. Обертання відхиляючої котушки забезпечується шестерневою передачею, яка пов'язана з валом серводвигуна системи передачі азимута (бл. 59).

Виставлення початку розгортки в центр екрана здійснюється за допомогою двох ортогонально розташованих координатних котушок L3в і L3г. Величина струму в котушках змінюється за допомогою потенціометрів R8 (ВЕРТИК.) і R9 (ГОРИЗОНТ.), які виведені під шліц на передню панель блока.

Система фокусування променя побудована з урахуванням двох обставин. По-перше, при відхиленні променя від центра екрана його фокусування буде порушуватися, оскільки змінюється відстань між

електронною гарматою і точкою на площині екрана. Отже, фокусування променя має постійно корегуватися залежно від положення променя. У зв'язку з цим фокусування променя здійснюється за допомогою двох котушок: котушки статичного і котушки динамічного фокусування. Основну роботу щодо збирання електронного променя в пучок виконує котушка статичного фокусування, яка забезпечує фокусування променя в статичному стані, зокрема, при положенні променя в центрі екрана. Корегування фокуса при відхиленні променя від центра екрана здійснює котушка динамічного фокусування, на яку має надходити напруга, пропорційна напрузі відхилення. По-друге, при зникненні напруги розгортки, коли промінь діє в одну точку, може прогоріти люмінофор. Для запобігання цьому промінь має бути автоматично розфокусованим із зникненням напруги розгортки.

Статичне фокусування променя здійснюється котушкою L2, яка ввімкнута в анодне коло пентодів Л1 і Л3. На керуючі сітки ламп подається сума двох напруг: постійна негативна напруга з дільника R10, R24, R22, R1, R2, R21 і позитивна напруга, яка утворюється після випрямлення та згладження ланцюгом ДЗ, С4 позитивних імпульсів розгортки (імпульсів фокусування U_{Φ}), які надходять з блока розгортки (бл. 123). У результаті на керуючих сітках ламп Л1, Л3 при нормальній роботі блока розгортки виникає невелика позитивна напруга. Лампи відкриті, і через котушку статичного фокусування L2 тече струм. Величина струму регулюється потенціометром R19 ФОКУС, ручка якого виведена на передню панель блока. При зникненні трапецеїдальних імпульсів розгортки лампи Л1 і Л3 закриються. Фокусування променя порушиться, і прогорання люмінофору не буде.

Динамічне фокусування здійснюється котушкою L1. Через котушку L1 протікає пилкоподібний струм при дії трапецеїдальної напруги U_{Φ} (котушка L1 ввімкнута в коло катодного навантаження вихідного каскаду блока розгортки), і фокусування променя зберігається при його відхиленні від центра екрана. Величину струму в котушці динамічного фокусування можна змінювати потенціометром R2. Це регулювання є технологічним, знаходиться усередині блока і використовується при заміні електронно-променевої трубки.

Формування електронного променя здійснюється за допомогою катода непрямого розжарювання, прискорюючого електрода та анода, а управління потужністю променя здійснюється за допомогою керуючого електрода. Катод знаходиться під нульовим потенціалом, а на анод подається напруга +12 кВ. У початковому стані (до початку розгортки) на прискорюючий електрод трубки з блока 123 надходить напруга +200 В, а на керуючий електрод подається негативна напруга з дільника R7, R11, R15, R25, величина якої регулюється потенціометрами R11 (ЯРКОСТЬ) і

R15 (ОГР. ЯРК.), виведеними на передню панель блока. При цьому трубка залишається «закритою». Під час прямого ходу променя в блоці розгортки формується імпульс підсвічування $U_{\text{п}}$, який надходить на прискорюючий електрод і підвищує його потенціал до 700 В, завдяки чому трубка переходить до режиму, близького до «відкритого». Комплексний сигнал первинної радіолокаційної обстановки $\mathcal{E}+\text{М}+\text{З}+\text{П}$ з блока відеосигналів (бл. 24) надходить на керуючий електрод трубки через перехідну ланку СЗ, R27, R14, С2 і «відкриває» трубку. Діоди Д2, Д5 забезпечують швидке відновлення (розряд) конденсатора СЗ після закінчення дії комплексного сигналу.

Діод Д1 і конденсатор С1 у колі живлення прискорюючого електрода усувають спалахи на екрані трубки при вимкненні апаратури або раптовому зникненні напруги. Справа в тому, що при вимкненні апаратури напруга +12 кВ ще деякий час діє, а напруга –150 В зникає майже миттєво і, якщо б ланка Д1, С1 була відсутня, то це призвело б до сильного збільшення електронного потоку і до прогорання люмінофора. Величина ємності конденсатора С1 така (2 мкФ), що постійна його розрядження через резистори R7, R11, R15, R25 більша, ніж час існування напруги анода.

10.4. Блок відеосигналів (блок 24)

Блок відеосигналів призначений для підсилення відеосигналів (луна-сигналів та сигналів пізнавання), формування міток азимута і змішування луна-сигналів ($\mathcal{E}$), міток азимута (МА), міток дальності (МД), сигналів пізнавання (З – сигнал запитувача) та сигналів пеленга (П) в один комплексний сигнал $\mathcal{E}+\text{М}+\text{З}+\text{П}$ перед їх подачею на керуючий електрод трубки. Функціональна схема блока наведена на рис. 10.8.

Блок відеосигналів використовується як у ІКО, так і в ВІКО. При використанні блока у складі ВІКО порядок підключення і тракти проходження луна-сигналів ($\mathcal{E}$) та сигналів запитувача (З) у блоці залежать від того, спряжена РЛС 5Н84А з КЗА 5Н93М чи ні (спряження з КЗА 5Н93М здійснюється через апаратуру 1РЛ52, яка знаходиться в причепі 5Н45М КЗА 5Н93М). Режим роботи блока 24 задається перемикачем В1 (ІКО и ВІКО без 1РЛ52 – ВІКО с 1РЛ52), який знаходиться на передній панелі блока. В подальшому буде розглядатися робота блока в основному режимі, тобто в режимі «ІКО и ВІКО без 1РЛ52», а особливості проходження сигналів у режимі «ВІКО с 1РЛ52» будуть розглянуті окремо.

Режим змішування сигналів задається перемикачем В2 ($\mathcal{E}$ - $\mathcal{E}+\text{М}$ - $\mathcal{E}+\text{М}+\text{З}$ - $\text{М}+\text{З}$). У положенні $\mathcal{E}$ на вихід блока (а, отже, і на відображення)

надходять тільки луна-сигнали; в положенні $\mathcal{E}+\mathcal{M}$ – луна-сигнали та мітки азимута і дальності; в положенні $\mathcal{E}+\mathcal{M}+\mathcal{Z}$ – луна-сигнали, мітки азимута і дальності та сигнали запитувача; в положенні $\mathcal{M}+\mathcal{Z}$ – мітки азимута і дальності та сигнали запитувача. Сигнал пеленга (Π), оскільки він приміщується вже на виході блока, надходить тільки тоді, коли ввімкнута апаратура пеленгування.

Функціонування блока доцільно розглянути окремо по трактах проходження сигналів: тракт луна-сигналів, тракт сигналів запитувача, тракт формування міток азимута і тракт міток дальності.

Луна-сигнали $\mathcal{E}$ при використанні блока у складі ІКО надходять від вихідного блока ЧПК (бл. 33) на фішку $\Phi 4$ і далі через перехідні конденсатори C_{12} , C_{10} і перемикач режимів змішування – на відеопідсилювач ($L6$). Крім того, вхідні луна-сигнали через інвертор, виконаний на лампі $L9$, надходять на індикатор контролю (бл. 21). Тумблер $B3$ КОНТРАСТНО, ввімкнутий паралельно конденсатору C_{10} , зменшує величину сумарної перехідної ємності і тим самим зменшує постійну часу перехідної ланки (C_{12} , C_{10} , R_{32} , R_{34}). Фактично вмикається режим часткового диференціювання луна-сигналів. При цьому позначки від цілей на екрані стають по дальності вужчими й чіткішими, але за потужними сигналами може спостерігатися так звана «тіньова яма». Цей режим використовується при визначенні кількості літаків у групі. Але користуватися ним треба обережно, оскільки при наявності у групі різновеликих цілей (бомбардувальник і крилата ракета) позначка від малорозмірної цілі може бути подавлена.

Рівень луна-сигналів у тракті задається двома регулюваннями. Оперативне регулювання здійснюється ручкою УСИЛЕНИЕ (R_{34}), а додаткове – регулюванням УРОВЕНЬ ЯРКОСТИ, яке виведене «під шліц».

Підсилені луна-сигнали надходять на імпульсний змішувач ($L76$, $L8$), на який надходять також сигнали з інших трактів. Імпульсний змішувач являє собою три катодні повторювачі, які працюють на спільне навантаження R_{46} , з якого й знімаються змішані сигнали і подаються на блок трубки (бл. 122). Четвертий катодний повторювач знаходиться в блоці 344, де формується сигнал пеленга (Π), і також працює на спільне навантаження R_{46} .

Сигнали $\mathcal{Z}$ надходять від наземного радіолокаційного запитувача ($HP3$) через фішку $\Phi 5$ на змішувач сигналів ($L1$). На другий вхід змішувача через фішку $\Phi 6$ надходять імітовані сигнали запитувача $\mathcal{Z}_{\text{ИМИТ}}$. Змішувач виконаний на подвійному тріоді і являє собою два катодні повторювачі, які працюють на спільне навантаження. З виходу змішувача сигнали через перемикач Вкл $HP3$ (перемикач знаходиться на пульті управління вмиканням запитувача і кріпиться на блоці 122) і через перемикач режимів змішування $B2a-2$ надходять на відеопідсилювач ($L7a$).

Підсилені сигнали 3 через перемикач В1 у положенні «ІКО и ВІКО без 1РЛ52» надходять на відеопідсилювач, виконаний на лампі Л6, де змішуються з луна-сигналами.

Формування міток азимута здійснюється так, щоб вони існували тільки під час прямого ходу променя. Тобто напруга міток азимута має форму імпульсів, фронт яких співпадає з імпульсом запуску, а спад – з кінцем розгортки. Цим і визначається структура тракту формування міток азимута.

Через каскад співпадання (Л2а) імпульси запуску ІЗ проходять лише тоді, коли замикаються контакти датчика 10° міток у блоці серводвигуна ІКО (бл. 59) або у блоці серводвигуна ВІКО (бл. 76). Оскільки час замикання контактів датчика залежно від швидкості обертання антени становить кілька десятків мілісекунд (при 6 об/хв цей час становить близько 20 мс), то на вихід каскаду співпадання проходять 4...5 імпульсів запуску і надходять на генератор МА- 10° (Л2б, Л3, Л4а).

Генератор являє собою очікуючий мультивібратор із спеціальною схемою затягування процесу відновлення до 50...60 мс. Завдяки цьому генератор запускається тільки першим імпульсом запуску і перекидається до початкового стану першим імпульсом перекидання $U_{\text{пер}}$, який надходить з блока розгортки (бл. 123) і відповідає кінцю розгортки. Після цього мультивібратор протягом 10...12 тактів зондування залишається закритим. Таким чином, генератор МА- 10° при кожному замиканні контактів датчика формує лише один імпульс, тривалість якого дорівнює тривалості розгортки.

Мітки МА- 10° надходять на каскад виділення 30° міток (Л4б, Л5). Каскад являє собою катодний повторювач. Коефіцієнт передачі катодного повторювача при замиканні контактів датчика 30° -міток у блоці 59 або 76 близький до 1, а при розімкнутих контактах визначається регулюванням 10° ОТМ.АЗИМ., яке виведене на передню панель блока. Цим регулюванням установлюється необхідна контрастність відображення міток МА- 10° і МА- 30° . Азимутальні мітки МА- 10° і МА- 30° через перемикач режимів змішування В2б-1 надходять на другий вхід імпульсного змішувача (Л7б, Л8). Потенціометром R53 ОТМ.АЗИМ. задається напруга зміщення на вході змішувача, і цим регулюється амплітуда азимутальних міток. Крім того, мітки азимута з виходу каскаду виділення надходять на блок спряження (бл. 126).

Мітки дальності надходять з блока 29 двома лініями: МД-10, 50,100 і МД-50, 100. Перемикачем В4 ОТМ.ДАЛЬН. здійснюється вибір відповідних міток. Через перемикач режимів змішування В2б-2 мітки дальності надходять на третій вхід імпульсного змішувача. Потенціометром R52 ОТМ.ДАЛЬН. задається напруга зміщення на вході змішувача, і цим регулюється амплітуда міток дальності.

На закінчення розглянемо особливості функціонування блока в режимі роботи «ВІКО с 1РЛ52». У цьому режимі основний вхід луна-сигналів (фішка Ф4) не використовується, а луна-сигнали Э подаються на фішку Ф6, куди в основному режимі подавались імітаційні сигнали запитувача. Сигнали Э і сигнали З змішуються лампою Л1 і через перемикач режимів змішування В2а-2, відеопідсилювач (Л7а) і перемикач В1 надходять уже як комплексний сигнал Э+З до основного тракту проходження луна-сигналів. Далі тракт проходження сигналу Э+З аналогічний тракту проходження сигналу Э в основному режимі. Крім того, в цьому режимі сигнал Э+З з виходу змішувача сигналів (Л1) може надходити через роз'єднувач Ш1/6 на ВІКО-2. Тракти проходження міток азимута і міток дальності залишаються такими, як і в основному режимі.

10.5. Блок масштабних міток дальності (блок 29)

Призначення блока очевидне з його назви. Блок формує основну послідовність міток з часовим інтервалом 66,6(6) мкс, що відповідає відстані 10 км (мітки МД-10). Мітки дальності іноді називають калібраційними. Тому блок у технічному описі називається калібратором. З основної послідовності міток додатково формуються мітки МД-50 і МД-100. На системи та пристрої РЛС надсилаються суміші міток у різних комбінаціях, залежно від потреб.

Принцип формування міток полягає в тому, що в кожному такті зондування запускається генератор ударного збудження, який формує радіоімпульс з частотою коливань 15 кГц (рис. 10.9, в). Тривалість імпульсу не менша 4 мс. З цих коливань шляхом підсилення й обмеження формується меандр (рис. 10.9, г). Після диференціювання меандра позитивні імпульси використовуються як мітки дальності МД-10 (рис. 10.9, д).

Означеним принципом формування міток визначаються склад та порядок функціонування блока (рис. 10.10).

Імпульси запуску ІЗ надходять на обмежувач (Л1а), який забезпечує обмеження імпульсів запуску «знизу» і «зверху». Фактично обмежувач виконує дві функції: порогового пристрою й обмежувача. Завдяки цьому, по-перше, не допускається запуск каналу розгортки випадковими викидами напруги і, по-друге, підвищується стабільність роботи каналу, оскільки амплітуда імпульсів запуску після обмеження стає постійною. Оброблені таким чином імпульси запуску надходять на генератор прямокутних імпульсів (Л1б, Л2), виконаний за схемою очікуючого мультівібратора. Генератор формує імпульс негативної полярності Стр600 (див. рис. 10.9, б) тривалістю близько 4 мс. Тривалість імпульсу

розрахована на максимальний масштаб 600 км і може регулюватися в невеликих межах зміною величини опору потенціометра R8 (ОТМЕТКИ КОЛИЧ.) у колі заряду ємності мультивібратора. При ввімкненні масштабу 1200 км (команда надходить з блока розгортки) спрацьовує реле P1 і в коло заряду ємності мультивібратора додатково вмикаються опори R68, R69 (реле P1, крім того, видає команду в блок 25 на вмикання другої частоти повторення імпульсів запуску $F_{П2}=95$ Гц і команду в блок високовольтного випрямляча на відповідну комутацію кіл живлення модулятора). Тривалість імпульсу збільшується до 8 мс. Імпульс Стр600 використовується перш за все для запуску генератора ударного збудження, а також при роботі інших пристроїв блока. Крім того, цей імпульс надходить у блок селектора пеленга (бл. 344 або бл. 302), де використовується при формуванні позначки пеленга.

Генератор ударного збудження виконаний на подвійному тріоді ЛЗ типу 6Н1П-ЕВ. Лампа ЛЗа відіграє роль ключа, а власне генератор виконаний на лампі ЛЗб за схемою індуктивної триточки. Коливання з генератора ударного збудження надходять на катодний повторювач і обмежувач (Л4), які формують меандр (див. рис. 10.9, г).

Генератор міток МД-10 являє собою загальмований блокінг-генератор із малим часом відновлення (менше 66,6 мкс) та з диференціюючою ланкою на вході. Завдяки цьому блокінг-генератор формує потужні короткі прямокутні імпульси, які співпадають із фронтами меандра (див. рис. 10.9, д). Ця послідовність використовується як мітки дальності МД-10 і через перехідну ланку С23, R43 надходить на перший вхід змішувача міток (Л11, Л12а). Сюди ж надходить негативна напруга зміщення з потенціометра R44 (АМПЛИТУДА 10), яким регулюється амплітуда міток МД-10.

Мітки дальності 50 км і 100 км формуються з основної послідовності шляхом ділення, тобто для формування міток МД-50 необхідно виділити кожний п'ятий імпульс з основної послідовності, а для формування міток МД-100 – кожний десятий з основної послідовності або кожний другий з послідовності МД-50. Оскільки перший імпульс послідовності МД-10 відповідає нульовому значенню дальності, то його з процесу ділення необхідно вилучити, інакше масштабна сітка зсунеться на 10 км до центра екрана. Тому перед подачею на дільники частоти послідовність МД-10 пропускається через каскад бланкування (Л6), на бланкуючий вхід якого надходить через диференціюючу ланку С10, R28 імпульс Стр600. У результаті на вихід каскаду бланкування перший імпульс послідовності МД-10 не проходить (рис. 10.9, е).

Блокінг-генератор (Л5б) відновлює потужність і форму імпульсів МД-10, децю порушених каскадом бланкування, і надсилає імпульси на дільник частоти 1:5 (Л7, Л8).

Дільник частоти 1:5 виконаний за схемою загальмованого блокінг-генератора з накопичувальною ємністю на вході. Характер зміни напруги на накопичувальній ємності такий (рис. 10.9, ж), що тільки з надходженням кожного п'ятого імпульсу МД-10 блокінг-генератор відкривається і формує імпульс МД-50 (рис. 10.9, з). Коефіцієнт ділення регулюється вибором початкового зміщення на вході блокінг-генератора регулюванням ОТМЕТКИ 50. Такий режим роботи дільника 1:5 зберігається протягом дії імпульсу Стр600, який надходить на блокінг-генератор з генератора прямокутних імпульсів. Після закінчення дії імпульсу Стр.600 блокінг-генератор переводиться до закритого стану. З виходу дільника 1:5 мітки дальності МД-50 через перехідну ланку С18, R48 надходять на другий вхід змішувача міток МД-10, 50, 100 (Л11, Л12а) і на перший вхід змішувача міток МД-50, 100 (Л12б, Л13а). На ці ж входи надходить негативна напруга зміщення з потенціометра R47 (АМПЛИТУДА 50), яким регулюється амплітуда міток МД-50.

Формування міток дальності МД-100 здійснюється з послідовності міток МД-50 за допомогою дільника частоти 1:2 (Л9, Л10), принцип побудови та функціонування якого аналогічний дільнику 1:5. З виходу дільника 1:5 мітки МД-100 через перехідну ланку С24, R46 надходять на змішувачі. Амплітуда цих міток регулюється потенціометром R45 (АМПЛИТУДА 100). Крім того, мітки МД-100 безпосередньо з виходу дільника 1:2 через катодний повторювач (Л13б) надходять на блок розгортки (бл. 123) і блок обробки сигналів пеленга (бл. 384).

Суміші міток МД-10, 50, 100 (рис. 10.9, к) і МД-50, 100 надходять на блок відеосигналів (бл. 24) і на блок контролю (бл. 21).

10.6. Селектор пеленга ІКО (блок 344) і ВІКО (блок 302)

Блок 344 призначений для формування зручних для спостереження на ІКО позначок пеленга на постановники активних шумових завад по сигналах, які надходять від блока обробки сигналів пеленга (бл. 384). Крім того, блок кодує сигнали пеленга так, щоб їх можна було передати у складі комплексного сигналу на ВІКО.

Функціональна схема селектора пеленга ІКО наведена на рис. 10.11. До складу блока входять три функціонально обособлені канали: канал селектора пеленгаційного сигналу, канал спряження і канал формування позначки пеленга.

Канал селектора пеленгаційного сигналу перетворює потенціальний сигнал пеленга, який надходить з блока 384, на імпульсний. Для цього на селектор (Л1), який фактично являє собою схему співпадання, надходять з блока міток дальності (бл.29) імпульси Стр600

(рис. 10.12, б), а з блока обробки сигналів пеленга (бл. 384) – сигнали пеленга СигнП (рис. 10.12, в). Сигнали пеленга СигнП являють собою практично потенціальні сигнали з короткими розривами (див. рис. 10.12, в) у кожному такті зондування (розриви відповідають відстані 400...420 км, на цьому проміжку блок 384 здійснює аналіз рівня завад в основному та допоміжних приймальних каналах). Таким чином, на вихід селектора за наявності сигналу пеленга проходить спад імпульсу Стр600. Після інвертування каскадом Л2а цей імпульс запускає тригер, виконаний на лампах Л3, Л4. Повернення тригера до початкового стану здійснюється наступним імпульсом запуску ІЗ, який надходить з блока 25 (див. рис. 10.11). В результаті тригер за наявності сигналу СигнП формує в кінці кожного такту зондування позитивний імпульс тривалістю 1,26 мс (рис. 10.12, г). Цей імпульс підсилюється катодним повторювачем (Л12а) і надходить на канал спряження і на канал формування позначки пеленга.

Канал спряження здійснює найпростіше імпульсно-часове кодування сигналу, сформованого каналом селектора пеленгаційного сигналу, для передачі його у складі комплексного сигналу на ВІКО. Кодування здійснюється таким чином. Блокінг-генератор (Л8), який працює в загальмованому режимі, запускається фронтом перетворюваного імпульсу і формує короткий потужний імпульс (рис. 10.12, д). Цей імпульс надходить на перший вхід вихідного підсилювача безпосередньо, а на другий – через лінію затримки Л31. Внаслідок цього формується подвоєний сигнал ІмпП (рис. 10.12, е), який надходить у кабельну лінію і примішується до комплексного сигналу, що видається на ВІКО.

Канал формування позначки пеленга призначений для формування незалежно від масштабу роботи ІКО позначки пеленга шириною по дальності приблизно 5...6 км у кінці розгортки, тобто на периферії екрана. Принцип формування такої позначки пеленга полягає в порівнянні амплітуди експоненціального імпульсу розгортки ЕкспГПІ (рис. 10.12, ж), який формується в блоці розгортки, з пороговою напругою. Як тільки імпульс ЕкспГПІ перевищить порог, формується допоміжний імпульс СтрП (рис. 10.12, і), який за наявності сигналу пеленга пропускається на вихід як позначка пеленга П (рис. 10.12, л). Зазначеним принципом визначається функціональний склад каналу формування позначки пеленга.

Основу каналу становить формувач СтрП (Л7), на вхід якого надходить імпульс ЕкспГПІ. Поріг порівняння, а, отже, і ширина позначки пеленга по дальності, задається потенціометром R43 ШИРИНА П. Прямокутний негативний імпульс ГПІ після інвертування лампою Л2б стає позитивним і відіграє допоміжну роль дозволяючого імпульсу, на час дії якого дозволяється робота формувача. Імпульси СтрП необхідно пропускати на вихід блока тільки тоді, коли є пеленгаційний сигнал

СигнП. Для цього імпульси СтрП надходять на тригер (Л5, Л6), на другий вхід якого надходять імпульси з виходу катодного повторювача Л12а (див. рис. 10.12, г). За наявності СигнП тригер буде періодично змінювати свій стан і формувати таким чином позитивні імпульси (рис. 10.12, к), які після катодного повторювача (Л11а) надходять на селектор (Л10) і дозволяють проходження через селектор імпульсів СтрП. Ці імпульси і будуть формувати позначку пеленга на екрані. При проходженні через селектор імпульси СтрП набувають негативної полярності, і для відновлення полярності необхідний інвертор (Л11б). Після інвертування імпульси посилюються катодним повторювачем (Л12б) і надходять на змішувач (Л13а). Амплітуда вихідних імпульсів П (яскравість позначки пеленга на екрані) регулюється потенціометром R82 ЯРКОСТЬ. Змішувач Л13а являє собою також катодний повторювач, навантаження R46 якого знаходиться в блоці відеосигналів (див. рис. 10.8) і є спільним навантаженням таких само катодних повторювачів у блоці 24. Таким чином, завдяки змішувачу Л13а сигнал позначки пеленга П примішується до решти відеосигналів і надходить на блок трубки.

Селектор пеленга ВІКО (бл. 302) за принципами побудови аналогічний блоку 344, але за структурою має деякі відмінності. По-перше, канал селектора пеленгаційного сигналу відсутній, оскільки операція селекції була здійснена в блоці 344. По-друге, замість каналу спряження є канал декодування сигналів ІмпП. Цей канал виконує функції, зворотні функціям каналу спряження. Канал формування позначки пеленга повністю аналогічний такому само каналу в блоці 344.

10.7. Блок спряження (блок 126)

Блок спряження призначений для формування комплексних відеосигналів, які передаються на ВІКО або на спряжений КЗА 5Н93М. Крім того, блок використовується для прийому імпульсів зовнішнього запуску, які надходять від другої РЛС або від КЗА через ВІКО на синхронізатор.

При спряженні з ВІКО блок формує один комплексний сигнал $IЗ+Э+З+ІмпП+С$, який являє собою суміш імпульсів запуску ІЗ, луна-сигналів Э, сигналів запитувача З, імпульсів пеленга ІмпП та азимутальних міток «Север». Комплексний сигнал коаксіальним кабелем передається на ВІКО. Від ВІКО цим же кабелем надходить на блок 126 імпульс зовнішнього запуску.

При спряженні з КЗА 5Н93М блок формує і передає на стойку спряження 1РЛ52 трьома кабелями відповідно три групи комплексних сигналів:

ІЗ+Э – суміш імпульсів запуску ІЗ і луна-сигналів Э;
МД-10+МД-50+С – суміш міток дальності 10 км, міток дальності 50 км та мітки «Север»;

МА+З – суміш міток азимута та сигналів запитувача.

Від стойки 1РЛ52 на блок 126 окремим кабелем надходить суміш імпульсів зовнішньої синхронізації та імпульсів бланкування, які використовуються для запирання приймача на дальностях більших, від 400 км.

Загальний принцип функціонування блока полягає в змішуванні сигналів на спільному навантаженні з використанням їх амплітудних, часових та знакових розбіжностей. Для цього на блок спряження від відповідних блоків та систем РЛС надходять необхідні сигнали. Часова структура сигналів лишається незмінною, а амплітуда та полярність сигналів змінюються так, щоб надати їм необхідних розбіжностей.

Зазначеним переліком комплексних сигналів та принципом їх формування визначається функціональний склад блока (рис. 10.13). До складу блока входять:

- канал комплексного сигналу;
- канал міток дальності та мітки «Север»;
- канал азимутальних міток і сигналів запитувача;
- канал бланкування та синхронізації.

Як уже зазначалося, блок може видавати сигнали або на ВІКО, або на 5Н93М. Відповідний режим спряження задається перемикачем В1 (ВІКО – 1РЛ52) на передній панелі блока. При спряженні з ВІКО працюють тільки канал комплексного сигналу та канал бланкування і синхронізації. При спряженні з 5Н93М працюють усі канали. Вимикання непотрібних каналів у режимі спряження з ВІКО здійснюється шляхом зняття перемикачем В1 напруги розжарювання ~6,3 В з ламп відповідних каналів, а комутація сигналів у каналах здійснюється контактами реле Р2, яке також вмикається перемикачем В1. На рис. 10.13 положення перемикача В1 і контактів реле Р2 відповідає режиму спряження блока з ВІКО.

10.7.1. Функціонування блока 126 при спряженні з ВІКО

Канал комплексного сигналу при спряженні з ВІКО формує комплексний сигнал ІЗ+Э+З+ІмпП+С, структура якого наведена на рис. 10.14, а. Для розділення сигналів на приймальній стороні використовуються їх амплітудні та часові розбіжності. Найпотужнішим імпульсом, амплітуда якого становить від 80 до 150 В, є імпульс запуску ІЗ. За цією ознакою він відокремлюється від решти сигналів на приймальній стороні (у блоці 27). Луна сигнали Э, сигнали запитувача З та

азимутальну мітку «Север» розділяти і перетворювати необхідності немає. Вони після підсилення в блоці 27 надходять по тракту сигналів Э у блок 24 ВІКО. Подвоєний імпульс пеленга ІмпП передається на неробочій ділянці такту зондування (із затримкою на 4 мс відносно імпульсу запуску). За цією ознакою він виділяється в блоці 302 і з нього формується сигнал позначки пеленга. Азимутальна мітка «Север» формується в одному з тактів зондування, коли антена напрямлена на північ. Мітка «Север» являє собою серію імпульсів амплітудою 40...50 В і частотою надходження 45 кГц (див. рис. 10.14, а).

Формування комплексного сигналу здійснюється шляхом змішування відповідним чином підсилених та перетворених вхідних відеосигналів.

Луна-сигнали Э негативної полярності надходять з блока 33 через фішку Ф3 на катодний повторювач (Л1а). Підсилення катодного повторювача можна змінювати регулюванням УСИЛЕНИЕ. З виходу катодного повторювача сигнали надходять на підсилювач (Л1б) і потім на вихідний каскад (Л2). Вихідний каскад являє собою потужний катодний повторювач, навантаженням якого є резистор R13.

Імпульси запуску ІЗ позитивної полярності надходять з синхронізатора на катод тріода Л8б і після нього – на формувач потужних імпульсів запуску (Л3). Формувач виконаний на тиратроні ТГИ1-3/1. За відсутності імпульсів запуску тиратрон знаходиться в закритому стані. З появою позитивного імпульсу запуску тиратрон відкривається і формує потужний імпульс (80...150 В) з крутими фронтами і спадом. Навантаженням тиратрона є резистор R13.

Сигнали запитувача З надходять через фішку Ф2 на підсилювач (Л8а), а з нього через замкнуті контакти реле Р2а і діод Д1 – на вхід підсилювача (Л1б) до тракту луна-сигналів, де й змішуються з ними.

Мітка «Север» формується за допомогою блокінг-генератора (Л12а). Параметри блокінг-генератора підібрані так, щоб він працював в автоколивальному режимі і генерував імпульси негативної полярності з частотою надходження 45 кГц. Але в такому режимі блокінг-генератор буде працювати при виконанні двох умов: при наявності міток азимута МА, які формуються в блоці 24 і надходять на блокінг-генератор через катодний повторювач (Л12б), і при наявності напруги з датчика імпульсу С, який розташований у блоці серводвигуна ІКО (бл. 59). За відсутності однієї з напруг блокінг-генератор працювати не буде. Оскільки мітка азимута МА являє собою позитивний відеоімпульс, рівний за тривалістю одному такту зондування, а імпульс С з'являється один раз за оберт антени, то блокінг-генератор (Л12а) сформує мітку «Север» у вигляді серії імпульсів у межах одного такту зондування (див. рис. 10.14, а) один раз за оберт антени. З виходу блокінг-генератора мітка «Север» через діоди Д7 і

Д1 надходить на підсилювач (Л11б) до тракту луна-сигналу і змішується з ним. Мітка «Север» при необхідності може бути відключена тумблером В2 (ОТМ.СЕВЕР – ВЫКЛ.). Появу імпульсу С можна контролювати візуально за допомогою лампочки ЛН1 ОТМ.СЕВЕР.

Імпульси пеленга ІмпП безпосередньо до блока 126 не заводяться. Вони надходять з блока 344 прямо в кабель, по якому передається комплексний сигнал.

Канал бланкування та синхронізації при спряженні блока 126 з ВІКО працює таким чином. Імпульс зовнішнього запуску надходить від ВІКО на фішку Ф1 тим же кабелем, яким комплексний сигнал передається на ВІКО. Імпульс має негативну полярність і проходить через діоди Д3, Д4 на вхід підсилювача (Л11б), а з нього – на катодний повторювач (Л11а). Підсилений імпульс як імпульс зовнішньої синхронізації через контакти реле Р2в надходить на систему хронізації (бл. 225).

Канал міток дальності та мітки «Север» і канал азимутальних міток та сигналів запитувача не працюють, бо на лампи пристроїв цих каналів не надходить напруга розжарювання ~6,3 В.

10.7.2. Функціонування блока 126 при спряженні з 5Н93М

При спряженні з КЗА 5Н93М перемикач В1 на блоці 126 переводиться в положення 1РЛ52. При цьому вмикається реле Р2, і на лампи пристроїв каналу міток дальності і мітки «Север» та каналу азимутальних міток і сигналів запитувача надходить напруга розжарювання ~6,3 В.

Канал комплексного сигналу при спряженні з 5Н93М формує комплексний сигнал ІЗ+Э, структура якого наведена на рис. 10.14, б. Сигнали запитувача З та мітки азимута МА з складу комплексного сигналу вилучаються. Сигнали З не проходять через розімкнуті контакти реле Р2а, а мітки азимута МА не проходять через катодний повторювач (Л12б), з якого знімається напруга +200 В. Сигнали ІмпП приєднуються до комплексного сигналу, як і раніше, вже в кабелі, але у КЗА 5Н93М вони не використовуються і на рис. 10.14, б не наведені.

Канал бланкування і синхронізації обробляє суміш імпульсів зовнішньої синхронізації та бланків, яка надходить на фішку Ф6 від стойки 1РЛ52. Імпульси зовнішньої синхронізації являють собою короткі потужні позитивні імпульси, період надходження яких становить близько 5 мс. Бланки являють собою тривалі імпульси, часове положення яких відносно імпульсів синхронізації таке, що вони закривають приймач з дальності 400 км і до кінця дистанції (до кінця такту зондування). Амплітуда бланків менша від амплітуди імпульсів синхронізації. Ця суміш відразу надходить через контакти реле Р2в і роз'єднувальний контакт Ш2/6 на блок

синхронізатора (бл. 225), де з суміші за амплітудною ознакою виділяється імпульс зовнішньої синхронізації. Крім того, суміш через контакти реле Р2г надходить на підсилювач (Л11б), де сигнали підсилюються за напругою й інвертуються. Катодний повторювач (Л11а) забезпечує підсилення потужності сигналів. Підсилені сигнали негативної полярності через діоди Д6, Д5 надходять як бланки на вихідний блок ППЧ (бл. 248). Наявність у суміші імпульсу синхронізації на роботу приймача суттєво не впливає, оскільки імпульс короткий і діє на самому початку такту зондування.

Канал міток дальності і мітки «Север» формує суміш сигналів у складі міток дальності МД-10, МД-50 і мітки «Север» (рис. 10.14, в). Розрізнявальною ознакою міток МД-10 і МД-50 є їх полярність, а розрізнявальною ознакою мітки «Север» є амплітуда імпульсів.

Формування мітки «Север» аналогічне формуванню такої мітки в каналі комплексного сигналу. Мітка «Север» створюється формувачем МА-С (Л7), який являє собою блокінг-генератор у автоколивальному режимі і генерує імпульси з частотою надходження 45 кГц при наявності міток азимута МА, які формуються в блоці 24, і при наявності напруги з датчика імпульсу С, який розташований у блоці серводвигуна ІКО (бл. 59).

Тракт проходження міток МД-10 включає пускову лампу (Л6б), блокінг-генератор (Л6а) і катодний повторювач (Л5б). На пускову лампу з блока 29 надходить суміш міток МД-10, 50, 100. Пусковою лампою всі вони обмежуються до одного рівня і запускають блокінг-генератор (Л6а). Завдяки цьому формуються потужні імпульси з крутими фронтами і спадами. Вони додатково підсилюються катодним повторювачем (Л5б) і виділяються на спільному навантаженні R28.

Тракт проходження міток МД-50 аналогічний розглянутому. Але на виході тракту замість катодного повторювача використовується підсилювач напруги (Л5а), при проходженні через який сигнали інвертуються.

Суміш міток МД-10, МД-50 і міток «Север» зі спільного навантаження R28 через фішку Ф4 надходить на стойку спряження 1РЛ52 у складі КЗА 5Н93М.

Канал азимутальних міток і сигналів запитувача формує комплексний сигнал у складі негативних сигналів З і сигналів міток азимута у вигляді позитивних імпульсів тривалістю в один такт зондування (рис. 10.14, г). Сигнали З проходять через підсилювач (Л9) і виділяються на навантаженні R58 у вигляді негативних імпульсів. Мітки азимута проходять через катодний повторювач (Л10) і, не змінюючи полярності, виділяються на спільному навантаженні R58. Амплітуда міток може змінюватися регулюванням ОТМ.АЗИМ. Крім того, інвертовані сигнали З з виходу підсилювача (Л8а) надходять додатково на катодний

повторювач (Л10), де складаються з мітками азимута. Завдяки цьому сигнали 3 при співпадінні з мітками азимута пропадати не будуть.

10.8. Вхідний блок ВІКО (блок 27)

Вхідний блок ВІКО призначений для попередньої обробки прийнятого з кабельної лінії комплексного сигналу. Він вирішує такі завдання:

- підсилення прийнятого комплексного сигналу;
- виділення імпульсу запуску з комплексного сигналу;
- передача зовнішнього імпульсу синхронізації по кабельній лінії на блок спряження (бл. 126);
- підсилення і видача міток азимута і дальності на спряжені висотоміри ПРВ-13 (ПРВ-17).

Вирішуваними завданнями визначаються склад та структура блока (рис. 10.15). До складу блока входять: канал виділення імпульсів запуску, канал підсилення комплексного сигналу, канал імпульсу зовнішньої синхронізації та канал підсилення міток азимута і дальності.

Виділення імпульсу запуску ґрунтується на використанні амплітудних розбіжностей сигналів (імпульси запуску набагато потужніші за інші сигнали, див. рис. 10.14, а, б). Для цього комплексний сигнал надходить на амплітудний селектор (Л3а), який являє собою обмежувач «знизу». Рівень обмеження такий, що його перевищують лише імпульси запуску. Далі імпульси надходять на каскад формування запуску, виконаний на лампі ЛЗб за схемою очікуючого блокінг-генератора. Потужні імпульси запуску з виходу блокінг-генератора надходять на блоки 21, 24, 29, 123 і 302 свого ВІКО та на блок 27 сусіднього ВІКО як імпульси зовнішнього запуску, коли виносні індикатори підключені до різних РЛС.

Підсилення комплексного сигналу здійснюється підсилювачем напруги (Л1а) та катодним повторювачем (Л1б). Підсилення сигналів змінюється регулюванням УСИЛЕНИЕ. З виходу катодного повторювача (Л1б) комплексний сигнал у повному складі ($I3 + \Sigma + 3 + \text{ІмпП} + C$) надходить на блок відеосигналів (бл. 24) і блок селектора пеленга (бл. 302). У блоці 24 до нього примішуються мітки дальності, мітки азимута та позначки пеленга, і повний комплексний сигнал надходить на керуючий електрод трубки. Імпульс запуску ІЗ та подвоєний імпульс ІмпП (див. рис. 10.14, а) взагалі в цьому сигналі зайві, і їх потрібно було б вилучити. Але вони суттєво на відображення інформації на індикаторі не впливають. Імпульс запуску надто короткий і діє на самому початку розгортки, а подвоєний імпульс ІмпП діє за межами розгортки (він затриманий відносно імпульсу ІЗ на 4 мс, див. рис. 10.14, а). У блоці 302 з комплексного сигналу

виділяється тільки подвоєний імпульс ІмпП, з якого формується позначка П, яка потім надходить до блока 24 і примішується до сигналу, що подається на блок трубки.

Канал зовнішньої синхронізації призначений для формування потужного імпульсу негативної полярності для передачі по кабельній лінії на блок 126. Для цього імпульси зовнішньої синхронізації з блока 27 сусіднього ВІКО надходять на каскад синхронізації (Л2), виконаний на тиратроні типу ТГИ1-3/1. Тиратрон формує потужний імпульс негативної полярності, який надходить безпосередньо до кабельної лінії.

Канал підсилення міток азимута і міток дальності містить два катодні повторювачі (Л4а, Л4б), які забезпечують необхідне підсилення потужності сигналів перед подачею їх на висотоміри.

10.9. Індикатор контролю (блок 21)

Блок 21 використовується як осцилограф при контролі та настройці окремих систем РЛС, а також є допоміжним індикатором дальності при вимірюванні дальності до цілі та визначенні її складу.

На блок 21 постійно надходять сигнали з виходу амплітудного детектора (ЭА – «эхо амплитудное»), сигнали з виходу фазового детектора (ЭК – «эхо когерентное»), сигнали з виходу синусно-косинусного пристрою (КВ – «компенсация ветра»), луна-сигнали, які пройшли систему захисту від пасивних та несинхронних імпульсних завад (ЭЗ), сигнали запитувача (З) та мітки дальності (МД). Останні три сигнали змішуються в блоці у один комплексний сигнал ЭЗ+М+З («эхо защищенное + метки дальности + запрос») і подаються на осцилограф. На вхід КОНТР. можна подати будь-який зовнішній сигнал.

Осцилограф може працювати в таких масштабах розгортки: 50, 100, 200, 400, 800 км і в масштабі 50 км з плавною затримкою запуску осцилографа від 0 до 600 км. Останній режим використовується для детального аналізу сигналів «по дистанції». При цьому на блок 21 подається з блока 36 затриманий імпульс запуску (ІЗ_{ЗАТРИМ.}). Затримка регулюється регулюванням НАЧАЛО ПОМЕХИ на блоці стробів (бл. 36).

У блоці використовується трубка 8ЛО29И з електростатичною системою фокусування та відхилення електронного променя. Напряга розгортки надходить на горизонтально-відхиляючі пластини, а сигнали, які контролюються, – на вертикально-відхиляючі пластини.

Зазначеними режимами роботи, особливостями контролю сигналів та типом трубки визначаються функціональний склад (рис. 10.16) та принципи роботи блока. Основними функціональними каналами блока є:

канал електронно-променевої трубки з відповідними пристроями формування електронного променя;

канал розгортки;

канал відеосигналів.

Формування електронного променя здійснюється катодом непрямого розжарювання, керуючим електродом та першим і другим анодами (у такій послідовності вони зображені на рис. 10.16). Катод знаходиться під напругою -1100 В, яка надходить з дільника R46...R49, R50, R55, підключеного до джерела -1200 В. Керуючий електрод, на який надходить постійна напруга з потенціометра R46, знаходиться під напругою дещо нижчою, ніж катод. Таким чином, у початковому стані трубка закрита.

На час розгортки трубка відкривається імпульсом підсвічування амплітудою близько 30 В, який надходить на керуючий електрод від генератора прямокутних імпульсів через конденсатор С6. Ланцюжок ДЗ, С25 у колі керуючого електрода забезпечує швидке відновлення (розрядження) ємності С6 після закінчення імпульсу розгортки. Потужність електронного променя залежить від рівня початкової напруги на керуючому електроді і регулюється потенціометром R46 ЯРК. Додатково на катод надходить з блока 123 імпульс негативної полярності «Імп. стробу». Цей імпульс надходить тільки в режимі кільцевого огляду і забезпечує більш яскраве підсвічування на осцилографі блока 21 тієї дільниці розгортки, з якої інформація відображається на індикаторі кругового огляду.

Фокусування променя здійснюється першим та другим анодами. На перший анод надходить напруга близько -800 В з потенціометра R49 ФОКУС, а на другий анод надходить додаткова напруга близько $+100$ В з потенціометра R45 ДОП.ФОК.

Канал розгортки забезпечує формування пилкоподібної напруги, яка надходить на горизонтально відхиляючі пластини. Робота каналу синхронізується імпульсами запуску, які надходять на канал через перемикач масштабів розгортки В1а. У масштабах 50, 200, 400, 800 використовуються незатримані імпульси запуску, які надходять з блока синхронізації (бл. 25), а в масштабі «50 с затрим.» – затримані імпульси запуску (ІЗ_{ЗАТРИМ.}), які надходять з блока стробів (бл. 36). Затримка регулюється регулюванням НАЧАЛО ПОМЕХИ на блоці стробів. Імпульси запуску надходять на обмежувач (Л1а), який пропускає імпульси амплітудою не менше 20 В і обмежує їх на рівні 40 В. Цим забезпечується стійкий і стабільний запуск каналу розгортки. Імпульси запуску надходять на генератор прямокутних імпульсів (Л2, Л3а), який виконаний за схемою очікуючого мультивібратора з катодним зв'язком. Величина ємності перезарядження мультивібратора, а, отже, і тривалість прямокутного імпульсу, який ним формується, задається перемикачем В1б залежно від

масштабу розгортки. Загальне встановлення тривалості прямокутних імпульсів забезпечується регулюванням ДЛИТ. Цим регулюванням виставляється необхідна тривалість прямокутного імпульсу в масштабі 400 км (2,66 мс). В інших масштабах необхідна тривалість буде виставлена автоматично при переключенні перемикача В1.

Прямокутні імпульси розгортки надходять на генератор пилкоподібних імпульсів та на керуючий електрод трубки для її відкривання. Генератор пилкоподібної напруги виконаний на тріоді ЛЗб, який відіграє роль ключа в колі заряду однієї з ємностей, які підключаються перемикачем В1в залежно від масштабу. В анодне коло лампи ЛЗб ввімкнутий потенціометр МАСШТ., яким регулюється величина напруги заряду ємності, тобто масштаб розгортки. Ручка потенціометра виведена на передню панель блока.

Пилкоподібні імпульси позитивної полярності надходять на парафазний підсилювач, виконаний на подвійному тріоді Л4. Підсилені імпульси позитивної та негативної полярності надходять через конденсатори С15 і С17 на горизонтально-відхиляючі пластини трубки. Паралельно пластинам ввімкнуті ланцюжки відновлення постійної складової в колах пластин R56, Д1, С23 і R58, Д2, С24, через які розряджаються конденсатори С17, С15 у проміжках між імпульсами розгортки. В коло живлення однієї з пластин (лівої на рис. 10.16) надходить постійна напруга з дільника R51,...R54, яка визначає початкове зміщення електронного променя по горизонталі. Величина напруги, тобто зміщення променя по горизонталі, регулюється потенціометром R53 ГОРИЗОНТ, ручка якого виведена на передню панель блока.

Канал відеосигналів забезпечує необхідну комутацію та підсилення сигналів, які надходять до блока на контроль. До його складу входять змішувач сигналів (Л9), перемикач входних сигналів В2, входний каскад (Л1б) та відеопідсилювач (Л5).

Змішувач здійснює об'єднання міток дальності МД та сигналів запитувача З в один комплексний сигнал, який через перемикач В2б в положенні ЭЗ+М+З надходить на верхню вертикально-відхиляючу пластину трубки. Амплітуда міток регулюється потенціометром R61 ОТМ. У цьому ж положенні перемикача В2 сигнал ЭЗ («эхо защищенное») надходить на нижню пластину трубки через входний каскад (Л1б) та відеопідсилювач (Л5). У результаті сигнали М+З і сигнал ЭЗ відхиляють промінь у протилежних напрямках і спостерігаються на екрані осцилографа так, як зображено на рис. 10.17, в.

Сигнали ЭА, ЭК та КВ надходять через перемикач В2а, входний каскад та відеопідсилювач на нижню пластину. Амплітуда сигналів, які надходять на нижню пластину, регулюється потенціометром R40 УСИЛЕНИЕ.

Зовнішні сигнали через гнізда ВХ.КОНТР.1:1, 1:2, 1:5 і перемикач ВЗ УСИЛИТ – ВКЛ можуть надходити або на верхню, або на нижню пластину трубки.

Початкове положення електронного променя по вертикалі визначається напругою, яка знімається з дільника R10,...R14. Вертикальне положення променя регулюється потенціометром R11 ВЕРТ.

Характерні зображення сигналів на екрані індикатора контролю при різних положеннях перемикача входних сигналів наведені на рис. 10.17. Сигнали ЭА, ЭК та КВ контролюються переважно при настройці та технічному обслуговуванні РЛС. Сигнал ЭЗ+М+З контролюється при бойовій роботі. У цьому випадку індикатор контролю використовується як допоміжний індикатор дальності для більш точного вимірювання дальності до цілей та уточнення їх складу.

11. СИСТЕМА ОБЕРТАННЯ АНТЕН

11.1. Загальна характеристика системи обертання антен

11.1.1. Призначення, склад та технічні параметри системи

Система обертання антен призначена для вирішення трьох відносно самостійних груп завдань: управління азимутальним положенням основної антени (АО), управління азимутальним положенням допоміжної антени А5 і згортання та розгортання антени АО.

При вирішенні першої групи завдань забезпечуються:

автономне обертання антени АО із швидкістю 3 або 6 об/хв;

синхронно-синфазне обертання антени АО з обертанням зовнішнього задавального датчика із швидкістю 3 або 6 об/хв (слідкуючий режим);

технологічне обертання антени АО із швидкістю 0,1...0,3 об/хв;

встановлення антени АО на заданий азимут;

зміна режимів живлення опромінювача.

При вирішенні другої групи завдань забезпечуються:

синхронно-синфазне обертання антени А5 з обертанням антени АО;

технологічне обертання антени А5 із швидкістю $\pm 0,5$ об/хв;

встановлення антени А5 на заданий азимут.

При вирішенні третьої групи завдань система обертання антени забезпечує:

складання (розгортання) горизонтального стовбура антени АО;

піднімання (опускання) опорної секції антенно-щоглового пристрою;

піднімання (опускання) ферми опромінювача;

піднімання (опускання) всього антенно-щоглового пристрою.

Означеним розподілом вирішуваних завдань визначаються склад і структура системи обертання антен. До складу системи (рис. 11.1) входять:

привод обертання основної антени (АО);

привод обертання виносної антени (А5);

привод згортання та розгортання антени;

пульт управління обертанням (бл. 243).

Привод обертання основної антени являє собою силовий регульований привод змінного струму, виконавчими елементами якого є два трифазні асинхронні електродвигуни з фазними роторами. Потужність кожного двигуна становить 22 кВт, швидкість обертання вала 1500 об/хв. Двигуни працюють на спільний вал. Дискретна зміна швидкості обертання з 1500 об/хв до 750 об/хв забезпечується каскадним з'єднанням двох

двигунів, а плавна зміна швидкості – подвійним живленням двигунів. Більш докладно про ці способи йдеться в п. 11.1.2.

Привод обертання антени А5 являє собою регульований синхронно-слідкуючий привод постійного струму. Виконавчим елементом приводу є двигун постійного струму потужністю 760 Вт.

Управління режимами обертання антен АО і А5 здійснюється з пульта управління (бл. 243), який є спільним для обох приводів. З нього ж здійснюється управління режимами роботи опромінювача.

Привод згортання та розгортання антени являє собою сукупність електролебідок, які забезпечують переміщення відповідних елементів антенно-щоглового пристрою, та пультів управління цими лебідками. Крім того, при згортанні (розгортанні) антени використовуються також двигуни приводу основної антени (для піднімання або опускання опорної секції антенно-щоглового пристрою).

Основні технічні характеристики системи обертання антен наведені в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

№ з/п	Параметр	Величина	Примітка
1	Швидкість обертання антени АО в режимі автономного обертання	$6 \pm 0,6$ об/хв $3 \pm 0,3$ об/хв	$V_{\text{вітру}} \leq 10$ м/с $V_{\text{вітру}} \leq 30$ м/с
2	Швидкість обертання антени АО в технологічному режимі	0,1...0,2 об/хв	
3	Час переходу з однієї швидкості обертання на іншу	≤ 60 с	
4	Величина похибки в слідкуючому режимі на першій і другій швидкостях обертання антени АО, не більше	$\pm 1,5^\circ$	$\pm 3^\circ$
5	Похибка встановлення антени АО на заданий азимут, не більше	$\pm 3^\circ$	
6	Величина похибки в слідкуючому режимі роботи антени А5, не більше	$\pm 2^\circ$	
7	Похибка встановлення антени А5 на заданий азимут, не більше	$\pm 5^\circ$	$\pm 0,5$ об/хв
8	Швидкість обертання антени А5 у технологічному режимі	$\pm 0,5$ об/хв	
9	Потужність приводу антени АО	2 двиг. $\times$ 22 кВт	760 Вт 380 В, 50 Гц
10	Потужність приводу антени А5	760 Вт	
11	Напруга живлення приводів	380 В, 50 Гц	

У цілому система обертання антен за своїми технічними параметрами відповідає вимогам щодо точності та стабільності обертання антен як в режимі незалежного, так і в режимі слідкуючого обертання.

11.1.2. Основні технічні рішення, які реалізовані в системі обертання антен

При побудові систем обертання антенних пристроїв виходять з призначення РЛС, особливостей її бойового застосування, а також конструкції та габаритно-вагових характеристик антен, які необхідно обертати. В тих РЛС, де основним режимом роботи є режим незалежного кругового обертання та усі антенні пристрої конструктивно суміщені, використовують, як правило, неслідкуючі приводи обертання, основу яких становлять короткозамкнуті асинхронні двигуни та редуктори. Ці приводи характеризуються надзвичайною простотою побудови та високою надійністю роботи. Але в РЛС 5Н84А така проста та надійна схема приводу обертання не могла бути застосована з багатьох причин.

По-перше, до складу антенної системи РЛС 5Н84А входить виносна антена А5, яка являє собою автономну конструкцію і має обертатися синхронно і синфазно з основною антеною. Отже, для обертання антени А5 необхідний свій привод, основним режимом роботи якого є слідкуючий режим. Оскільки для обертання антени А5 потрібна потужність приводу не перевищує 1 кВт, то цей привод у РЛС 5Н84А побудований за класичною схемою синхронно-слідкуючого приводу постійного струму. Виконавчим елементом приводу є двигун постійного струму потужністю 760 Вт.

По-друге, при розробці тактико-технічних вимог до РЛС 5Н84А замовником (Управлінням Військ ППО) була закладена вимога синхронного обертання всіх РЛС радіолокаційного вузла від єдиного датчика, який знаходиться у складі апаратури КЗА 5Н93М, або від ведучої РЛС вузла (зокрема, РЛК 5Н87). Така вимога автоматично визначала наявність слідкуючого режиму для приводу основної антени РЛС 5Н84А. Зважаючи на габаритно-вагові характеристики антени АО, створення слідкуючого приводу для такої системи є досить складним технічним завданням.

По-третє, при автономному використанні РЛС, коли основним режимом обертання антени є незалежне обертання із швидкістю 3 або 6 об/хв, використовувати надто складний слідкуючий привод недоцільно. Але створювати паралельно із слідкуючим приводом ще один потужний неслідкуючий привод також недоцільно.

По-четверте, при різних видах регламентних робіт антену необхідно або встановлювати на певний азимут, або повільно обертати її (технологічне обертання), наприклад, при вимірюванні діаграми напрямленості. Використовувати для таких цілей потужні приводи

економічно невиправдано. У деяких РЛС для цього використовують малопотужні слідкуючі технологічні приводи.

З огляду на зазначені вимоги та особливості роботи РЛС 5Н84А система обертання основної антени мала б, на перший погляд, включати три приводи: потужний слідкуючий привод, потужний неслідкуючий привод і малопотужний слідкуючий привод. Але конструктори, застосовуючи нетрадиційні (малопоширені) методи використання асинхронних двигунів, змогли створити єдиний привод основної антени, який шляхом електричної комутації обмоток живлення може бути переведений у один з режимів: режим потужного слідкуючого приводу, режим потужного неслідкуючого приводу і в режим малопотужного слідкуючого приводу. Основу такого приводу становлять асинхронні двигуни з фазними роторами або, як їх ще називають, асинхронними двигунами з подвійним живленням.

Основним питанням при використанні асинхронних двигунів як виконавчих двигунів у слідкуючих системах є питання регулювання швидкості обертання їх роторів. Від того, як вирішується це завдання, залежать структура та функціональний склад приводу. Тому перш ніж переходити до розгляду функціональних схем приводів обертання антен РЛС 5Н84А, необхідно з'ясувати фізичну суть способів регулювання швидкості обертання роторів асинхронних двигунів.

11.1.3. Способи регулювання швидкості обертання роторів асинхронних двигунів

Як відомо, в асинхронних двигунах за принципом їх дії швидкість n , з якою обертається ротор, завжди менша від швидкості обертання n_1 магнітного поля, яке створюється трифазними статорними обмотками, ввімкнутими в мережу живлення, тобто

$$n < n_1 = f/b, \quad (11.1)$$

де f – частота коливань напруги в мережі;

b – число пар полюсів на статорній обмотці.

Різниця швидкостей n_1 і n , виражена у відносних одиницях,

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \quad (11.2)$$

називається коефіцієнтом ковзання. З (11.1) і (11.2) випливає, що

$$n = n_1(1 - s) = \frac{f}{b}(1 - s). \quad (11.3)$$

Таким чином, для зміни швидкості обертання ротора необхідно змінювати або число пар полюсів b , або частоту коливань живлячої напру-

ги f , або коефіцієнт ковзання s . Усі три способи знаходять застосування в приводі обертання основної антени РЛС 5Н84А.

11.1.3.1. Зміна числа пар полюсів застосовується тоді, коли потрібно змінювати швидкість обертання дискретно. Якщо, наприклад, кожні дві сусідні обмотки статора поєднати паралельно, то кількість полюсів зменшиться вдвічі і швидкість обертання вдвічі зросте. У РЛС 5Н84А застосовується різновид цього способу, а саме: каскадне поєднання двох асинхронних двигунів, працюючих на один вал (рис. 11.2, а). При каскадному поєднанні асинхронних двигунів швидкість обертання спільного вала

$$n_k = \frac{f}{b_1 + b_2} (1 - s) \quad (11.4)$$

залежить від кількості пар полюсів b_1 і b_2 кожного двигуна. У РЛС 5Н84А застосовуються однакові двигуни, тобто $b_1 = b_2$, і тому каскадне поєднання їх знижує швидкість обертання спільного вала вдвічі.

Такий спосіб регулювання швидкості використовується в РЛС у режимі автономного обертання при переході з другої швидкості обертання антени (6 об/хв) на першу (3 об/хв). Тобто на другій швидкості обертання антени використовується лише один двигун, роторні обмотки якого поєднуються накоротко (рис. 11.2, б), а при переході на першу швидкість застосовується каскадне з'єднання двигунів. При цьому обмотки роторів обох двигунів з'єднуються між собою таким чином, щоб обертальні моменти обох роторів були направлені в один бік. Статорні обмотки одного з двигунів вмикаються в мережу, а статорні обмотки другого замикаються накоротко (див. рис. 11.2, а).

11.1.3.2. Частотний спосіб управління швидкістю обертання асинхронних двигунів ґрунтується на тому, що із зміною частоти живлячої напруги змінюється швидкість обертання магнітного поля в статорі двигуна і швидкість обертання ротора. Якщо в коло живлення двигуна ввімкнути (рис. 11.2, в) регульований перетворювач частоти, то можна управляти швидкістю обертання ротора.

З великої кількості існуючих способів перетворення частоти періодичних коливань у РЛС 5Н84А застосовується імпульсний спосіб перетворення. Суть цього способу полягає в тому, що коли змінну вхідну напругу з частотою синусоїдних коливань f піддати імпульсному стробуванню з частотою f_k , то вихідна послідовність імпульсів напруги внаслідок стробоскопічного ефекту буде промодульована за синусоїдним законом з частотою $f - f_k$.

Таким чином, основними елементами імпульсного перетворювача частоти повинні бути (рис. 11.2, г) генератор імпульсів ГІ, який формує опорну послідовність з частотою f_k , формувач комутуючих імпульсів ФКІ і власне перетворювач частоти. Спрощена функціональна схема трифазного

імпульсного перетворювача частоти наведена на рис. 11.3, а епюри вихідної напруги – на рис. 11.4. Очевидно, що регулюючи частоту опорної послідовності імпульсів f_k , можна регулювати частоту коливань вихідної напруги, а змінюючи ширину комутуючих імпульсів можна змінювати скважність вихідної послідовності, тобто змінювати амплітуду згладженої синусоїдної напруги на виході перетворювача.

Очевидно також, що ефективне значення вихідної напруги після такого імпульсного стробування вхідної напруги значно знижується. Потужність двигуна внаслідок цього також знижується. Тому частотне управління швидкістю обертання вала асинхронних двигунів використовується в приводі основної антени РЛС 5Н84А тільки в технологічному режимі та в режимі встановлення антени на заданий азимут.

11.1.3.3. У слідкуючому режимі роботи приводу необхідно забезпечити плавне регулювання швидкості обертання вала двигуна. Для цього в РЛС 5Н84А використовується подвійне живлення асинхронного двигуна (рис. 11.2, д), тобто напруга живлення надходить як на статорні, так і на роторні обмотки. При цьому принципіального значення не має, які обмотки вважати основними, а які – допоміжними. Але оскільки в звичайному режимі асинхронного двигуна статорні обмотки вмикаються в мережу, а роторні замикаються накоротко, то звичніше вважати роторне живлення додатковим. За допомогою додаткового живлення можна змінювати коефіцієнт ковзання s і завдяки цьому відповідно до (11.3) буде змінюватися швидкість обертання вала двигуна. Фізичну суть цього процесу можна пояснити таким чином.

Відомо, що в роторних обмотках короткозамкнених асинхронних двигунів протікає змінний струм, частота якого визначається різницею між швидкістю обертання магнітного поля в статорі і швидкістю обертання ротора, тобто

$$f_p = b(n_1 - n) = f - b \cdot n = f \cdot s, \quad (11.5)$$

де b – число пар полюсів;
 n_1 – швидкість обертання магнітного поля в статорі;
 n – швидкість обертання ротора;
 f – частота коливань напруги живлення статора;
 s – коефіцієнт ковзання.

Якщо тепер ротор розімкнути і подати на нього змінну напругу частотою f_p , то, підбираючи відповідним чином амплітуду і фазу цієї напруги, можна регулювати силу струму ротора. Зміна сили струму в роторних обмотках викликає зміну величини електромагнітного моменту ротора, а, отже, і швидкість його обертання. При цьому змінюється і коефіцієнт ковзання. Тому цей спосіб регулювання швидкості обертання вала асинхронного двигуна еквівалентний зміні коефіцієнта ковзання.

Таким чином, для плавного регулювання швидкості обертання вала асинхронного двигуна потрібне додаткове регульоване джерело живлення, спроможне генерувати змінну напругу частотою $f_p = f - b \cdot n$, амплітуда і фаза якої мають змінюватися під впливом керуючої напруги $U_{упр}$.

Якщо на вал двигуна насадити додатковий генератор (його називають генератором опорної напруги – ГОН) з числом пар полюсів b , то частота коливань напруги такого генератора буде $f_{ГОН} = b \cdot n$ і тоді $f_p = f - f_{ГОН}$. Тобто необхідну додаткову напругу можна отримати як результат биття напруги живлення статора і напруги додаткового генератора ГОН (рис. 11.2, е). Потім ця напруга може підсилюватися відповідними підсилювачами, зсуватися по фазі під впливом зовнішньої керуючої напруги $U_{упр}$ і використовуватися як напруга додаткового живлення ротора асинхронного двигуна.

В електротехніці процес биття (змішування) двох синусоїдних коливань не використовують, а замінюють його процесом імпульсного стробування, тобто використовують розглянутий у п. 11.1.3.2 імпульсний перетворювач частоти. При цьому напруга ГОН використовується для роботи формувача імпульсів ФІ, який формує опорну послідовність імпульсів із частотою надходження $f_{ГОН}$ (рис. 11.2, е). Потім ця послідовність проходить через фазозсувний пристрій ФЗП, де здійснюється регульована затримка імпульсів у межах періоду їх надходження. Із затриманої опорної послідовності за допомогою формувача комутуючих імпульсів ФКІ формуються три послідовності імпульсів, зсунутих одна відносно одної на третину періоду їх надходження (див. рис. 11.3, а). Ці імпульси надходять на перетворювач частоти, де за їх допомогою здійснюється стробування синусоїдних коливань (рис. 11.3, б). У результаті отримують вихідну послідовність імпульсів (рис. 11.4), яка модульована за синусоїдним законом з частотою $f_p = f - f_{ГОН}$.

Очевидно, що амплітуду вихідної послідовності можна регулювати зміною ширини комутуючих імпульсів, що й застосовується на практиці. Фаза вихідної напруги буде залежати від величини затримки опорної послідовності $f_{ГОН}$ у фазозсувному пристрої ФЗП. Нульовою (початковою) точкою роботи ФЗП є затримка опорної послідовності на величину $T_{ГОН}/4$. При цьому фаза вихідної напруги буде зсунута відносно фази внутрішньої електрорушійної сили (ЕРС) ротора на 90° , і додаткова напруга живлення ротора впливати на зміну його електромагнітного моменту не буде. При збільшенні затримки опорної послідовності до $T_{ГОН}/2$ напруга додаткового живлення ротора буде протифазною до внутрішньої ЕРС ротора, струм в обмотках ротора зменшиться, а це означає, що швидкість його обертання наблизилась до швидкості обертання магнітного поля в статорі. Навпаки, при зменшенні затримки опорної послідовності до 0 струм в обмотках ротора буде збільшуватися, що означає уповільнення обертання ротора.

Розглянутий спосіб управління швидкістю обертання вала асинхронного двигуна застосовується в системі обертання основної антени в слідкуючому режимі її роботи. Його іноді називають фазовим способом управління швидкістю обертання асинхронних двигунів. Напруга розузгодження $U_{\text{УПР}}$ надходить на фазозсувний пристрій ФЗП.

11.2. Привод обертання основної антени

Призначення, вирішувані завдання та основні технічні характеристики приводу розглянуті в п. 11.1. За своєю побудовою привод основної антени надто складний, має багато режимів роботи, при яких функціонування приводу суттєво відрізняється. Тому доцільно спочатку розглянути склад приводу та функціональне призначення його основних складових, а потім розглянути функціонування приводу окремо для кожного режиму роботи.

11.2.1. Склад та структура приводу обертання основної антени

Склад і структура приводу визначаються його призначенням, вирішуваними завданнями та основними технічними рішеннями, закладеними в основу його побудови. До складу приводу (рис. 11.5) входять:

- блок редукторів (бл. 254);
- контакторна шафа (бл. 333);
- перетворювач частоти (бл. 334);
- блок управління перетворювачем частоти (бл. 335);
- блок управління режимами (бл. 336);
- сельсини СС8 і СС9 у блоці сельсинів (в бл. 355);
- органи управління на пульті управління обертанням антени (у бл. 243) та на пульті дистанційного управління (у бл. 287).

11.2.1.1. Блок редукторів (бл. 254) призначений для передачі обертального руху вала двигунів на вал антени з коефіцієнтом редукції 250:1. Основу блока (див. рис. 11.5) становлять два виконавчі двигуни М4, М5 і чотири шестерневі редуктори: нижній (основний), верхній і два конічні.

Виконавчими двигунами служать асинхронні двигуни подвійного живлення (двигуни з фазними роторами) типу АОК2-72-4 із швидкістю обертання вала 1500 об/хв (у нерегульованому режимі, при короткозамкнутому роторі і напрузі живлення статорних обмоток ~ 380 В, 50 Гц). Вали обох двигунів жорстко поєднані через основний редуктор.

Основний (нижній) редуктор забезпечує передачу обертального руху вала двигунів на верхній і конічні редуктори та на генератори опорної напруги ГОН1, ГОН2 і тахогенератори М1, М2, М3. Верхній редуктор

забезпечує додаткове зниження швидкості обертання і передає зусилля безпосередньо на шестерню обертання антени, а також передає обертальний рух через блок струмозйомників (бл. 212 на схемі не показаний) на блок сельсинів (бл. 355). Конічні редуктори поєднуються з основним спеціальними кулачковими муфтами тільки при розгортанні та при згортанні антени. Вони забезпечують передачу обертального руху на черв'ячні вали приводу згортання та розгортання антени і функціонально відносяться до цього приводу.

Генератори опорної напруги ГОН1 і ГОН2 призначені для генерування змінної напруги з частотою, яка строго дорівнює частоті обертання роторів виконавчих двигунів. Ця напруга використовується при роботі блока управління перетворювачем частоти. Тахогенератори М1, М2, М3 призначені для формування напруги, пропорційної швидкості обертання двигунів, і використовуються в слідкуючих системах антени А5 та антен наземних радіолокаційних запитувачів НРЗ-П або НРЗ-14. У блоці 254 також розташований блок пускових опорів (бл. 378), який використовується для обмеження пускових струмів під час запуску двигунів.

11.2.1.2. Контактрна шафа (бл. 333) призначена для відповідної комутації живлення статорних і роторних обмоток виконавчих двигунів при різних режимах роботи. Для цього в шафу виведені кінці обмоток обох двигунів, а також заводиться нерегульована трифазна напруга ~ 380 В, 50 Гц і регульована трифазна напруга від перетворювача частоти (бл. 334). Відповідна керуюча напруга на контактори шафи надходить від апаратури управління режимами з блока 336.

У коло живлення однієї з роторних обмоток двигуна М4 ввімкнутий датчик реактивного струму ДРС, який формує сигнал у вигляді постійної напруги, пропорційної величині реактивної складової струму живлення. Цей сигнал використовується в блоці управління перетворювачем частоти (бл. 335) для регулювання ширини комутуючих імпульсів у слідкуючому режимі обертання антени та в режимі стабільного обертання. Датчик ДРС знаходиться всередині шафи (бл.333), але на схемі він для наочності показаний поза шафою.

11.2.1.3. Перетворювач частоти (бл. 334) являє собою імпульсний перетворювач частоти живлячої напруги, принцип дії якого розглянуто в п. 11.1.3, а спрощена функціональна схема наведена на рис. 11.3. Комутуючі елементи виконані на тиристорах, тому схема комутації дещо відрізняється від спрощеної схеми на рис. 11.3, але принцип дії перетворювача від цього не змінюється. Комутуючі імпульси в блок перетворювача частоти надходять від блока управління перетворювачем (бл. 335).

11.2.1.4. Блок управління перетворювачем частоти (бл. 335) призначений для формування трьох послідовностей комутуючих імпульсів, необхідних для роботи перетворювача частоти. Блок містить такі основні

функціональні пристрої: генератор імпульсів ГІ, формувач імпульсів ФІ, фазозсувний пристрій ФЗП, формувач комутуючих імпульсів ФКІ, регулятор струму і формувач сигналу швидкості ФСШ.

Генератор імпульсів ГІ призначений для генерування опорної послідовності імпульсів, частота надходження яких залежить від величини керуючої постійної напруги на його вході.

Формувач імпульсів ФІ формує опорну послідовність з частотою, яка визначається частотою синусоїдної напруги генератора ГОН1 або ГОН2.

Фазозсувний пристрій забезпечує часовий зсув опорної послідовності в межах від 0 до $T/2$ залежно від напруги на його керуючому вході.

Формувач комутуючих імпульсів ФКІ формує три послідовності комутуючих імпульсів. Ширина цих імпульсів, а, отже, і амплітуда вихідної напруги перетворювача частоти, регулюється регулятором струму залежно від величини реактивної складової струму в обмотках ротора двигуна М4.

Формувач сигналу швидкості ФСШ залежно від амплітуди напруги ГОН формує чотири сигнали, які відповідають швидкостям обертання вала двигуна приблизно 300, 600, 900 і 1200 об/хв. Аналізуючи ці сигнали, апаратура управління режимами дає команду на контакторну шафу для переходу від пускового режиму роботи двигунів до номінального.

Усі означені в блоці 335 функціональні пристрої використовуються в різних режимах роботи приводу по-різному. Відповідні комутації вхідних і вихідних кіл пристроїв здійснюються за допомогою складних релейних схем. Тому на функціональній схемі приводу (див. рис. 11.5) ці релейні схеми умовно позначені як комутаційні групи КГ1...КГ6.

11.2.1.5. Блок управління режимами (бл. 336) містить два основні функціональні пристрої: підсилювач сигналів розузгодження й апаратуру управління режимами. Основне призначення підсилювача полягає у перетворенні змінної синусоїдної напруги розузгодження на постійну за допомогою фазового дискримінатора ФД і в подальшому її підсиленні за допомогою підсилювача постійного струму ППС. Апаратура управління режимами аналізує команди, які надходять з пульта управління обертанням (бл. 243), і видає відповідні команди на контакторну шафу (бл. 333) та на комутаційні групи КГ1...КГ6.

11.2.1.6. Сельсини СС8 і СС9 є датчиками сигналу розузгодження відповідно грубого і точного каналів у слідкуючому режимі обертання антени та при встановленні її на заданий азимут. При цьому в слідкуючому режимі використовуються обидва сельсини, і їх трифазні обмотки (обмотки синхронізації) поєднуються з обмотками відповідних сельсинів зовнішнього датчика обертання. В режимі встановлення на заданий азимут використовується лише сельсин каналу грубого відліку, тобто сельсин СС8, трифазні обмотки якого поєднуються в цьому режимі з трифазною обмоткою за-

давального сельсина СС2 на пульті управління обертанням антени (бл. 243).

11.2.1.7. Органи управління на пульті управління обертанням антени (в бл. 243) призначені для видавання команд на апаратуру управління режимами в блок 336, яка формує необхідні сигнали і видає їх на відповідні комутаційні елементи в усі блоки приводу. Виняток становлять лише органи управління опромінювачем (перемикач ВЕРХ. – НИЖН – В-Н і сельсин СС4), від яких команди надходять безпосередньо на опромінювач.

11.2.2. Режими роботи приводу обертання основної антени

У бойовому стані привод обертання основної антени треба від'єднати від приводу згортання та розгортання антени. Для цього важіль ПОДЪЕМ(СПУСК) - ВЫКЛ на блоці редуктора (бл. 254) необхідно поставити в положення ВЫКЛ, завдяки чому редуктор приводу обертання антени роз'єднується з конічним редуктором приводу згортання та розгортання антени.

Перед вмиканням приводу необхідно подати напругу на систему обертання, для чого автоматичний вимикач на блоці вмикання живлення причепа АП-2 (на бл. 374) поставити в положення ПИТ.~380 В, 50 Гц і автоматичний вимикач В1 на контакторній шафі (на бл. 333) поставити в положення ПРИВОД АО.

Привод основної антени може працювати в одному з режимів:

незалежне обертання антени із швидкістю 3 або 6 об/хв;

синхронно-синфазне обертання антени АО з обертанням зовнішнього задавального датчика із швидкістю 3 або 6 об/хв (слідкуючий режим);

незалежне стабільне обертання антени із швидкістю 3 або 6 об/хв (режим стабілізації cosφ виконавчих двигунів);

встановлення антени АО на заданий азимут;

технологічне обертання антени АО із швидкістю 0,1...0,3 об/хв;

11.2.2.1. Для вмикання режиму незалежного обертання антени перемикач режимів обертання (СЛЕЖ - НЕЗАВ - СТАБИЛ) на блоці 243 необхідно встановити в положення НЕЗАВ. Перша або друга швидкості обертання антени задаються кнопками 1СКОР і 2СКОР відповідно. Зазначені команди надходять у блок 336 на апаратуру управління режимами, яка видає відповідні сигнали на комутаційні елементи контакторної шафи (бл. 333).

На першій швидкості обертання контакторна шафа забезпечує каскадне з'єднання двигунів, як це наведене на рис. 11.6, а.

При вмиканні другої швидкості обертання апаратура управління режимами спочатку здійснює каскадне з'єднання двигунів, як і при роботі на

першій швидкості. Після розгону двигунів до 600 об/хв формувач сигналу швидкості ФСШ видає відповідний сигнал на апаратуру управління, і каскадне з'єднання розмикається, живлення подається лише на статорні обмотки двигуна М5, а в роторні обмотки для обмеження пускових струмів вмикаються додатково пускові опори (рис.11.6, б). Після розгону двигуна М5 до 1200 об/хв пускові опори відключаються, і двигун М5 працює в режимі асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором (рис. 11.6, в) із швидкістю обертання 1500 об/хв.

11.2.2.2. До слідкуючого режиму привод переводиться при встановленні перемикача режимів на блоці 243 в положення СЛЕЖ. У цьому режимі утворюється двоканальний слідкуючий контур із слідкуванням за швидкістю.

Принцип функціонування контуру доцільно розглянути спочатку для більш простого режиму роботи приводу на другій швидкості. Функціональна схема слідкуючого контуру для цього режиму наведена на рис. 11.7.

Задавальним пристроєм є зовнішній датчик з двома сельсинами: грубого і точного каналів (на рис. 11.7 ці сельсини не наведені, оскільки вони знаходяться в КЗА 5Н93М). Вал сельсина грубого каналу на другій швидкості здійснює 6 об/хв. Вал сельсина точного відліку обертається в 36 разів швидше. На двофазні обмотки управління цих сельсинів надходить напруга збудження ~ 115 В, 50 Гц (ця ж напруга надходить на РЛС 5Н84А і буде використовуватися в слідкуючому контурі як опорна $U_{оп}$).

Об'єктом управління є вал обертання антени, з яким через редуктор жорстко пов'язані ротори сельсин-трансформаторів (приймальних сельсинів) СС8, СС9 відповідно грубого і точного каналів. Ці сельсини розташовані в блоці сельсинів (бл. 355) поряд з редуктором приводу обертання. Трифазні обмотки приймальних сельсинів СС8, СС9 поєднані з трифазними обмотками задавальних сельсинів зовнішнього датчика. В обмотках управління приймальних сельсинів СС8, СС9 наводиться напруга, амплітуда якої пропорційна кутовим розузгодженням валів задавальних та приймальних сельсинів, а фаза цієї напруги відносно опорної напруги має значення 0° або 180° залежно від напрямку розузгодження. Таким чином, сельсини СС8 і СС9 є датчиками сигналу розузгодження відповідно грубого і точного каналів. Сигнали розузгодження у вигляді змінної напруги з обмоток управління сельсинів СС8, СС9 надходять до блока 336 на комутаційну групу КГ2. При значному розузгодженні між сельсинами зовнішнього датчика і приймальними сельсинами СС8, СС9 (при великому значенні сигналу розузгодження грубого каналу) до контуру управління комутаційною групою КГ2 підключається грубий канал. Сигнали надходять на фазовий дискримінатор ФД і перетворюються на постійну напругу, величина якої пропорційна кутовому розузгодженню валів сельсин-датчика і сельсин-приймача, а полярність визначається напрямком розуз-

годження. Опорною напругою для ФД служить та ж напруга, якою збуджувалися сельсини зовнішнього датчика. Постійна напруга з виходу ФД надходить на підсилювач постійного струму ППС і після відповідного підсилення використовується в блоці 335 як керуюча напруга U_p для регулювання фази напруги роторного живлення виконавчого двигуна. Крім того, в ППС здійснюється аналіз величини напруги розузгодження грубого каналу і при зниженні її до відповідного порогового значення (поріг відповідає кутовому розузгодженню приблизно у 5°) автоматично видається на комутційну групу КГ2 команда на підключення точного каналу.

Виконавчим двигуном є трифазний асинхронний двигун М5 з фазним ротором (двигун подвійного живлення). Управління швидкістю обертання ротора двигуна здійснюється із застосуванням фазового способу управління магнітним потоком ротора. Фізична суть цього способу розкрита в п. 11.1.3.3. Необхідна при цьому опорна послідовність імпульсів, частота надходження яких повинна строго відповідати частоті обертання ротора двигуна, виробляється формувачем імпульсів ФІ із синусоїдної напруги генератора ГОН2. Від часового положення імпульсів опорної послідовності буде залежати фаза додаткової напруги живлення, яка подається на роторні обмотки двигуна. Тому сформована опорна послідовність імпульсів пропускається через фазозсувний пристрій ФЗП, в якому під впливом керуючої напруги U_p імпульсна послідовність зсувається в часі в межах від 0 до $T/2$, де T – період надходження імпульсів опорної послідовності (період коливань напруги ГОН2). При нульовій керуючій напрузі часовий зсув послідовності становить $T/4$. При цьому додаткова напруга, яку формує перетворювач частоти (бл. 334), буде зсунута за фазою відносно внутрішньої ЕРС роторних обмоток на 90° і впливати на магнітне поле ротора не буде. Під впливом опорної послідовності імпульсів формувач комутуючих імпульсів ФКІ формує три послідовності комутуючих імпульсів, зсунутих одна відносно іншої на третину періоду їх надходження, які подаються на тиристорні комутатори перетворювача частоти. Перетворювач частоти формує синусоїдні коливання, частота яких дорівнює різниці частот обертання магнітного поля в статорі двигуна і обертання ротора двигуна, а фаза буде залежати від величини керуючої напруги U_p і може змінюватися від 0° до 180° . Під впливом цієї напруги швидкість обертання ротора або прискорюється, або уповільнюється. При рівних швидкостях обертання валів сельсинів зовнішнього датчика і приймальних сельсинів блока 355 та при синфазному їх положенні напруга розузгодження буде дорівнювати нулю, і перетворювач частоти буде формувати додаткову синусоїдну напругу, зсунуту за фазою відносно внутрішньої ЕРС роторних обмоток на 90° , яка не буде впливати на магнітне поле ротора. Швидкість обертання ротора двигуна залишиться незмінною.

Крім зовнішнього контуру регулювання швидкості обертання ротора двигуна, працює також внутрішній контур автоматичної компенсації реактивної складової струму двигуна, тобто контур регулювання коефіцієнта потужності двигуна ($\cos \varphi$). Для цього в коло живлення однієї з обмоток ротора ввімкнаний датчик реактивного струму ДРС. За сигналами цього датчика регулятор струму регулює ширину комутуючих імпульсів так, щоб реактивна складова струму в роторних обмотках була мінімальною ($\cos \varphi \rightarrow 1$).

При роботі приводу в слідкуючому режимі на першій швидкості обертання схема контуру управління і принципи роботи залишаються такими, як і при роботі на другій швидкості. Але виконавчим пристроєм контуру (рис. 11.8) є каскадне з'єднання двох двигунів М4 і М5, і напруга додаткового живлення від перетворювача частоти надходить в статорні обмотки двигуна М4. Крім того, для формування опорної послідовності імпульсів використовується напруга генератора ГОН1 (на відміну від ГОН2, він має вдвічі вищий коефіцієнт редукції відносно вала двигунів).

11.2.2.3. Режим стабільного обертання антени на першій чи на другій швидкості вмикається при встановленні перемикача режимів роботи на блоці 243 в положення СТАБИЛ і при натисканні на кнопки 1СКОР або 2СКОР. Контур слідкування за зовнішнім датчиком розмикається, а контур компенсації реактивної складової струму двигунів залишається ввімкнутим (рис. 11.9). Блок управління перетворювачем частоти формує комутуючі імпульси так, як і в слідкуючому режимі, але часове положення їх залишається постійним, оскільки керуючий вхід фазозсувного пристрою ФЗП замкнений комутуючою групою КГ4 на корпус (див. рис. 11.9). При цьому опорна послідовність на виході ФЗП зсунута в часі відносно імпульсів на його вході, а, отже, і відносно напруги ГОН1 (ГОН2), на $T/4$. Це означає, що перетворювач частоти (бл. 334) буде формувати напругу додаткового живлення, фаза якої буде випереджувати фазу ЕРС ротора на 90° . Реактивна ж складова струму ротора відстає за фазою від ЕРС ротора на 90° . Отже, реактивна складова струму ротора виявляється в протифазі з напругою додаткового живлення. Таким чином, регулюючи величину напруги додаткового живлення ротора, можна скомпенсувати реактивну складову струму в роторі і тим самим підвищити коефіцієнт потужності двигуна, тобто підвищити $\cos \varphi$. Амплітуда вихідної напруги перетворювача частоти регулюється зміною ширини комутуючих імпульсів, які формуються в ФКІ. Ширина комутуючих імпульсів змінюється автоматично під впливом сигналів датчика реактивного струму ДРС, ввімкнутого в коло живлення однієї з роторних обмоток двигуна. Сигнали від цього датчика надходять до блока 335 на регулятор струму, який і здійснює регулювання ширини комутуючих імпульсів. Для додаткового обмеження роторних струмів у режимі

стабільного обертання в коло додаткового живлення постійно вмикаються пускові опори (див. рис. 11.9).

11.2.2.4. Для вмикання режиму встановлення антени АО на заданий азимут необхідно натиснути кнопку УСТ.АЗИМ на блоці 243. З надходженням цієї команди апаратура управління режимами забезпечує поєднання елементів приводу так, що система обертання антени в режимі встановлення антени на заданий азимут являє собою (рис. 11.10) одноканальний слідкуючий контур із слідкуванням за положенням.

Задавальним пристроєм у цьому режимі є сельсин-датчик СС2 АЗИМ, розташований на пульті управління обертанням антени (бл. 243). Трифазні обмотки цього сельсина поєднуються комутуючою групою КГ1 з трифазними обмотками приймального сельсина грубого каналу СС8 блока 355. Напряга розузгодження з сигнальної обмотки сельсина СС8 надходить до блока 336 і через постійно замкнуті в цьому режимі контакти 1, 2 комутуючої групи КГ2 подається на фазовий дискримінатор ФД. Постійна напруга з виходу ФД надходить на підсилювач постійного струму ППС і після відповідного підсилення використовується в блоці 335 як керуюча напруга U_p для управління обертанням ротора виконавчого двигуна.

Виконавчим двигуном приводу в режимі встановлення антени на заданий азимут є трифазний асинхронний двигун М4, який працює в режимі двигуна з короткозамкнутим ротором. Управління швидкістю обертання ротора двигуна здійснюється із застосуванням частотного способу управління магнітним потоком статора, тобто на статор подається напруга живлення, частота якої залежить від керуючої напруги. Таку напругу формує перетворювач частоти (бл. 334) під впливом комутуючих імпульсів, які виробляє блок 335. Схема формування комутуючих імпульсів блока 335 в цілому залишається такою ж, як і при слідкуючому режимі. Але для формування опорної послідовності імпульсів використовується не напруга ГОН, а власний генератор імпульсів ГІ (див. рис. 11.10). Фазозсувний пристрій ФЗП у цьому режимі не потрібний, і тому його керуючий вхід замкнений на корпус, а формувач комутуючих імпульсів ФКІ формує комутуючі імпульси фіксованої тривалості.

На керуючий вхід генератора імпульсів ГІ надходить постійна напруга розузгодження з виходу ППС блока 336. При узгодженому стані роторів сельсинів СС2 і СС8 напруга розузгодження дорівнює нулю, і генератор імпульсів ГІ формує опорну послідовність імпульсів з частотою надходження 50 Гц. Ці імпульси транзитом через ФЗП надходять на формувач комутуючих імпульсів ФКІ, який формує три послідовності комутуючих імпульсів для управління роботою перетворювача частоти. Перетворювач частоти за принципом дії (див. п. 11.1.3.2) формує вихідну напругу, частота коливань якої $f_{\text{вих}} = f - f_k$, де f – частота вхідної напруги перетворювача, а f_k – частота надходження комутуючих імпульсів. Оскільки в даному ви-

падку $f = f_k = 50$ Гц, то вихідна напруга перетворювача буде являти собою постійну напругу. Обертання магнітного поля в статорі двигуна не буде, і ротор буде знаходитися у стані спокою. За наявності напруги розузгодження U_r генератор імпульсів ГІ буде формувати опорну послідовність імпульсів з частотою надходження більшою або меншою від 50 Гц (залежно від знака розузгодження). На виході перетворювача частоти з'явиться напруга різницевої частоти з прямим або із зворотним порядком фаз (залежно від знака різниці частот), внаслідок чого магнітне поле статора, а за ним і ротор двигуна М4 будуть обертатися у бік зменшення напруги розузгодження.

11.2.2.5. Режим технологічного обертання антени вмикається за допомогою кнопки ТЕХН.СКОР. на блоці 243. З надходженням цієї команди апаратура управління режимами забезпечує поєднання елементів приводу так, що система обертання антени в технологічному режимі являє собою (рис. 11.11) розімкнуту систему управління швидкістю обертання ротора виконавчого двигуна М4. Схема вмикання двигуна і спосіб управління швидкістю обертання його ротора такі, як і в режимі встановлення антени на заданий азимут. Керуюча напруга надходить на керуючий вхід генератора опорних імпульсів ГІ з блока 243 від потенціометра ТЕХН.СКОР., яким задається швидкість технологічного обертання антени.

На закінчення розгляду режимів роботи приводу обертання основної антени необхідно зазначити, що перехід від одного режиму роботи до іншого можна здійснювати, не зупиняючи антену. Апаратура управління режимами, аналізуючи сигнали, які на неї видає формувач сигналів швидкості ФСШ (див. рис. 11.5), і команди з пульта управління, автоматично визначає порядок переходу від одного режиму до іншого.

11.3. Привод обертання антени А5

Привод антени А5 призначений для обертання виносної антени в азимутальній площині. За принципами побудови привод обертання антени А5 являє собою регульований синхронно-слідкуючий привод постійного струму, який може залежно від умов роботи РЛС працювати в одному з режимів:

- синхронно-синфазне обертання антени А5 з обертанням основної антени РЛС (слідкуючий режим);

- встановлення антени А5 на заданий азимут;

- технологічне обертання антени А5 із швидкістю 0,1...0,5 об/хв.

До складу приводу антени А5 входять такі функціонально і конструктивно обособлені складові:

блок редуктора з виконавчим двигуном постійного струму і тахогенератором (бл. 370);
електромашинний підсилювач напруги управління (ЕМП – бл. 371);
блок приймальних сельсинів (бл. 372);
підсилювач сигналів розузгодження (бл. 373);
задавальні сельсини СС6, СС7 у блоці сельсинів приводу основної антени (в бл. 355);
тахогенератор М2 у блоці редуктора основної антени (у бл. 254);
релейна апаратура та органи управління на пульті управління обертанням антени (у бл. 243);
індикаторний сельсин (бл. 377).

Функціональна схема приводу антени А5 наведена на рис. 11.12. Позначення елементів на функціональній схемі збережено таким, як і на принципіальних схемах блоків, за винятком релейної апаратури управління в блоці 243, де складні схеми релейної комутації кіл показані умовно і позначені як комутаційні групи КГ1...КГ6.

Перед вмиканням приводу необхідно подати напругу на всю систему обертання, для чого автоматичний вимикач на блоці вмикання живлення причепа АП-2 (на бл. 374) поставити в положення ПИТ~380 В, 50 Гц, а потім подати живлення на привод А5, для чого автоматичний вимикач В2 на контакторній шафі (на бл. 333) поставити в положення ПРИВОД А5. При цьому отримують живлення всі елементи приводу, крім приводного двигуна ЕМП (бл. 371) і електромагнітної муфти ЕМ1 (в бл. 370), яка в знеструмленому стані працює як гальмо й утримує антену А5 в такому азимутальному положенні, в якому вона зупинилась при попередньому вимкненні. Для остаточного ввімкнення приводу антени А5 необхідно натиснути кнопку ПРИВОД на блоці 243. При цьому буде видана напруга на приводний двигун ЕМП і на електромагнітну муфту ЕМ1, яка розгальмує антену. Релейна апаратура управління блока 243 здійснить необхідні комутації кіл приводу відповідно до режиму, який задається перемикачем режимів роботи приводу антени А5 на блоці 243. Принципи функціонування приводу доцільно розглянути окремо для кожного режиму роботи.

До **слідкуючого режиму** привод переводиться при встановленні перемикача режимів на блоці 243 в положення СИНХР.ВРАЩ. У цьому режимі утворюється двоканальний слідкуючий контур із слідкуванням за швидкістю обертання основної антени.

Задавальним пристроєм є сельсин-датчики грубого і точного каналів СС6 і СС7 у блоці сельсинів приводу основної антени (в бл. 355). На двофазні обмотки цих сельсинів надходить з блока 243 через замкнуті в слідкуючому режиму контакти КГ1 напруга збудження ~110 В, 50 Гц (ця ж напруга буде використовуватися в блоці підсилювача сигналів розузгодження як опорна $U_{оп}$).

Об'єктом управління є вал обертання антени А5, з яким через редуктор жорстко пов'язані ротори сельсин-трансформаторів (приймальних сельсинів) СС1, СС2 відповідно грубого і точного каналів. Ці сельсини розташовані в блоці сельсинів (бл. 372) поряд із редуктором приводу обертання. Трифазні обмотки приймальних сельсинів СС1, СС2 поєднуються з трифазними обмотками задавальних сельсинів СС6, СС7 блока 355 комутаційною групою КГ2, розташованою в блоці 243. В обмотках управління приймальних сельсинів СС1, СС2 наводиться напруга, амплітуда якої пропорційна кутовим розузгодженням валів задавальних та приймальних сельсинів, а фаза цієї напруги відносно опорної напруги має значення 0° або 180° залежно від напрямку розузгодження. Таким чином, сельсини СС1 і СС2 є датчиками сигналу розузгодження відповідно грубого і точного каналів.

Сигнали розузгодження у вигляді змінної напруги з обмоток управління сельсинів СС1, СС2 надходять через замкнуті контакти комутаційних груп КГ3, КГ4 до блока підсилювача сигналів розузгодження (бл.373) на підсилювач сигналів, виконаний на лампі Л2б. При цьому сигнали точного каналу надходять на підсилювач Л2б безпосередньо, а сигнали грубого каналу попередньо підсилюються додатковим підсилювачем Л2а і проходять на підсилювач Л2б через неонову лампу Л3 тільки тоді, коли досягнуть порогу запалювання лампи Л3. Поріг запалювання лампи Л3 відповідає кутовому розузгодженню валів задавального і приймального сельсинів грубого каналу приблизно у 5° . Підсилені сигнали розузгодження надходять на фазовий дискримінатор ФД1 і перетворюються на постійну напругу, величина якої пропорційна кутовому розузгодженню валів сельсин-датчика і сельсин-приймача, а полярність визначається напрямком розузгодження. Опорною напругою для ФД1 служить та ж напруга, якою збуджувалися задавальні сельсини СС6, СС7 у блоці 355.

Постійна напруга з виходу ФД1 надходить на суматор Σ , де складається з напругою тахогенератора М2 блока 254 і напругою тахогенератора М2 блока 370. При цьому напруга тахогенератора блока 254 складається з напругою кутового розузгодження, а напруга тахогенератора блока 370 віднімається від напруги розузгодження. В усталеному режимі обертання антен напруги обох тахогенераторів однакові і взаємно компенсуються. Контур управління приводом, таким чином, слідує не тільки за кутовим положенням задавальних сельсинів, а й за швидкістю їх обертання.

Сигнали з виходу суматора надходять через релейну групу Р2, Р3, призначення якої буде розглянуте дещо пізніше, і через контакти комутаційної групи КГ6 на електромашинний підсилювач (бл. 371). Електромашинний підсилювач ЕМП є підсилювачем постійного струму і являє собою агрегат, який складається з асинхронного трифазного двигуна і регульованого генератора постійного струму, насаджених на єдиний вал. Генератор

приводиться до руху асинхронним двигуном, живлення для якого надходить від контакторної шафи (бл. 333), і перетворює механічну енергію обертання на постійну напругу, величина і полярність якої залежать від величини і полярності вхідних сигналів, що надходять на обмотку збудження. Підсилені сигнали з виходу ЕМП надходять до блока 370 на якорну обмотку виконавчого двигуна М1, який через редуктор передає обертання на вал антени А5 і на вали приймальних сельсинів СС1, СС2 у блок 372.

У контурі управління приводом антени А5 передбачені пристрої запобігання реверсному входженню антени А5 до режиму синхронного обертання з основною антеною. Можливі такі ситуації, коли на момент вмикання режиму синхронного обертання антена А5 має велике розузгодження з основною антеною (близько 180°) і знак розузгодження такий, що антена А5 починає спочатку обертатися в бік, протилежний обертанню основної антени. Антена А5 може набрати великої швидкості в протилежний бік, а при співпадінні азимутів АО і А5 знак розузгодження зміниться на протилежний, і виконавчий двигун приводу антени А5 повинен різко змінити напрямок обертання (здійснити реверс). Такий режим негативно впливає не тільки на тривалість входження до синхронізму, а й викликає динамічні удари та перевантаження рухомих механічних конструкцій. З цієї причини в контур управління приводом антени А5 введені додаткові пристрої, які забезпечують входження антени А5 в синхронізм тільки навздогін. Для цього в блок підсилювача сигналів розузгодження (бл. 373) додатково введені фазовий дискримінатор ФД2 і поляризоване реле Р1, а у складі релейної апаратури управління блока 243 є спеціальний датчик реверса. Поляризоване реле Р1 аналізує величину та знак кутового розузгодження і спрацьовує тоді, коли настає велике розузгодження негативної полярності, а датчик реверса аналізує швидкість та напрямок обертання антени А5 і спрацьовує тоді, коли антена набирає великої швидкості в протилежному обертанню АО напрямку. За наявності цих двох сигналів релейна група Р2, Р3 відключає вихід суматора Σ від ЕМП, і виконавчий двигун зупиняється.

Поточне азимутальне положення антени А5 контролюється за допомогою індикаторної пари сельсинів. Задавальний сельсин СС3 знаходиться в блоці 372 (див. рис. 11.12), а індикаторний сельсин СС1 виконаний як окремий блок (бл. 377), який розташований в причепі АП-1 на робочому місці оператора (на ст. 112). Індикаторний сельсин має азимутальну шкалу і стрілку, яка насаджена на вал сельсина.

Для вмикання **режиму встановлення антени А5 на заданий азимут** необхідно перемикач режимів роботи на блоці 243 встановити в положення УСТ.АЗИМ. З надходженням цієї команди апаратура управління режимами забезпечує поєднання елементів приводу так, що система обертання ан-

тени А5 в цьому режимі являє собою (див. рис. 11.12) одноканальний слідкуючий контур із слідкування за положенням.

Задавальним пристроєм в цьому режимі є сельсин-датчик СС5 АЗИМ, розташований на пульті управління обертанням антени (бл. 243). Трифазні обмотки цього сельсина поєднуються комутуючою групою КГ2 з трифазними обмотками приймального сельсина грубого каналу СС1 блока 372. Напруга розузгодження з сигнальної обмотки сельсина СС1 надходить до блока підсилювача сигналів розузгодження (бл. 373) на фазовий дискримінатор ФД1. Постійна напруга з виходу ФД1 надходить на суматор Σ , де складається в протифазі з напругою тахогенератора М2 блока 370, який відіграє роль стабілізатора перехідного процесу (коло надходження напруги від тахогенератора М2 блока 254 в цьому режимі розмикається комутаційною групою КГ5). Порядок роботи решти функціональних пристроїв приводу такий, як і в режимі синхронного обертання.

Якщо на момент вмикання режиму встановлення антени А5 на заданий азимут вона оберталась (до цього був ввімкнутий режим синхронного або технологічного обертання) і розузгодження між задавальним сельсином СС5 і поточним положенням антени А5 таке, що вимагає зміни напрямку руху антени на протилежний, то спрацьовують пристрої захисту приводу від різкого реверса, як і в слідкуючому режимі обертання.

Режим технологічного обертання антени А5 вмикається при встановленні перемикача режимів на блоці 243 в положення ТЕХН.СКОР. З надходженням цієї команди релейна апаратура управління забезпечує поєднання елементів приводу так, що система обертання антени А5 в технологічному режимі являє собою розімкнуту систему управління швидкістю обертання ротора виконавчого двигуна М1. Керуюча напруга надходить на ЕМП через комутаційну групу КГ6 з блока 243 від потенціометра ТЕХН.СКОР., яким задається швидкість технологічного обертання антени.

Вимкнення приводу антени А5 здійснюється кнопкою ВІКЛ. на блоці 243. При цьому напруга з приводного двигуна ЕМП знімається відразу після натиснення кнопки ВІКЛ., а з електромагнітної муфти ЕМ1 напруга буде знята тоді, коли антена А5 зупиниться. Контроль швидкості обертання антени здійснюється датчиком реверса, який контролює величину напруги на виході тахогенератора М2. Знеструмлена електромагнітна муфта ЕМ1 буде утримувати антену А5 в загальмованому стані до наступного вмикання приводу.

11.4. Привод згортання та розгортання антени

Основу приводу згортання та розгортання антени становлять електролебідки та пульти управління ними. Крім того, на час згортання та

розгортання антени використовуються також виконавчі двигуни приводу обертання основної антени. Для цього необхідно важіль ПОДЪЕМ(СПУСК) – ВЫКЛ. на блоці редуктора (бл. 254) поставити в положення ПОДЪЕМ(СПУСК), завдяки чому редуктор приводу обертання антени поєднується з конічними редукторами приводу згортання та розгортання антени (див. рис. 11.5), а верхній редуктор блока 254, тобто редуктор обертання антени, необхідно від'єднати від основного редуктора, знявши карданний вал, який їх поєднує.

До складу приводу згортання та розгортання антени входять (рис. 11.13):

- лебідка ферми опромінювача;

- лебідка лівої відтяжки;

- лебідка правої відтяжки;

- лебідка горизонтального стовбура антени;

- лебідка піднімання антени;

- двигуни М4, М5 приводу обертання основної антени та конічні редуктори блока 254;

- щит комутації (бл. 332);

- пульт управління лебідкою піднімання антени (бл. 330);

- пульт управління лебідками відтяжок (бл. 331);

- пульт управління лебідками стовбура і опромінювача (бл. 390).

Основу приводу згортання та розгортання антени становлять електролебідки різного функціонального призначення. Лебідка ферми опромінювача використовується після розгортання і встановлення у вертикальне положення дзеркала антени для піднімання опромінювача. Лебідки лівої та правої відтяжок призначені для запобігання завалюванню антени набік при її встановленні у вертикальне положення. Лебідка горизонтального стовбура забезпечує стягування (при згортанні) або розтягування (при розгортанні) горизонтального стовбура каркасу антени. Лебідка піднімання антени забезпечує встановлення антени у вертикальне положення. Двигуни приводу обертання основної антени використовуються при розгортанні антени для встановлення у вертикальне положення опорної секції антенно-щоглового пристрою, а при згортанні – для опускання її в горизонтальне положення. Приводними двигунами в лебідках ферми опромінювача та горизонтального стовбура є асинхронні короткозамкнуті двигуни типу АОМ-32-4Т, а в лебідках відтяжок та піднімання антени – АО2-31-2В. Потужність двигунів – 3 кВт, напруга живлення – 380 В, 50 Гц.

Живлення електродвигунів лебідок здійснюється через щит комутації (бл. 332), на який напруга 380 В, 50 Гц надходить від контакторної шафи (бл. 333). У блоці 332 знаходяться контактори вмикання двигунів. Команди на вмикання двигунів з відповідним напрямком

обертання надходять від пультів управління (блоки 330, 331, 390), які на час розгортання (згортання) антени підключаються за допомогою подовжених кабелів до щита комутації (до бл. 332). Наявність трьох виносних пультів визначається тим, що управління лебідками під час розгортання (згортання) антени здійснюється трьома операторами з різних точок спостереження.

Вмикання двигунів приводу основної антени при підніманні (опусканні) опорної секції антенно-щоголового пристрою здійснюється під впливом команд ПРИВОД (ПОДЪЕМ – СПУСК), які надходять від блока 330 через щит комутації (бл. 332) на блок управління режимами (бл. 336). При цьому блок 336 видає необхідні команди на контакторну шафу (бл. 333) для каскадного з'єднання двигунів М4, М5 блока 254. Вимкнення двигунів приводу основної антени здійснюється автоматично при досягненні секцією кінцевих вимикачів.

12. СИСТЕМА ПЕРЕДАЧІ АЗИМУТА

12.1. Загальна характеристика системи передачі азимута

Система передачі азимута призначена для передачі інформації про азимутальне положення антени на пристрої та системи РЛС. Споживачами цієї інформації перш за все є індикаторні пристрої (ІКО і ВІКО), а також різні формувачі, що формують сигнали і команди, поява яких пов'язана з азимутальним положенням антени. Крім того, інформацію про азимутальне положення РЛС необхідно видавати на спряжені з РЛС зовнішні системи.

Загальні принципи побудови системи передачі азимута визначаються тими технічними засобами, які використовуються в системі для передачі інформації про кутове положення об'єктів, та особливостями роботи системи з різними споживачами.

Основними засобами передачі кутової інформації, які використовуються в системі передачі азимута, є сельсинні пари: сельсин-датчик – сельсин-приймач. Сельсин-датчики пов'язані механічно з ведучими валами, а сельсин-приймачі залежно від споживачів можуть працювати або в слідкуючому, або в трансформаторному режимах. Тому сельсин-приймачі часто називають сельсин-трансформаторами.

Вимоги щодо точності передачі азимутального положення антени у різних споживачів різні. Виносні індикатори кругового огляду (ВІКО), будучи основними робочими місцями операторів, повинні отримувати якомога точнішу інформацію про поточний азимут антени, а ІКО використовується більше для контролю за технічним станом РЛС і є менш вимогливим щодо точності відображення первинної радіолокаційної інформації. Зовнішні споживачі, працюючи в слідкуючому режимі, також вимагають досить точної інформації, а формувачі сигналів і команд у складі апаратури РЛС працюють здебільшого як порівняльні пристрої і сигнали, які вони формують, не впливають на точність визначення координат цілей.

Зазначені обставини вплинули на загальну структуру та склад системи передачі азимута. До складу системи (рис. 12.1) входять:

- блок сельсинів (бл. 355);

- система передачі азимута на виносні індикатори кругового огляду (СПА ВІКО);

- система передачі азимута на індикатор кругового огляду (СПА ІКО);

- система вторинної передачі азимута (СВПА).

Блок сельсинів є головним задавальним пристроєм системи передачі азимута. Редуктор блока механічно пов'язаний із валом обертання антени

через блок струмозйомника (бл. 212). Основу блока сельсинів (рис. 12.2) становлять задавальні сельсини, ротори яких пов'язані відповідним чином через редуктор із валом обертання антени (типи сельсинів і передаточні числа між роторами сельсинів і валом обертання антени наведені на схемі):

СС1 – сельсин-датчик для СПА ІКО;

СС2, СС3 – задавальні сельсини (грубого і точного каналів) для СПА ВІКО (ці сельсини є також датчиками для зовнішніх спряжених систем);

СС4, СС5 – задавальні сельсини для системи обертання антени НРЗ;

СС6, СС7 – задавальні сельсини для системи обертання антени А5;

СС8, СС9 – приймальні сельсини системи обертання основної антени в режимі синхронно-синфазного обертання з зовнішнім датчиком.

У режимі імітації обертання антени роль задавальних сельсинів виконують сельсин-датчики блока імітатора обертання АО (бл. 6). Відповідна комутація трифазних обмоток (обмоток синхронізації) сельсин-датчиків і сельсин-приймачів СПА ВІКО і СПА ІКО здійснюється (див. рис. 12.1) перемикачем В1 РАБОТА–ИМИТАЦИЯ, розташованим на щиті сигналізації (бл. 4).

Система передачі азимута на виносні індикатори (СПА ВІКО) забезпечує синхронно-синфазне обертання відхиляючої системи ВІКО з обертанням основної антени і формування азимутальних імпульсів, з яких потім формуються мітки азимута. За принципом побудови СПА ВІКО являє собою двоканальну синхронно-слідкуючу систему з похибкою передачі азимута не більшою, ніж 1° (при швидкості обертання антени 3 об/хв).

Система передачі азимута на індикатор кругового огляду (СПА ІКО) вирішує ті ж завдання, що й СПА ВІКО, але з нижчою точністю (похибка може досягати $1,5^\circ$). Крім того, СПА ІКО виконує функції задавального пристрою для системи вторинної передачі азимута. За принципом побудови СПА ІКО являє собою одноканальну синхронно-слідкуючу систему.

Система вторинної передачі азимута (СВПА) забезпечує передачу інформації про азимутальне положення основної антени на імітатор, синусно-косинусний пристрій, датчик стробів, перемикач В-Н (перемикач режимів роботи опромінювача) і на апаратуру управління режимами випромінювання (на апаратуру «Комутатор»). За принципом побудови СВПА являє собою одноканальну неслідкуючу систему передачі азимута. Сельсин-датчики системи знаходяться в блоці серводвигуна ІКО (бл. 59), а сельсин-приймачі, які працюють у трансформаторному режимі, розташовані у блоках відповідних систем і пристроїв.

12.2. Система передачі азимута на ВІКО

Система передачі азимута на ВІКО являє собою (рис. 12.3) замкнутий двоканальний синхронно-слідкуючий привод змінного струму із слідкуванням за положенням.

Задавальним пристроєм є сельсини СС2 і СС3 відповідно грубого і точного каналів, які розташовані в блоці сельсинів (бл. 355). Ротор сельсина грубого каналу обертається із швидкістю обертання антени, а ротор сельсина точного відліку обертається в 36 разів швидше. На двофазні обмотки управління цих сельсинів надходить напруга збудження ~ 110 В, 50 Гц. У режимі імітації обертання антени роль задавальних сельсинів виконують сельсин-датчики М3 і М4 блока 6.

Об'єктом управління є шестерня відхиляючої системи ВІКО, з якою через редуктор жорстко пов'язані ротори сельсин-трансформаторів (приймальних сельсинів) М3, М1 відповідно грубого і точного каналів. Ці сельсини розташовані в блоці серводвигуна ВІКО (бл. 76). Трифазні обмотки приймальних сельсинів М3, М1 поєднані з трифазними обмотками задавальних сельсинів СС2 і СС3 через диференціальні сельсини М2 і М1 в блоці виносного пульта управління (бл. 95). За допомогою диференціальних сельсинів можна змінювати узгоджене положення роторів задавальних і приймальних сельсинів у межах від 0° до 360° . Ця особливість диференціальних сельсинів використовується при орієнтуванні антени РЛС. На передній панелі блока 95 є ручка ОРИЕНТИРОВАНИЕ, за допомогою якої вводиться відповідна поправка при орієнтуванні антени РЛС.

В обмотках управління приймальних сельсинів М3, М1 блока серводвигуна ВІКО (бл. 76) наводиться напруга, амплітуда якої пропорційна кутовим розузгодженням валів задавальних та приймальних сельсинів, а фаза цієї напруги відносно опорної напруги має значення 0° або 180° залежно від напрямку розузгодження. Таким чином, сельсини М3 і М1 є датчиками сигналу розузгодження відповідно грубого і точного каналів. Сигнали розузгодження у вигляді змінної напруги з обмоток управління сельсинів М3, М1 блока 76 надходять до блока сервопідсилювача СПА ВІКО (бл. 55).

Блок сервопідсилювача являє собою підсилювач напруги низької частоти і забезпечує підсилення сигналів розузгодження до потужності, необхідної для нормальної роботи серводвигуна ВІКО. Блок містить два канали підсилення сигналів (грубий і точний) і спільний для обох каналів двокаскадний вихідний підсилювач. Точний канал працює постійно, а грубий підключається тільки тоді, коли розузгодження становить більше 5° . При цьому точний канал не відключається, і його сигнали складаються з сигналами грубого каналу. Оскільки сигнали грубого каналу набагато потужніші, то вони й будуть при такому розузгодженні визначальними.

Сигнали грубого каналу надходять до блока 55 спочатку на пристрій зсуву «хибного нуля». Необхідність цього пристрою зумовлена тим, що передаточне число між валами сельсинів грубого і точного каналів є чис-

лом парним (1:36), і при розузгодженні на 180° на виходах обох каналів буде нульова напруга («хибний нуль»). Для запобігання цьому до сигналів грубого каналу додається змінна напруга (50 Гц) такої амплітуди, щоб «хибний нуль» грубого каналу змістився приблизно на 5° . Пристрій зсуву «хибного нуля» містить (див. рис. 12.3) мостову схему R5, R6, C2, C3, трансформатор додаткової напруги Tr2 і перемикач B2 (1:23 – 1:36). Мостова схема потрібна для усунення взаємного впливу сигнальної обмотки селесина M3 і вторинної обмотки трансформатора додаткової напруги Tr2. Одночасно міст виконує і функцію фазозсувної ланки і компенсує зсув фази додаткової напруги при її трансформації. Сигнали грубого каналу надходять на вертикальну діагональ моста, а знімаються з горизонтальної, і послідовно з ними за допомогою перемикача B2 (в положенні 1:36) вмикається додаткова напруга з вторинної обмотки трансформатора Tr2. Перемикач B2 при використанні цього блока в РЛС 5Н84А завжди має знаходитися в положенні 1:36. Величина додаткової напруги регулюється потенціометром R36. Перемикач B2 і потенціометр R36 знаходяться всередині блока.

Після додавання додаткової напруги сигнали грубого каналу через потенціометр R15 УСИЛЕН.ГО надходять на підсилювач сигналів, виконаний на лампі ЛЗб. З виходу підсилювача сигнали грубого каналу надходять через автоматичний вмикач, виконаний на неоновій лампі Л4, на вхід парафазного підсилювача (Л5). Неонова лампа Л4 загоряється при наявності напруги сигналу грубого каналу, яка відповідає розузгодженню приблизно у 5° .

Сигнали точного каналу проходять через фазозсувну ланку Tr1, R3, R4, C4, C5, R7, яка компенсує набігання фази сигналів відносно живлячої напруги при їх обробці в блоці, і надходять на стабілізуючий чотириполіусник C6, C7, R8, R9. Стабілізуючий чотириполіусник являє собою фільтр нижніх частот і призначений для подавлення власних автоколивань контуру управління (2...4 Гц), завдяки чому усуваються переколювання виконавчого двигуна і підвищується усталеність роботи контуру. Стабілізуюча дія чотириполіусника регулюється потенціометром R9 УСТОЙЧИВ.

Підсилення сигналів точного каналу здійснюється підсилювачем низької частоти, виконаним на лампі ЛЗа. Величина підсилення каскаду регулюється потенціометром R32 УСИЛЕН.ТО. Підсилені сигнали точного каналу надходять через дільник R16, R17 на вхід парафазного підсилювача, виконаного на подвійному тріоді Л5.

З виходів парафазного підсилювача сигнали розузгодження, рівні за амплітудою і протилежні за фазою, надходять на вихідний каскад. Вихідний каскад являє собою двотактний підсилювач потужності, виконаний на двох тетродах Л6 і Л7. В анодне коло тетродів ввімкнутий вихідний трансформатор Tr3, з вторинної обмотки якого підсилені сигнали розузгоджен-

ня надходять до блока 76 як напруга управління на керуючу обмотку виконавчого двигуна М4.

Виконавчий двигун М4 являє собою асинхронний двофазний електродвигун з порожнистим ротором. На обмотку збудження двигуна напруга надходить з блока сервопідсилювача (бл. 55) через тумблер В1 СЛЕЖЕНИЕ – ВЫКЛЮЧЕНО і через фазозсувну ланку С1, R1. Фазозсувна ланка забезпечує зсув фази збуджуючої напруги приблизно на 90° відносно керуючої напруги, яка може мати фазу 0° або 180° залежно від напрямку розузгодження. Такий взаємний зсув фаз необхідно мати для отримання максимальної потужності на валу двигуна.

12.3. Система передачі азимута на ІКО

Система передачі азимута на ІКО являє собою (рис. 12.4) замкнутий одноканальний синхронно-слідкуючий привод змінного струму із слідкуванням за положенням.

Задавальним пристроєм є сельсин СС1, який розташований у блоці сельсинів (бл. 355). Ротор задавального сельсина обертається із швидкістю обертання антени. На двофазну обмотку управління задавального сельсина надходить напруга збудження ~ 110 В, 400 Гц. У режимі імітації обертання антени роль задавального сельсина виконує сельсин-датчик М1 у блоці 6.

Об'єктом управління є шестерня відхиляючої системи ІКО (бл. 122), з якою через редуктор жорстко зв'язаний ротор сельсин-трансформатора (приймального сельсина) М4 в блоці серводвигуна ІКО (бл. 59).

В обмотці управління приймального сельсина М4 блока 59 наводиться напруга, амплітуда якої пропорційна кутовому розузгодженню валів задавального та приймального сельсинів, а фаза цієї напруги відносно опорної напруги має значення 0° або 180° залежно від напрямку розузгодження. Таким чином, сельсин М4 є датчиком сигналу розузгодження. Сигнали розузгодження у вигляді змінної напруги з обмотки управління сельсина М4 блока 59 надходять до блока сервопідсилювача СПА ІКО (бл. 60).

Блок сервопідсилювача забезпечує підсилення сигналів розузгодження до потужності, необхідної для нормальної роботи серводвигуна ІКО. Загальна схема підсилення й обробки сигналів така. Спочатку сигнали розузгодження, які надходять на блок у вигляді змінної напруги (400 Гц), амплітуда якої залежить від величини розузгодження, а фаза (0° або 180°) визначається напрямком розузгодження, підсилюються попереднім підсилювачем. Потім за допомогою фазового дискримінатора вони перетворюються на сигнали постійної напруги, величина якої залежить від величини розузгодження, а полярність – від напрямку розузгодження. Ці си-

гнали після додаткового підсилення їх підсилювачами постійного струму використовуються для управління дроселями магнітного підсилювача-перетворювача. Магнітний підсилювач-перетворювач перетворює сигнали постійного струму на змінну напругу (400 Гц), амплітуда і фаза якої залежать від величини та полярності сигналів постійного струму. Зазначеним порядком обробки сигналів визначаються функціональний склад (див. рис. 12.4) і принципи функціонування блока сервопідсилювача ІКО.

Сигнали розузгодження надходять на попередній підсилювач (Л1а) через перемикач В1 СЛЕЖЕНИЕ – ИМИТАТОР. Величина вхідних сигналів регулюється потенціометром R1 УСИЛЕНИЕ. У режимі імітації обертання антени на вхід попереднього підсилювача надходить напруга з трансформатора Tr2, і величина її (швидкість обертання розгортки) регулюється потенціометром R10 ИМИТАТОР. Тут необхідно зазначити, що режим імітації обертання антени для всієї СПА задається перемикачем на блоці 4, а у блоці 60 вмикається, так би мовити, місцевий режим імітації тільки для СПА ІКО і СВПА, що необхідно при настройках і регулюваннях різних систем РЛС. Після попереднього підсилювача сигнали надходять на інвертор (Л1б), який змінює фазу сигналів на 180° , залишаючи незмінною амплітуду.

Утворена пара протифазних сигналів (з виходу попереднього підсилювача та інвертора) надходить на сітки подвійного тріода Л2, на якому виконаний фазовий дискримінатор. За принципом побудови фазовий дискримінатор являє собою балансний фазовий детектор. Опорна напруга через трансформатор Tr1 надходить у анодні кола ламп Л2а, Л2б синфазно, а вхідні сигнали подаються на сітки ламп протифазно. Результат перетворення у вигляді пульсацій виділяється на резисторах R15...R17 і згладжується конденсаторами С7, С8. Симетрування фазового дискримінатора (при нульових вхідних сигналах повинен бути нуль на виході) здійснюється потенціометром R16 СИММЕТРИЯ. До анодних кіл ламп Л2а, Л2б ввімкнуті підсилювачі постійного струму ППС1, ППС2, виконані на лампах Л3, Л4, які забезпечують підсилення перетворених сигналів до рівня, необхідного для управління роботою магнітного підсилювача.

Магнітний підсилювач працює за принципом балансного модулятора. На первинні обмотки магнітного підсилювача надходить напруга 200 В, 400 Гц від трансформатора Tr2. Вторинні обмотки підсилювача, з яких знімається вихідна напруга, ввімкнуті зустрічно, і при відсутності керуючої напруги на обмотках підмагнічування підсилювач знаходиться в збалансованому стані, тобто вихідна напруга дорівнює нулю. При надходженні на обмотки підмагнічування сигналів тієї або іншої полярності відбувається розбалансування підсилювача. На вторинних обмотках з'являється напруга, амплітуда якої пропорційна величині керуючих сигналів, а фаза (0° або 180°) залежить від їх полярності. З виходу магнітного підсилювача під-

силені сигнали розузгодження надходять до блока 59 як напруга управління на керуючу обмотку виконавчого двигуна М5.

Виконавчий двигун М5 являє собою асинхронний двофазний електродвигун з порожнистим ротором. На обмотку збудження двигуна напруга надходить з блока сервопідсилювача ІКО (бл. 60) від трансформатора Тр2.

12.4. Система вторинної передачі азимута

За принципом побудови система вторинної передачі азимута (СВПА) являє собою одноканальну неслідкуючу систему передачі азимута. Сельсин-датчики системи знаходяться в блоці серводвигуна ІКО (бл. 59), а сельсин-приймачі, які працюють у трансформаторному режимі, розташовані в блоках відповідних систем і пристроїв.

Функціональна схема СВПА наведена на рис. 12.5. Сельсини на функціональній схемі системи позначені так, як і на принципіальних схемах відповідних блоків.

У блоці серводвигуна ІКО розташовані задавальні сельсини М1, М2, М3 і М6 системи вторинної передачі азимута. Ротори цих сельсинів через редуктор зв'язані з валом виконавчого двигуна М5 СПА ІКО. Передаточне число по відношенню до вала обертання антени (і відхиляючої системи ІКО) для роторів задавальних сельсинів М1, М2 становить 1:1, а для сельсин-датчиків М3 і М6 – 2:1. На кожний сельсин-датчик (за винятком М6) навантажені кілька сельсин-трансформаторів.

Сельсин-датчик М1 навантажений сельсин-трансформаторами:

СС1 (АЗИМУТ) у блоках імітації луна-сигналів від цілей (бл. 80) – встановлення початкового значення азимута цілей;

М1 (АЗИМУТ) у блоці імітації сигналів від своїх літаків (бл. 82) – встановлення початкового значення азимута своїх літаків.

Сельсин-датчик М2 навантажений сельсин-трансформаторами:

М1 (НАПР.ВЕТРА) у блоці імітації ефекту Доплера (бл. 84) – встановлення напрямку вітру;

СС1, СС3 (УСТ.НУЛЯ) на пульті управління обертанням антен (бл. 243) – сельсини синусно-косинусного пристрою СКДВ (підключаються в режимі місцевого управління станцією);

СС3, СС4 (УСТ.НУЛЯ) на пульті дистанційного управління (на бл. 287) – сельсини синусно-косинусного пристрою СКДВ (підключаються в режимі дистанційного управління станцією).

Сельсин-датчик М3 навантажений сельсин-трансформаторами:

М1 (АЗИМУТ АШП) і М2 (АЗИМУТ ПП) у блоці імітації завад (бл. 83) – встановлення азимута постановника активних шумових завад і постановника пасивних завад;

М1 (АЗИМ.ПОМ.І) і М2 (АЗИМ.ПОМ.ІІ) у блоці азимутальних стробів (бл. 58) – встановлення азимутів стробів управління роботою системи захисту від пасивних завад (підключаються в режимі місцевого управління);

СС5 (АЗИМ.ПОМ.І) і СС6 (АЗИМ.ПОМ.ІІ) у блоці дистанційного управління (бл. 287) – встановлення азимутів стробів управління роботою системи захисту від пасивних завад (підключаються в режимі дистанційного управління), а також сельсин СС7 (АЗИМУТ В–Н) – встановлення азимута зміни режимів ВЕРХНИЙ ЛУЧ – НИЖНИЙ ЛУЧ (підключається в режимі дистанційного управління);

СС4 (АЗИМУТ В–Н) на пульті управління обертанням антен (бл. 243) – встановлення азимута зміни режимів ВЕРХНИЙ ЛУЧ – НИЖНИЙ ЛУЧ (підключається в режимі місцевого управління).

Сельсин-датчик М6 навантажений на сельсин-трансформатор М1 (АЗИМ.СЕКТ) у блоці управління апаратурою «Комутатор» (бл. 206) – встановлення азимута вимикання випромінювання РЛС.

Сигнали, які знімаються з сигнальних обмоток зазначених сельсин-трансформаторів, несуть інформацію про азимутальне положення розгортки на ІКО і використовуються різними пристроями для формування команд, поява яких пов'язана з азимутальним положенням антени. Порядок обробки цих сигналів розглядається при вивченні принципів функціонування відповідних блоків.

13. СИСТЕМА ХРОНІЗАЦІЇ

13.1. Загальна характеристика системи хронізації

Система хронізації призначена для формування синхроімпульсів, які забезпечують погоджену за часом роботу систем та пристроїв РЛС і наземного радіолокаційного запитувача.

Система може працювати в режимі внутрішньої та в режимі зовнішньої синхронізації. В режимі внутрішньої синхронізації система формує опорну послідовність імпульсів, із якої формуються усі необхідні хронізуючі імпульси з відповідною часовою розстановкою. В режимі зовнішньої синхронізації опорна послідовність імпульсів надходить від зовнішніх систем (це може бути сусідня РЛС 5Н84А або КЗА 5Н93М) і задача системи хронізації полягає лише в розмноженні та часовій розстановці хронізуючих імпульсів.

Основним режимом синхронізації являється режим внутрішньої синхронізації. При цьому система може працювати в одному із трьох режимів роботи:

- режим основного симетричного запуску;
- режим основного несиметричного запуску;
- режим рідкого запуску.

В режимі основного симетричного запуску формується опорна послідовність імпульсів з частотою 190 Гц і постійним періодом їх надходження, рівним 5,26 мс (рис. 13.1, а). В режимі основного несиметричного запуску формується опорна послідовність імпульсів також з частотою 190 Гц, але період їх надходження змінюється і становить в непарних періодах 4, 76 мс, а в парних - 5,76 мс (рис. 13.1, б). В режимі рідкого запуску формується опорна послідовність імпульсів з частотою 95 Гц і постійним періодом їх надходження, рівним 10,52 мс.

До складу системи хронізації (рис. 13.2) входять:

- задавальний хронізатор (бл. 225);
- блок розставлення синхроімпульсів (бл. 358);
- синхронізатор (бл. 25).

Задавальний хронізатор (бл. 225) формує опорну послідовність імпульсів в одному із зазначених режимів роботи. Органи установки режиму внутрішньої або зовнішньої синхронізації, а також режиму симетричного та несиметричного запуску знаходяться на передній панелі блоку 225, а установка режиму рідкого запуску здійснюється перемикачем масштабів на блоці розгортки (бл. 123). При установці масштабу М1200 на блоці 123 в блок 225 надходить команда Ком.РЕДК. При вмиканні режиму дистанційного управління станцією установка режимів роботи системи хронізації здійснюється з блоку дистанційного управління (бл. 287). При

цьому команди на переведення системи в режим зовнішньої синхронізації Ком.ВНЕС. та вмикання режиму несиметричного запуску Ком.НЕСИМ. надходять на блок 225 від блоку 287. Імпульс зовнішнього запуску $I_{з\text{овн}}$ надходить на блок 225 від блоку спряження (бл. 126), де він приймається від зовнішньої системи і попередньо оброблюється. Основними вихідними сигналами блоку 225 являється опорна послідовність імпульсів $U_{оп}$, яка надходить на блок розставлення синхроімпульсів (бл. 358).

Блок розставлення синхроімпульсів (бл. 358) забезпечує необхідну часову розстановку хронізуючих імпульсів для систем і пристроїв РЛС. Блок формує такі імпульси:

ЗапПдП - запуск передавального пристрою;

Зап368 - запуск блоків захисту приймальних каналів від зондуючого сигналу (блоків 368);

ЗапНРЗП - запуск наземного радіолокаційного запитувача системи «Пароль»;

ЗапИО-4 - запуск апаратури обробки польотної інформації ИО-4;

ЗапНРЗ-14 - запуск наземного радіолокаційного запитувача системи «Кремній-2М»;

ЗапІКО - запуск систем і блоків, робота яких починається одночасно (перелік цих блоків показаний на рис. 13.2).

Часове розставлення зазначених імпульсів запуску відносно опорної послідовності імпульсів показане на рис. 13.3.

Синхронізатор (бл. 25) виступає як підсилювач та розмножувач імпульсів запуску ЗапІКО, які з виходу блоку як імпульси запуску I_3 надходять на відповідні блоки РЛС (див. рис. 13.2).

13.2. Задавальний хронізатор (бл. 225)

Блок задавального хронізатора призначений для формування опорної послідовності імпульсів в режимах основного симетричного, основного несиметричного і в режимі рідкого запуску. В режимі зовнішньої синхронізації блок лише повторює імпульси зовнішнього запуску. При раптовому пропаданні імпульсів зовнішнього запуску автоматично вмикається режим внутрішньої синхронізації.

Функціонально до складу блоку входять (рис. 13.4) канал опорних імпульсів і канал режимів запуску. Елементну базу блоку становлять транзистори (на схемі позначаються буквою Т) і напівпровідникові функціональні вузли (позначаються буквою Я), які конструктивно розташовані на двох монтажних платах У1 і У2. Конструктивний і функціональний поділи блоку не співпадають. Тому нумерація елементів на функціональній схемі блоку (див. рис. 13.4) має подвійне позначення:

наприклад, У2/Я3, Я4 - функціональні вузли Я3 і Я4, які розташовані на платі У2. Позначення усіх елементів на функціональній схемі блоку збережено таким, як і на принципіальній схемі.

Канал опорних імпульсів (див. рис. 13.4) формує симетричну послідовність імпульсів з частотою надходження 190 Гц. Основу каналу становить RC-генератор, виконаний на транзисторах У1/Т1,Т2,Т3, який генерує синусоїдні коливання з частотою 190 Гц (рис. 13.5, а). Частота коливань може змінюватися регулюванням ЧАСТОТА 3Г в межах $\pm 5\%$. Регулювання виведена під шліц і знаходиться усередині блоку. Синусоїдні коливання після підсилення і обмеження каскадом У1/Т4 перетворюються в меандр з крутими фронтами (рис. 13.5, б). Меандр надходить на формувач фронту імпульсів У1/Т5,Т6, який представляє собою тригер Шмітта (тригер з одним усталеним станом рівноваги). На виході цього каскаду формуються короткі імпульси негативної полярності (рис. 13.5, в), які через емітерний повторювач У1/Т7 надходять на перемикач режиму синхронізації В1 СИНХР.(ВНЕСН. - ВНУТР.).

В режимі внутрішньої синхронізації і при місцевому управлінні імпульси проходять через нормально замкнуті контакти реле У1/Р3 на перший вхід схеми АБО (У2/Д8,Д9) і після їх інвертування каскадом У2/Я1 надходять на канал режимів запуску.

В режимі зовнішньої синхронізації з перемикача В1 на перший вхід схеми АБО (У2/Д8,Д9) замість внутрішніх імпульсів надходять імпульси зовнішнього запуску ІЗ_{ЗОВН.} Ці імпульси надходять на перемикач В1 із блоку спряження (бл. 126) через обмежувач У1/Р21,Д1 і інвертор У1/Я1. Крім того, імпульси зовнішньої синхронізації після інвертора У1/Я1 надходять на пристрій автоматичного вмикання режиму внутрішньої синхронізації при пропаданні імпульсів зовнішнього запуску. До складу цього пристрою входять інвертор У1/Я2, розширювач імпульсів У2/Т1,Т2, інтегратор У2/Р7,С4, підсилювач У2/Т3,Т4, каскад заборони У2/Т5 та реле У2/Р1. Реле У2/Р1 спрацьовує при ввімкненні режиму зовнішньої синхронізації від джерела +26 В через перемикач В1 і діод У2/Д6 при місцевому управлінні або при надходженні команди Ком.ВНЕСН від блоку 287 через діод У2/Д7 при дистанційному управлінні. Воно підключає своїми контактами вихід підсилювача У2/Т3,Т4 до каскаду заборони і вмикає таким чином пристрій в роботу.

Принцип дії пристрою автоматичного вмикання внутрішнього запуску пояснюється епюрами на рис. 11.6. З виходу інвертора У1/Я2 імпульси зовнішньої синхронізації позитивної полярності (рис. 13.6, а) надходять на розширювач імпульсів У2/Т1,Т2, який представляє собою чекаючий мультівібратор. З виходу мультівібратора розширені імпульси (рис. 13.6, б) надходять на інтегратор У2/Р7,С4 і перетворюються в постійну пульсуючу напругу (рис. 13.6, в). Ця напруга управляє станом

підсилювача У2/Т3,Т4. За її відсутності підсилювач У2/Т3,Т4 знаходиться в закритому стані і напруга на його виході (УПР.НАПР) становить $-(4...6)$ В. З появою пульсуючої напруги на вході підсилювач відкривається і величина напруги УПР.НАПР на його виході становить близько 0 В (рис. 13.6, г). Ця напруга через контакти реле У2/Р1 (при його ввімкненні) надходить на управляючий вхід каскаду заборони У2/Т5. Каскад заборони при нульовій напрузі на його управляючому вході знаходиться в закритому стані і відкривається при управляючій напрузі близько -4 В. Таким чином, за наявності імпульсів зовнішньої синхронізації каскад заборони не пропускає на другий вхід схеми АБО імпульси внутрішньої синхронізації, які надходять на каскад заборони безпосередньо з емітерного повторювача У1/Т7. Зі зникненням зовнішнього запуску напруга на вході каскаду заборони досягне значення $-(4...6)$ В (див. рис. 13.6, г) і імпульси внутрішньої синхронізації пройдуть на вихід каналу опорних імпульсів (рис. 13.6, д). Управляюча напруга УПР.НАПР, крім того, надходить в блок 358, де також використовується для здійснення відповідних комутацій.

При дистанційному управлінні вмикаються реле У1/Р3 і У2/Р5. Реле У2/Р5 відключає джерело живлення $+26$ В від перемикача В1 і від кола управління реле У2/Р1, а реле У1/Р3 підключає перший вхід схеми АБО до центрального контакту реле У1/Р1, яке виконує роль перемикача режиму синхронізації при надходженні на нього із блоку 287 команди зовнішнього запуску (Ком.ВНЕШ). По команді Ком.ВНЕШ, крім того, вмикаються реле У2/Р1, яке своїми контактами підключає вихід підсилювача У2/Т3,Т4 до управляючого входу каскаду заборони, і реле У1/Р1, яке своїми контактами замикає коло живлення сигнальної лампочки (Сигн.ВНЕШ), розташованої в блоці 286.

Канал режимів запуску забезпечує формування вихідної опорної послідовності імпульсів в одному із режимів запуску: основного симетричного, основного несиметричного і рідкого запуску. Цей канал, як і канал опорних імпульсів може працювати в режимі місцевого і в режимі дистанційного управління. Місцеве вмикання режиму симетричного та несиметричного запуску здійснюється перемикачем В2 ЗАП.(СИМ. - НЕСИМ.), а дистанційне - за допомогою реле У2 /Р4, У2/Р2 і У2/Р3 при надходженні від блоку 287 команди дистанційного управління і команди вмикання режиму несиметричного запуску (Ком.НЕСИМ). Положення перемикачів і контактів реле на функціональній схемі (див. рис. 13.4) показані для режиму симетричного запуску при місцевому управлінні. З цього режиму і доцільно почати розглядання принципу роботи каналу.

Отже, в режимі симетричного запуску імпульси із каналу опорних імпульсів надходять на симетричний трігер У1/Я3, на двох виходах якого формуються симетричні протифазні меандри (рис. 13.5, г, д). З першого

виходу трігера імпульси через нормально замкнуті контакти У1/Р4, перемикач В2 і нормально замкнуті контакти реле У2/Р4 надходять на диференціюючу ланку ДЛ2 (У2/С9,Р14), а з другого виходу трігера імпульси надходять безпосередньо на диференціюючу ланку ДЛ3 (У2/С10,Р13). Схема АБО (У2/Д10,Д11,Р15) об'єднує імпульси негативної полярності після диференціювання (рис. 13.5, е, ж) і утворює симетричну опорну послідовність імпульсів $U_{оп}$, яка після підсилення двокаскадним підсилювачем (У2/Я3,Я4) надсилається в блок 358.

В режимі несиметричного запуску в коло проходження меандру з першого виходу трігера (У2/Я3) додатково вмикається за допомогою перемикача В2 диференціююча ланка ДЛ1 (У2/С27,Р22) і генератор прямокутних імпульсів (У2/Я2). Генератор прямокутних імпульсів представляє собою чекаючий мультівібратор, який під впливом позитивних імпульсів після диференціюючої ланки ДЛ1 формує прямокутні імпульси тривалістю приблизно 0,5 мс. Тривалість цих імпульсів може регулюватися в межах $\pm 10\%$ потенціометром R1 НЕСИММЕТР., шліц якого виведений на передню панель блоку. Імпульси з виходу генератора (рис. 13.5, к) надходять на диференціюючу ланку ДЛ2 і далі тракт їх проходження такий, як і в режимі симетричного запуску.

Режим рідкого запуску вмикається перемикачем масштабів на блоці розгортки (бл. 123) при установленні перемикача в положення 1200. При цьому замикається коло живлення реле У1/Р4, яке своїми контактами відключає перший вихід трігера (У1/Я3) і на вихід блоку, таким чином проходить вдвічі проріджена послідовність імпульсів.

В режимі дистанційного управління спрацьовує реле У2/Р4 і підключає вхід диференціюючої ланки ДЛ2 до центрального контакту реле У2/Р2, яке виконує роль перемикача режиму запуску при надходженні на нього із блоку 287 команди несиметричного запуску (Ком.НЕСИМ). По команді Ком.НЕСИМ вмикається також реле У2/Р3, яке своїми контактами замикає коло живлення сигнальної лампочки (Сигн.НЕСИМ), розташованої в блоці 286.

13.3. Блок розставлення синхроімпульсів (блок 358)

Блок розставлення синхроімпульсів призначений для створення із опорної послідовності імпульсів шляхом відповідної їх затримки імпульсів запуску різних систем та пристроїв РЛС.

Оскільки взаємне часове положення різних груп синхроімпульсів відносно опорної послідовності (див. рис. 13.3) відрізняється на десятки і сотні мікросекунд, то відповідна затримка імпульсів здійснюється цифровим способом. Затримані імпульси підсилюються, формуються за тривалістю і надсилаються на відповідні системи і пристрої.

Означеним принципом побудови блоку визначаються його функціональний склад (рис. 13.7) та порядок роботи. До складу блоку входять канал часового розставлення імпульсів і канал вихідних пристроїв. Елементну базу блоку становлять транзистори (на схемі позначаються буквою Т) і напівпровідникові функціональні вузли (позначаються буквою Я), які конструктивно розташовані на п'яти монтажних платах У1...У5. Нумерація елементів на функціональній схемі блоку має подвійне позначення і збережена такою, як і на принципіальній схемі.

Канал часового розставлення імпульсів забезпечує перетворення часового інтервалу в двійковий код і за принципом дії представляє собою перетворювач «час - код». Опорна послідовність імпульсів (рис. 13.8, а - на рисунку показаний режим несиметричного запуску) надходить на генератор прямокутних імпульсів У1/Я1, виконаний за схемою чекаючого мультівібратора. Генератор формує прямокутні імпульси (рис. 13.7, б) тривалістю близько 200 мкс (щоб охопити найбільшу затримку імпульсів запуску відносно опорних імпульсів). Прямокутні імпульси надходять на генератор ударного збудження, який на протязі дії імпульсів формує стабілізовані кварцем коливання частотою 149,858 кГц (рис. 13.8, в). Синусоїдні коливання надходять на формувач пачки імпульсів У1/Я2, який формує серію коротких імпульсів (рис. 13.8, г) з періодом надходження 6,67 мкс. Після підсилення емітерним повторювачем У3/Т3 ці імпульси надходять на 6-розрядний двійковий лічильник У3/Я1...Я6.

Лічильник перетворює серію імпульсів в двійковий код, який формується на його розрядних виходах. На кожному розрядному виході лічильника вихідна напруга представляє собою симетричний меандр протяжністю від 6,7 мкс в молодшому розряді до 214,4 мкс в старшому розряді.

Для забезпечення ідентичності початкових умов роботи лічильника в кожному такті синхронізації він приводиться до нульового стану фронтом кожного прямокутного імпульсу і переводиться в лічильний режим лише на час дії прямокутного імпульсу. Для цього прямокутні імпульси з виходу генератора У1/Я1 через каскад установки У1/Т1,Т2 надходять на управляючий вхід лічильника (рис. 13.8, д).

Канал вихідних пристроїв призначений для остаточного формування шости послідовностей імпульсів запуску: ЗапНРЗП, ЗапІО-4, ЗапПдП, ЗапІКО, Зап368 і ЗапНРЗ-14. Відповідно канал містить шість трактів формування імпульсів запуску.

Формування імпульсів ЗапНРЗП і ЗапІО-4 здійснюється безпосередньо із вхідних імпульсів, оскільки імпульси запуску ЗапНРЗП ЗапІО-4 співпадають за часом з імпульсами опорної послідовності $U_{оп}$ (див. рис. 13.8, а, е). Для цього імпульси опорної послідовності (див. рис. 13.7) подаються на емітерний повторювач У4/Т1, а з його виходу

надходять на два ідентичні тракти формування імпульсів ЗапНРЗП і ЗапІО-4. Кожний тракт містить блокінг-генератор, який формує прямокутні імпульси з крутими фронтами, і вихідний підсилювач. Тривалість вихідних імпульсів запуску становить близько 3 мкс.

Формування імпульсів ЗапПдП здійснюється за допомогою дешифратора ДШ1 (У5/Д1...Д6,Я1), який представляє собою шостивходову діодну схему співпаданя, відповідним чином підключену до прямих і інверсних виходів шостирозрядного двійкового лічильника. Для визначення порядку підключення виходів лічильника до дешифратора необхідно час затримки імпульсу (для імпульсу ЗапПдП цей час становить 120 мкс) розділити на період надходження лічильних імпульсів, що надходять на вхід двійкового лічильника ($\Delta t = 6,7$ мкс). В результаті отримаємо число 18, яке представляється двійковим кодом як 010010. Звідси

$$\text{ЗапПдП} = (\bar{A}_5 \wedge A_4 \wedge \bar{A}_3 \wedge \bar{A}_2 \wedge A_1 \wedge \bar{A}_0),$$

де $A_i, \bar{A}_i$ - прямий та інверсний виходи i -того розряду лічильника;

$\wedge$ - знак логічного множення.

Очевидно, що тривалість отриманих таким способом імпульсів і дискретність їх можливої затримки визначається періодом надходження лічильних імпульсів на двійковий лічильник. Тому після дешифратора імпульси ЗапПдП додатково проходять через лінію затримки У5/ЛЗ1,ЛЗ2, виконану на LC-елементах. За допомогою цієї лінії забезпечується додаткове регулювання затримки імпульсів в межах 0...6 мкс. Далі імпульси ЗапПдП проходять послідовно через емітерний повторювач У5/Т5, блокінг-генератор У5/Т6 і підсилювач У5/Т7,Т8. Емітерний повторювач необхідний для посилення послаблених лінією затримки імпульсів до рівня, необхідного для запуску блокінг-генератора. Блокінг-генератор, працюючи в загальмованому режимі, запускається фронтом імпульсу, що надходить від емітерного повторювача, і формує вихідний імпульс тривалістю 3 мкс, який після підсилення вихідним підсилювачем У5/Т7,Т8 надходить на передавальний пристрій.

Особливістю роботи тракту формування імпульсу запуску ЗапПдП являється його закриття зі зникненням імпульсів запуску в режимі зовнішньої синхронізації. Функції ключа виконує емітерний повторювач У5/Т5. В режимі внутрішнього запуску він через нормально замкнуті контакти реле У5/Р1 отримує живлення від джерела -6,3 В і працює в нормальному режимі. При ввімкненні режиму зовнішнього запуску спрацьовує реле У5/Р1 під впливом команди ВклВНЕС (в режимі місцевого управління) або команди КомВНЕС (в режимі дистанційного управління). Реле У5/Р1 своїми контактами підключає коло живлення емітерного повторювача У5/Т5 до виходу інвертора У1/Я3. На вхід

інвертора надходить із блоку 225 управляюча напруга УПР.НАПР, величина якої за наявності імпульсів зовнішнього запуску близька до нуля, а при їх відсутності - становить близько -6 В. Таким чином на виході інвертора У1/Я3 при відсутності імпульсів зовнішнього запуску напруга буде близькою до нуля і емітерний повторювач У5/Т5 закриється.

Тракт формування імпульсів ЗапІКО має два спільні пристрої з трактом формування імпульсів ЗапПдП: дешифратор ДШ1 і лінію затримки У5/Л31,Л32. Пояснюється це тим, що часове положення цих імпульсів співпадає (рис. 13.8, ж, з). Решта пристроїв тракту за функціональним призначенням і принципами побудови аналогічні відповідним пристроям тракту формування імпульсів ЗапПдП.

Тракт формування імпульсів Зап368 за принципом побудови аналогічний розглянутому, але за складом має деякі відмінності. До складу тракту входять дешифратор ДШ2, лінія затримки У4/Л31,Л32 і інвертор У4/Я2. Відсутність в тракті потужних блокінг-генератора та підсилювача пояснюється тим, що відносно цих імпульсів не висуваються жорсткі вимоги по тривалості та потужності.

Тракт формування імпульсів ЗапНР3-14 за принципами побудови і складом повністю аналогічний тракту формування імпульсів ЗапПдП. До складу тракту входять дешифратор ДШ3, лінія затримки У4/Л33,Л34, емітерний повторювач У4/Т9, блокінг-генератор У4/Т8 і підсилювач У4/Т6,Т7.

Управління режимами роботи блоку здійснюється за допомогою реле У5/Р1 і У5/Р2 і полягає лише в зміні режиму живлення емітерного повторювача У5/Т5 в тракті формування імпульсу ЗапПдП, що було розглянуто при викладенні принципів побудови цього тракту.

13.4. Блок синхронізатора (блок 25)

Блок синхронізатора використовується в РЛС 5Н84А лише як підсилювач імпульсів ЗапІКО, які надходять від блоку 358. В цілому ж функціональне призначення блоку таке, як і блоку задавального хронізатора (бл. 225). Цей блок залишився у складі апаратури РЛС 5Н84А від РЛС П-14 і 5Н84, в яких він відіграв роль задавального хронізатора. Незважаючи на часткове функціональне використання блоку 25, доречно буде розглянути принципи його побудови і функціонування в цілому, оскільки при нагоді блок можна використовувати як резервний задавальний хронізатор.

Отже блок синхронізатора (бл. 25) призначений для формування опорної послідовності імпульсів в режимах основного симетричного,

основного несиметричного і в режимі рідкого запуску. Блок може працювати в режимі внутрішньої і в режимі зовнішньої синхронізації. В режимі зовнішньої синхронізації блок лише повторює імпульси зовнішнього запуску. В цьому режимі він і використовується в РЛС 5Н84А. Управління режимами роботи блоку при місцевому режимі управління здійснюється перемикачами В1 ЗАПУСК (СИМ. - НЕСИМ.) і В2 СИНХР. (ВНУТР. - ВНЕШ.), які знаходяться на передній панелі блоку, а при дистанційному управлінні - з блоку дистанційного управління (бл. 287). В РЛС 5Н84А кола дистанційного управління відключені, а перемикач В2 СИНХР. (ВНУТР. - ВНЕШ.) завжди знаходиться в положенні ВНЕШ.

Функціонально до складу блоку входять (рис. 13.9) канал опорних імпульсів і канал підсилення. Елементну базу блоку 25 на відміну від блоків 225 і 358 становлять електронні лампи. Позначення елементів на функціональній схемі збережено таким, як і на принципіальній схемі блоку.

Канал опорних імпульсів призначений для формування опорної послідовності імпульсів. Він може працювати в режимі основного симетричного запуску, основного несиметричного запуску і в режимі рідкого запуску.

Центральним елементом блоку являється задавальний генератор, виконаний на лампі Л1а за схемою RC-генератора. Генератор формує меандроподібні коливання (рис. 13.10, а) з частотою близько 200 Гц в режимах основного симетричного та основного несиметричного запуску. В режимі рідкого запуску паралельно ємкості С1 підключаються ємкості С23 і С24. Спільна їх точка підключається на корпус в блоці 29 (див. рис. 10.10) за допомогою контактів реле Р1 при ввімкненні на блоці розгортки (бл. 123) масштабу 1200 км. В цьому режимі задавальний генератор формує меандр частотою близько 100 Гц.

Меандроподібні коливання з виходу задавального генератора надходять на диференціюючі ланки С3, R3, R4 і С2, R27, R26. Позитивні імпульси напруг на виходах цих ланок (рис. 13.10, б) являються початковою послідовністю, яка фактично визначає період надходження синхроімпульсів в режимі симетричного запуску. Тому в режимі симетричного запуску ця початкова послідовність з виходу диференціюючої ланки С3, R27, R26 проходить через каскад бланкування Л5, який в режимі симетричного запуску працює як підсилювач, в канал підсилення на вхід підсилювача Л6а.

В режимі несиметричного запуску необхідно імпульси початкової послідовності, наприклад, в непарних періодах дещо затримати. Виділення непарних імпульсів запуску здійснюється трігером Л3, а їх затримка - фантастрономом Л4.

Отже, в режимі несиметричного запуску канал опорних імпульсів працює таким чином. Після диференціюючої ланки С3, R3, R4 позитивні імпульси запускають пусковий тиратрон Л2, який формує короткі потужні імпульси (рис. 13.10, в). Під впливом цих імпульсів тригер Л3 формує меандр (рис.13.10, г), частота якого вдвічі нижча за частоту меандру задавального генератора. Цей меандр знову піддається диференціюванню за допомогою ланки С8, R15, в результаті чого отримуємо вдвічі проріджену послідовність імпульсів (рис. 13.10, д). Фантастрон запускається імпульсами позитивної полярності і формує в кожному непарному періоді запуску строб-імпульс тривалістю близько 0,5 мс (рис. 13.10, е). Тривалість строб-імпульсу може регулюватися потенціометром R20 НЕСИМ., шліць якого виведений на передню панель блоку, в межах $\pm 5\%$.

Сформований фантастроном строб-імпульс має подвійне призначення. По-перше, він подається на каскад бланкування Л5 і забороняє проходження непарних імпульсів початкової послідовності в канал підсилення (рис. 13.10, з). Для надійного бланкування імпульсів початкової послідовності вони дещо затримуються («розтягуються» - див. рис. 13.10, ж) інтегруючою ланкою R25, С14. По-друге, строб-імпульс диференціюється ланкою С15, R30, R31 і негативний імпульс спаду (рис. 13.10, к) використовується як імпульс запуску в непарних періодах. Після проходження через підсилювач Л1б він змінює полярність на позитивну і об'єднується з імпульсами парних періодів, які пройшли через каскад бланкування, і утворює несиметричну послідовність імпульсів запуску (рис. 13.10, л).

При вимкненні режиму несиметричного запуску, тобто при установленні перемикача В1 ЗАПУСК (СИМ. - НЕСИМ.) в положення СИМ., знімається напруга живлення з фантастроу Л4 (див. рис. 13.9) і працює тільки канал симетричного запуску.

При ввімкненні режиму зовнішньої синхронізації, тобто при установленні перемикача В2 СИНХР. (ВНУТР. - ВНЕШ.) в положення ВНЕШ., знімається напруга живлення +200 В з усіх каскадів каналу опорних імпульсів (див. рис. 11.9) і канал не працює.

Канал підсилення призначений для остаточного формування імпульсів запуску за тривалістю і підсилення їх до необхідної потужності. На вхід каналу через перемикач В2 можуть надходити сигнали внутрішнього або зовнішнього запуску. Після підсилення каскадами Л1б і Л6а імпульси надходять на пускову лампу Л6б, яка забезпечує обмеження сигналів «знизу» перед надходженням їх на формуючий каскад. Завдяки цьому не допускається запуск формуючого каскаду випадковими викидами напруги. Формуючий каскад Л7 представляє собою чекаючий блокінг-генератор, який формує вихідні імпульси запуску тривалістю близько 3

мкс і амплітудою біля 40 В. Катодний повторювач Л8 забезпечує підсилення імпульсів за потужністю перед подачею їх споживачам.

Управління режимами роботи блоку при місцевому управлінні здійснюється перемикачами В1, В2, а при дистанційному - за допомогою реле Р1...Р4 при надходженні відповідних команд від блоку 287. В РЛС 5Н84А кола управління цими реле розімкнуті, а перемикач В2 СИНХР.(ВНУТР. - ВНЕШ.) постійно знаходиться в положенні ВНЕШ.

На закінчення необхідно наголосити на особливостях побудови систем хронізації деяких модифікацій РЛС 5Н84А. В станціях випуску кінця 70-х і початку 80-х років блок 25 може бути відсутнім, а замість нього в блоці 358 установлені додаткові підсилювачі. В модифікації РЛС 5Н84АП система хронізації взагалі складається із одного блоку 325, який поєднує в собі функції блоків 225, 358 і 25. Проте принципу побудови цього хронізатора, органи регулювання і настройки аналогічні розглянутим.

13.5. Настройка і контроль системи хронізації

13.5.1. Призначення органів настройки і регулювання системи хронізації

- 13.5.1.1. Блок задавального хронізатора (бл. 225), передня панель:
- перемикач СИНХР. (ВНУТР. - ВНЕШ.) - перемикач режиму внутрішньої або зовнішньої синхронізації;
 - перемикач ЗАПУСК (СИМ. - НЕСИМ.) - перемикач режиму симетричного або несиметричного запуску;
 - шліц НЕСИММЕТР. - регулювання величини несиметрії періодів імпульсів запуску;
 - контрольні гнізда:
 - Г1- корпус;
 - Г2- СИГН.ВНЕШ. - сигнал про переведення блоку в режим зовнішньої синхронізації;
 - Г3 - КОМ.ЗАП.РЕДК - контроль надходження команди на ввімкнення режиму рідкого запуску;
 - Г4 - КОМ.НЕСИМ. - контроль надходження команди на ввімкнення режиму несиметричного запуску;
 - Г5 - СИГН.НЕСИМ. - сигнал про переведення блоку в режим несиметричного запуску;
 - Г6 - ДИСТ.УПР. - контроль надходження напруги +26 В при ввімкненні режиму дистанційного управління;

Г7 - УПР.НАПР. - контроль сигналу наявності імпульсів зовнішнього запуску;

Г8 - ЗАП.ГПИ. - контроль наявності вихідних імпульсів опорної послідовності ($U_{оп}$);

Г9 - ВКЛ.ВНЕШ. - сигнал про переведення блоку в режим зовнішньої синхронізації в режимі місцевого управління;

Г10 - ЗАП.ВНЕШ. - контроль імпульсів зовнішнього запуску;

11.5.1.2. Блок розставлення синхроімпульсів (бл. 358), передня панель:

контрольні гнізда:

Г1...Г7- контроль напруг живлення;

Г8- КОМ.ВНЕШ. - контроль надходження команди на переведення блоку в режим зовнішньої синхронізації;

Г9 - ЗАП.ЗАПР. - контроль імпульсів запуску наземного радіолокаційного запитувача системи «Пароль»;

Г10 - ЗАП.ИО - контроль імпульсів запуску апаратури обробки польотної інформації ИО-4;

Г11 - ЗАП I - контроль імпульсів запуску блоків захисту приймальних каналів (блоків 368);

Г12 - ЗАП.ПДУ - контроль імпульсів запуску передавального пристрою;

Г13 - ЗАП.ИКО - контроль імпульсів запуску, які подаються на блок 25;

Г14 - ЗАП.Т - контроль імпульсів запуску наземного радіолокаційного запитувача НРЗ-14;

11.5.1.3. Блок синхронізатора (бл. 25), передня панель:

перемикач СИНХР. (ВНУТР. - ВНЕШ.) - перемикач режиму внутрішньої або зовнішньої синхронізації;

перемикач ЗАПУСК (СИМ. - НЕСИМ.) - перемикач режиму симетричного або несиметричного запуску;

шліц НЕСИММЕТР. - регулювання величини несиметрії періодів імпульсів запуску;

контрольні гнізда:

Г1- контроль –150 В;

Г2- контроль –200 В;

Г4 - контроль строб-імпульсу на виході фантастрону;

Г5 - контроль імпульсів запуску на виході блоку.

13.5.2. Методика контролю системи хронізації

Параметри системи хронізації, що контролюються при різних видах технічного обслуговування, представлені в Таблиці 13.1.

Таблиця 13.1

№ з/п	Параметр, що контролюється	Щоденне ТО	ТО-1 (тижневі РР)	СТО (попередж. РР)	РТО (щорічні РР)
1	Перевірка працездатності хронізуючого пристрою	+	+	+	+
2	Вимірювання амплітуди та часового положення імпульсів запуску			+	+
3	Перевірка частоти повторення імпульсів запуску				+
4	Перевірка коефіцієнту несиметрії періодів повторення імпульсів запуску				+

13.5.2.1. Перевірка працездатності хронізуючого пристрою полягає в перевірці наявності основних груп синхроімпульсів. Перевірка здійснюється візуально по характеру роботи основних систем РЛС. Наявність розгортки на екранах ІКО, на екрані контрольного осцилографу (бл. 21) та на мішенях потенціалоскопів блоків 32, 34 свідчить про наявність імпульсів запуску ЗаПКО і ІЗ. Наявність імпульсів ЗаПДП підтверджується роботою передавального пристрою. Наявність імпульсів ЗаПНРЗП перевіряється по синхронній роботі запитувача. Перевірка здійснюється після повного ввімкнення РЛС при внутрішній синхронізації в режимах симетричного і несиметричного запуску.

13.5.2.2. Вимірювання амплітуди та часового положення імпульсів запуску здійснюється за допомогою осцилографу С1-65. Синхронізація осцилографу здійснюється імпульсами з гнізда Г9 блоку 358 в РЛС 5Н84А або з гнізда Г17 блоку 325 в РЛС 5Н84АП. Амплітуда імпульсів та їх часова затримка показані в Таблиці 13.2

Таблиця 13.2

Контрольні гнізда в блоці 358 (для РЛС 5Н84А)	Контрольні гнізда в блоці 325 (для РЛС 5Н84АП)	Амплітуда імпульсів, В	Затримка відносно імпульсів запуску ЗАП.ЗАПР., мкс
Г9 ЗАП.ЗАПР.	Г17 ЗАП.ЗАПР	10...15	0
Г11 ЗАП І	Г19 ЗАП.І	4...6	100±5
Г12 ЗАП.ПДУ	Г20 ЗАП.ПДУ	50...100	120±5
Г13 ЗАП.ІКО	Г21 ЗАП.ІКО	50...100	120±5

Г14 ЗАП.Т	Г16 ЗАП.Т	40...60	135±5
-----------	-----------	---------	-------

13.5.2.3. Перевірка частоти повторення імпульсів запуску здійснюється в режимі симетричного запуску за допомогою контрольного осцилографа (бл. 21) в такій послідовності. Спочатку вимірюється тривалість періоду надходження імпульсів запуску. Оскільки на контрольний осцилограф завжди надходять 10-км мітки дальності, то період зручно вимірювати в одиницях дальності, тобто в кілометрах. Потім отримане значення періоду перераховується в частоту надходження імпульсів запуску. Отже, для вимірювання частоти повторення імпульсів запуску необхідно:

установити режим симетричного запуску, для чого перемикач ЗАПУСК на блоці 225 (або 325) установити в положення СИМ.;

установити такий режим розгортки блоку 21, щоб на екрані контрольного осцилографа блоку помістився повний період розгортки. Для цього необхідно перемикач роду роботи блоку 21 поставити в положення ЭЗ+М+З, перемикач масштабів поставити в положення 800, ручку МАСШТАБ повернути в крайнє ліве положення, а ручку ДЛИТ. поставити в таке положення, щоб на правому кінці розгортки появилися 5..6 міток дальності другого періоду розгортки. На лінії розгортки при правильній настройці блоку міток дальності буде спостерігатися 60 міток у вигляді імпульсів негативної полярності (див. рис. 10.17, в), потім буде «пустий» проміжок і в кінці розгортки знову будуть спостерігатися мітки наступного періоду;

використовуючи координатну сітку, нанесену на захисне скло осцилографа, та масштабні мітки дальності, здійснити візуально вимірювання протяжності «пустого» проміжку r_{Π} в кілометрах;

визначити частоту повторення імпульсів запуску F_{Π} за формулою

$$F_{\Pi} = \frac{1,5 \cdot 10^5}{600 + r_{\Pi}}.$$

Частота посилення імпульсів має бути в межах 185...195 Гц. При необхідності установка частоти здійснюється регулюванням ЧАСТОТА ЗГ, яка знаходиться усередині блоку 225 (325).

13.5.2.4. Перевірка коефіцієнту несиметрії періодів посилення імпульсів запуску здійснюється за допомогою блоку 21 в такій послідовності:

органи настройки осцилографа блоку 21 залишити в такому стані, як і в пункті 13.5.2.3;

установити режим несиметричного запуску, для чого перемикач ЗАПУСК на блоці 225 (або 325) установити в положення НЕСИМ., при цьому правий край розгортки на екрані осцилографу (початок наступного періоду) може бути розмитим;

поміряти протяжність «пустого» проміжку на розгортці між останньою міткою дальності поточного періоду і початком розмиття. Він має становити 90...120 км.

Це означає, що менший із періодів посилення в одиницях дальності становить 690...720 км. При необхідності здійснити регулювання шліцем НЕСИММЕТР., виведеним на передню панель блоку 225 (325).

14. СИСТЕМА ІМІТАЦІЇ СИГНАЛІВ ТА ЗАВАД

14.1. Загальна характеристика системи імітації сигналів та завад

14.1.1. Призначення системи імітації та характеристика сигналів і завад, що імітуються

Система імітації сигналів та завад в РЛС 5Н84А (далі в тексті - імітатор) призначена для вирішення двох основних задач:

забезпечення контролю та перевірки основних параметрів різних систем РЛС;

імітація повітряної і радіоелектронної обстановки для навчання і тренування бойових обслуг.

Імітатор формує такі сигнали та завади:

луна-сигнали чотирьох групових або поодиноких цілей Ц1,...Ц4;

луна-сигнали двох своїх літаків СЛ1, СЛ2 з сигналами пізнавання;

контрольні сигнали для настройки потенціалоскопів;

контрольний сигнал для вимірювання коефіцієнту подавлення шумових завад автокомпенсатором;

пасивні завади ПЗ;

активні шумові завади АШЗ.

Всі сигнали і завади (крім шумових) формуються на відеочастоті і шляхом модуляції коливань напруги допоміжного генератора переносяться на другу проміжну частоту (10 МГц).

Ц1, ...Ц4 - імітація луна-сигналів цілей. Сигнали представляють собою послідовність радіоімпульсів тривалістю близько 10 мкс. Можуть імітуватися або поодинокі, або групові цілі (до 6 літаків в групі). Початкові значення азимуту і дальності цілей задаються вручну в межах зони огляду РЛС. Траєкторії та швидкість руху цілей задаються спеціальним курсозадавальним пристроєм. При цьому цілі Ц1 і Ц3 формуються незалежно, а цілі Ц2 і Ц4 являються копіями відповідно цілей Ц1, Ц3 і відрізняються від них лише азимутами. Передбачена імітація доплерівського зсуву частоти в межах від мінус 2 кГц до плюс 2 кГц. Сигнали використовуються для імітації повітряної обстановки.

СЛ1, СЛ2 - імітація луна-сигналів своїх літаків. За формою і структурою сигнали СЛ1, СЛ2 аналогічні сигналам поодиноких цілей Ц1, Ц3. Крім того, формування сигналів СЛ1, СЛ2 супроводжується формуванням відеосигналів пізнавання, які надсилаються відразу на ІКО. Азимут и дальність до своїх літаків задаються вручну в межах зони огляду РЛС і залишаються незмінними. Сигнали використовуються для імітації повітряної обстановки. Передбачена, як і для цілей, імітація доплерівського зсуву частоти.

Контрольні сигнали для настройки потенціалоскопів представляють собою серії відеоімпульсів (в серії близько 20 імпульсів) тривалістю 6 або 12 мкс і з періодом надходження 140...200 мкс. Серії формуються або в кожному такті зондування, або через такт. Полярність імпульсів може задаватися позитивною або негативною.

Контрольний сигнал для вимірювання коефіцієнту подавлення шумових завад автокомпенсатором представляє собою радіоімпульс (на першій проміжній частоті) трикутної форми тривалістю близько 70 мкс.

ПЗ - імітація пасивних завад, створюваних хмарою дипольних відбивачів. Розміри області, враженої пасивними завадами, можуть змінюватися по дальності до 50 км, по азимуту до 180°. Азимут середини області може задаватися в межах 0...360°, а дальність ближньої границі області - в межах 0...400 км. Передбачена імітація доплерівського зсуву частоти в межах ± 100 Гц і імітація напрямку вітру.

Активні шумові завади формуються як на проміжній частоті (на першій проміжній частоті), так і на високій частоті. Активні шумові завади на високій частоті формуються в заданому секторі (азимут сектору може задаватися в межах 0...360°, а ширина сектора - 0...180°). Ці завади використовуються для перевірки системи пеленгування постановників АШЗ, а також для тренування бойової обслуги. Активні шумові завади на проміжній частоті формуються при вмиканні імітатора неперервно і використовуються для перевірки автокомпенсатора активних шумових завад.

Таким чином, сигнали і завади, що формуються імітатором, забезпечують перевірку і контроль працездатності основних систем РЛС, а також імітацію повітряної і заводової обстановки для тренування бойової обслуги.

14.1.2. Склад, структура та загальні принципи функціонування системи імітації сигналів та завад

Склад і структура системи імітації сигналів та завад визначаються переліком сигналів, що формуються, та загальними принципами їх формування. До складу системи (рис. 14.1) входять:

- два блоки імітації луна-сигналів цілей (блоки 80);
- імітатор луна-сигналів своїх літаків (бл. 82);
- імітатор пасивних завад (бл. 83);
- імітатор ефекту Доплера (бл. 84);
- імітатор активних шумових завад (бл. 305);
- блок підсилювачів активних шумових завад (бл. 379);
- блоки атенюаторів (блоки 380, 381);
- блоки живлення (блоки 310, 356).

Відеосигнали цілей ($\Pi_1, \dots, \Pi_4$) та своїх літаків ($СЛ_1, СЛ_2$) формуються відповідним формувачами в блоках 80 та 82 і об'єднуються в один канал суматором Σ в першому блоці 80. Сигнали пізнавання, які формуються в блоці 82 з деякою затримкою відносно сигналів $СЛ_1, СЛ_2$, надходять відразу в блок відеосигналів (бл. 24) і далі на ІКО на відображення. Об'єднані в один канал сигнали $СЛ_1, СЛ_2, \Pi_1, \dots, \Pi_4$ надходять в блок 84 на модулятор Мод1, де ними модулюються коливання проміжної частоти ($f_{\text{пр}}=10$ МГц), які формує відповідний гетеродин в блоці 84 (на рис. 14.1 він не показаний). До складу блоку 84 входить імітатор доплерівського зсуву частоти, за допомогою якого імітується відповідна радіальна швидкість цілей. З виходу блоку 84 імітаційні сигнали уже на проміжній частоті надходять в основний канал приймального тракту.

Відеоімпульси пасивної завади ПЗ формуються в блоці 83, а потім в блоці 84 зазнають таких же перетворень, що і сигнали цілей.

Контрольні сигнали настройки потенціалоскопів формуються відповідним формувачем в блоці 82 і надходять на вхідний та вихідний блоки ЧПК (блоки 31, 33). Там же формуються допоміжні сигнали модуляції ГСС, які виводяться на роз'єднувач Ф7 шафи 204 і використовуються при настройці РЛС на запасні частоти без випромінювання в ефір.

Активні шумові завади формуються в блоках 83 і 305 на високій і на першій проміжній частотах. Високочастотні шумові коливання використовуються для перевірки системи пеленгування ПАЗ, а також для тренування бойових обслуг, а шумові коливання на проміжній частоті використовуються тільки для перевірки автокомпенсатора активних шумових завад.

В блоці 83 формується вузькосмугова ($\Delta f \approx 2 \dots 3$ МГц) шумова завада на високій частоті (ГШВЧ). Ця завада представляє собою високочастотні коливання (в частотному діапазоні РЛС) промодульовані шумами. Вузькосмугові шумові коливання відразу надходять через направлений відгалужувач НО-07 на вхід блоку ПВЧ (бл. 215) основного каналу. Ці завади використовуються для перевірки системи пеленгування ПАЗ і для імітації дії прицільних по частоті активних шумових завад. Щирокосмугові ($\Delta f \approx 100$ МГц) високочастотні завади формуються генератором ГШВЧ в блоці 305. Ця завада представляє собою прямошумові коливання шумового генератора. Вона надходить в допоміжні приймальні канали $K_1, \dots, K_4$ через відповідні атенюатори в блоках 380 і 381 і використовується тільки для перевірки системи пеленгування ПАЗ.

Шумові коливання на проміжній частоті ($f_{\text{пр}1}=25,9$ МГц) формуються в блоці 305 трьома незалежними генераторами ГШ1ПЧ, ..., ГШ3ПЧ. Ці коливання об'єднуються в блоці 379 в різних комбінаціях і через атенюатори в блоках 380, 381 надсилаються в основний та допоміжний приймальні канали автокомпенсатора.

Контрольний сигнал для вимірювання коефіцієнту подавлення шумових завад автокомпенсатором формується відповідним формувачем в блоці 379 і через атенюатор Ат1 блоку 380 надходить в блок ППЧ основного каналу (бл. 351).

Більш детально принципи формування імітаційних сигналів та завад будуть викладені при розгляданні окремих блоків і пристроїв системи імітації сигналів та завад.

14.2. Імітатор луна-сигналів групових і поодиноких цілей (бл. 80)

Блок 80 призначений для формування на заданих дальностях і азимутах відеоімпульсів, які за своєю формою співпадають з формою огинаючих луна-сигналів від поодиноких або групових цілей.

Блок може імітувати дві поодинокі або групові (від 4 до 6 літаків в групі) цілі, які рухаються по заданим трасам. Азимут і дальність цілей змінюються спеціальним курсозадавальним пристроєм. Закон руху цілей (характер траси) вибирається завчасно і оперативно змінюватися не може. Оперативно можна змінювати лише швидкість руху цілей від 400 до 2000 км/год. Початкові значення азимуту і дальності цілей можуть задаватися будь-якими в межах зони огляду РЛС. З метою зменшення обсягу апаратури в блоці імітується фактично одна ціль, а друга утворюється як «дзеркальне» відображення (правда, дещо зміщене по азимуту) першої. В зв'язку з цим дальність обох цілей і закон зміни траєкторій будуть однаковими. В блоці передбачена можливість зміни ширини позначки по азимуту і інтенсивності (амплітуди) сигналів. При цьому ширина позначки устанавлюється постійною і зі зміною дальності до цілі не змінюється, а амплітуда сигналів устанавлюється початковою регуліровкою і потім зі зміною дальності до цілі автоматично змінюється приблизно по закону $U(r) = U_0(r_0/r)^2$.

Означеними загальними принципами формування імітованих луна-сигналів від цілей визначається функціональний склад та структура блоку. До складу блоку (рис. 14.2) входять канал імітації дальності, канал формування відеосигналів групової цілі, канал імітації азимуту, автоматичний курсозадавальний пристрій (АКП), вихідний підсилювач і суматор сигналів.

Канал імітації дальності призначений для формування пускових імпульсів, затриманих відносно імпульса запуску на час, що відповідає дальності до імітованої цілі. Основу каналу становить фантастрон, виконаний на лампах Л1, Л2. Запуск фантастроу здійснюється імпульсами за-

пуску ІЗ, пропущеними через пускову лампу ЛЗ. Пускова лампа відіграє роль одночасно і порогового пристрою і обмежувача імпульсів і попереджує, таким чином, хибний запуск фантастрону та забезпечує стабільність його роботи. Фантастрон формує імпульси негативної полярності (рис. 14.3, б), які надходять на диференціюючу ланку R7, С2. Позитивні імпульси на виході диференціюючої ланки (рис. 14.3, в) відповідають спаду імпульсу фантастрона і визначають момент формування імітованого сигналу. В коло зарядної ємкості фантастрону ввімкнуті потенціометри R4 ДАЛЬНОСТЬ НАЧ, R3 ДАЛЬНОСТЬ і R1 ДАЛЬНОСТЬ КОН, якими регулюється швидкість заряджання ємкості, тобто тривалість імпульсу фантастрона (дальність до цілі). При цьому потенціометрами R4, R1 устанавлюються лінійність заряджання ємкості на початку і в кінці дистанції, а потенціометром R3 задається початкова дальність до цілі. Крім того, повзунець потенціометра R3 механічно пов'язаний з автоматичним курсозадавальним пристроєм (АКП), яким змінюється дальність до цілі при імітації її руху по трасі. З виходу диференціюючої ланки імпульси надходять на перемикач В1 ОДИН.ЦЕЛЬ - ГР.ЦЕЛЬ і на канал формування відеосигналів групової цілі. В режимі формування поодиноких цілей використовуються імпульси безпосередньо з виходу диференціюючої ланки, а в режимі імітації групових цілей - з виходу каналу формування відеосигналів групової цілі.

Канал формування відеосигналів групової цілі працює таким чином. Позитивні імпульси з виходу диференціюючої ланки R7, С2 надходять через пускову лампу Л4а, призначення якої аналогічне призначенню пускової лампи ЛЗ, на чекаючий мультівібратор Л5. Мультівібратор формує імпульс (рис. 14.3, г) тривалістю 40...60 мкс, який використовується для запуску генератора ударного збудження Л6. Контур генератора ударного збудження настроєний на частоту приблизно 50 кГц, і генератор формує, таким чином, радіоімпульс (рис. 14.3, д), який містить 2...3 періоди коливань. Після підсилення коливань парафазним підсилювачем Л4б і двопівперіодного випрямлення за допомогою діодів Д1, Д2 на виході каналу утворюється пачка відеоімпульсів (рис. 14.3, е), яка імітує групову ціль. Кількість літаків в групі визначається тривалістю імпульса мультівібратора і регулюється потенціометром R28 КОЛИЧ.ЦЕЛЕЙ, який вмикається в коло розрядження одного із конденсаторів мультівібратора. Відеосигнали групових цілей через перемикач В1 в положенні ГР.ЦЕЛЬ надходять на каскад співпаданя Л7а в канал імітації азимуту.

Завдання каналу імітації азимуту полягає в тому, щоб пропустити відеосигнали на вихід блоку тільки на означених азимутах. Задавальним пристроєм являється сельсин СС1, який працює в трансформаторному режимі з сельсин-датчиком М1 в блоці серводвигуна ІКО (в бл. 59). При обертанні ротора сельсин-датчика, тобто при обертанні розгортки на ІКО, на-

пруга на виході сигнальної обмотки сельсин-трансформатора СС1 буде промодульована по синусоїдному закону (рис. 14.4, а) відповідно з обертанням розгортки. Ця напруга підсилюється підсилювачем Л9а, детектується детектором Л9б і використовується як управляюча напруга для каскаду співпадання Л7а. Відеоімпульси пройдуть через каскад співпадання тільки тоді, коли управляюча напруга буде менше деякого порогового значення. Очевидно, що, коли сельсин-датчик в блоці 59 обертається синхронно з розгорткою на ІКО, то за один оберт розгортки напруга на виході сельсину СС1 двічі прийме нульове значення. Це означає, що на екрані буде спостерігатися дзеркальне відображення цілей, тобто будуть відображатися дві цілі, дальність яких однакова, а азимути відрізняються на 180° (рис. 14.5, позначки цілей зображені штриховими лініями). Для порушення дзеркальності відображення, тобто для деякого ускладнення імітованої повітряної обстановки, вжито заходів щодо зсуву азимуту імітованих цілей. Для цього до напруги, яка знімається з сигнальної обмотки сельсин-трансформатора СС1, додається змінна напруга (рис. 14.4, в) від джерела 115 В, 400 Гц через резистор R59 і потенціометр R58. Внаслідок цього симетрія модуляції результуючої напруги на виході СС1 порушиться (рис. 14.4, г), оскільки на деяких азимутальних напрямках напруги будуть складатися синфазно, а на деяких - протифазно. Набудуть азимутального зміщення і нульові значення напруги на деякий кут θ , величина, якого залежить від амплітуди додаткової напруги. Цілі на ІКО будуть відображатися так, як показано на рис. 14.5 (позначки Ц1, Ц2). Величина азимутального зсуву θ регулюється потенціометром R58 СМЕЩЕНИЕ ЦЕЛИ 2. Початкове азимутальне положення цілей установлюється поворотом ротора сельсину СС1 (регуліровка АЗИМУТ). Крім того, вал ротора механічно пов'язаний з автоматичним курсозадавальним пристроєм (АКП), яким змінюється азимут цілей при імітації їхнього руху по трасі. Положення статора сельсину СС1 також може змінюватися регуліровкою СОГЛАС, але ця регуліровка використовується лише при узгодженні сельсин-трансформатора СС1 з сельсин-датчиком М1 в бл. 59. Ширина імітованої позначки цілі по азимуту установлюється потенціометром R52 ДИАГР.ЦЕЛИ, яким змінюється величина напруги, що надходить на управляючий вхід каскаду співпадання (це еквівалентно зміні порогу порівняння, що й показано на рис. 14.4, д).

З виходу каскаду співпадання відеосигнали цілей надходять через інвертор Л7б на катодний повторювач Л8а, який забезпечує підсилення потужності імітованих сигналів. Катодний повторювач навантажений резисторами R45,...R48. Змінним резистором R45 АМПЛИТУДА установлюється початкове значення амплітуди сигналів U_0 , а повзунець змінного резистора R47 механічно зв'язаний з АКП. При цьому змінний резистор R47 має квадратичну регульовочну характеристику, яка

забезпечує при зміні дальності r до цілі зміну амплітуди вихідного сигналу по закону $U(r) = U_0(r_0/r)^2$. З виходу катодного повторювача відеосигнали цілей надходять на тривходовий суматор Σ (Д4,...Д7, Л86), який забезпечує об'єднання в один канал відеосигналів двох блоків 80 і блоку 82 (функції об'єднувача цей каскад виконує в другому блоці 80, а в першому він виконує функцію тільки катодного повторювача).

Автоматичний курсозадавальний пристрій (АКП) представляє собою спеціальний редуктор з двома вихідними валами, на які насаджуються спеціальної форми кулачки управління азимутом (кулачок А) і дальністю (кулачок Д). Кулачок А через систему важелів і шестерен зв'язаний з валом ротора сельсина СС1, а кулачок Д таким же чином зв'язаний з повзунцями змінних резисторів R3 ДАЛЬНОСТЬ і R47. Кулачки приводяться до руху двигуном М1, який живиться напругою 115 В, 400 Гц. Швидкість обертання валу двигуна регулюється зміною напруги на його управляючій обмотці за допомогою змінного резистора R57 СКОРОСТЬ в таких межах, що можна імітувати швидкість руху цілі по трасі від 400 до 2000 км/год. До складу імітатора входять три комплекти кулачків, які забезпечують формування трьох типів трас (рис. 14.6): радіальна лінія, хорда і спіраль. Початкові координати цілей можуть задаватися будь-якими в межах зони огляду РЛС.

14.3. Імітатор луна-сигналів своїх літаків (бл. 82)

Блок 82 призначений для вирішення двох задач: імітація на заданих дальностях і азимутах сигналів від двох своїх літаків і формування контрольних сигналів для перевірки та настройки потенціалоскопів.

Загальні принципи імітації сигналів від своїх літаків аналогічні принципам формування луна-сигналів від цілей за деякими особливостями. По-перше, імітуються сигнали лише від поодиноких літаків. По-друге, крім імітації луна-сигналів потрібно імітувати відповідь-сигнали каналу радіолокаційного пізнання, затримані на деякий час відносно луна-сигналів. Імітуються лише сигнали загального пізнання та сигнали «Бедствие». По-третє, координати своїх літаків залишаються незмінними. На екрані ІКО позначки від своїх літаків залишаються нерухомими і використовуються лише для створення фону повітряної обстановки при тренуванні бойових обслуг. Означені особливості суттєво спрощують процес і пристрої імітації сигналів від своїх літаків, а звільнене місце займають пристрої формування контрольних сигналів для перевірки і настройки потенціалоскопів.

До складу блоку (рис. 14.7) входять: канал імітації луна-сигналу, канал імітації сигналу пізнання, канал імітації азимуту і канал контрольних сигналів.

Канал імітації луна-сигналу формує відеоімпульси тривалістю близько 10 мкс, затримані відносно імпульса запуску на час, який визначається дальністю до імітованого літака. Принципи формування луна-сигналу повністю співпадають з принципами формування сигналів від поодиноких цілей. Фантастрон дальності (Л16, Л17, Л18) під впливом імпульса запуску ІЗ формує в кожному такті зондування імпульс (рис. 14.9, б), тривалість якого визначає дальність до імітованого об'єкту. В коло зарядної ємкості фантастрона ввімкнуті змінні резистори R90 ДАЛЬН.НАЧ, R89 ДАЛЬНОСТЬ і R87 ДАЛЬН.КОН, якими регулюється швидкість заряджання ємкості, тобто тривалість імпульсу фантастрона (дальність до цілі). При цьому потенціометрами R90, R87 устанавлюються лінійність заряджання ємкості на початку і в кінці дистанції, а потенціометром R89 задається початкова дальність до цілі. Фантастрон має два виходи: прямий і інверсний. З прямого виходу імпульси надходять на диференціююче коло С29, R78 і далі будуть використовуватися імпульси, які відповідають спаду імпульсу фантастрона. Ці імпульси надходять на каскад співпадання Л15а і проходять далі в тракт тільки тоді, коли на управляючому вході каскаду співпадання буде діяти напруга близька до нуля. Управляюча напруга формується в каналі імітації азимуту і буде близькою до нуля, коли азимут розгортки на ІКО співпаде з азимутом, устанавленим на блоці 82. Після каскаду співпадання імпульси надходять через інвертор Л15б на вихідний каскад Л14а. Вихідний каскад представляє собою катодний повторювач, навантажувальними опорами якого являються резистори R71, R69, R70. Змінним резистором R71 АМПЛИТУДА ЦЕЛИ устанавлюється початкове значення амплітуди сигналу, а повзунець резистора R69 механічно зв'язаний з повзунком резистора R89 і ручкою ДАЛЬНОСТЬ. Змінний резистор R69 має квадратичну регульовочну характеристику і забезпечує відповідну зміну амплітуди вихідних сигналів при зміні дальності до імітованого літака.

Канал імітації сигналу пізнання призначений для формування відеосигналів, затриманих відносно луна-сигналів на 20 мкс. Імітуються два типи сигналів: сигнал загального пізнання тривалістю 6 мкс або сигнал «Бедствие» тривалістю 12 мкс. Загальні принципи формування сигналів пізнання такі, як і луна-сигналів. Імпульс дальності з інверсного виходу фантастрона (рис. 14.8, д) надходить в канал імітації сигналів пізнання на диференціюючу ланку С19, R53. Після диференціювання і інвертування короткий імпульс, що відповідає задньому перепаду напруги імпульсу фантастрона, запускає чекаючий мультівібратор Л11, Л9б. Чекаючий мультівібратор формує імпульс тривалістю близько 30 мкс (рис. 14.8,

ж), чим і визначається затримка сигналів пізнання відносно луна-сигналів. Цей імпульс надходить через перемикач роду роботи блоку В2а в положенні РАБ+ЗАПР на формувач сигналів пізнання Л8, Л9а і запускає його заднім перепадом напруги. Формувач в залежності від положення перемикача В3 ОТВЕТ - БЕДСТВІ формує або сигнал загального пізнання, або вдвічі ширший сигнал «Бедствие» (рис. 14.8, з). Далі тракт проходження сигналів пізнання аналогічний тракту проходження луна-сигналів: каскад співпадання Л10а, інвертор Л12а і вихідний каскад Л12б, катодним навантаженням якого є змінний резистор R60 АМПЛ.ЗАПР.

Канал імітації азимуту за принципом побудови і функціонування повністю аналогічний такому ж каналові в блоці 80. Азимут літаків задається поворотом ротора сельсин-трансформатора М1, для чого на вал ротора насаджена ручка АЗИМУТ. Порухення «дзеркальності» відображення позначок здійснюється так же, як і в блоці 80 додаванням додаткової напруги до напруги роторної обмотки сельсин-трансформатора М1. Величина азимутального зміщення позначок регулюється потенціометром R122 СМЕЩЕНИЕ ЦЕЛИ 2. Ширина імітованих радіолокаційних позначок по азимуту регулюється потенціометром R76 ДИАГР.ЦЕЛИ, а ширина позначок пізнання - потенціометром, R74 ДИАГР.ЗАПР.

Канал контрольних сигналів формує різноманітні послідовності відеоімпульсів, які використовуються для контролю і настройки потенціалоскопів. В кожному такті зондування чекаючий мултивібратор Л19, Л20 під впливом імпульсів запуску ІЗ формує імпульс тривалістю 4 мс (рис. 14.9, б). Цим імпульсом запускається генератор ударного збудження Л13б, який генерує коливання з частотою від 5 до 7,5 кГц (рис. 14.9, в). Частота коливань регулюється шліцом КОНТР.СИГНАЛ ЧАСТОТА на передній панелі блоку. Коливання з виходу генератора ударного збудження надходять на підсилювач-обмежувач Л13а, де із них формується меандр (рис. 14.9, г). Меандр пропускається через диференціюючу ланку С15, R44 і позитивні перепади, проходячи через перемикач роду роботи В2а в положеннях $\square$, $\sqcap$, $\sqcup$ або ПАЧКА, надходять на формувач сигналів пізнання Л8, Л9а, який в цьому режимі формує контрольні імпульси (рис. 14.9, д) тривалістю 6 або 12 мкс (в залежності від положення перемикача В3) і з періодом надходження 140...200 мкс. Подальше проходження контрольних імпульсів залежить від положення перемикача роду роботи В2.

В положенні $\square$ перемикача В2 контрольні імпульси надходять на вихідний каскад Л1б, який має анодне і катодне навантаження. В залежності від положення перемикача В1 (+ або -) на вихід блоку надходять сигнали відповідної полярності. Амплітуда імпульсів регулюється змінними резисторами R4 або R5, повзунці яких механічно зв'язані з ручкою КОНТР.СИГН.АМПЛ на передній панелі блоку.

В положеннях $\Gamma_1 \Gamma_2$ і ПАЧКА перемикача роду роботи В2 контрольні імпульси з виходу формувача сигналів пізнання Л8а, Л9 проходять по такому тракту: катодний повторювач Л2, парафазний підсилювач Л3а, балансний підсилювач Л4, підсилювач Л3б і перемикач В2б. Підсилені катодним повторювачем Л2 контрольні імпульси надходять на парафазний підсилювач Л3а. (ці імпульси можуть також використовуватися як модулюючі імпульси Мод.ГСС для генератора стандартних сигналів при настройці РЛС на запасні частоти без випромінювання в ефір, для чого вони подаються на роз'єднувач Ф7 шафи 204). Парафазний підсилювач Л3а має два виходи: з одного виходу знімаються контрольні сигнали позитивної полярності, а з іншого - негативної. Обидві послідовності імпульсів надходять на балансний підсилювач Л4, на управляючий вхід якого надходить управляюча напруга від трігера Л5,Л6. Трігер під впливом імпульсів запуску ІЗ в кожному такті зондування змінює свій стан і управляє балансним підсилювачем так, що той в непарних періодах пропускає на вихід імпульси позитивної полярності, а в парних - негативної. Вирівнювання амплітуд імпульсів обох полярностей здійснюється регулювкою СИММЕТРИР $\Gamma_1 \Gamma_2$, яка виведена під шліц на передню панель блоку. Підсилювач Л3б має два виходи: лінійний і нелінійний (вихід з обмеженням «знизу»). З лінійного виходу імпульси обох полярностей (рис. 14.9, е) надходять через конденсатор С5 на контакт $\Gamma_1 \Gamma_2$ перемикача В2б, а з нелінійного виходу надходять лише імпульси позитивної полярності (рис. 14.9, ж) через конденсатор С6 на контакт ПАЧКА перемикача В2б. З виходу перемикача В2б відповідні імпульси (в залежності від положення перемикача В2) надходять через перемикач В4 ФОРМА КОНТР.СИГН на вихідний каскад. Перемикач В4 залишився в блоці як технологічний елемент, який забезпечував при налагодженні блоку проходження синусоїдних коливань генератора ударного збудження на вихідний каскад каналу контрольних сигналів при установленні перемикача в положення $\sim \sim$. Оскільки ці сигнали в РЛС не використовуються, то перемикач В4, який розташований усередині блоку 82, має постійно знаходитися в положенні $\Gamma_1 \Gamma_2$, як і показано на рис. 14.7.

14.4. Імітатор пасивних завад (бл. 83)

Блок 83 призначений для вирішення двох задач: формування на заданих дальностях і азимутах протяжних відеоімпульсів з хаотичною модуляцією, які за своєю формою нагадують огинаючу луна-сигналів від хмари диполів і формування в заданому азимутальному секторі вузькосмугової активної шумової завади в робочому діапазоні частот РЛС.

Пасивні завади імітуються у вигляді «хмари» диполів, яка має форму азимутально-дальностного стробу з розмірами 30...50 км по дальності і від 15 до 150° по азимуту. Положення стробу може бути яким завгодно в межах зони огляду РЛС. Принципи формування таких стробів аналогічні розглянутим в п. 14.2 принципам формування цілей.

Загальний принцип імітації пасивних завад ґрунтується на використанні генератора ударного збудження, коливальна система якого представляє собою сукупність декількох контурів з невеликою взаємною розстройкою відносно середньої частоти 50 кГц. Внаслідок цього в генераторі виникають коливання на декількох близьких між собою частотах і утворюються майже хаотичні биття з частотою заповнення 50 кГц (рис. 14.10, д). Після двопівперіодного випрямлення таких коливань формується відеосигнал з хаотичною порізаністю, який нагадує огинаючу відбиття зондуємого сигналу від хмари диполів (рис. 14.10, е). Середня тривалість порізаності становить близько 10 мкс, що відповідає тривалості зондуємого сигналу РЛС. Для підсилення ефекту хаотичності використовуються паралельно два незалежні генератори, сигнали яких після двопівперіодного випрямлення складаються.

Якщо не вжити ніяких заходів, то форма порізаності імітованої завади буде залишатися в кожному такті зондування незмінною, оскільки початкові умови генераторів ударного збудження залишаються незмінними. Можна сказати, що такі сигнали будуть імітувати відбиття від «замороженої» хмари диполів при зупиненій антені, що не відповідає реальному поведженню завад. В зв'язку з цим на одну із управляючих сіток генераторів ударного збудження додатково вводиться повільнозмінна напруга пілкоподібної форми (рис. 14.10, а) з періодом зміни приблизно 1 с, яка змінює умови виникнення коливань в контурах. Внаслідок цього змінюється характер биття коливань і форма порізаності вихідних сигналів (порівняйте сигнали в різних тактах зондування на рис. 14.10, д, е). В блоці 84 ці сигнали використовуються для амплітудної модуляції напруги допоміжного гетеродину і формується пасивна завада на проміжній частоті. Але така завада нагадує реальну лише поведженням огинаючої, а фазова структура імітованої завади, залишаючись незмінною як на протязі поточного періоду, так і між періодами, зовсім не відповідає фазовій структурі реальних завад.

Принцип формування вузькосмугової завади ґрунтується на модуляції коливань високочастотного генератора низькочастотним шумом. Генератор працює в діапазоні РЛС. Джерелом низькочастотного шуму являється тиратрон.

Означеними загальними принципами формування завад визначаються функціональний склад і структура блоку. До складу блоку (рис. 14.11) входять:

канал імітації дальності і протяжності ПЗ;
формував пасивної завади;
канал імітації азимуту;
вихідний пристрій;
імітатор активної завади.

Канал імітації дальності визначає область простору по дальності, де буде формуватися пасивна завада. Фантастрон дальності Л10, Л11, Л12а формує в кожному такті зондування імпульс (див. рис.14.10, в), спад якого визначає початок імітованої «хмари» диполів. В коло зарядної ємкості фантастрону ввімкнуті змінні резистори R62 НАЧАЛО, R61 ДАЛЬНОСТЬ і R59 КОНЕЦ, якими регулюється швидкість заряджання ємкості, тобто тривалість імпульсу фантастрона (дальність до «хмари» диполів). При цьому потенціометрами R62, R59 установлюються лінійність заряджання ємкості на початку і в кінці дистанції, а потенціометром R61 задається точне значення дальності початку «хмари». Після диференціювання імпульсу фантастрона ланкою R84, С37, запускається кіп-реле Л14 і формує імпульс (див. рис. 14.10, г), який визначає протяжність «хмари» по дальності. Цей імпульс підсилюється буферним каскадом Л13а і надходить в канал формування пасивної завади на генератори ударного збудження.

Формувач пасивної завади містить два однакові канали, вихідні сигнали яких складаються. До складу кожного каналу входять генератор пилкоподібної напруги Л2 (Л6), катодний повторювач Л3а (Л5б), генератор ударного збудження Л3б, Л4а (Л5а, Л4б) і двопівперіодний випрямляч Д3, Д4 (Д1, Д2). Генератор пилкоподібної напруги формує близькі до трикутної форми імпульси (див. рис. 14.10, а) тривалістю біля 1с і з частотою повторення 1 Гц. Ця напруга надходить через катодний повторювач на сітку управляючої лампи генератора ударного збудження і визначає початкові умови збудження генератора. З приходом на сітку управляючої лампи закриваючого імпульсу від буферного каскаду Л13а (імпульсу протяжності пасивної завади) в генераторі виникають коливання складної форми (див. рис. 14.10, д). Форму напруги можна змінювати, змінюючи величину початкової напруги на сітці управляючої лампи генератора регулювання ФОРМА. Після двопівперіодного випрямлення за допомогою діодів Д3, Д4 (Д1, Д2) сигнали обох каналів складаються на вхідному опорі каскаду співпадань Л9а в каналі імітації азимуту.

Канал імітації азимуту пропускає на вихід блоку відеоімпульси пасивної завади лише на заданому азимуті і в азимутальному секторі заданої ширини. Основу каналу становить сельсин М2, який працює в трансформаторному режимі з сельсин-датчиком М3 в блоці серводвигуна ІКО (в бл. 59). Передаточне число редуктора в блоці 59 вибрано 2:1 (див. рис. 13.5). Це означає, що ротор сельсин-датчика М3 здійснює повний оберт за два оберти розгортки на екрані ІКО. Внаслідок цього напруга на виході ротор-

ної обмотки сельсин-трансформатора М2 буде приймати нульове значення один раз за оберт розгортки. Це і буде середина сектору («хмари») пасивних завад. Вона задається ручкою АЗИМУТ, якою змінюється положення ротора сельсин-трансформатора М2. Вихідна напруга сельсин-трансформатора надходить на підсилювач Л9б через порогову ланку R48, R49, R55, якою задається на підсилювач напруга зміщення (порог) від джерела -150 В. Величина порогу визначає ширину сектора і регулюється резистором R49 СЕКТОР. Продектована детектором Д5 напруга використовується як закриваюча напруга для каскаду співпадання Л9а. Відеоімпульси пройдуть через каскад співпадання тільки тоді, коли закриваюча напруга буде дорівнювати нулю, тобто в заданому секторі.

Вихідний пристрій забезпечує підсилення відеоімпульсів пасивної завади, які пройшли через каскад співпадання, підсилювачем Л12б і катодним повторювачем Л13б. Навантаженням катодного повторювача є змінний резистор R80 АМПЛИТ, яким регулюється амплітуда вихідних відеоімпульсів пасивної завади.

Основу імітатора активної завади становить тиратронний генератор низькочастотного шуму Л7, який формує шумоподібні коливання з шириною спектру 1...1,5 МГц. Шумові коливання проходять через каскад співпадання Л8а на пентодну сітку лампи Л1УКХ-генератора і здійснюють амплітудну модуляцію неперервних коливань генератора. Частота коливань генератора може змінюватися в діапазоні перестройки РЛС за допомогою ручки ЧАСТОТА, якою перестроюється конденсатор коливального контуру. Потужність коливань регулюється зміною напруги анодного живлення і встановлюється ручкою АМПЛИТ. Імітація азимуту постановника завад та ширини сектору постановки завад здійснюється за допомогою сельсин-трансформатора М1, підсилювача Л8б і детектора Д6. Принцип дії цих пристроїв повністю аналогічний принципу дії каналу імітації азимуту пасивних завад. Управляюча напруга з виходу детектора Д6 надходить на каскад співпадання Л8а, забороняючи проходження шумів на УКХ-генератор поза заданим азимутальним сектором. Одночасно ця ж напруга надходить і на УКХ-генератор і гасить генерацію коливань поза сектором постановки завад.

14.5. Імітатор ефекту Доплера (бл. 84)

14.5.1. Призначення та загальні принципи побудови блоку

Блок 84 призначений для вирішення таких задач:

перетворення відеоімпульсів імітованих цілей і пасивних завад в радіоімпульси на другій проміжній частоті ($f_{\text{ПР}}=10$ МГц);

імітація ефекту Доплера окремо для цілей і для пасивних завад;

забезпечення міжперіодної когерентності створених радіоімпульсів;

Перш, ніж перейти до розгляду принципів побудови і функціонування блоку, доцільно уявити особливості вирішення поставлених задач.

Задача перетворення відесигналів в радіосигнали сама по собі досить проста: генератор коливань з частотою 10 МГц має працювати в режимі імпульсної модуляції. Але необхідність вирішення двох наступних задач не дозволяє скористатися такою простою схемою.

Імітація ефекту Доплера передбачає зміну несучої частоти імітованих сигналів в межах можливих значень доплерівського зсуву частоти луна-сигналів від реальних цілей і пасивних завад в РЛС. Тобто необхідно забезпечити $f_{\text{Ц}} = 10 \text{ МГц} \pm \Delta F_{\text{Ц}}$ і $f_{\text{ПЗ}} = 10 \text{ МГц} \pm \Delta F_{\text{ПЗ}}$. Для РЛС 5Н84А можливий доплерівський зсув частоти для цілей $\Delta F_{\text{Ц}}$ становить декілька сот герц, а для пасивних завад $\Delta F_{\text{ПЗ}}$ становить всього лиш декілька десятків герц. При несучій частоті 10 МГц регулювати безпосередньо частоту генератора в означених межах досить складно. Тому на практиці доплерівська добавка частоти вноситься в коливання на частотах значно нижчих. В блоці 84 для цього використовуються окремо для імітованих пасивних завад і окремо для імітованих сигналів від цілей додаткові гетеродини (завадовий і сигнальний), які генерують коливання на частоті 2,1 МГц. Частоти коливань цих гетеродинів регулюються в межах $2,1 \text{ МГц} \pm \Delta F_{\text{ПЗ}}$, і $2,1 \text{ МГц} \pm \Delta F_{\text{Ц}}$ відповідно. Для перенесення цих коливань на частоту 10 МГц використовується основний (центральный) гетеродин, який генерує коливання на частоті 7,9 МГц. Отже, для імітації ефекту Доплера необхідно мати центральний гетеродин, сигнальний і завадовий гетеродини і два змішувачі.

Задача забезпечення міжперіодної когерентності створених радіоімпульсів ускладнюється тим, що її необхідно вирішувати як при працюючому, так і при вимкненому передавачі. Вирішення цієї задачі дає можливість «підмішування» імітованої обстановки до реальної при роботі РЛС в ефір, що важливо при тренуванні бойових обслуг. Очевидно, що при роботі передавача центральний гетеродин імітатора має фазуватися тим же імпульсом, що і когерентний гетеродин РЛС (бл. 37), тобто імпульсом фазування ІФ, який надходить від передавача після відповідного перетворення на проміжну частоту. Але імпульс ІФ приходить на частоті 10 МГц, а частота центрального гетеродину становить 7,9 МГц. Отже необхідний ще один додатковий гетеродин з частотою коливань 2,1 МГц і змішувач для перенесення ІФ на частоту 7,9 МГц. При вимкненні передавача імпульс фазування ІФ зникає, тому для збереження когерентності імітованих

сигналів когерентний гетеродин РЛС необхідно фазувати напругою центрального гетеродину. Для цього необхідно змішати коливання центрального гетеродину (7,9 МГц) з коливаннями додаткового гетеродину (2,1 МГц) і з цієї напруги з приходом імпульса запуску РЛС сформувати імпульс фазування когерентного гетеродину РЛС.

Означеними принципами вирішення покладених на блок 84 задач визначаються його функціональний склад та принципи роботи.

14.5.2. Функціональна схема та принципи роботи блоку

Основним елементом блоку 84 (рис. 14.12) являється центральний гетеродин, виконаний на пентоді Л4 за схемою двоконтурного автогенератора з загальним катодом. Анодний і сітковий контури настроєні на частоту 7,9 МГц. Генератор може працювати в режимі зовнішнього фазування і в режимі вільних коливань. В режимі зовнішнього фазування в коло управляючої сітки лампи Л4 вмикається контур С13, L2, настроєний на частоту 7,9 МГц. Резонансна частота контуру може регулюватися сердечником індуктивності L2. В режимі вільних коливань контур С13, L2 шунтується контактами 4, 5 реле Р1 і замість нього підключається стабілізуючий кварц ПЭ2, який має резонансну частоту 7,9 МГц.

В режим зовнішнього фазування генератор переводиться автоматично при вмиканні передавача. При цьому на реле Р1 надходить сигнал вмикання анодного живлення передавача Вкл+14кВ. Реле Р1 підключає контактами 1, 3 допоміжний гетеродин Гет1 до змішувача Зм2, а контактами 4, 6 вмикає в коло управляючої сітки лампи Л4 коливальний контур С13, L2 і шунтує стабілізуючий кварц ПЭ2. Зовнішній імпульс фазування ІФ_{ПДП} надходить від блоку 47 і розгалужується на два канали: подається на змішувач Зм2 і в блок когерентного гетеродину (бл. 37). Точка розгалуження знаходиться поза блоком 84, але для наочності вона зображена в блоці 84. На другий вхід змішувача Зм2 надходять коливання від додаткового кварцового гетеродину Гет1, який генерує коливання з частотою 2,1 МГц. Гетеродин Гет1 і змішувач Зм2 вмикаються в роботу тільки на час дії імпульсу фазування ІФ_{ПДП}, для чого на них подається імпульс запуску ІЗ, який має тривалість приблизно 6 мкс і співпадає в часі з імпульсом фазування ІФ_{ПДП}. З виходу змішувача Зм2 перетворений на частоту 7,9 МГц імпульс фазування надходить в сітковий контур лампи Л4 і нав'язує коливанням центрального гетеродину початкову фазу таку, як і коливанням когерентного гетеродину в блоці 37.

При вимкненні передавача зникає сигнал Вкл+14кВ, реле Р1 знеструмлюється і його контакти повертаються до початкового стану, як показано на рис. 14.12. При цьому контактами 1, 2 реле Р1 гетеродин Гет1

підключається до входу першого змішувача Зм1, а групою контактів 4, 5, 6 сітковий контур лампи Л4 шунтується і замість нього в коло сітки вмикається стабілізуючий кварц ПЭ2. Центральний гетеродин переходить, таким чином, в режим вільного генерування високостабільних коливань з частотою 7,9 МГц. Фазуючий імпульс для когерентного гетеродину (для блоку 37) формується за допомогою змішувача Зм1. На один із його входів надходять неперервні коливання частотою 7,9 МГц від центрального гетеродину, а на другий - радіоімпульс тривалістю приблизно 6 мкс на несучій частоті 2,1 МГц від гетеродину Гет1. На виході змішувача Зм1 виділяється імпульс на частоті 10 МГц, який і використовується як фазуючий імпульс для когерентного гетеродину. Якомога точніше установлення значення частоти фазуючого імпульсу (частоти 10 МГц) здійснюється регулювкою УСТ.НУЛЯ, якою підстроюється частота гетеродину Гет1 (ця регулювка названа так тому, що підстройка частоти здійснюється по нульовим биттям напруги на виході фазового детектора при подачі в основний приймальний канал з виходу блоку 84 в режимі КОНТРОЛЬ неперервної напруги).

Сформований імпульс фазування ІФ_{ІМТ} подається в блок 37 тим же кабелем, по якому до цього надходив фазуючий імпульс передавача ІФ_{ПДП}.

Перетворення відеосигналів цілей і пасивних завад в радіосигнали здійснюється двома каналами: сигнальним і завадовим. За принципами побудови і функціонування обидва канали однакові і відрізняються лише способом регулювання доплерівської добавки частоти.

До складу сигнального каналу входять: гетеродин сигнальний (ГетС), змішувач сигнальний (ЗмС), ключ-каскад Л8а, ДЗ. Завадові гетеродин і змішувач виконані на єдиному пентоді (Л5). Гетеродин утворюється колами управляючої і екранної сіток пентоду. При цьому в коло управляючої сітки ввімкнутий стабілізуючий кварц ПЭ4, який має резонансну частоту 1050 кГц, а в коло екранної сітки ввімкнутий контур L9, С40, настроєний на другу гармоніку кварцу, тобто на частоту 2,1 МГц. Паралельно кварцу ПЭ4 ввімкнутий підстроювальний конденсатор С39 СКОР.ЦЕЛИ, яким в незначних межах змінюється резонансна частота кварца і таким чином регулюється добавка доплерівської частоти в межах декількох сот герц відносно центральної частоти 2,1 МГц. Сигнальний змішувач (ЗмС) утворюється пентодною сіткою і настроєним на частоту 10 МГц контуром L8, С35, ввімкнутим в анодне коло лампи Л6. Процес змішування частот і модуляції несучої частоти відеосигналами цілей відбувається одночасно. Здійснюється це таким чином. Коливання напруги частотою 7,9 МГц із анодного контуру центрального гетеродину через котушку зв'язку L6 надходять на пентодну сітку лампи Л6, тобто на змішувач. Але за відсутності відеосигналів змішувач не працює, бо лампа Л6 закрита негативною напругою, яка надходить на пентодну сітку лампи від джерела – 150 В через дільник R36, R34, R38. Лампа Л6 відкривається по пентодній сі-

тці лише з появою відеосигналів цілей $U_{ц}$ і тільки тоді, коли сигнали перевищать величину зміщення, яке задається змінним резистором R34 СМЕЩЕНИЕ. Наявність цієї регуліровки забезпечує відсікання відеосигналів «знизу» і виключає таким чином роботу каналу по випадковим викидам напруги та по шумам. Отже, з появою відеосигналів відкривається лампа Л6 по пентодній сітці і здійснюється процес змішування коливань центрального гетеродину з коливаннями сигнального гетеродину. В анодному контурі L8, С35 лампи Л6 виділяються сигнали на сумарній частоті і через роздільчу ємність С37 надходять на ключ-каскад Л8а, ДЗ. Ключ-каскад забезпечує проходження сформованих радіосигналів на вихідний каскад знову ж таки лише за наявності відеоімпульсів цілей, які надходять на його управляючий вхід через ємність С44. Наявність ключ-каскаду не допускає проходження на вихід каналу різноманітних сторонніх коливань за відсутності відеосигналів і підвищує («розтягує»), таким чином, динамічний діапазон каналу імітації цілей. Мабуть тому в технічному описі ключ-каскад називається дещо незвичним словом «експандер» (від лат. *expando* - розтягую, розповсюджую) на відміну від спортивного еспандера, назва якого також походить від цього слова. Вихідним навантаженням (спільним для обох каналів) являється контур L10, С36, настроєний на частоту 10 МГц. Величина вихідних сигналів регулюється змінним резистором R35 АМПЛ.ВЫХОД.

Принципи побудови і функціонування завадового каналу стосовно модуляції і частотного перетворення відеоімпульсів пасивної завади $U_{пз}$ повністю співпадають з сигнальним каналом. Щоб підкреслити це, на рисунку 14.12 функціональні елементи завадового каналу розташовані, як дзеркальне відображення елементів сигнального каналу. А спосіб регулювання доплерівської добавки частоти в завадовому каналі суттєво відрізняється. На відміну від сигнального каналу, де доплерівська добавка частоти становить сотні герц і може регулюватись досить грубо за допомогою конденсатора С39, ввімкнутого паралельно кварцу ПЭ4, в завадовому каналі діапазон зміни доплерівської добавки на порядок менше (десятки Гц) і необхідно на порядок точніше її установлювати. Тому в завадовому гетеродині (Гет3) паралельно стабілізуючому кварцу ПЭ3 вмикається так звана реактивна лампа Л2. Використовується еквівалентна ємність $C_{ак}$ між електродами анод-катод, яка може регулюватись досить точно і в незначних межах шляхом зміни напруги на управляючій сітці лампи. Принципи роботи реактивної лампи більш докладно розкриті в п. 9.2.2. Формування управляючої напруги для реактивної лампи здійснюється за допомогою пристрою імітації напрямку та швидкості вітру. Основу цього пристрою становить сельсин М1, який працює в трансформаторному режимі з сельсин-датчиком М2 блоку 59 (див. рис. 13.5). Змінна напруга, яка знімається з роторної обмотки сельсин-трансформатора, детектується детектором Д1 і

надходить на управляючу сітку лампи Л2. Якщо не вжити ніяких заходів, то напруга на виході роторної обмотки сельсин-трансформатора за один оберт розгортки буде двічі приймати нульове значення і двічі максимальне, оскільки передаточне число між валом ротора сельсин-датчика М2 в бл. 59 і шестернею відхиляючої системи становить 1:1 (див. рис. 13.5). Щоб запобігти цьому, до вихідної напруги роторної обмотки сельсин-трансформатора додається через резистор R12 опорна напруга $U_{оп}$, 65 В, 400 Гц. Внаслідок цього результуюча напруга не переходить через нуль і за оберт розгортки приймає один раз максимальне значення і один раз мінімальне (так формується управляюча напруга синусно-косинусного пристрою, див. епюри на рис. 9.19). Напрямок вітру, тобто азимут, на якому управляюча напруга має максимальне значення, задається поворотом ротора сельсину М1 ручкою НАПР.ВЕТРА. Величина імітованої доплерівської добавки задається змінним резистором R7 СКОР.ПОМЕХ, за допомогою якого регулюється величина управляючої напруги, що надходить на реактивну лампу.

На закінчення по принципах побудови і функціонування блоку імітації ефекту Доплера необхідно додати декілька слів щодо управління режимами роботи блоку. До органів управління режимами роботи належать перемикач В1 (ВЫКЛ - РАБОТА - КОНТР), розташований на передній панелі блоку, перемикач В2 (РАБОТА - КОНТР), розташований усередині блоку, і реле Р1, Р2. Призначення реле Р1 розглянуто при викладенні режимів роботи центрального гетеродину. Реле Р2 працює тільки при ввімкненні передавача. Якщо раптово зникає запуск передавача, то з екрану зникають реальні луна-сигнали. Отже, необхідно зробити так, щоб зникли і імітовані сигнали разом з реальними. Для цього на реле Р2 із блоку високовольтного випрямляча (бл. 165) надходить сигнал зникнення запуску і розривається коло +200 В анодного живлення ламп блоку. При вимкненні передавача реле Р2 не працює і не впливає на роботу блоку.

Перемикачі В1 і В2 показані на функціональній схемі блоку (див. рис. 14.12) лише умовно без позначення їх контактів на схемі і усі з'єднання на схемі показані при установленні перемикачів в положення РАБОТА. Зроблено так з двох причин. По-перше, перемикачі забезпечують головним чином комутацію кіл +200 В та -150 В живлення ламп. По-друге спрощується схема і зрозумілішими становляться принципи дії блоку. Функціональний стан блоку при різних положеннях вимикачів буде висвітлений в описовій формі.

При установленні перемикача В1 в положення КОНТР здійснюються такі операції:

вимикаються сигнальний гетеродин ГетС і сигнальний змішувач ЗмС шляхом зняття анодної напруги +200 В з лампи Л6;

завадовий змішувач ЗмЗ переводиться в режим неперервної роботи тим, що з пентодної сітки лампи Л5 знімається негативна напруга зміщення;

ключ-каскад Л8б, Д2 переводиться в стан постійного замикання тракту завадових сигналів.

Внаслідок цього на вихід блоку по завадовому каналу будуть надходити неперервні коливання на частоті 10 МГц. Цими ж коливаннями фазується і когерентний гетеродин (бл. 37). Принципи фазування когерентного гетеродину в цьому режимі залишаються такими, як і в робочому режимі. Контролюючи сигнал на виході фазового детектора (в бл. 37), можна перевірити відповідність частот гетеродинів установленим значенням, проконтролювати введення доплерівського зсуву частот в вихідну напругу, а також проконтролювати настройку СКДВ в системі захисту від пасивних завад.

При установленні перемикача В2 в положення КОНТР знімається напруга +200 В з ламп Л1, Л3, Л7, Л2 і паралельно контуру L3, С19 завадового гетеродину ГетЗ підключається додаткова ємкість, чим змінюється резонансна частота гетеродину. З виходу змішувача ЗмЗ через ємкість С21 на фішку Ф6 ГЕТЕРОДИН знімається напруга вищих гармонік, яка використовується для перевірки стабільності місцевого гетеродину (бл. 222).

14.6. Імітатор активних шумових завад (блок 305)

Блок 305 призначений для формування активних шумових завад на першій проміжній частоті і широкосмугової активної шумової завади в робочому діапазоні частот РЛС. Активна шумова завада на проміжній частоті формується трьома незалежними генераторами і використовується для перевірки автокомпенсатора активних шумових завад. Широкосмугова високочастотна шумова завада використовується для перевірки системи пеленгування ПАЗ.

Відповідно з призначенням блоку 305 до його складу (рис.14.13) входять три канали формування шумових завад на проміжній частоті і канал формування широкосмугової шумової завади на високій частоті. Принцип формування шумових завад в усіх каналах однаковий: шумовий генератор (ГШ) - смуговий фільтр. Шумовими генераторами (лампи Л1,...Л4) являються спеціальні газонаповнені електронні лампи типу «Шнурок-1», принцип роботи яких ґрунтується на взаємодії плазми з електронним променем. Такі прилади генерують шумові коливання в смузі частот від одиниць до декількох сот мегагерц.

Смугові фільтри в перших трьох каналах мають центральну частоту $f_0=25,9 \text{ МГц}=f_{\text{ПР1}}$ і смугу пропускання $\Delta f \approx 3 \text{ МГц}$. В третьому каналі після

смугового фільтру розташований строб-каскад Я1, який закриває канал в кожному такті зондування на початку дистанції приблизно на 200 мкс. Необхідний стробуючий імпульс виробляється формувачем Я2, Я3. Режим стробування шумових завад вмикається перемикачем В4 (НЕПР - $\square$) в положенні $\square$. Такий режим необхідний при контролюванні перехідних процесів в автокомпенсаторі.

В каналі формування широкосмугової високочастотної шумової завади смуговий фільтр настроюється на частоту $f_0 \approx 170$ МГц і має смугу пропускання $\Delta f \approx 100$ МГц.

Одночасно можуть працювати або ГШПЧ, або ГШВЧ. Вмикання тієї або іншої групи здійснюється перемикачем В1 (ПЧ - ВЧ), за допомогою якого напруга -600 В подається на катоди генераторних ламп відповідних шумових генераторів. В коло живлення ламп ввімкнутий мікроамперметр, яким контролюється величина струму ламп.

Поканальне вмикання генераторів шуму проміжної частоти здійснюється тублерами В2, В3 і перемикачем В4. Через них надходить напруга живлення для підсилювачів в блоці 379.

14.7. Блок підсилювачів шумових завад (блок 379)

Блок 379 призначений для підсилення шумових завад на проміжній частоті, створених трьома генераторами шуму в блоці 305, і остаточного формування шумових завад для основного і трьох компенсаційних каналів автокомпенсатора шляхом вагдового складання шумових коливань від трьох незалежних генераторів шуму. Крім того, в блоці формується контрольний сигнал індикації завад, який використовується при вимірюванні коефіцієнту продавлення завад автокомпенсатором.

Відповідно до вирішуваних задач блок містить (рис. 14.14) три функціональні пристрої: підсилювач шумових коливань У2, суматор шумових коливань У3 і формувач контрольного сигналу У1. Крім того, до складу блоку входить канал проріджування (дільник 1:4) частоти надходження імпульсів запуску, який в РЛС 5Н84А не використовується. Усі пристрої блоку виконані на транзисторних функціональних вузлах.

Підсилювач шумових коливань містить три підсилювача проміжної частоти (ППЧ), виконані на функціональних вузлах Я1,...Я6 типу УП02Т. Живлення $-6,3$ В на функціональні вузли надходить із блоку 305 при вмиканні на ньому відповідного тумблера в положення НЕПР.1(2, 3).

Суматор У3 забезпечує складання шумових коливань у відповідних пропорціях і розподіл їх між основним та компенсаційними каналами автокомпенсатора. Суматор виконаний на резисторах. В основний канал автокомпенсатора подаються шуми від трьох генераторів шуму з відповід-

ними регулюваннями вкладу кожного генератора (1-О, 2-О, 3-О), в перший компенсаційний канал - шуми першого і другого генераторів (регулювання 1-І і 2-І), в другий компенсаційний канал - шуми першого і третього генераторів (регулювання 1-ІІ і 3-ІІ) і в третій компенсаційний канал - шуми другого і третього генераторів (регулювання 2-ІІІ і 3-ІІІ).

Формувач У1 контрольного сигналу забезпечує формування контрольного радіоімпульсу трикутної форми на першій проміжній частоті, який використовується як допоміжний імпульс при вимірюванні коефіцієнта подавлення автокомпенсатором активних шумових завад. Для зручності спостереження імпульсу на екрані осцилографу чи на ІКО він затримується відносно імпульсу запуску приблизно на 200 мкс і має тривалість біля 70 мкс. Формувач містить (див. рис. 14.14) два генератори прямокутних імпульсів ГПрІ (Я1 і Я3), кварцовий генератор (Я2), модулятор (Я4) і підсилювач (Я5). Перший ГПрІ запускається імпульсом запуску і формує прямокутний імпульс негативної полярності тривалістю 200 мкс (рис.14.15, б), яким визначається затримка контрольного імпульсу відносно імпульсу запуску. Після диференціювання цього імпульсу ланкою С6, R5 запускається другий ГПрІ і формує прямокутний імпульс (рис. 14.15, в), який визначає тривалість контрольного імпульсу. Цей імпульс знову пропускається через диференціюючу ланку С10, R8. Постійна часу диференціюючої ланки $\tau_{RC} \approx 70$ мкс, завдяки чому на її виході формується близький до трикутної форми імпульс (рис. 14.15, г), який і використовується для модуляції коливань кварцового гетеродина (рис. 14.15, д).

Проріджувач частоти надходження імпульсів запуску два послідовно ввімкнені тригери Я1, Я2, диференціюючу ланку С5, R7 і ламповий підсилювач Л1. Частота появи імпульсів на виході каналу вчетверо нижча, ніж надходження імпульсів запуску ІЗ на вході.

14.8. Блоки атенюаторів (блоки 380, 381)

Блок 380 призначений для каліброваного послаблення контрольного сигналу і шумових завад проміжної частоти, які подаються в основний приймальний канал, а також для послаблення високочастотних шумових завад, які подаються в один із допоміжних каналів. Блок забезпечує послаблення сигналів в межах 0...110 дБ з дискретністю 1 дБ.

Основу блоку становлять чотири калібровані атенюатори Ат1,...Ат4. Атенюатори Ат1, Ат2 використовуються для послаблення контрольних сигналів, а атенюатори Ат3, Ат4 використовуються для послаблення або шумових завад на проміжній частоті («шум ПЧ»), або високочастотних шумових коливань («шум ВЧ») в залежності від положення перемикача В1 (ПЧ-ВЧ) на блоці імітатора шумових завад (бл. 305). Комутація шумових

завад, які подаються на вхід атенюатора Ат3 («шум ПЧ» чи «шум ВЧ»), здійснюється поза блоком 380 за допомогою високочастотного реле, розташованого в шафі 204. Вихід же атенюатора Ат4 комутується високочастотним реле Р1, яке знаходиться в блоці 380.

Тумблер В1 (КОНТР.СИГН., ЧМ - ВЫКЛ) за безпечує вмикання формувача контрольного сигналу в блоці 379 шляхом видачі на нього живлячої напруги +27 В і –6,3 В. Набір тумблерів В2, В3, В4 (КОМПЕНСАЦИЯ К1, К2, К3) забезпечує вмикання компенсаційних каналів автокомпенсації.

Блок 381 призначений для каліброваного послаблення шумових завад, що надходять в компенсаційні канали автокомпенсації. Блок (рис. 14.17) містить три канали послаблення, в кожному з яких ввімкнено по два атенюатори. Перший канал може також використовуватися для послаблення високочастотних шумових завад, які надходять на направлений відгалужувач НО-07 першого приймального каналу. При цьому комутація шумових завад, які подаються на вхід атенюатора Ат1 («шум ПЧ» чи «шум ВЧ»), здійснюється поза блоком 380 за допомогою високочастотного реле, розташованого в шафі 204, а вихід атенюатора Ат2 комутується високочастотним реле Р1, яке знаходиться в блоці 380. Вмикання реле Р1 здійснюється перемикачем В1 (ПЧ - ВЧ) в блоці 305.

14.9. Настройка та контроль функціонування системи імітації сигналів та завад

14.9.1. Призначення органів настройки та регулювання системи імітації сигналів та завад

14.9.1.1. Органи управління, розташовані на шафі 204:

перемикач НАКАЛ (ВКЛ - ВЫКЛ) вмикання розжарювальних кіл усіх блоків імітатора, крім розжарювання ламп генераторів шуму в блоці 305;

перемикач АНОД (ВКЛ - ВЫКЛ) вмикання анодних кіл усіх блоків імітатора, крім ламп генераторів шуму в блоці 305.

14.9.1.2. Блок імітатора луна-сигналів цілей (блок 80), передня панель:

перемикач ОДИН.ЦЕЛЬ - ГР.ЦЕЛЬ - вмикання режиму формування поодинокі або групової цілі;

ручка КОЛИЧ.ЦЕЛЕЙ - установка кількості цілей в групі;

ручка АМПЛИТУДА - установка амплітуди луна-сигналів цілей;

шліц СМЕЩЕНИЕ ЦЕЛИ 2 - порушення дзеркальності відображення позначки другої цілі (зміщення цілі 2 по азимуту);

шліци ДАЛЬНОСТЬ НАЧ і КОН - регулювання можливих меж зміни поточної дальності цілей;

шліц ДИАГР.ЦЕЛИ - установка ширини позначок по азимуту;

шліц і шкала ДАЛЬНОСТЬ - установка початкового значення дальності імітованих цілей;

ручка СМЕНА КУЛАЧКОВ - ручка механічного роз'єднання важелів курсозадавального пристрою при зміні кулачків, якими задається характер імітованої траси цілей;????

ручка СКОРОСТЬ - установка швидкості руху цілей по трасі;

шкала АЗИМУТ і шліц повертання стрілки (в центрі шкали) - установка початкового значення азимуту цілей;

шліц СОГЛАС - повертання статору сельсин-трансформатора при узгодженні його положення з положенням задавального сельсину в блоці 59.

Контрольні гнізда:

Г0 - корпус, Г1 - контроль -150 В, Г2 - контроль +200 В;

Г4 - контроль напруги на виході генератора ударного збудження;

Г5 - контроль імітованого відеоімпульсу поодинокі цілі.

14.9.1.3. Блок імітації луна-сигналів своїх літаків (бл. 82), передня панель:

перемикач ПОЛЯРН.КОНТР.СИГН (+ -) - зміна полярності контрольних сигналів;;

шліц СМЕЩЕНИЕ ЦЕЛИ 2 - порушення дзеркальності відображення позначки другого літака (зміщення літака 2 по азимуту);

шліц і шкала ДАЛЬНОСТЬ - установка початкового значення дальності імітованих своїх літаків;

шкала АЗИМУТ і шліц повертання стрілки (в центрі шкали) - установка початкового значення азимуту своїх літаків;

шліц СОГЛАС - повертання статору сельсин-трансформатора при узгодженні його положення з положенням задавального сельсину в блоці 59;

перемикач ОТВЕТ - БЕДСТВИЕ - імітація сигналу загального пізнання або сигналу «Бедствие»;

перемикач РОД РАБОТЫ - вмикання режиму формування сигналів: РАБОТА - імітація тільки луна-сигналів, РАБ.+ЗАПР. - імітація луна-сигналів з сигналами пізнання, $\square\square\square$ - формування знакозмінних контрольних сигналів (рис. 14.9, е), $\square\square$ - формування однополярних контрольних сигналів (рис. 14.9, д), ПАЧКА - формування однополярних контрольних сигналів через такт зондування (рис. 14.9, е);

шліц СИММЕТРИР $\square\square\square$ - вирівнювання амплітуд різнополярних контрольних сигналів;

шліц ДИАГР.ЦЕЛИ - установка ширини позначок по азимуту;

шліци ДАЛЬНОСТЬ НАЧ і КОН - регулювання можливих меж зміни поточної дальності своїх літаків;

шліц ДИАГР.ЗАПРОСА - установка ширини позначок пізнання по азимуту;

ручка КОНТР.СИГНАЛ АМПЛ - регулювання амплітуди контрольних сигналів;

шліц КОНТР.СИГНАЛ ЧАСТОТА - регулювання частоти (періоду) надходження контрольних сигналів;

ручка АМПЛИТУДА ЦЕЛИ - регулювання амплітуди імітованих луна-сигналів;

шліц АМПЛИТУДА ЗАПРОСА - регулювання амплітуди імітованих сигналів пізнання;

Контрольні гнізда:

Г0 - корпус, Г1 - контроль -150 В, Г2 - контроль +200 В;

Г4 - контроль вихідного імітованого луна-сигналу;

Г5 - контроль імпульсу управління для балансного підсилювача (див. рис. 14.7).

Усередині блоку знаходиться перемикач ФОРМА КОНТР.СИГН ($\square\square\square$ - $\curvearrowright\curvearrowright\curvearrowright$), який має постійно знаходитися в положенні $\square\square\square$.

14.9.1.4. Блок імітатора пасивних завад (блок 83), передня панель. Блок має канал формування пасивних завад і канал формування вузькосмугових активних завад. Деякі регулювання мають однакову назву. В центрі передньої панелі знаходиться перемикач РОД РАБОТЫ (ВЫКЛ - АКТИВН - ПАССИВН - АКТ+ПАС). В верхній частині панелі зосереджені органи управління імітатором пасивних завад, а в нижній - імітатором активних завад.

Органи управління імітатором пасивних завад:

ручка ПРОТЯЖ - регулювання протяжності імітованої хмари диполів по дальності;

ручка СЕКТОР - регулювання ширини імітованої хмари диполів по азимуту;

ручка АМПЛИТ - регулювання амплітуди вихідних відеоімпульсів пасивної завади;

шліци ДАЛЬНОСТЬ НАЧ і КОН - регулювання можливих меж зміни установки дальності хмари диполів;

ручка і шкала ДАЛЬНОСТЬ - установка дальності до початку імітованої хмари диполів;

сельсин зі шкалою АЗИМУТ і ручкою АЗИМУТ внизу під шкалою - установка азимуту середини хмари диполів;

шліц СОГЛАСОВ в центрі шкали АЗИМУТ - повертання ротору сельсин-трансформатора при узгодженні його положення з положенням задавального сельсину в блоці 59;

два шліци ФОРМА - регулювання форми (порізаності) огинаючої пасивної завади.

Органи управління імітатором вузькосмугових активних завад:

сельсин зі шкалою АЗИМУТ і ручкою АЗИМУТ внизу під шкалою - установка азимуту імітованого постановника активних шумових завад;

шліц СОГЛАСОВ в центрі шкали АЗИМУТ - повертання ротору сельсин-трансформатора при узгодженні його положення з положенням задавального сельсину в блоці 59;

ручка СЕКТОР - регулювання ширини сектору постановки активних шумових завад;

ручка ЧАСТОТА з шкалою - регулювання несучої частоти активних шумових завад;

ручка АМПЛИТ - регулювання амплітуди (інтенсивності) активних шумових завад;

Контрольні гнізда:

Г0 - корпус, Г1 - контроль -150 В , Г2 - контроль $+200\text{ В}$;

Г4 - контроль управляючої напруги каскаду співпадання Л8а (контроль ширини сектору активних шумових завад, див. рис. 14.11);

Г5 - контроль вихідних відеоімпульсів імітованої пасивної завади.

14.9.1.5. Блок імітації ефекту Доплера (блок 84), передня панель:

ручка СКОР.ПОМЕХ - установка швидкості радіального руху імітованої хмари диполів (установка доплерівської добавки частоти для хмари завад);

ручка УСТ.НУЛЯ - регулювання частоти гетеродину Гет1 (див. рис. 14.2) по нульовим биттям коливань на виході фазового детектора (бл. 37) при установленні блоку 84 в режим КОНТР. ;

ручка АМПЛ.ВЫХОД - регулювання амплітуди вихідних радіоімпульсів пасивної завади та цілей;

ручка СКОР.ЦЕЛИ - установка швидкості радіального руху імітованих цілей (установка доплерівської добавки частоти для цілей);

сельсин зі шкалою АЗИМУТ і ручкою НАПР.ВЕТРА внизу під шкалою - установка напрямку (азимуту) дії вітру;

два шліци СМЕЩЕНИЕ - регулювання рівня відсікання «знизу» відео-імпульсів пасивних завад (ліворуч) і цілей (праворуч);

перемикач ВЫКЛ - РАБОТА - КОНТР - перемикач режимів блоку.

Контрольні гнізда:

Г0 - корпус, Г1 - контроль –150 В, Г2 - контроль +200 В;

Г4 - контроль управляючої напруги для реактивної лампи Л2 (див. рис. 14.11);

Г5 - контроль імпульсів запуску, що надходять на блок.

Усередині блоку знаходиться перемикач РАБОТА - КОНТРОЛЬ, який має завжди знаходитися в положенні РАБОТА. В положенні КОНТРОЛЬ на фішку Ф6 ГЕТЕРОДИН (на передній панелі блоку) надходить напруга вищих гармонік завадового гетеродину, яка використовується для перевірки стабільності місцевого гетеродину (бл. 222).

14.9.1.6. Блок імітації шумових завад (блок 305), передня панель:

мікроамперметри ТОК ГШ1, ТОК ГШ2 - контроль анодного струму генераторів шуму на проміжній і високій частоті відповідно;

перемикач ЧМ - КОНТР.СИГН вмикання контрольного сигналу?????

Контрольні гнізда мають надписи сигналів, що виведені на них.

14.9.1.7. Блок атенюаторів (блок 380), передня панель:

тумблер КОНТР.СИГН, ЧМ - ВЫКЛ - вмикання формувача контроль-ного сигналу в блоці 305 (379????)

перемикач ВЫХОД ШУМОВ - розподіл шумів по каналам?????

атенюатори ГШ-1, К1, К2, К3, К4 - каліброване послаблення шумів, які подаються в допоміжні канали;

атенюатори ГШ-1, КО - каліброване послаблення шумів, які подаються в основний канал;

тумблери К1, К2, К3 (КОМПЕНСАЦИЯ - ВЫКЛ) - вмикання компенсаційних каналів автокомпенсатора.

14.9.1.7. Блок атенюаторів (блок 381), передня панель:

атенюатор КОНТР.СИГН, ЧМ - каліброване послаблення контроль-ного сигналу, який надходить в основний канал;

атенюатор ГШ-2, К1, К3 - каліброване послаблення високочастот-них??? шумів, які подаються в допоміжні канали К1, К3;

атенюатор ГШ-2, К2, К4 - каліброване послаблення високочастот-них???? шумів, які подаються в допоміжні канали К2, К4.

14.9.2. Методика вимірювання основних параметрів та настройки системи імітації сигналів та завад

Параметри системи імітації сигналів та завад, що контролюються при різних видах технічного обслуговування, представлені в Таблиці 14.1.

Таблиця 14.1

№ з/п	Параметр, що контролюється	Щоденне ТО	ТО-1 (тижневі РР)	СТО (попередж. РР)	РТО (щорічні РР)
1	Перевірка працездатності системи імітації сигналів та завад	+	+	+	+
2	Перевірка орієнтування сельсин-трансформаторів блоків, 80, 82, 83		+	+	+
3	Перевірка і установка частот гетеродинів імітатора ефекту Доплера		+	+	+
4	Перевірка орієнтування сельсин-трансформатора блоку 84		+	+	+
5	Перевірка точності установки датчиків координат цілей		+	+	+
6	Перевірка точності установки датчиків координат пасивних і активних завад		+	+	+
7	Перевірка стану та обслуговування автоматичного курсозадавального пристрою (АКП) блоку 80			+	+

14.9.2.1. Перевірка працездатності системи імітації сигналів та завад здійснюється по наявності імітованих сигналів і завад на ІКО при повністю ввімкнутому імітаторі. Перевірку можна здійснювати при вимкненні передавача і в режимі імітації обертання антени. Перевірка здійснюється в такій послідовності:

для ввімкнення імітатора необхідно ввімкнути тумблери АНОД і НАКАЛ на шафі 204;

перемикач РОД РАБОТЫ на блоці імітації луна-сигналів своїх літаків (бл. 82) поставити в положення РАБ+ЗАПР, на блоці імітації пасивних завад (бл. 83) - в положення АКТ+ПАС, а на блоці імітації ефекту Доплера (бл. 84) - в положення РАБОТА;

ввімкнути режим імітації обертання розгорки на ІКО і установити масштаб 400 км;

вимкнути строби роботи системи СРЦ, для чого на блоці 36 ручки СТРОБ МЕСТНЫЕ, СТРОБ ДИПОЛЬНЫЕ і НАЧАЛО ПОМЕХИ вивести вліво до кінця;

переконатися в наявності на екрані ІКО позначок чотирьох цілей, двох своїх літаків, області пасивних завад і сектору активних шумових завад.

14.9.2.2. Перевірка орієнтування сельсин-трансформаторів блоків 80, 82, 83 здійснюється по співпаданню азимутів імітованих цілей, своїх літаків, центру стробу пасивних завад і середини сектору активних завад з положенням стрілок відповідних сельсин-трансформаторів. Перевірка здійснюється в такій послідовності:

виконати всі операції по п. 14.9.2.1;

установити мінімальний по азимуту розмір стробу пасивної завади і максимальний сектор дії активної завади, для чого ручку СЕКТОР пасивної завади на блоці 83 поставити в крайнє ліве положення, а ручку СЕКТОР активної завади - в крайнє праве положення;

настроїти регулювкою ЧАСТОТА на блоці 83 генератор активної шумової завади на частоту РЛС (до появи засвітлення на екрані бл. 122) і звузити сектор дії активних завад до мінімального розміру, для чого ручку СЕКТОР активної завади на блоці 83 поставити в крайнє ліве положення;

порівняти азимути цілей (однієї із кожної пари), свого літака (одного із пари), центру стробу пасивних завад і центру сектору активних завад з показаннями азимутальних шкал відповідних сельсин-трансформаторів на блоках 80, 82 і 83. Похибка має бути не більше 5° . При необхідності здійснити орієнтування сельсинів шліцами СОГЛАСОВ, які розташовані в блоках 80, 82 внизу під азимутальними шкалами сельсинів, а в блоці 83 - в центрі шкал АЗИМУТ.

14.9.2.3. Перевірка і установка частот гетеродинів імітатора ефекту Доплера (бл. 84) здійснюється шляхом контролю напруги на виході фазового детектора в блоці когерентного гетеродину (в бл. 37) при переведенні блоку 84 в режим КОНТРОЛЬ. Контроль напруги на виході ФД здійснюється осцилографом блоку контролю (бл. 21). Для пояснення фізичної суті процесу настройки гетеродинів блоку 84 на рис. 14.18 показані епюри напруг на виході блоку в режимі контролю та епюри напруг на виході ФД блоку 37, а на рис. 14.19 зображена спрощена структурна схема взаємодії блоку 84 в режимі КОНТРОЛЬ з блоком когерентного гетеродину (бл. 37). Зображення функціональних елементів на рис. 14.19 збережено таким, як і на функціональній схемі блоку 84 (див. рис. 14.12).

В режимі КОНТРОЛЬ з виходу блоку 84 на сигнальний вхід ФД блоку 37 (рис. 14.19) надходить непереривна напруга $U_{\text{ВІХ}}$ (рис. 14.18, д), частота коливань якої становить $f_{\text{ВІХ}} = f_{\text{ЦГ}} + f_{\text{ГетЗ}}$. Якщо відключити регулювання частоти завадового гетеродину ГетЗ (ручку СКОР.ПОМЕХ повернути влі-

во до кінця), то $f_{\text{ВИХ}} = 7,9 \text{ МГц} + 2,1 \text{ МГц} = 10 \text{ МГц}$. Цю частоту можна вважати еталонною, оскільки коливання і центрального гетеродину ЦГ, і завадового гетеродину Гет3 стабілізовані кварцями. Відносно цієї частоти здійснюється настройка допоміжного гетеродину Гет1, настройка когерентного гетеродину КГ в блоці 37 і перевірка пристрою імітації напрямку та швидкості вітру.

Із напруги центрального гетеродину ЦГ і допоміжного гетеродину Гет1 за допомогою змішувача Зм1 формуються під час дії імпульсів запуску ІЗ (рис. 14.18, а, б) імпульси фазування ІФ (рис. 14.18, в), які нав'язують в кожному такті зондування напрузі когерентного гетеродину КГ свою фазу. Частота заповнення ІФ $f_{\text{ІФ}} = f_{\text{ЦГ}} + f_{\text{Гет1}}$. При ідеально настроєній системі мала б виконуватися умова $f_{\text{ІФ}} = f_{\text{КГ}} = f_{\text{ВИХ}}$. Це можливо тоді, коли $f_{\text{Гет1}} = f_{\text{Гет3}} = 2,1 \text{ МГц}$, а $f_{\text{КГ}} = f_{\text{ВИХ}} = 10 \text{ МГц}$. Реально ж і $f_{\text{Гет1}} \neq f_{\text{Гет3}}$, і $f_{\text{КГ}} \neq f_{\text{ВИХ}}$. Нерівність $f_{\text{КГ}} \neq f_{\text{ВИХ}}$ означає, що напруга на виході ФД буде мати вигляд синусоїди з частотою $(f_{\text{ЦГ}} + f_{\text{Гет3}}) - f_{\text{КГ}}$ (рис. 14.18, е). Нерівність $f_{\text{Гет1}} \neq f_{\text{Гет3}}$ означає, що фаза, яка нав'язується напрузі когерентного гетеродину імпульсом фазування на початку кожного такту зондування, буде змінюватися по закону $\varphi(nT) = 2\pi nT(f_{\text{Гет1}} - f_{\text{Гет3}}) + \varphi_0$, де n - поточний такт зондування, T - тривалість періоду зондування, а φ_0 - початкова різниця фаз між напругами Гет1 і Гет3. За таким ж законом буде змінюватися і початкова фаза напруги на виході ФД в кожному такті зондування (закон зміни початкової фази на рис. 14.18, е показаний штриховою лінією). При спостереженні цих епюр на екрані осцилографа, який синхронізується імпульсами запуску РЛС, вся картинка буде «бігти» (рис. 14.20, а). Якщо ручкою УСТ.НУЛЯ (див. рис. 14.19) установити $f_{\text{Гет1}} = f_{\text{Гет3}}$, то початкова фаза коливань на виході ФД в кожному такті зондування буде мати постійне значення φ_0 (рис. 14.18, ж) і на екрані осцилографу буде спостерігатися зупинена картинка (рис. 14.20, б) у вигляді синусоїди. Строго кажучи, така картинка буде спостерігатися внаслідок стробоскопічного ефекту при $f_{\text{Гет1}} = f_{\text{Гет3}} \pm nF_{\text{П}}$, де $F_{\text{П}}$ - частота повторення імпульсів запуску. Щоб уникнути цієї помилки, необхідно ввімкнути несиметричний режим запуску. По величині періоду цієї синусоїди можна визначити величину розстройки когерентного гетеродину $(f_{\text{ЦГ}} + f_{\text{Гет3}}) - f_{\text{КГ}}$, тобто відхилення частоти КГ від еталонного значення $f_{\text{ЦГ}} + f_{\text{Гет3}} = 10 \text{ МГц}$. На рис. 14.18, ж, наприклад, на розгортці тривалістю 5 мс вміщується дещо менше двох періодів синусоїди, що відповідає частоті $\approx 350 \text{ Гц}$. Регулюючи частоту когерентного гетеродину шліцом ЧАСТОТА на блоці 37 можна досягти ідеального стану (рис. 14.18, з, рис. 14.20, в), правда, на короткий час, бо частота когерентного гетеродину не стабілізована кварцом і згодом відхилиться від установленого значення 10 МГц.

Настройка допоміжного гетеродину Гет1 здійснюється в такій послідовності:

установити несиметричний режим запуску РЛС, для чого перемикач режиму запуску на блоці 25 (325) установити в положення НЕСИММЕТР;

установити на блоці 84 перемикач роду роботи в положення КОНТРОЛЬ, ручку СКОР.ПОМЕХ - в ліве крайнє положення, а ручку АМПЛ.ВЫХОД - в праве крайнє положення;

установити на блоці стробів (бл. 36) ручку СТРОБ МЕСТНЫЕ вправо до кінця. Цим забезпечується вимкнення СКДВ в блоці когерентного гетеродину і проходження сигналів на ІКО (система захисту від пасивних завад має бути ввімкнена в робочий режим, для чого на шафі 203 перемикач ЭХО - КОНТРОЛЬ має стояти в положенні ЭХО);

підключити осцилограф блоку 21 до виходу ФД, для чого перемикач роду роботи поставити в положення ЭК, і установити масштаб розгортки 200 (тривалість розгортки при цьому становить близько 1,3 мс). На екрані осцилографу має спостерігатися рухома синусоїда (див. рис. 14.20, а);

повертаючи ручку УСТ.НУЛЯ на блоці 84 домогтися синхронізації і зупинки зображення на екрані блоку 21 (див. рис. 14.20, б). Це означає, що $f_{Гет1} = f_{Гет3} = 2,1 \text{ МГц}$;

установити шліцом ЧАСТОТА на блоці 37 частоту когерентного гетеродину так, щоб на екрані блоку 21 вміщалось 5...6 періодів синусоїди. Це відповідає розстройці КГ відносно частоти 10 МГц приблизно на 5 кГц (тривалість розгортки осцилографу близько 1,3 мс). Така розстройка необхідна для «густого» відображення контрольного сигналу на ІКО, що необхідно буде при подальшій настройці блоку. Введена розстройка суттєво не впливає на якість обробки реальних луна-сигналів і її можна залишити без змін, але бажано після закінчення перевірки блоку 84 установити розстройку якомога ближче до нуля.

Перевірка пристрою імітації напрямку та швидкості вітру здійснюється в такій послідовності:

ввести максимальну доплерівську добавку частоти в коливання заводного гетеродину ГетЗ, для чого ручку СКОР.ПОМЕХ на блоці 84 повернути в праве крайнє положення. При цьому синхронізація зображення на осцилографі блоку 21 порушиться і синусоїда «побіжить»;

повертаючи ручкою НАПР.ВЕТРА на блоці 84 ротор сельсин-трансформатора імітації напрямку вітру спостерігати за поведінкою картини на осцилографі. За повний оберт ротору сельсин-трансформатора мають бути два протилежні напрямки, де картинка зупиниться, і два також протилежні напрямки, де швидкість переміщення картини буде максимальною. Причому на одному півоберті картинка має «бігти» до центру, тобто до початку розгортки (вітер дме на РЛС), а на другому півоберті - від центру (вітер дме від РЛС). Якщо максимальні швидкості переміщення картини в обох напрямках приблизно однакові і ці напрямки, а також напрямки нульової швидкості вітру, протилежні, то пристрій імітації напря-

мку та швидкості вітру функціонує нормально. При порушенні цієї симетрії неполадки слід шукати в живленні ротора сельсин-трансформатора або замінити в блоці 84 реактивну лампу Л2.

14.9.2.4. Перевірка орієнтування сельсин-трансформатора блоку 84 здійснюється після виконання операцій по п. 14.9.2.3. Перевірка виконується в такій послідовності:

установити ручку СКОР.ПОМЕХИ на блоці 84 в крайнє праве положення;

ввімкнути від імітатора обертання розгортки на екрані ІКО. Екран має бути засвітленим, окрім двох, зсунутих на 180° , секторів;

повертанням ручки СКОР.ПОМЕХИ на блоці 84 установити таку швидкість, при якій на радіальному промені розгортки будуть спостерігатися точки, що рухаються вдовж променю (на осцилографі блоку 21 в цей час буде добре видно напрямок переміщення зображення);

визначити азимут середини засвітленого сектору в тій половині екрану блоку 122, в якій точки на радіальній лінії розгортки рухаються до центру екрану. Це означає, що на цьому азимуті вітер дме на РЛС;

зорієнтувати сельсин-трансформатор блоку 84, для чого, притримуючи ручку НАПР.ВЕТРА, установити шліцом в центрі шкали АЗИМУТ вказівну стрілку на визначений азимут.

14.9.2.5. Перевірка точності установки датчиків координат цілей здійснюється шляхом порівняння показань задавальних пристроїв з координатами імітованих цілей, що відображаються на екрані ІКО. Методика перевірки імітатора цілей і імітатора своїх літаків однакова і буде розглянута на прикладі блоку 80. Перевірка точності установки проводиться окремо для датчика дальності і датчика азимуту.

Для перевірки точності установки датчика дальності цілей блоку 80 необхідно:

установити перемикач ОДИН.ЦЕЛЬ - ГР.ЦЕЛЬ на бл. 80 в положення ОДИН.ЦЕЛЬ;

установити азимут цілі на азимут розгортки (обертання розгортки має бути вимкненим);

установити на блоці 21 перемикач масштабів в положення 400, а перемикач вхідних сигналів в положення ЭЗ+М+З. На осцилографі має спостерігатися імітований луна-сигнал від цілі;

повернути ручку СМЕНА КУЛАЧКОВ на бл. 80 вліво до звільнення кулачка Д і зняти його;

змінюючи дальність цілі ручкою СМЕНА КУЛАЧКОВ установити луна-сигнал послідовно в декількох точках по дальності (30, 200, 370 км). Порівняти зазначені дальності з показаннями шкали ДАЛЬНОСТЬ на бл.80. Похибка має бути менше ± 6 км. При більшій похибці здійснити підстройку регулюваннями ДАЛЬНОСТЬ НАЧ і ДАЛЬНОСТЬ КОН;

перевірити закон зміни амплітуди сигналів зі зміною дальності, для чого установити ціль на дальність 400 км і ручкою АМПЛИТУДА виставити відношення сигнал/шум близько 1,5...2, після цього зменшити дальність до 200 км. Відношення сигнал/шум має зрости в 3...4 рази;

поставити кулачок Д на місце і виставити дальність до цілі в межах 150...300 км.

Для перевірки точності установки датчика азимуту цілей блоку 80 необхідно:

ввімкнути обертання розгортки на екрані ІКО, для чого перемикач СЛЕЖЕНИЕ - ИМИТАТОР на блоці 60 поставити в положення ИМИТАТОР. На екрані будуть спостерігатися дві позначки цілей, які мають однакову дальність і майже протилежні азимуту (зайві позначки з екрану видалити, для чого на другому блоці 80 і на блоці 82 ручки АМПЛИТУДА ЦЕЛИ повернути до кінця вліво);

установити регулювкою ДИАГР.ЦЕЛИ на бл. 80 ширину позначок $6^{\circ} \pm 2^{\circ}$, а регулювкою СМЕЩЕНИЕ ЦЕЛИ 2 установити потрібне розузгодження позначок по азимуту (в межах $90^{\circ} \dots 180^{\circ}$). При цьому азимут однієї із цілей (якої саме - принципового значення не має) на ІКО має співпадати з показаннями шкали АЗИМУТ на бл. 80. За необхідності установити таке співпадання шліцом СОГЛАС на бл. 80;

повернути ручку СМЕНА КУЛАЧКОВ на бл. 80 вправо до звільнення кулачка β і зняти його;

змінюючи азимут цілі ручкою СМЕНА КУЛАЧКОВ установити по шкалі АЗИМУТ на бл. 80 послідовно азимуту 0° , 90° , 180° і 270°). Порівняти показання шкали з азимутом цілі на ІКО. Похибка має бути менше $\pm 5^{\circ}$. При більшій похибці здійснити підстройку регулювкою СОГЛАС на бл.80;

установити на місце кулачок β .

Перевірка точності установки датчиків координат в блоці імітації луна-сигналів своїх літаків (бл. 82) здійснюється аналогічно. Додатково необхідно виставити ширину позначок пізнавання по азимуту $8^{\circ} \pm 2^{\circ}$ регулювкою ДИАГР.ЗАПРОСА на бл. 82.

14.9.2.6. Загальна методика перевірки точності установки датчиків координат пасивних і активних завад в бл. 83 співпадає з методикою перевірки датчиків координат цілей.

Для перевірки точності установки азимуту активної завади необхідно:

установити перемикач режиму роботи блоку 83 в положення АКТИВН;

установити на бл. 83 ручки АМПЛИТ і СЕКТОР імітатора активної завади в крайнє праве положення;

настроїти регулювкою ЧАСТОТА на блоці 83 генератор активної шумової завади на частоту РЛС (до появи засвітлення на екрані бл. 122) і звузити сектор дії активних завад до мінімального розміру, для чого ручку СЕКТОР активної завади на блоці 83 поставити в крайнє ліве положення;

порівняти азимут центру сектору активних завад з показаннями нижньої шкали АЗИМУТ на блоці 83. Похибка має бути не більше 5°. Здійснити порівняння для декількох азимутів (приблизно через 90°) При необхідності здійснити підстройку сельсину шліцом СОГЛАСОВ, який розташований в центрі шкали АЗИМУТ.

Для перевірки точності установки координат «хмари» диполів необхідно:

установити перемикач режиму роботи блоку 83 в положення ПАССИВН, а ручку АМПЛИТ (в верхній частині блоку) повернути вправо до кінця;

установити ручкою ДАЛЬНОСТЬ на блоці 83 положення стробу пасивної завади на екрані ІКО на дальності 70...100 км, ручкою ПРОТЯЖ - максимальний розмір «хмари» по дальності, а ручкою СЕКТОР (в верхній частині блоку) установити мінімальний розмір стробу пасивної завади по азимуту;

визначити по екрану ІКО середній азимут стробу пасивної завади і порівняти його з показаннями верхньої шкали АЗИМУТ на блоці 83. Похибка має бути не більше 5°. Здійснити порівняння для декількох азимутів (приблизно через 90°) При необхідності здійснити підстройку сельсину шліцом СОГЛАСОВ, який розташований в центрі шкали АЗИМУТ;

перевірити співпадання показань шкали ДАЛЬНОСТЬ на бл. 83 з дальністю початку стробу завад на ІКО. Розходження мають бути менше ± 6 км. Здійснити порівняння для декількох значень дальності (від 40 до 200 км). За необхідності зменшити похибки регулюваннями НАЧАЛО і КОНЕЦ на блоці 83.

14.9.2.7. Перевірка стану та обслуговування автоматичного курсозадавального пристрою (АКП) блоку 80 здійснюється в такій послідовності:

витягнути блок 80 із шафи 204, зняти кришку з редуктора і за допомогою дерев'яної палички та марлі, змоченої в бензині, видалити старе мастило;

нанести свіже мастило ЦИАТИМ-201 на зубці шестерень до повного їх покривання;

заповнити корпус редуктора шаром мастила товщиною 10...15 мм від дна корпусу;

протерти за допомогою марлі, змоченої в бензині, всі рухомі деталі і змастити їх мастилом ЦИАТИМ-201;

повертаючи ручку СМЕНА КУЛАЧКОВ на блоці 80 вліво і вправо до кінця, переконатися у відсутності заїдань в автоматичному курсозадавальному пристрої;

закрити кришку редуктора і установити блок на місце.

15. СИСТЕМА ПЕЛЕНГУВАННЯ ПОСТАНОВНИКІВ АКТИВНИХ ШУМОВИХ ЗАВАД

15.1. Загальна характеристика системи пеленгування постановників активних шумових завад

В РЛС 5Н84А реалізовано амплітудний одноканальний метод пеленгування постановників активних завад (ПАЗ), тобто азимут на ПАЗ визначається по максимуму прийнятих завад або (як різновид) по середині сектору дії активних завад. Якби в зоні огляду РЛС діяв тільки один постановник завад, або якби характеристика напрямленості антени була ідеальною і не мала бокових пелюсток, то при реалізації цього методу дійсно можна було б обійтись однією антеною і одним приймальним каналом. Реальні ж антени мають досить високий рівень «бокового» прийому (для РЛС 5Н84А $G_{\text{бок}} = -17$ дБ) і в зоні огляду РЛС можуть діяти одночасно декілька постановників активних завад. При цьому може виникати хибне пеленгування ПАЗ при дії завад по боковим пелюсткам ДНА. Щоб уникнути хибних пеленгів, амплітудні пеленгатори будують з урахуванням трьох основних вимог.

По-перше, крім основної антени, якою являється основна антена радіолокаційного каналу, до складу пеленгатора мають входити декілька допоміжних антен, характеристики напрямленості яких охоплюють бокові пелюстки характеристики напрямленості основної антени. Сигнал пеленгу формується тільки тоді, коли рівень завад, прийнятих основною антеною, перевищує рівень завад, прийнятих кожною із допоміжних антен.

По-друге, динамічний діапазон приймальних трактів системи пеленгування має бути якомога більшим, щоб уникнути обмеження завад, при якому зникають амплітудні розбіжності завад, прийнятих основною і допоміжними антенами.

По-третє, амплітудні характеристики приймальних трактів мають бути ідентичними, щоб не порушувати співвідношення прийнятих різними каналами завад в усьому діапазоні їх дії.

Система пеленгування постановників активних шумових завад в РЛС 5Н84А побудована в повній відповідності з означеними вимогами. До складу системи (рис. 15.1) входять:

- основна антена АО і чотири допоміжні антени А1,...А4;
- п'ять трактів прийому і обробки шумових коливань на високій частоті;
- блок логарифмічних підсилювачів (бл. 385);
- блок обробки сигналів пеленгу (бл. 384);
- блоки формування позначок пеленгу (блоки 344 і 302).

Приймальні тракти системи пеленгування ПАЗ до блоку ПВЧ (бл. 215) включно співпадають з приймальними трактами радіолокаційного каналу. В блоках 215 прийняті коливання підсилюються на високій частоті, перетворюються на першу проміжну частоту ($f_{\text{ПР1}}=25,9$ МГц) і попередньо підсилюються на першій проміжній частоті. Кожний блок ПВЧ має два виходи, один із яких використовується в радіолокаційному каналі РЛС, а другий - в системі пеленгування ПАЗ.

Підсилені і перетворені на першу проміжну частоту шумові коливання з виходів блоків 215 надходять на відповідні логарифмічні підсилювачі проміжної частоти (ЛППЧ) в блоці 385. Застосування ЛППЧ забезпечує розширення динамічного діапазону приймальних трактів в системі пеленгування ПАЗ до 60...70 дБ. В блоці 385 здійснюється також детектування прийнятих коливань, після чого сигнали надходять в блок обробки сигналів пеленгу (бл. 384). Щоб уникнути впливу пасивних завад на роботу системи пеленгування ПАЗ сигнали надходять із блоку 385 в блок 384 тільки в стробі дальності від 400 до 450 км, де пасивні завади відсутні. Необхідний строб дальності (СтрП) виробляється в кожному такті зондування відповідним формувачем в блоці 384 і надходить на ЛППЧ в блок 385.

В блоці 385 за допомогою інтегруючих ланок здійснюється усереднення рівня завад в кожному каналі. Після інтегрування сигнали основного каналу порівнюються за допомогою порівняльних пристроїв з сигналами кожного із допоміжних каналів і, якщо сигнал основного каналу перевищує сигнал допоміжного каналу, то на виході відповідного порівняльного пристрою формується сигнал у вигляді логічної «1». Результати порівняння надходять на пристрій співпаданя. Якщо рівень завад в основному каналі вищий за рівень завад в кожному із допоміжних каналів, то на виході пристрою співпаданя формується потенціальний сигнал пеленгу СигнП.

Для наочності спостереження і візуального визначення пеленгу (азимуту) на постановник активних завад потенціальний сигнал пеленгу СигнП перетворюється за допомогою блоку 344 в спеціальні позначки пеленгу П, які на будь-якому масштабі відображаються на периферії екрану ІКО у вигляді дужки, ширина якої по дальності приблизно вдвічі ширше за позначку від цілі. До складу апаратури ВІКО входить власний формувач позначки пеленгу - блок 302.

Спільна з радіолокаційним каналом РЛС високочастотна частина приймальних трактів була уже розглянута в розділі 5 при вивченні приймальної системи РЛС. Блоки формування позначок пеленгу (блоки 344 і 302) входять до складу апаратури ІКО і ВІКО і принципи їх побудови розглядаються в розділі 10 при вивченні індикаторної апаратури. В цьому

розділі докладно будуть розглянуті принципи побудови блоку логарифмічних підсилювачів і блоку обробки сигналів пеленгу.

15.2. Блок логарифмічних підсилювачів (бл. 385)

Блок 385 призначений для підсилення прийнятих шумових коливань на проміжній частоті в широкому діапазоні їх потужності. Розширення динамічного діапазону досягається застосуванням підсилювачів проміжної частоти з логарифмічними характеристиками. Основу блоку (рис. 15.2) становлять п'ять логарифмічних підсилювачів проміжної частоти (ЛППЧ), кожний із яких виконаний у вигляді окремого субблоку.

Сигнали з виходу блоку ПВЧ (бл. 215) надходять через змінний резистор R1 ВХОД ПЧ на вхідний ППЧ (Я1) відповідного субблоку ЛППЧ. Після попереднього підсилення сигнали пропускаються через фільтр зосередженої селекції ФЗС, яким визначається смуга пропускання всього ЛППЧ (близько 200 кГц). З виходу ФЗС сигнали надходять на високочастотний клапан (Я3) і на подальшу обробку пропускаються сигнали лише в стробі СтрП, часове положення і ширина якого відповідають дальності 400...450 км. Відповідний строб надходить на клапан із блоку 384 через підсилювач Я10. Ці елементи становлять лінійну частину тракту ЛППЧ. Коефіцієнт підсилення сигналів в лінійній частині тракту задається змінним резистором R1 ВХОД ПЧ. Ця регуліровка являється технологічною і нею виставляється в процесі заводської настройки коефіцієнт підсилення сигналів лінійною частиною тракту ЛППЧ $b \approx 1$.

Логарифмічна амплітудна характеристика ЛППЧ формується за допомогою шости послідовно з'єднаних ідентичних каскадів (Я4,...Я9), кожний з яких містить підсилювач-обмежувач і детектор. Детектовані сигнали з виходу лінійної частини ЛППЧ та з виходів п'яти каскадів підсилювачів-обмежувачів складаються на резисторі R1 в чарунці суматора Σ (Я14). Якщо усі підсилювачі-обмежувачі мають однаковий коефіцієнт підсилення k і рівень обмеження U_0 , то амплітудна характеристика такого n -каскадного підсилювача буде описуватися співвідношенням

$$U_{\text{вих}} = \begin{cases} k^n U_{\text{вх}}, & U_{\text{вх}} \leq \frac{U_0}{k^n}; \\ U_0 \left(1 + \log_k \frac{k^n U_{\text{вх}}}{U_0} \right), & U_{\text{вх}} > \frac{U_0}{k^n}. \end{cases} \quad (15.1)$$

Детектори в каскадах ввімкнуті так, що детектуються не вихідні сигнали каскаду, а вхідні (див. рис. 15.2). Принципового значення це не має, але при такій побудові після останнього каскаду необхідно вмикати додатковий детектор, який виконаний у вигляді окремого вузла Я15.

Зроблено це навмисне з метою регулювання форми амплітудної характеристики, про що докладніше буде йти мова далі.

Залежність амплітуди вихідних сигналів від вхідних (амплітудна характеристика) на виході кожного каскаду при їх послідовному з'єднанні представлені на рис. 15.3, а,...е, а амплітудна характеристика при складанні сигналів перших п'яти каскадів представлена на рис. 15.3, ж, крива 1. Амплітудна характеристика шостого каскаду представлена на рис. 15.3, з. Остаточне складання сигналів здійснюється в суматорі Σ на резисторі R_5 після додаткового підсилення транзисторними підсилювачами T_1 , T_2 відповідно суми сигналів перших п'яти каскадів і сигналів шостого каскаду ЛППЧ. Амплітудна характеристика ЛППЧ після остаточного складання сигналів представлена на рис. 15.3, ж, крива 2. Таке штучне розділення процесу складання сигналів на дві гілки дає змогу корегувати форму логарифмічної характеристики підсилювача окремо на початковій і кінцевій ділянці. Дійсно, змінюючи підсилення сигналів з виходу шостого каскаду (регулювання НАЧАЛО) можна суттєво збільшити крутизну амплітудної характеристики на початковій ділянці (див. рис. 15.3, ж), а на середній та на кінцевій ділянках при цьому відбувається лише незначне зміщення характеристики без зміни нахилу. При зміні підсилення суми сигналів перших п'яти каскадів (регулювання НАКЛОН) буде змінюватися крутизна характеристики більшою мірою на середній та кінцевій ділянках. Наявність цих двох регулювань в кожному ЛППЧ дає змогу зробити амплітудні характеристики усіх ЛППЧ ідентичними.

На закінчення по принципах побудови блоку логарифмічних підсилювачів необхідно зазначити, що кожний каскад ЛППЧ має коефіцієнт підсилення $k \approx 4$, а рівень обмеження сигналів $U_0 \approx 0,5$ В. Якщо ці величини підставити в співвідношення (15.1), то амплітудна характеристика ЛППЧ буде мати вигляд, представлений на рис. 15.4.

Після остаточного складання сигналів в суматорі Σ вони проходять через підсилювач $Я13$, емітерний повторювач $Я11$ і надходять в блок обробки сигналів пеленгу (бл. 384).

15.3. Блок обробки сигналів пеленгу (бл. 384)

Блок 384 призначений для порівняння відесигналів, що надходять від блоку логарифмічних підсилювачів (бл. 385), і формування потенціального сигналу СигнП при перевищенні сигналів основного каналу над сигналами кожного із допоміжних каналів. Крім того, блок 384 формує строб роботи

системи пеленгування (СтрП), часове положення і ширина якого відповідать дальності 400...450 км.

Відповідно з призначенням блок 384 містить (рис. 15.5) два основних пристрої: пристрій обробки сигналів пеленгу і пристрій формування стробів, які конструктивно виконані у вигляді окремих плат П1 і П2.

Принцип роботи **пристрою обробки сигналів пеленгу** ґрунтується на порівнянні рівня шумових завад (рис. 15.6, б, в, г), які діють на вході основного та допоміжних каналів (на рис. 15.6 для спрощення зображені шуми лише двох допоміжних каналів). Порівняння здійснюється лише в стробі СтрП (рис. 15.6, д), де вірогідність дії пасивних завад надто мала. В цьому стробі із блоку логарифмічних підсилювачів на відповідні входи пристрою обробки сигналів пеленгу надходять детектовані шуми (рис. 15.6, е, ж, з).

Оцінка рівня завад здійснюється інтеграторами, якими являються RC-ланки, ввімкнуті на вході кожного каналу пристрою обробки сигналів пеленгу. Постійна часу інтегрування становить близько 1,5 мс і сигнали на виході інтеграторів мають вигляд «розтягнутих» імпульсів (рис. 15.6, і, к, л) приблизно ж такої тривалості. З виходу інтеграторів сигнали надходять на відеопідсилювачі У2,...У6 і після відповідного підсилення надходять у вигляді негативних імпульсів на порівняльні пристрої Я1,... Я4. При цьому на перші входи порівняльних пристроїв надходять сигнали відповідного допоміжного каналу, а на другі входи - сигнали основного каналу.

Відеопідсилювачі У2,...У6 виконані за балансною схемою і мають «відкритий» вихід, тобто з постійною складовою напруги, яка регулюється резистором R6 УСТ.0. За допомогою цих резисторів, які знаходяться усередині блоку прямо на платах підсилювачів, виставляються різні значення постійної напруги на виходах підсилювачів, а значить і на входах порівнювальних пристроїв. На виході підсилювача основного каналу виставляється постійна напруга +0,1 В (рис. 15.6, і), а на виходах підсилювачів допоміжних каналів - напруга -0,1 В (рис. 15.6, к, л). Цим фактично задається поріг спрацьовування системи пеленгування по власним шумам приймальних трактів, тобто задається рівень хибних тривог. Дійсно, за відсутності активних шумових завад напруга на виході основного каналу з великою вірогідністю буде вищою, ніж на виходах допоміжних каналів і порівняльні пристрої будуть «закритими». Коефіцієнт підсилення сигналів відеопідсилювачами У2,...У6 на відміну від постійної складової має бути однаковим. Він регулюється зміною величини зворотнього зв'язку в кожному підсилювачі за допомогою резисторів R6,...R10 (УСИЛ.КО, К1,...К4), шліци яких виведені на передню панель блоку.

Результати порівняння сигналів у вигляді імпульсів позитивної полярності (рис. 15.6, м, н) надходять на пристрій співпаданя, який

виконаний на чарунках Я2, Я3, Я4 функціонального вузла У1. Необхідно зазначити, що імпульси на виходах пристроїв порівняння можуть бути різної тривалості в залежності від співвідношення потужностей завад в каналах, але поява цих імпульсів до появи імпульсів СтрП неможлива, хоча спад може виходити за межі стробу СтрП (див. рис. 15.6, м). Пристрій співпаданя сформує імпульс позитивної полярності (рис. 15.6, о) тільки тоді, коли будуть імпульси на виходах усіх пристроїв порівняння, тобто коли рівень завад в основному каналі перевищить рівень завад в усіх допоміжних каналах. Для надійності цей імпульс ще раз піддається процедурі стробування, для чого він пропускається через пристрій стробування Д1, Д2, R1, на управляючий вхід якого надходить строб СтрП із пристрою формування стробів (цим же імпульсом була здійснена процедура стробування сигналів на проміжній частоті в блоці 385).

З виходу пристрою стробування імпульс позитивної полярності надходить на першій вхід тригера Я1 (рис. 15.6, п) і приводить його до високопотенціального стану. Такий стан тригера буде зберігатися до появи в наступному такті зондування імпульсу МД-400 (рис. 15.6, р), який переведе тригер Я1 в нульовий стан. Якщо в наступному такті зондування також виконується умова виявлення пеленгу, то тригер знову буде переведений до високопотенціального стану. Таким чином, сигнал пеленгу представляє собою (рис. 15.6, с) фактично потенціальний сигнал з коротким «розривом» в межах дії стробу СтрП. Величина цього «розриву» залежить від потужності завад в каналах і може становити від 10...20 мкс до 300 мкс, тобто до ширини стробу СтрП. З виходу тригера Я1 сигнали пеленгу надходять в пристрій формування стробів на емітерний повторювач Я11 і після необхідного підсилення надходять в блок 344, де формуються позначки пеленгу, які відображаються на екрані ІКО.

Оснoву **пристрою формування стробів** (див. рис. 15.5) становить двійковий лічильник. В кожному такті зондування імпульсом запуску ІЗ двійковий лічильник устaновлюється в нульовий стан, а тригер переводиться до високопотенціального стану. З виходу тригера напруга надходить на пристрій співпаданя і відкриває його для проходження міток дальності МД-100. Мітки МД-100 надходять на лічильний вхід двійкового лічильника. З появою четвертої мітки МД-100 на виході лічильника з'являється сигнал МД-400, який запускає мультивібратор Я10. Одночасно імпульс МД-400 повертає тригер до нульового стану і припиняється надходження імпульсів МД-100 на вхід двійкового лічильника. Мультивібратор формує імпульс тривалістю 250...300 мкс, який використовується в блоках 384 і 385 як строб СтрП. Крім того, імпульс МД-400 використовується в пристрої обробки сигналів пеленгу для формування сигналу пеленгу.

15.4. Настройка та контроль функціонування системи пеленгування постановників активних шумових завад

15.4.1. Призначення органів настройки та регулювання системи пеленгування постановників активних шумових завад

15.4.1.1. Блок логарифмічних підсилювачів (бл. 385), передня панель:
шліци НАЧАЛО КО (K1, K2, K3, K4) - регулювання крутизни лінійної частини (див. рис. 6.15) амплітудно-частотної характеристики ЛППЧ відповідного каналу;

шліци НАКЛОН КО (K1, K2, K3, K4) - регулювання крутизни логарифмічної частини (див. рис. 6.15) амплітудно-частотної характеристики ЛППЧ відповідного каналу;

контрольні гнізда Г2,...Г6 (ДЕТ.КО, K1,...K4)- контроль сигналів на виході останнього каскаду ЛППЧ (див. рис. 6.14);

контрольні гнізда Г7,...Г11 - контроль живлячих напруг;

контрольні гнізда Г12,...Г16 (ЗАП.КО, K1,...K4)- контроль стробуючого імпульсу СтрП (див. рис. 6.17, д), в межах якого працює система пеленгування;

контрольні гнізда Г17,...Г21 (ВЫХ.КО, K1,...K4)- контроль вихідних сигналів відповідного ЛППЧ блоку 385.

Усередині блоку: на кожному субблоці шліц ВХОД ПЧ - регулювання вхідних сигналів відповідного ЛППЧ (технологічна регулювання, при настройці не використовується).

15.4.1.2. Блок обробки сигналів пеленгу (бл. 384), передня панель:

шліци УСИЛ.КО (K1, K2, K3, K4) - регулювання підсилення сигналів відповідного каналу після їх інтегрування (див. рис. 6.18);

контрольні гнізда Г2,...Г6 (СИГН.КО, K1,...K4) - контроль сигналів після інтегрування і підсилення перед надходженням їх на порівняльні пристрої (див. рис. 6.18);

контрольні гнізда Г7,...Г11 (ВХОД КО, K1,...K4) - контроль вхідних сигналів блоку (сигналів на входах інтеграторів);

контрольні гнізда Г12,...Г15 - контроль живлячих напруг;

контрольне гніздо Г16 (ВЫХ П) - контроль вихідного сигналу блоку (СигнП);

контрольне гніздо Г17 (ЗАП) - контроль імпульсу запуску;

контрольне гніздо Г18 (СТРОБ) - контроль стробуючого імпульсу СтрП;

Усередині блоку: шліци R6 (УСТ.0) на підсилювачах У2,...У6 плати П1 - регулювання початкової напруги на виході підсилювачів (див. рис. 6.17, і).
живлення.

15.4.2. Методика вимірювання основних параметрів та настройки системи пеленгування постановників активних шумових завад

Параметри системи пеленгування постановників активних шумових завад, що контролюються при різних видах технічного обслуговування, представлені в Таблиці 15.1.

Таблиця 15.1

№ з/п	Параметр, що контролюється	Щоденне ТО	ТО-1 (тижневі РР)	СТО (попередж. РР)	РТО (щорічні РР)
1	Перевірка працездатності системи пеленгування ПАЗ	+	+	+	+
2	Перевірка ідентичності амплітудних характеристик ЛППЧ		+	+	+
3	Перевірка ідентичності підсилення сигналів в каналах блоку 384		+	+	+
4	Установка коефіцієнтів підсилення сигналів в блоках 215		+	+	+
5	Установка порогу спрацьовування системи пеленгування ПАЗ		+	+	+

Перевірка параметрів системи пеленгування ПАЗ має виконуватися в строгій послідовності, як це зазначено в таблиці. Порухення послідовності може призвести при нібито правильній настройці окремо кожного блоку до появи хибних пеленгів або до загрублення чутливості системи.

15.4.2.1. Перевірка працездатності системи пеленгування ПАЗ здійснюється по наявності позначки пеленгу на екрані ІКО при надходженні шумових коливань від імітатора в основний приймальний канал. Перевірка виконується в такій послідовності:

ввімкнути імітатор, для чого необхідно тумблери АНОД і НАКАЛ на шафі 204 поставити в верхнє положення;

перемикач РОД РАБОТЫ на блоці імітації завад (бл. 83) поставити в положення АКТИВН або АКТ+ПАС;

установити на бл. 83 ручки АМПЛИТ і СЕКТОР імітатора активної завади в крайнє праве положення;

настроїти регулювкою ЧАСТОТА на блоці 83 генератор активної шумової завади на частоту РЛС (до появи засвітлення на екрані бл. 122) і звузити сектор дії активних завад до мінімального розміру, для чого ручку СЕКТОР активної завади на блоці 83 поставити в крайнє ліве положення;

на периферії екрану ІКО має спостерігатися позначка пеленгу шириною по азимуту 10...15°.

15.4.2.2. Перевірка ідентичності амплітудних характеристик ЛППЧ здійснюється шляхом перевірки і установки в усіх ЛППЧ однакових коефіцієнтів підсилення в двох точках амплітудної характеристики: на лінійній ділянці амплітудної характеристики (регулювка НАЧАЛО) і на кінцевій частині логаримічної ділянці амплітудної характеристики (регулювка НАКЛОН). Для цього від ГСС на входи блоку 385 (на входи ЛППЧ) подаються імпульсні радіосигнали відповідної величини на першій проміжній частоті $f_{\text{ПР1}}=25,9$ МГц і регулювками НАЧАЛО і НАКЛОН виставляється необхідний рівень сигналів на виходах ЛППЧ. Вимірювальним пристроєм служить осцилограф типу С1-65. Перевірка виконується в такій послідовності:

подати напругу живлення на систему пеленгування, для чого тумблер РЕЖИМ АП на блоці 267 поставити в верхнє положення;

відключити входи ЛППЧ (входи блоку 385) від блоків ПВЧ, для чого на шафі 201 від'єднати коаксіальні кабелі від роз'єднувачів Ф12,...Ф16;

подати сигнал від ГСС на вхід ЛППЧ основного каналу, для чого вихід ГСС з'єднати високочастотним кабелем з роз'єднувачем Ф12;

настроїти ГСС на частоту 25,9 МГц, установити імпульсний режим роботи і ручкою μV установити рівень вихідного сигналу 100 мкВ;

підключити осцилограф до контрольного гнізда Г17 (ВЫХОД КО) блоку 385 і поміряти амплітуду імпульсного сигналу, яка має становити $(0,5\pm0,15)$ В. Це точка початкової (лінійної) ділянці амплітудної характеристики ЛППЧ (див. рис. 15.4). При необхідності установити потрібну величину вихідного сигналу регулювкою НАЧАЛО КО на передній панелі блоку 385;

установити ручкою μV на ГСС амплітуду вхідного для ЛППЧ сигналу 100 мВ, тобто на 60 дБ вище попереднього, і поміряти осцилографом амплітуду вихідного сигналу. Вона має становити $(3\pm0,2)$ В. Це точка кінцевої (логарифмічної) ділянці амплітудної характеристики ЛППЧ (див. рис. 15.4). При необхідності установити потрібну величину вихідного сигналу регулювкою НАКЛОН КО;

здійснити аналогічні вимірювання і регулювання для каналів K1,...K4, використовуючи роз'єднувачі Ф13,...Ф16 і вихідні гнізда Г18,...Г21 відповідно.

15.4.2.3. Перевірка ідентичності підсилення сигналів в каналах блоку 384 починається з установки необхідної напруги зміщення на виходах підсилювачів напруги інтеграторів. Це по суті є попереднє виставлення порогів роботи системи. За відсутності завад, тобто за наявності тільки власних шумів в приймальних трактах, напруга на виході основного каналу має бути меншою, ніж напруга на виходах допоміжних каналів. При цьому порівняльні пристрої в блоці 384 спрацьовувати не будуть і сигнал пеленгу вироблятися також не буде. Оскільки порівняльні пристрої «працюють» з сигналами негативної полярності, то початкові значення напруги на виході підсилювача сигналів інтегратора основного каналу виставляються на рівні +0,1 В, а в допоміжних каналах - на рівні -0,1 В. Необхідні значення початкової напруги виставляються потенціометрами R6 (УСТ.0) в субблоках підсилювачів (див. рис. 15.5). Після установки початкових значень напруги на виходах підсилювачів здійснюється вирівнювання їх коефіцієнтів підсилення по імпульсним сигналам, як це виконувалось для блоку 385. Операції виконуються в такій послідовності:

підключити блоки ПВЧ до входів блоку 385 (подати в тракти власні шуми ПВЧ), для чого підключити відповідні кабелі до роз'єднувачів Ф12,...Ф16 на шафі 201;

поміряти вольтметром (шкала 0 - 0,5 В) напругу на гніздах Г2,...Г6 (на виходах підсилювачів сигналів інтегратора, див. рис. 15.5). На гнізді Г2 (СИГН.КО) напруга має бути $+(0,1 \pm 0,02)$ В, а на гніздах Г3,...Г6 (СИГН.K1,...K4) напруга має бути $-(0,1 \pm 0,02)$ В. При необхідності здійснити регулювання потенціометрами R6 на субблоках У6, У2,...У5 плати П1;

відключити входи ЛППЧ (входи блоку 385) від блоків ПВЧ, для чого на шафі 201 від'єднати коаксіальні кабелі від роз'єднувачів Ф12,...Ф16;

подати сигнал від ГСС на вхід ЛППЧ основного каналу, для чого вихід ГСС з'єднати високочастотним кабелем з роз'єднувачем Ф12;

настроїти ГСС на частоту 25,9 МГц, установити імпульсний режим роботи і ручкою μV установити рівень вихідного сигналу 50 мВ;

підключити осцилограф до контрольного гнізда Г2 (СИГН.КО) блоку 384 і поміряти амплітуду імпульсного сигналу, яка має становити $(2,5 \pm 0,2)$ В. При необхідності установити потрібну величину вихідного сигналу регулюванням УСИЛ. КО;

здійснити аналогічні вимірювання і регулювання для каналів K1,...K4, використовуючи роз'єднувачі Ф13,...Ф16 шафи 201 і вихідні гнізда Г3,...Г6 блоку 384 відповідно;

після закінчення вимірювань підключити блоки ПВЧ до входів блоку 385 (штатний режим), для чого підключити відповідні кабелі до роз'єднувачів Ф12,...Ф16 на шафі 201.

15.4.2.4. Коефіцієнти підсилення сигналів в блоках 215 виставляються на відміну від блоків 384 і 385 різними. Вони виставляються з урахуванням підсилення антен так, щоб сигнали від одного і того ж джерела випромінювання, прийняті боковими пелюстками ДН основної антени завжди були меншими, ніж сигнали, прийняті допоміжними антенами, тобто має виконуватися умова $K_0 G_{0\text{бп}} < \{K_1 G_1, K_2 G_2, K_3 G_3, K_4 G_4\}$, де $K_0, K_1, \dots, K_4$ - коефіцієнти підсилення сигналів в блоці 215 відповідного каналу, $G_{0\text{бп}}$ - коефіцієнт підсилення основної антени в напрямі бокових пелюсток, $G_1, \dots, G_4$ - коефіцієнти підсилення допоміжних антен. Оскільки величини $G_{0\text{бп}}$ і $G_1, \dots, G_4$ постійні і незмінні, то необхідно виставити відповідні коефіцієнти підсилення блоків ППЧ.

Виставлення необхідних коефіцієнтів здійснюється за три етапи. Спочатку по рівню шумів на виході ЛППЧ виставляється необхідне підсилення K_0 в основному каналі. Потім підсилення в допоміжних каналах «підганяється» до підсилення в основному каналі, тобто установлюється $K_i G_i = K_0 G_{0\text{бп}}$. Після цього підсилення в основному каналі знижується в 2...3 рази (по логарифмічній шкалі). Остаточне підсилення в основному каналі буде виставлено при перевірці порогу спрацьовування системи пеленгування ПАЗ.

Необхідне підсилення виставляється по імпульсним сигналам, які подаються від ГСС на вхід відповідного блоку ПВЧ. Рівень вихідних сигналів контролюється на виході блоку 385. Вимірювальним пристроєм служить осцилограф типу С1-65. Операції виконуються в такій послідовності:

- відключити блоки ПВЧ від антен, для чого від'єднати кабелі від ВЧ-роз'єднувачів Ф2 на усіх блоках 215;

- підключити осцилограф до гнізда Г17 блоку 385 (до виходу ЛППЧ основного каналу);

- шліцом УСИЛ.КП блоку 215КО виставити по осцилографу рівень шумів 0,5...0,6 В (цим фактично задається коефіцієнт підсилення сигналів в основному каналі K_0);

- подати імпульсний сигнал від ГСС (на робочій частоті РЛС) на фішку Ф2 блоку 215КО і ручкою μV ГСС установити амплітуду імпульсу на осцилографі 1,5 В;

- записати величину сигналу $U_{\text{ВХО}}$, який надходить від ГСС в основний канал;

- подати сигнал ГСС тієї ж величини ($U_{\text{ВХО}}$) на Ф2 блоку 215 К1;

підключити осцилограф до гнізда Г18 блоку 385, тобто до виходу ЛППЧ каналу К1;

установити шліцом УСИЛ.КП на блоці 215К1 амплітуду вихідного сигналу 1,5 В;

подати від ГСС сигнал величиною $1,5U_{ВХО}$ на вхід ПВЧ каналу К2 (на Ф2 блоку 215К2);

підключити осцилограф до гнізда Г19 блоку 385, тобто до виходу ЛППЧ каналу К2;

установити шліцом УСИЛ.КП на блоці 215К2 амплітуду вихідного сигналу 1,5 В;

подати від ГСС сигнал величиною $(5...6)U_{ВХО}$ на вхід ПВЧ каналу К3 (на Ф2 блоку 215К3);

підключити осцилограф до гнізда Г20 блоку 385, тобто до виходу ЛППЧ каналу К3;

установити шліцом УСИЛ.КП на блоці 215К3 амплітуду вихідного сигналу 1,5 В;

подати від ГСС сигнал величиною $1,5U_{ВХО}$ на вхід ПВЧ каналу К4 (на Ф2 блоку 215К4);

підключити осцилограф до гнізда Г21 блоку 385, тобто до виходу ЛППЧ каналу К4;

установити шліцом УСИЛ.КП на блоці 215К4 амплітуду вихідного сигналу 1,5 В;

знову підключити ГСС до основного каналу і подати сигнал величиною $(2...3)U_{ВХО}$ на вхід ПВЧ каналу КО (на Ф2 блоку 215КО);

підключити осцилограф до гнізда Г17 блоку 385, тобто до виходу ЛППЧ каналу КО;

установити шліцом УСИЛ.КП на блоці 215КО амплітуду вихідного сигналу 1,5 В.

15.4.2.5. Поріг спрацьовування системи пеленгування ПА3 установлюється таким, щоб формування пеленгу здійснювалось при перевищенні активними шумовими завадами власних шумів приймального тракту приблизно на 10...12 дБ. Перевірка здійснюється за допомогою генератора ГСС і осцилографу типу С1-65. Генератор ГСС і осцилограф С1-65 залишаються в такому положенні, в якому вони були підключені після закінчення операцій за п. 15.4.2.4, тобто підключеними до основного каналу. Перевірка виконується в такій послідовності:

подати від ГСС на вхід блоку 215КО такий сигнал, при якому імпульс на виході каналу перевищував би власні шуми по амплітуді в 3 рази (сигнал перевищує власні шуми приймального тракту приблизно на 10 дБ);

переключити ГСС в режим неперервного генерування. На ІКО при ввімкнутому обертанні розгортки буде спостерігатися на периферії екрану

кругова позначка пеленгу. Переконатися в тому, що вхідний сигнал являється пороговим. При зменшенні підсилення регуліровкою УСИЛ.КП на блоці 215КО позначка пеленгу має зникнути. Остаточню установити підсилення в блоці 215КО таким, при якому починає формуватися позначка пеленгу.

ЗАКІНЧЕННЯ

Радіолокаційна станція 5Н84А експлуатується військами вже 25 років і за цей час зарекомендувала себе як надзвичайно ефективний і надійний засіб радіолокаційної розвідки повітряного простору.

На сьогодні радіолокаційні станції 5Н84А становлять значну частину парку радіолокаційних засобів не тільки в країнах СНД, а й в багатьох країнах Європи, Азії і Африки. Такому поширенню станції значною мірою сприяли досить вдало вибрані технічні рішення як при побудові РЛС в цілому, так і при побудові окремих її систем. Ресурс багатьох станцій ще не вичерпаний, але подальша експлуатація РЛС 5Н84А стає проблемною з кількох причин.

По-перше, РЛС побудована на застарілій елементній базі. Понад 70% усього обсягу апаратури РЛС виконано на радіоелектронних лампах. Виробництво ламп зупинене, а наявні запаси обмежені. По-друге, експлуатація РЛС 5Н84А є занадто енергоємною. Цьому значною мірою сприяє високе енергоспоживання електровакуумних приладів РЛС. По-третє, РЛС 5Н84А зовсім позбавлена будь-яких засобів обробки радіолокаційної інформації і на протигагу сучасним РЛС не може бути використана як джерело радіолокаційної інформації в автоматизованих угрупованнях військ.

Неминуче виникає питання про заміну парку РЛС 5Н84А. Для нашої держави це особливо важливе питання, оскільки Україна не виробляла РЛС метрового діапазону хвиль. Замінити їх станціями сантиметрового діапазону хвиль і відмовитись, таким чином, від "метрових" РЛС недоцільно з ряду причин. Досить лише зважити на те, що для виявлення малорозмірних цілей та цілей з малою радіолокаційною замінністю більш ефективних засобів, ніж РЛС метрового діапазону хвиль, на сьогодні не існує.

Вихід з становища може бути або в закупівлі РЛС цього класу за кордоном, або в опануванні власного виробництва, або в докорінній модернізації існуючого парку РЛС 5Н84А. Стосовно закупівлі РЛС за кордоном мова може йти про Росію, де налагоджене виробництво РЛС метрового діапазону хвиль. Але, по-перше, Україні це сьогодні надсилу і, по-друге, ті станції, які можна закупити в Росії, є станціями розробки 80-х років і вже морально застаріли. Власне виробництво доцільно поступово опановувати, але від діапазону 150...200 МГц необхідно відмовитися, оскільки використання цього діапазону входить у протиріччя з міжнародними нормами розподілу радіочастот, і перейти до діапазону 400...450 МГц. У цьому діапазоні ще зберігаються всі переваги метрового діапазону і значно зменшуються ваго-габаритні характеристики антенних систем. Але поява таких РЛС власного виробництва – це справа кількох

років. За нинішніх умов найбільш доцільним заходом можна вважати модернізацію існуючого парку РЛС 5Н84А. При цьому модернізація може здійснюватися поетапно.

На першому етапі до вироблення ресурсу генераторних ламп ГИ-5Б доцільно залишити незмінними передавальний пристрій, антенно-фідерну систему та систему обертання антени. В системі перестройки РЛС на запасні частоти та в системі АПЧ незмінними доцільно залишити виконавчі елементи, які забезпечують перестройку та підстроювання відповідних елементів передавального пристрою. Решта систем мають бути повністю замінені з використанням сучасних технологій підсилення, аналого-цифрового перетворення й обробки радіосигналів, а також цифрової обробки, відображення та видачі інформації споживачам. Така модернізація дозволить суттєво підняти захищеність РЛС від пасивних завад (коефіцієнт подавлення "місцевих предметів" може бути доведений до 25...30 дБ), підвищити на 5...7 дБ коефіцієнт подавлення активних шумових завад, удосконалити захист від імпульсних завад. Обсяг апаратури зменшиться майже вдвічі. Від причепа АП-3 можна відмовитися зовсім, а причеп АП-1 звільниться на 70%. Споживання енергії зменшиться на 30%. Радіолокаційна станція набуде нової якості – стане автоматизованим джерелом радіолокаційної інформації.

Другим етапом модернізації може бути заміна передавального пристрою за умови вирішення проблеми з підсилювальними приладами в діапазоні частот 150...200 МГц. Перехід від автогенератора до схеми "збуджувач – підсилювач потужності" дозволить застосовувати складномодульовані сигнали з істинною когерентністю. Це суттєво підвищить захищеність РЛС від пасивних та нестаціонарних активних завад. У цілому завдяки модернізації РЛС ресурс її може бути фактично відновленим, і станція за таких умов може перебувати на озброєнні військ до 2010...2015 року.

ДОДАТОК 1

П Е Р Е Л І К
блоків у складі апаратури РЛС 5Н84А

Номери блоків	Найменування блоків	Кількість блоків діючих (резервних)	Місцезнаходження блоків
1	Пульт управління та сигналізації	1	АП-3, ст.1
2	Вихідний блок спряження	1	АП-3, ст.1
3	Блок живлення	1	АП-3, ст.1
4	Щит сигналізації	1	АП-1
6	Імітатор обертання антени	1	АП-1, ст.202
16	Перемикач АНТЕНА – ЕКВІВАЛЕНТ	1	АП-2, ст.108
17	Вимірювач вхідних опорів	1	АП-2, ст.108
18	Високочастотний трансформатор	1	АП-2, ст.108
19	Блок навантажувальних опорів	1	АП-2
20	Генератор НВЧ	1	АП-2
20В	Виносний гетеродин	1	АП-2
21	Індикатор контролю	3	АП-1, ст.202; АП-3, ст.210
24	Блок відеосигналів	3	АП-1, ст.202; АП-3, ст.210
25	Синхронізатор	1(1)	АП-1, ст.202
27	Вхідний блок ВІКО	2	АП-3, ст.210
29	Калібратор (формувавч міток дальності)	3	АП-1, ст.202; АП-3, ст.210
31	Вхідний блок ЧПК	1(1)	АП-1, ст.203
32	Блок першого потенціалоскопа	1	АП-1, ст.203
33	Вихідний блок ЧПК	1(1)	АП-1, ст.203
34	Блок другого потенціалоскопа	1	АП-1, ст.203
35	Блок спіральної розгортки	1	АП-1, ст.203
36	Блок стробів	1	АП-1, ст.203
37	Блок когерентного гетеродина	1	АП-1, ст.201
38	Блок кварцових гетеродинів	1	АП-1, ст.201
41	Сервопідсилювач АП1	1	АП-2, ст.106
45	Сервопідсилювач АП2(АП3)	2	АП-2, ст.106
46	Блок комутації	2	АП-2, ст.106

47	Блок дискримінаторів	1(1)	АП-1, ст.201
50	Другий блок накопичувача	1	АП-2
51	Перший блок накопичувача	1	АП-2
52	Блок імпульсного трансформатора	1	АП-2
53	Блок зарядного дроселя	1	АП-2
55	Сервопідсилювач СПА ВІКО	2	АП-3, ст.210
58	Датчик азимутальних стробів	1	АП-1, ст.203
59	Блок серводвигуна ІКО	1	АП-1, ст.112
60	Сервопідсилювач СПА ІКО	1	АП-1, ст.202
61	Випрямляч -150В, +200В, +300В	4	АП-1, ст.205
62	Випрямляч +700В, -2000В	1	АП-1, ст.205
69	Пульт вмикання опалювача ОВ-65Б	1	АП-3
71	Блок серводвигуна АП1	1	АП2
73	Блок серводвигуна АП2(АП3)	2	АП-2
74	Блок серводвигуна АПЧ	1	АП-2
76	Блок серводвигуна ВІКО	2	АП-3, ст.210
80	Імітатор луна-сигналів цілей	2	АП-1, ст.204
82	Імітатор луна-сигналів своїх літаків	1	АП-1, ст.204
83	Імітатор завад	1	АП-1, ст.204
84	Імітатор ефекту Доплера	1	АП-1, ст.201
90	Пульт вмикання ВІКО	2	АП-3, ст.11
93	Блок стабілізаторів	2	АП-3, ст.11
94	Блок випрямлячів	2	АП-3, ст.11
95	Виносний пульт управління	2	АП-3, ст.11
103	Повітряний опалювач	1	АП-3
114	Блок вимірювання коефіцієнта бігучої хвилі та потужності	1	АП-2
122	Блок трубки	3	АП-1, ст.112; АП-3, ст.210
123	Блок розгортки	3	АП-1, ст.112; АП-3, ст.210
126	Блок спряження	1	АП-1, ст.202
163	Випрямляч +115В, -1200В, +26В	1	АП-1, ст.205
165	Випрямляч +14000В	1	АП-2
166	Випрямляч +12000В	1	АП-1, ст.205
179	Блок зарядного випрямляча	1	АП-3
185	Блок контролю	1	АП-1, ст.201
188	Блок індикації діаграми	1	АП-1, ст.203
192	Випрямляч -1200В, +1200В	2	АП-3, ст.11
196	Блок живлення АДУ	1	АП-3

200	Блок відеосигналів	1	АП-3, ст.С-119
201	Блок калібратора	1	АП-3, ст.С-119
202	Підсилювач ПСП	1	АП-3, ст.С-119
203	Виконавчий механізм	1	АП-3, ст.С-119
204	Блок живлення	1	АП-3, ст.С-119
205	Блок установлення напруги	1	АП-3, ст.С-119
206	Пульт управління мерехтінням	2	АП-1, АП-3
207	Блок живлення	1	АП-3
208	Блок управління ВВВ	1	АП-2
212	Блок струмозйомників	1	АнП-1
213	Блок попереднього захисту приймача	1	АП-2
215	Блок ПВЧ	5	АП-1, ст.215
220	Блок других гетеродинів	1	АП-1, ст.216
222	Блок першого гетеродина	1(1)	АП-1, ст.200
225	Задавальний хронізатор	1(1)	АП-1, ст.202
242	Сервопідсилювач	5	АП-1, ст.200
243	Пульт управління СОА	1	АП-1, ст.203
246	Блок комутації	1	АП-1, ст.200
247	Перетворювач частоти сигналу АПЧ	1(1)	АП-1, ст.201
248	Вихідний блок ППЧ	1(1)	АП-1, ст.216
254	Блок редукторів	1	АнП-1
267	Блок вмикання живлення	1	АП-1
271	Суматор	1(1)	АП-1, ст.216
272	Корелятор К1	1(1)	АП-1, ст.216
273	Корелятор К2	1	АП-1, ст.216
274	Корелятор К3	1	АП-1, ст.216
276	Блок серводвигуна перестройки першого гетеродина	1	АП-1, ст.200
277	Блок серводвигуна перестройки ПВЧ	5(1)	АП-1, ст.215
286	Блок комутації	1	АП-1, ст.203
287	Пульт дистанційного управління	1	АП-3

300	Випрямляч +6,3В; -6,3В; -12,6В; +12,6В	1	АП-1, ст.217
301	Випрямляч $\pm 6,3В$	1	АП-1, ст.215
302	Селектор пеленга для ВІКО	2	АП-3, ст.210
305	Імітатор шумових завад	1	АП-1, ст.204
310	Випрямляч +200В; +600В	1	АП-1, ст.204
330	Пульт управління підніманням антени	1	Використовується при розгортанні антени
331	Пульт управління лебідками бокових відтяжок	1	„-“
332	Щит комутації лебідок	1	„-“
333	Контакторна шафа	1	АП-2
334	Перетворювач частоти	1	АП-2
335	Блок управління перетворювачем частоти	1	АП-2
336	Блок управління режимами	1	АП-2
344	Селектор пеленга для ІКО	1	АП-1, ст.202
349	Щит вмикання обігріву антени	1	АП-2
350	Випрямляч -6,3В; $\pm 125В$	2	АП-1, ст.217
351	Блок ППЧ КО	1(1)	АП-1, ст.211
352	Блок ППЧ К1(К2,К3)	3(2)	АП-1, ст.211
355	Блок сельсинів	1	АнП-1
356	Випрямляч -6,3В; +27В; -150В	1	АП-1, ст.204
357	Випрямляч -12,6В; $\pm 24В$; +80В	1	АП-1, ст.217
358	Блок розставлення синхроімпульсів	1(1)	АП-1, ст.202
359	Сервопідсилювач АПЧ	1	АП-1, ст.203
361	Антенa А1	1	АнП-1
362	Антенa А2	1	АнП-1
363	Антенa А3	4	АнП-1
364	Антенa А4	1	АнП-1
365	Виносна антенa А5	1	АнП-2
366	Струмозійомник виносної антени	1	АнП-2
367	Поворотний пристрій	1	АнП-1
368	Блок захисту	5	АП-1
369	Блок контролю АК	1	АП-1, ст.216
370	Редуктор виносної антени	1	АнП-2
371	Електромашинний підсилювач приводу виносної антени	1	АнП-2

372	Блок сельсинів виносної антени	1	АнП-2
373	Підсилювач приводу виносної антени	1	АП-1, ст.203
374	Блок вмикання живлення АП-2	1	АП-2
375	Пульт перестройки	1	АП-1, ст.202
376	Щит вмикання ВІКО	1	АП-3
377	Індикаторний сельсин виносної антени	1	АП-1, ст.112
378	Блок пускових опорів	1	АнП-1
379	Блок підсилювання шумових завад	1	АП-1, ст.204
380	Блок атенюаторів	1	АП-1, ст.203
381	Блок атенюаторів	1	АП-1, ст.203
382	Блок підсилення напруги гетеродина	1(1)	АП-1, ст.215
384	Блок обробки сигналів пеленга	1	АП-1, ст.201
385	Блок логарифмічних підсилювачів	1	АП-1, ст.201
390	Пульт управління лебідками горизонтального стовбура і ферми антени	1	АнП-1
391	Випрямляч $\pm 6,3\text{В}$; $\pm 125\text{В}$; $\pm 200\text{В}$;		АП-1, ст.204

Крім зазначених у таблиці блоків, які мають цифрове позначення, до складу апаратури РЛС входять такі нумеровані блоки: індикатор ожеледі, панелі блокування обертання антени, батарея акумуляторів, плавний атенюатор, апаратура телефонного та гучномовного зв'язку.

Запасні блоки 25, 31, 33, 47, 222, 225, 247, 248, 271, 272, 277, 351, 352, 358, 382 розміщені у вільних відсіках апаратних стоек та в спеціальних шафах, встановлених у напівпричепі АП-1. Ці блоки позначені спеціальними табличками з надписом «ЗІП».

До складу контрольно-вимірювальної апаратури входять такі прилади: генератор стандартних сигналів, частотомір, ампервольтметр (авометр), вимірювач характеристик ламп, осцилограф, вимірювач коефіцієнта шуму, диктофон та фотокамера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ширман Я.Д. и др. Теоретические основы радиолокации.—М.: Сов. радио, 1970.
2. Основы построения РЛС РТВ / Под ред. Б.Ф. Бондаренко. —Киев: КВИРТУ ПВО, 1987.
3. Кравченко Н.И. и др. Радиолокационные комплексы дальнего обнаружения и предупреждения. Радиолокационная станция 5Н84А. — Харьков: ВИРТА ПВО, 1976.
4. Петеропш В.В., Шаргатов Ю.Н. Радиолокационное вооружение. Радиолокационная станция 5Н84А.— Министерство обороны СССР: ЦОК РТВ, 1977.
5. Руководство радиотехническим войскам противовоздушной обороны. Техническое обслуживание радиолокационной станции 5Н84А. — М.: Воениздат, 1982.
6. Руководство радиотехническим войскам противовоздушной обороны. Боевая работа на радиолокационной станции 5Н84А. —М.: Воениздат, 1980.