ВЕЛЬМІСКІН Д.І.
ГОР'ЄВ С.А.

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 2
"Радіоприймальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5"

Конспект лекцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВЕЛЬМІСКІН Д.І.
ГОР'ЄВ С.А.

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 2
"Радіоприймальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5"

Конспект лекцій

Одеса
2018

В 28
УДК 551.508

Вельміскін Д.І., Гор’єв С.А.
Технічні системи радіолокаційного моніторингу Частина 2 "Радіоприймальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5": Конспект лекцій Одеса, 2018. 40 с.

У конспекті лекцій розглянуті питання, пов'язані з вивченням принципу роботи радіоприймальних пристроїв МРЛ-5.

Зміст конспекту лекцій дозволяє студентам різних факультетів вивчати будову та принцип роботи МРЛ-5 за умови достатнього засвоєння курсів електротехніки, радіотехніки та радіолокації.

© Одеський державний
екологічний університет, 2018

	ПЕРЕДМОВА.....	4
1	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАДІОПРИЙМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ (РПрП) МРЛ-5.....	5
1.1	Призначення, технічні дані, склад радіоприймального пристрою (РПрП) МРЛ-5.....	5
1.2	Робота РПрП МРЛ-5 за функціональною схемою.....	8
	1.2.1 Підсилювач високої частоти.....	13
	1.2.2 Преселектор…….	15
	1.2.3 Допоміжні елементи НВЧ приймального пристрою……..	16
	1.2.4 Змішувач……..	18
	1.2.5 Гетеродин……	19
1.3	Система керування приймальним облаштуванням І каналу.....	20
2	КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА АПАРАТУРА ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЧА І КАНАЛУ……..	23
2.1	Облаштування індикатора коефіцієнта шуму (ІКШ)……...	23
2.2	Принцип дії ІКШ за функціональною схемою…….....	24
2.3	Модулятор генератора шуму……..	26
2.4	Індикатор потенціалу і вимірювач потужності (ІПВП) І каналу	28
2.5	Детекторна секція і атенюатори НВЧ.....	33
2.6	Стабілізатор струму СТ-603…….....	36
2.7	Панель керування атенюаторами ПУ-1.....	38
2.8	Особливості будови РПрП ІІ каналу МРЛ-5.....	39
	Література.....	40

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій "Радіоприймальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5" є другою частиною конспекту лекцій з дисципліни "Технічні системи радіолокаційного моніторингу" і призначений для студентів 1 курсу факультету магістерської та аспірантської підготовки і студентів 4 курсу факультету комп'ютерних наук денної і заочної форми навчання.

У конспекті лекцій розглянуті питання, пов'язані з вивченням принципу роботи радіоприймальних пристроїв МРЛ-5.

Зміст конспекту лекцій дозволяє студентам різних факультетів вивчати будову та принцип роботи МРЛ-5 за умови достатнього засвоєння курсів електротехніки, радіотехніки та радіолокації.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РАДІОПРИЙМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ (РПрП) МРЛ-5

1.1 Призначення, технічні дані, склад радіоприймального пристрою (РПрП) МРЛ-5

Приймальний пристрій призначений для корекції на відстань, перетворення і посилення прийнятих антеною імпульсних сигналів до величини, необхідної для нормальної роботи виконуючих пристроїв [1].

Для підвищення чутливості приймального пристрою застосований підсилювач високої частоти. Приймач зібраний за супергетеродинною схемою.

Для підтримання сталості різниці частот передавача і гетеродина в приймальному пристрої передбачені автоматичне налаштування частоти гетеродина, контроль наявності та точності підтримки проміжної частоти під час роботи станції.

Для забезпечення необхідного динамічного діапазону на вході застосовані атенюатори по високій частоті і підсилювач проміжної частоти з логарифмічною амплітудною характеристикою.

Для забезпечення сталості посилення приймального тракту застосована схема автоматичної стабілізації посилення по проміжній частоті і доступне не переривне контрпосилення.

У приймальному пристрої є автоматика, що забезпечує дистанційне вмикання, регулювання і контроль роботою приймального пристрою.

Технічні дані:

- чутливість приймального пристрою за мінімально виявленим сигналом не більша за мінус 134 дБ/Вт;
- тривалість імпульсу $\tau = 1$ мкс або $\tau = 2$ мкс;
- проміжна частота $f_0 = 30$ Мгц;
- автоматичне підстроювання частоти гетеродина не менше ніж ±15 Мгц;
- смуга пропускання по проміжній частоті 1±0,2 МГц;

- динамічний діапазон вхідних сигналів, що не спричиняють 1 перевантаження, не менше ніж 70 дБ;
- точність логарифмічного перетворення сигналів по вихідному сигналу не гірша ніж ±3 дБ;
- амплітуда вихідного сигналу 5,6 В;
- стабільність посилення приймального тракту не гірша ніж ±1 дБ;
- точність корекції відбитих сигналів на відстань в діапазоні дальності 10-100 км і 30-300 км не гірша за ±3 дБ;
- спад вершини тривалих відеосигналів (до 1мс) має бути не менший ніж 10%.

Склад приймального пристрою.

До складу приймача 1 каналу входять такі головні елементи:

- атенюатор керований - 3 шт.;
- стабілізатор струму СТ- 603;
- генератор шуму (ГШ);
- модулятор;
- підсилювач високої частоти;
- лампа хвилі, що біжить (ЛБХ);
- преселектор;
- гетеродин;
- змішувач;
- попередній підсилювач проміжної частоти – 1(ППППЧ – 1);
- автоматичне підстроювання частоти - 1 (АПЧ – 1);
- лінійка пошуку і стеження;
- комірка сигнальна (КС2-РА208);
- лінійка контролю проміжної частоти (ЛКПЧ);
- підсилювач проміжної частоти з логарифмічною амплітудною характеристикою (ППЧ з ЛАХ);
- автоматична стабілізація підсилювача (АСП);
- привід потенціометра - 2 шт;
- плата керування пристроєм;
- стабілізатор напруги СН- 62;
- стабілізатор напруги СН- 653;
- стабілізатор напруги ПН- 205.

На рис. 1.1 наведена структурна електрична схема приймального пристрою, на якій показані частота, форма, амплітуда і тривалість вхідних і вихідних сигналів основних елементів пристрою, загальний вигляд приймального пристрою на рис. 1.2, рис. 1.3, рис. 1.4.

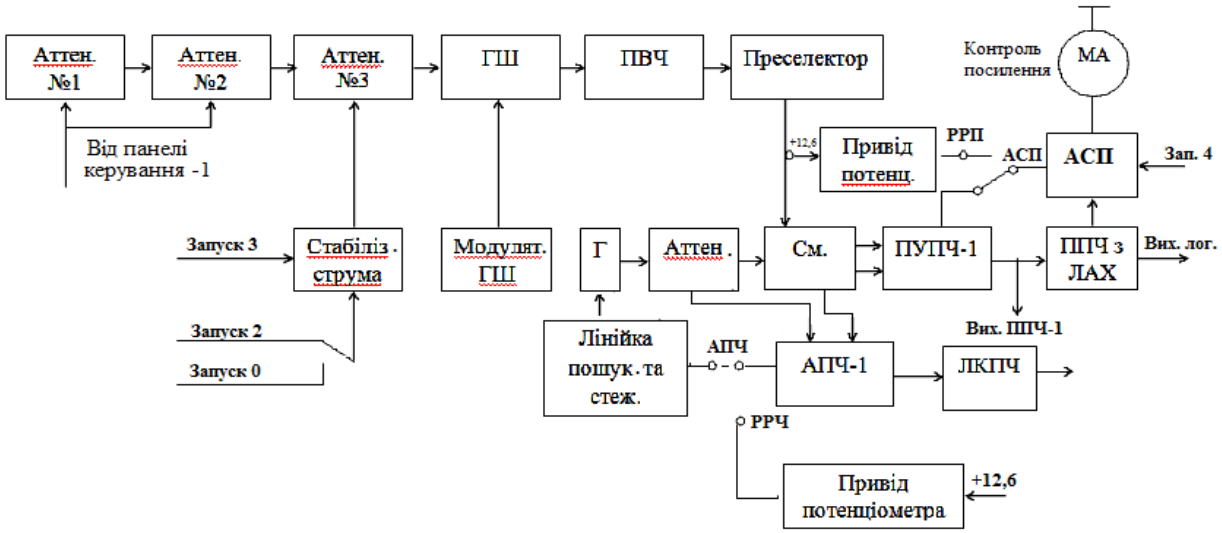

Рисунок 1.1 – Структурна електрична схема приймального пристрою.

Рисунок 1.2 – Приймальний пристрій. Передня панель.

Рисунок 1.3 – Приймальний пристрій. Вид праворуч.

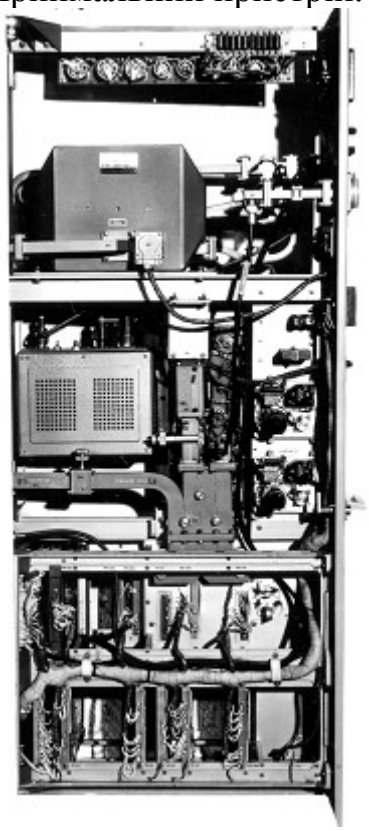

Рисунок 1.4 – Приймальний пристрій. Вид ліворуч.

1.2 Робота РПрП МРЛ-5 за функціональною схемою

Розглянемо роботу приймального пристрою за схемою електричною структурною і функціональною електричною схемою, наведеними на рис.1.1. Відбитий сигнал приймається антеною і по хвилевідному тракту надходить на приймальний пристрій, на вході якого встановлені три керованих атенюатори на *pin* - діодах.

Атенюатори №1 і №2 призначені для розширення динамічного діапазону вимірюваних відбитих сигналів. Атенюатор №1 є фіксованим з початковим загасанням 0,5 дБ і максимальним загасанням 42 дБ., яке калібрується. Атенюатор № 2 є ступінчастим з грубими ступенями через 6 дБ до 36 дБ. Керування атенюаторами № I і № 2 виконується з панелі керування ПУ- 1, розташованої в пульті керування РЛС.

Атенюатор № 3 призначений для корекції потужності відбиваних сигналів залежно від відстані і бланкування (замикання) приймального тракту на час неробочої дальності. Бланкування неробочої дальності робиться для завадозахищеності роботи схем безперервного контролю коефіцієнта шуму приймача, потенціалу РЛС і АСП.

Керування атенюатором № 3 робиться від плати стабілізатора струму СТ-603, який може працювати в двох режимах, з увімкненому і відімкненою корекцією.

При включеній корекції на СТ-603 подаються запуски № 2 і №3, які надходять на тригер з роздільними входами. Тригер формує послідовність імпульсів прямокутної форми із заданими часовими інтервалами, які потрапляють на схему формування коригуючого і бланкуючого сигналів. Ці сигнали посилюються по потужності і надходять на атенюатор №3.

У режимі відімкненої корекції на тригер подаються запуски №0 і №3, а на схему формування подається напруга 27В, в результаті чого відбувається зміна часових інтервалів тригера і відімкнення схеми формування корегуючої напруги.

Часова діаграма роботи атенюатора №3 в режимі ввімкненої корекції наведена на рис. 1.5 (а) в режимі відімкненої корекції на рис. 1.5 (б).

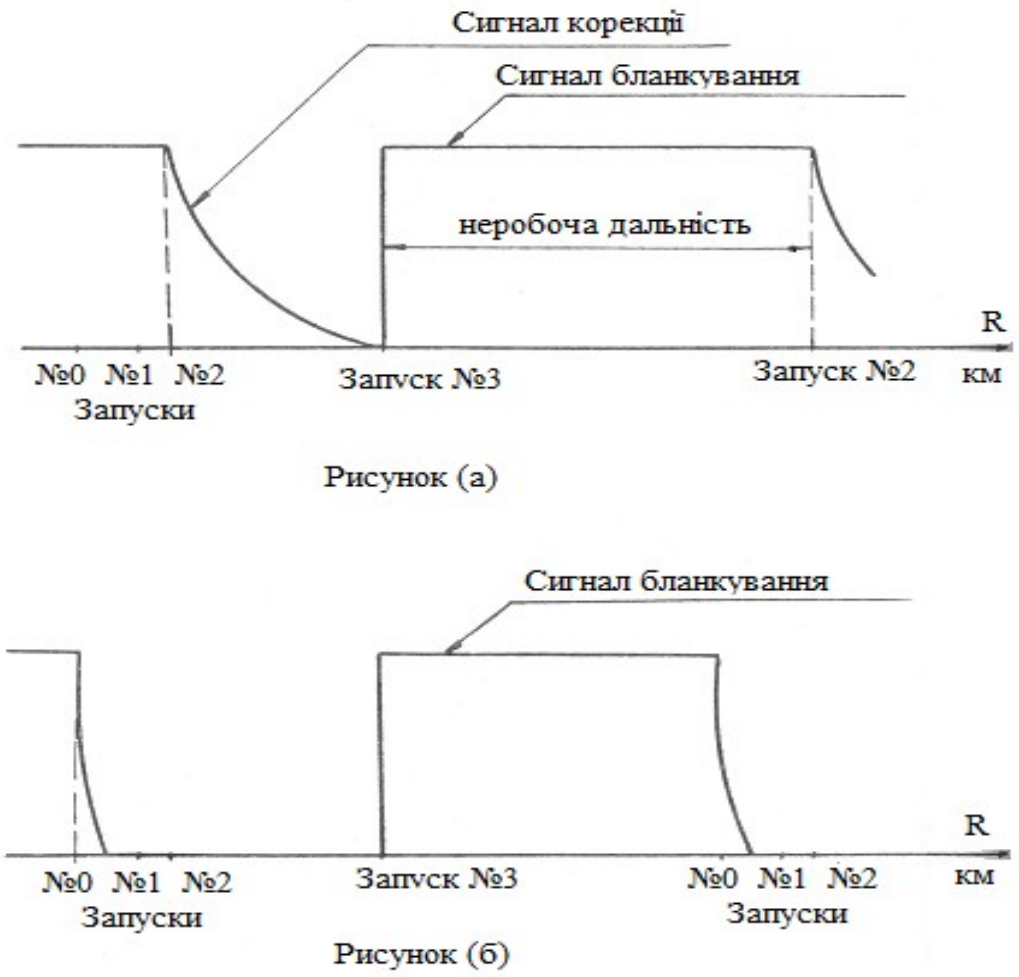

Рисунок 1.5 – Часова діаграма роботи атенюатора №3.

На тимчасових діаграмах запуск №1 відповідає зондуючому імпульсу, запуск № 2 - початку корекції і кінцю бланкування неробочої дальності в режимі ввімкненої корекції, запуск № 3 - кінцю корекції і початку бланкування неробочої дальності і запуск № 0 - кінцю бланкування неробочої дальності в режимі відімкненої корекції.

Після атенюаторів в приймальному тракті встановлений генератор шуму, який використовується як генератор опорного шумового сигналу, необхідного для роботи схем автоматичної стабілізації посилення і безперервного контролю коефіцієнта шуму приймача.

В кінці кожного рекурентного періоду (на неробочій дальності) генератор шуму генерує високочастотний опорний шумовий сигнал, тривалість і тимчасове положення якого визначається імпульсом модулятора генератора шуму ГШ, розташованого в шафі приймального пристрою.

Відбиті сигнали і високочастотний опорний сигнал генератора шуму надходять далі на вхід підсилювача НВЧ, рівного на лампі бігучої хвилі, де

посилюються не менше ніж в 100 разів (20 дБ). Між підсилювачем НВЧ і змішувачем сигналу встановлений преселектор, налаштований на частоту передавача і призначений для послаблення зовнішніх перешкод і власних шумів по дзеркальному каналу.

Посилений високочастотний імпульсний сигнал з виходу преселектора надходить на вхід балансного змішувача сигналу, на який одночасно подається сигнал гетеродина у вигляді безперервних високочастотних коливань. Гетеродин виконаний на напівпровідникових приладах за принципом множення частоти і складається з підлаштовуваного вручну або автоматично автогенератора, підсилювача і помножувача частоти. Потужність гетеродина, що підводиться до змішувачів сигналу і АПЧ через подільник потужності, може регулюватися за допомогою плавного механічно регульованого атенюатора.

В результаті змішування частот високочастотного імпульсного сигналу і сигналу гетеродина на виході змішувача отримуємо сигнал проміжної частоти 30 Мгц, який надходить на вхід попереднього підсилювача проміжної частоти (ПППЧ).

Посилений двома каскадами сигнал ПЧ через емітерний повторювач з виходу ПУППЧ через височастотний трійник високочастотним кабелем подається на вхід підсилювача проміжної частоти з логарифмічною амплітудною характеристикою (ППЧ з ЛАХ) і на вихід шафи приймального пристрою.

ППЧ з ЛАХ призначений для посилення і розширення динамічного діапазону пристрою приймального по входу і виконаний за схемою послідовного детектування сигналів з їх наступним складанням через розв'язуючі каскади - відеопідсилювачі на загальному навантаженні.

ППЧ з ЛАХ має два виходи - вихід логарифмічний і вихід лінійний. Посилений вісьмома каскадами сигнал ПЧ детектується і через емітерний повторювач з логарифмічного виходу високочастотним кабелем подається на вхід роздільника відеосигналів, а продетектований сигнал ПЧ з лінійного виходу подається на лінійку автоматичної стабілізації посилення (АСП) і на плату комірки змінної ЯС2-РА208 індикатора коефіцієнта шуму.

Для підтримки постійної різниці частот передавача і гетеродина в пристрої приймальному застосована схема автоматичного підстроювання частоти (АПЧ) гетеродина. Високочастотні імпульси передавача, ослаблені до необхідної величини спрямованим відгалужувачем передавального тракту і змінним механічно регульованим атенюатором, через хвилевідно-кабельний перехід подаються на вхід балансного змішувача АПЧ, на який одночасно подається сигнал гетеродина у вигляді безперервних високочастотних коливань. В результаті змішування частот високочастотного імпульсного сигналу передавача і сигналу гетеродина на виході змішувача АПЧ виходить сигнал проміжної частоти 30 Мгц, який

надходить на вхід лінійки АПЧ. Посилений одним каскадом сигнал ПЧ подається на вхід дискримінатора. На виході дискримінатора виходить імпульсна напруга, амплітуда і полярність якої залежать від величини відходу ПЧ в ту або іншу сторону від значення 30 Мгц.

Імпульсна напруга з виходу дискримінатора через емітерний повторювач подається на відеопідсилювач, підсилюється відеопідсилювачем і з виходу лінійки АПЧ подається на вхід (на піковий детектор) лінійки пошуку і стеження (ЛПС). Схема пошуку і стеження є генератором лінійнопадаючої напруги.

У режимі пошуку за відсутності сигналу, передавач генератору напруги, яка лінійно-падає, виробляє пилкоподібну напругу, а через емітерний повторювач з виходу ЛПС подається на автогенератор гетеродина, змінюючи його частоту в певних межах.

Перехід з режиму пошуку в режим стеження відбувається в мить, коли на виході балансного змішувача АПЧ отримуємо проміжну частоту, близьку до 30 Мгц, і коли на виході лінійки АПЧ з'являється різницевий сигнал позитивної полярності.

З різницевого сигналу позитивної полярності піковий детектор виробляє постійну негативну напругу, яка потім подається на вхід генератора напруги, що лінійно-падає, спричиняючи зрив генерації пилкоподібної напруги. Генератор напруги, що лінійно-падає, починає працювати як підсилювач постійної напруги. Постійна напруга через обмежувачі згори і знизу і емітерний повторювач подається на автогенератор, здійснюючи безперервне підстроювання частоти гетеродина, забезпечуючи тим самим значення проміжної частоти, близької до 30 Мгц.

Окрім режиму "АПЧ" в пристрої приймальному передбачений режим ручного регулювання частоти (РРЧ). У режимі "РРЧ" в якості керуючої напруги, використовується напруга джерела живлення 12,6В, яка через привід потенціометра подається на піковий детектор ЛПС. Подальше проходження керуючої напруги через ЛПС до автогенератора гетеродина аналогічно проходженню сигналу в режимі "АПЧ". Таким чином, при зміні вручну величини постійної напруги на виході приводу потенціометра змінюється величина порівнюючої напруги, що подається на автогенератор, і змінюється частота гетеродина.

У приймальному пристрої передбачений контроль наявності точності підтримки проміжної частоти під час роботи РЛС. Сигнал проміжної частоти, посилений двома каскадами ПЧ лінійки АПЧ, подається на вхід лінійки контролю ПЧ (ЛКПЧ). У ЛКПЧ сигнал ПЧ посилюється двома каскадами і надходить на фільтр зосередженої селекції (ФЗС), призначений для формування смуги пропускання. Після ФЗС сигнал посилюється одним каскадом ПЧ і детектується амплітудно-частотним детектором.

Імпульсний сигнал з виходу детектора посилюється відеопідсилювачем і подається на піковий детектор, на виході якого ввімкнений вимірювальний прилад - мікроамперметр постійного струму.

За відсутності сигналу передавача, що відповідає відсутності сигналу проміжної частоти на вході ЛКПЧ, стрілка приладу знаходиться на нулі. При ввімкненому передавачі або при поданні сигналу від генератора ГСС на вхід змішувача АПЧ стрілка приладу відхиляється і знаходиться в робочому секторі, нанесеному на шкалі пристрою.

Для підтримки посилення на заданому рівні при будь-якому рівні сигналу, що приймається, в пристрої приймальному застосована схема автоматичної стабілізації посилення (АСП). Для роботи схеми АСП використовується генератор шуму (ГШ), що забезпечує високу точність і стабільність потужності опору шумового сигналу. Як запускаючий імпульс модулятора ГШ використовується запуск 3. Схема АСП працює таким чином: на вхід лінійки АСП подається запуск 4, яким запускається мультивібратор. Прямокутний імпульс мультивібратора (строб) подається на каскад збігу.

На цей же каскад збігу з лінійного виходу ППЧ з ЛАХ подається опорний шумовий сигнал від ГШ, який співпадає за часом з імпульсом мультивібратора. Після каскаду збігу стробований шумовий сигнал через емітерний повторювач подається на відеопідсилювач. З виходу відеопідсилювача стробований шумовий сигнал подається на піковий детектор кола регулювання посилення і на піковий детектор кола контролю посилення. На виході пікового детектора ввімкнений індикаторний прилад "Контроль посилення", стрілка якого при роботі приймального пристрою знаходиться в робочому секторі, нанесеному на шкалі приладу. З виходу відеопідсилювача стробований шумовий сигнал потрапляє на піковий детектор кола регулювання посилення, а потім через емітерний повторювач постійна регулююча напруга в режимі "АСП" подається на регульований каскад ПППЧ, підтримуючи таким чином посилення приймального тракту на заданому рівні. У приймальному пристрої, окрім "АСП", є режим ручного регулювання посилення (РРП). У режимі "РРП" як регулююча напруга використовується напруга джерела живлення 12,6В, яка через привід потенціометра подається на регульований каскад ПППЧ. Таким чином, при зміні вручну величини постійної напруги на виході приводу потенціометра змінюється величина регулюючої напруги, що подається на ПППЧ, і змінюється посилення регульованого каскаду, а значить, змінюється посилення усього тракту приймального пристрою.

1.2.1 Підсилювач високої частоти

Підсилювач високої частоти призначений:

- для посилення прийнятих антеною сигналів високої частоти у робочому діапазоні хвиль;
- для підвищення чутливості приймального пристрою радіо локаційної станції.

Підсилювач високої частоти забезпечує такі електричні параметри:

- коефіцієнт шуму не більший ніж 6 дБ;
- коефіцієнт посилення не менший ніж 18 дБ;
- нерівномірність частотної характеристики коефіцієнта посилення не більша за 3 дБ;
- час готовності не більший за 2 хвилин.

Підсилювач високої частоти допускає роботу і зберігає електричні параметри в умовах:

а) зміни температури довкілля від +5° до +40°С;

б) при і після дії довкілля з відносною вологістю 90-95% при температурі +30°.

До складу підсилювача високої частоти входять такі вузли:

а) лампа хвилі, що біжить ЛБХ;

б) стабілізатор струму СТ-14 ;

в) стабілізований випрямляч СШ-400-0,04;

г) елементи керування контролю і захисту.

Підсилювач високої частоти виконаний на ЛБХ, який є малошумливим підсилювачем із стрічковим електронним потоком і екранованою фокусуючою системою на постійних магнітах.

Підсилювач на ЛБХ - це підсилювач повільної хвилі просторового заряду, в якому енергія електронного потоку передається електричному полю хвилі, що поширюється по спіралі. Живлення підсилювача високої частоти здійснюється від стабілізованих джерел живлення :

а) стабілізованого випрямляча СВП-400-0,04 для живлення електродів ЛБВ;

б) стабілізатора струму СТ-14 для живлення напруження ЛБВ.

Вмикання підсилювача високої частоти здійснюється одночасно з приймальним пристроєм поданням напруги живлення мережі 220В 50Гц на стабілізатор струму СТ-14 і стабілізуючий випрямляч СВП- 400-0,04. Ввімкнення останнього робиться через 2-3 хвилини після вмикання стабілізатора струму напруження. Регулювання напруження ЛБВ здійснюється змінним резистором R15, що знаходиться в стабілізаторі струму СТ-14. Струм напруження контролюється приладом ІП1, встановленим в приймальному пристрої. Регулювання напруги 400 вольт робиться потенціометром, розташованим в стабілізованому випрямлячі СВП-400-0,04. Стабілізована напруга 400 вольт подається на колектор ЛБВ через вимірювальний прилад ІП2, що знаходиться в приймальному пристрої, і контролюючий струм колектора.

Для установки номіналів живлячої напруги на електродах (1-8) і спіралі ЛБХ використовуються подільники зі змінними резисторами, які живляться від напруги +400В.

Підсилювач високої частоти розміщується в шафі приймального пристрою.

До складу підсилювача входять:

- ЛБХ;
- стабілізатор струму напруження СТ-14 ;
- стабілізований випрямляч СВП-400-0,04;
- контрольно-вимірювальні прилади: ІП1 - для контролю струму напруження і ІП2 - для контролю струму колектора ЛБВ;
- елементи установки напруги на електродах приладу;
- елементи захисту і сигналізації аварії в колах живлення ЛБВ;
- контрольні гнізда Гн2-Гн12 для виміру напруги, встановлювані на електродах. Уся напруга вимірюється відносно гнізда ГнЗ (мінус 400 вольт);
- клеми К1 і К2 з перемичкою для підключення того приладу, що вимірює струм спіралі.

ЛБХ встановлена на шасі. З'єднання входу і виходу ЛБВ з трактом приймального пристрою здійснюється за допомогою двох кутових хвилевідних переходів з перерізом 12,6×28 мм на переріз 10×23 мм.

Стабілізатор струму напруження СТ-14 і стабілізований випрямляч СБП-400-0,04 виконані на окремих знімних шасі і кріпляться до шасі блоку невипадаючими гвинтами. Контрольно-вимірювальні прилади ІП1 і ІП2 встановлені на панелі. На планці знаходиться змінний резистор регулювання напруги на спіралі ЛБХ. Доступ до цих елементів здійснюється з лицьової панелі шафи приймального пристрою. Змінні резистори для установки живлячої напруги на електродах 1-8 разом з контрольними гніздами встановлені на окремій ізоляційній платі з правого боку, доступ до них здійснюється тільки при висуненому приймальному пристрої.

1.2.2 Преселектор

Преселектор призначений для пригнічення спектра частот, що лежать поза смугою пропускання преселектора.

Преселектор забезпечує такі електричні параметри:

а) коефіцієнт стоячої хвилі (КСХ) не більше 1,5;

б) смуга пропускання - 23-50 Мгц;

в)втрати в смузі пропускання - не більше 3дБ;

г) послаблення на дзеркальній частоті (f сиг.- 2 f пр.) – більше за 10 дБ.

Робота преселектора ґрунтована на властивостях коливального контуру, ввімкненого в розрив лінії НВЧ. В зв'язку з тим, що на частотах резонансу контур, увімкнений таким чином, представляє малий опір струму СЗЧ, а для усього іншого спектру частот є елементом з великим загасанням, має місце селекція сигналів.

Преселектор (рис. 1.6) у вигляді контуру з розподіленими постійними представляє собою прямокутний відрізок хвилеводу перерізом 10х23мм, запаяний з обох торців струмопровідними діафрагмами, і об'ємний порожнистий резонатор, що представляє таким чином, в якому через вікна зв'язку збуджується електромагнітна енергія НВЧ у вигляді хвилі H_{01}. Отвори зв'язку прорізають в діафрагмах резонатора; через один з них ("1" рис. 1.6) здійснюється збудження електромагнітної енергії, а через інший ("2" рис. 1.6) її відсмоктування навантаженням, яким є змішувач.

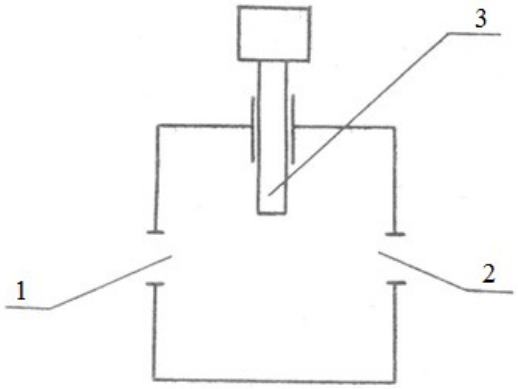

Рисунок 1.6 – Спрощена схема преселектора

У об'єм резонатора уздовж електричної складової поля вводиться штир з радіо фарфору ("3" рис. 1.6), який змінює ємнісну складову резонатора і тим самим що здійснює плавне налаштування преселектора на робочу частоту сигналу.

Загальний вигляд преселектора наведений на рис. 1.7.

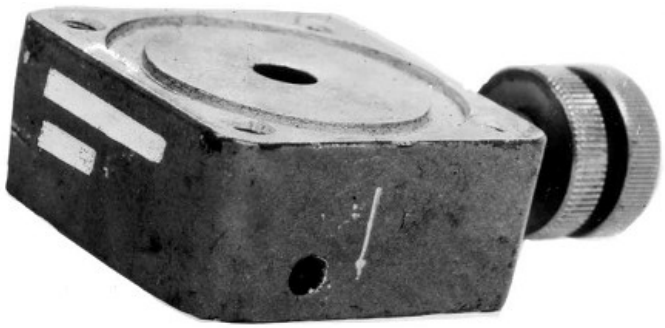

Рисунок 1.7 – Загальний вигляд преселектора

1.2.3 Допоміжні елементи НВЧ приймального пристрою

Атенюатори призначені для регулювання високочастотної потужності гетеродина і передавача, яка подається на змішувач приймального пристрою.

Атенюатор забезпечує:

- початкове загасання ≤1,5 дБ;
- максимальне загасання ≥20 дБ;
- КСХ атенюатору при будь-якому його загасанні ≤1,5.

Атенюатор виконаний на хвилеводі перерізом 10×23 мм, усередині якого паралельно вузькій стінці поміщена фарфорова пластина, покрита з одного боку масою, що поглинає високочастотну енергію. Для кращого узгодження кінці пластини мають скоси. Зміна загасання забезпечується переміщенням пластини від вузької стінки хвилеводу до його середньої лінії. Переміщення пластини атенюатора здійснюється відліковим пристроєм.

Загальний вигляд атенюатора наведений на рис. 1.8.

Рисунок 1.8 – Загальний вигляд атенюатора

Хвилевідно-кабельний перехід призначений для передачі високочастотної енергії передавача іншим елементам хвилевідного тракту приймального пристрою. Хвилевідно-кабельний перехід забезпечує:

- КСХ ≤1,5;
- загасання ≤3 дБ.

Хвилевідно-кабельний перехід складається з двух відрізків хвилеводу перерізом 10×23мм з фланцями, сполучених між собою кабелем. Узгодження хвилевих опорів хвилеводу і кабелю забезпечується погоджувальними елементами: Т-подібним зондом, утвореним втулкою Б і жилою кабелю (рис. 1.9), відрізком діелектрика кабелю А, промовця з кабельного наконечника В, а також відстанню від Т-подібного зонду до

закороченої задньої стінки хвилеводу, рівною 1/4 довжини хвилі в хвилеводі.

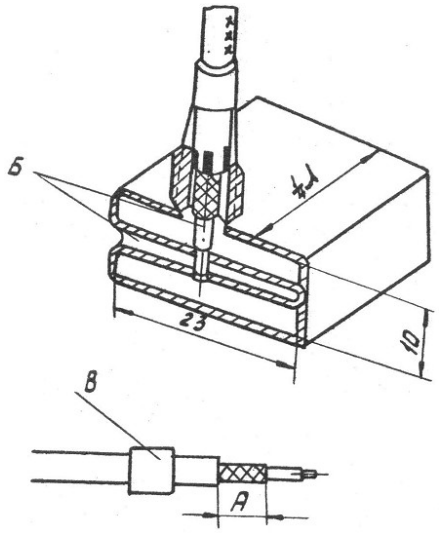

Рисунок 1.9 – Конструкція хвилевідно-кабельного переходу

Загальний вигляд хвилевідно-кабельного переходу представлений на рис. 1.10.

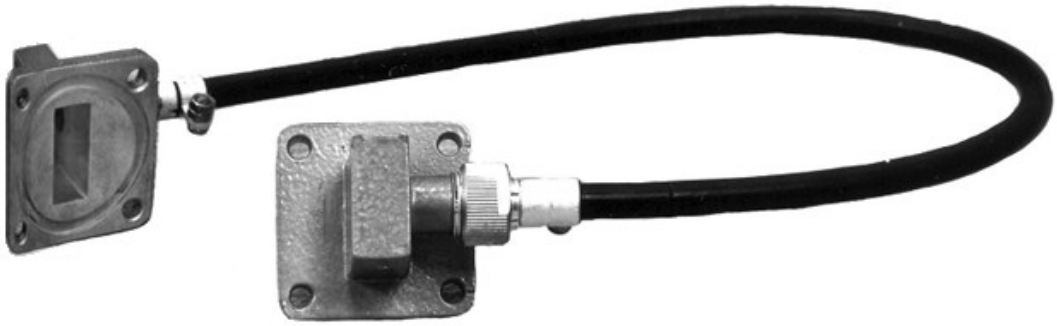

Рисунок 1.10 – Загальний вигляд хвилевідно-кабельного переходу

1.2.4 Змішувач

Змішувач призначений для перетворення сигналів високої частоти на сигнали проміжної частоти. Змішувач має такі технічні дані:

а) КСХ по входу сигналу ≤1,5;

б) КСХ по входу гетеродина ≤1,5;

в) КСХ по входу кожної детекторної секції ≤2;

г) кожен щілинний міст забезпечує ділення потужності на дві рівні частини.

До складу змішувача входять такі основні елементи:

- балансний змішувач каналу сигналу, призначений для перетворення високочастотного сигналу, що надходить з антени через ПВЧ на сигнал проміжної частоти;
- балансний змішувач каналу АПЧ, який перетворює ослаблений до необхідної величини високочастотний сигнал передавача на сигнал проміжної частоти;
- дільник потужності гетеродина.

Конструктивно змішувач виконаний з детекторних секцій і хвилевідних щілинних мостів. Блок детекторних секцій складається з чотирьох погоджених детекторних секцій, конструктивно виготовлених з відрізків перерізом 10×23 мм і спаяних між собою по вузькій стінці. Дві з них (а, б рис. 1.11) відносяться до балансного змішувача сигналу і дві (в, г рис. 1.11) до балансного змішувача АПЧ. Блок хвилеводних мостів є вузлом, що складається з трьох хвилевідних щілинних мостів (рис. 1.11) і виконує роль розгалужувача і дільника потужності сигналу, сигналу АПЧ і гетеродина.

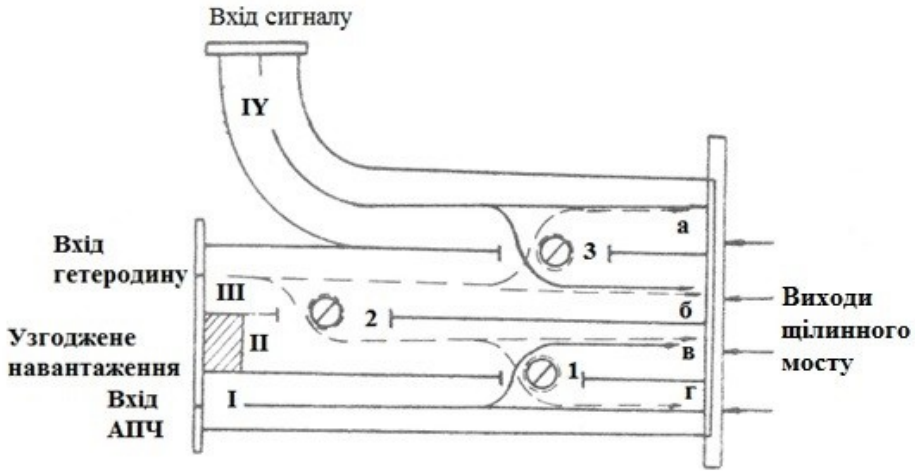

Рисунок 1.11 – Конструкція блоку хвилевідних мостів:
а,б,в,г – виходи хвилевідних мостів

Кожен хвилевідний щілинний міст це два спаяних по вузькій стінці хвилеводи, які з'єднуються між собою через отвір зв'язку. Для узгодження моста і ділення потужності, що надходить в одно з плечей (І, Ш, IУ) моста, на дві рівні частини, в центрі щілини встановлений ємнісний штир.

Розгалуження і ділення потужності сигналів у блоці хвилеводних мостів схематично показане на рис.1.11. Потужність відбитих сигналів від антени через ПВЧ надходить в плече IУ, де ділиться ХВИЛЕВІДНИМ мостом навпіл і надходить в детекторні секції "а" і "б". Потужність гетеродина, що надходить в плече Ш, ділиться навпіл двічі: спочатку хвилевідним мостом 2 і далі кожна половина ділиться ще раз на дві

частини мостами 1 і 3. Таким чином, потужність гетеродина ділиться на чотири рівні частини і надходить в детекторні секції "а", "б", "в", "г".

1.2.5 Гетеродин

Гетеродин є перебудовуваним по частоті генератором, призначеним для генерування безперервних коливань НВЧ, що подаються на змішувач сигналу і змішувач АПЧ приймального облаштування першого каналу радіолокаційної станції штормооповіщення і градозахисту. Гетеродин зберігає працездатність в інтервалі від +5°С до +40°С.

Діапазон частот гетеродина 9565±15 Мгц.

Потужність на виході гетеродина не має бути менша ніж:

4 мВт - на середній частоті,

2 мВт - на краю діапазону.

Межі зміни керуючої напруги мінус 5-I2В.

Конструктивно гетеродин виконаний у вигляді герметизованого мікровузла, який укріплений на загальному шасі через проміжний кронштейн.

Структурна схема, наведена на рис. 1.12, включає:

- генератор, керований напругою (ГНН);
- підсилювач потужності (ПП);
- помножувач частоти (ПЧ);
- фільтри живлення;
- хвилевідно-мікросмужковий перехід (ХМСП).

Корпус гетеродина виконаний з алюмінієвого сплаву. Він має форму прямокутного паралелепіпеда. З одного боку корпусу усередині герметизованого об'єму на проміжній основі з титану закріплена мікросхема, виготовлена на полікору, а з іншого боку під металевою кришкою розташовується склотекстолітова плата фільтра живлення з навісними елементами.

Розетка РГГН-3 призначена для подання живлення на гетеродин. Всередину гетеродина живлення подається через герметизовані склом вводи.

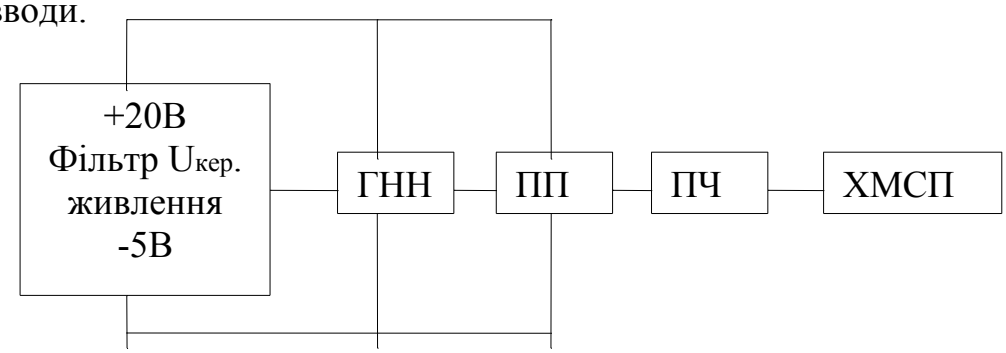

Рисунок 1.12 – Структурна схема гетеродина

Знімання високочастотної енергії здійснюється через хвилевідно-мікросмужковий перехід (ХМСП), що має герметизоване виведення з корпусу гетеродина. ХМСП є пристрій, в якому між хвилевідним і мікросмужковою лінією розташований проміжний відрізок коаксіальної лінії. НВЧ - перехід від мікросмужкової лінії до центрального провідника коаксиала здійснюється спеціальною контактною пелюсткою. Форма і розміри пелюстки підібрані за умови компенсації розузгодження, що вноситься конструктивними зазорами між мікросмужковою платою і ХМСП.

Габарити гетеородина 100×52×42 мм.

Маса 250 гр.

Загальний вигляд гетеродина наведений на рис. 1.13.

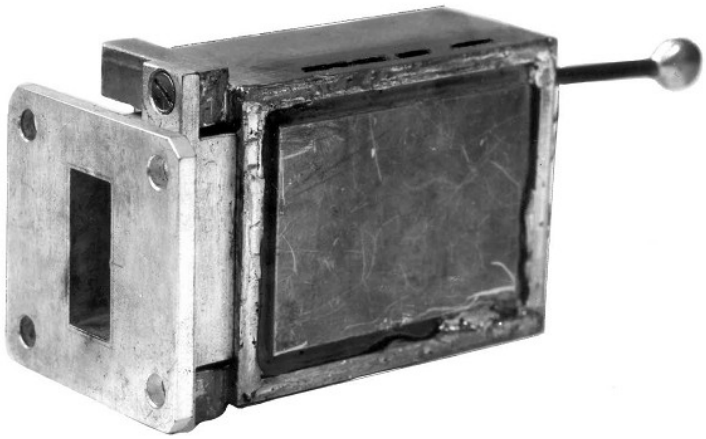

Рисунок 1.13 – Загальний вигляд гетеродина

1.3 Система керування приймальним облаштуванням I каналу

Систему керування приймальним пристроєм можна розділити на дві частини:

- логічна частина пристрою керування, виконана на напівпровідникових приладах;
- силові реле, розташовані безпосередньо в самому приймальному пристрої і пристрої керування і сигнальні лампи, виведені на передню панель пристрою.

Логічна частина пристрою керування виконана на друкованій платі.

Плата керування пристроєм забезпечує ввімкнення приймального пристрою за наступною програмою:

- ввімкнення накальних кіл;
- ввімкнення анодних кіл з витримкою часу 3 хв ±30 с.

У режимі "Налаштування" ввімкнення приймального пристрою здійснюється за допомогою кнопки «ВКЛ.», що знаходиться на передній

панелі приймального пристрою, а відімкнення кнопкою «ОТКЛ.», розташованою там же.

У режимі "Робота" ввімкнення і відімкнення приймального пристрою здійснюється спільно з передавальним пристроєм і для кожного приймача своїми пристроями керування, які розташовані на панелі керування приймально-передавачем індикаторного відсіку.

Окрім відімкнення за бажанням обслуговуючого персоналу приймальний пристрій може бути відключений по аварійних сигналах, до яких відносяться :

- аварія самого приймального пристрою;
- аварія джерел живлення;
- аварія, спричинена перегоранням запобіжників типу ПС.

Після усунення аварії скидання аварії здійснюється натисненням кнопки «ВКЛ.» на передній панелі приймального пристрою.

Для отримання інформації про функціонування апаратури на передній панелі приймального пристрою встановлені такі сигнальні лампи:

- НАПРУЖЕННЯ,
- АНОД,
- НАЛАШТУВАННЯ,
- РОБОТА,
- АВАРІЯ.

Розглянемо детальніше роботу системи керування приймальним пристроєм.

При установці в апаратному відсіку на щиті ЩЛ-039М перемикача роду робіт з положення НАЛАШТУВАННЯ на передній панелі приймального пристрою спалахує сигнальна лампа Л2 НАЛАШТУВАННЯ. При натисненні кнопки Кн1 «ВКЛ.» 27В надходить через колодку Ш4-25 плати керування на складений транзистор Т2, Т3. Транзистор відкриється і через Ш4-28 плати керування "Корпус" надійде на контакт Б обмотки реле Р1, Р2. Реле спрацьовують, і контакти (1-2) і (7-8) реле Р2 подадуть мережу 220В 50 Гц ф. А і ф. В на ввімкнення накальних кіл. Замкнеться контакт (7-8) реле Р2 і подасть мінус 27В на пристрої У10, Ш10-30, У16-10,11, У18 Ш18-5 і на R37. Через контакти 1-2 реле Р1 27В "Сигнал накал" видається на вихідну колодку приймального пристрою Ш23-32 і одночасно 27В подається на запобіжники Пр6, Пр7 і Пр8, на УІ7 Ш17-23; УІ9 Ш21-2Б, 3Б і готує до ввімкнення анодне реле Р3. На передній панелі приймального пристрою спалахує сигнальна лампа Л4 «НАКАЛ», і через Ш4-22 плати керування 27В "Сигнал накал" надійде на напівпровідникове реле часу.

Напівпровідникове реле часу складається з тригера і кола RC, який і створює потрібну витримку часу. Час заряду конденсатора С3, С4 визначається порогом спрацьовування стабілітрона Д12. Після того, як спрацює Д12, відкриється транзистор Т4. Останній через резистор R9

відкриє транзистор Т5. З колектора транзистора Т5 видається сигнал 27В на вихід схеми затримки і одночасно на базу транзистора Т4, який входить в насичення і залишається у відкритому стані. При відключенні напівпровідникового реле часу місткість С3, С4 розряджається через діод Д10 і резистор R5. Схема затримки приходить в початковий стан. Напівпровідникове реле часу спрацює через 3хв±30с після вступу "Сигналу накал" і подасть 27В на складений транзистор Т6, Т7.

Транзистор відкриється і через Ш4-3 "Корпус" надійде на контакт (Б) обмотки реле РЗ, яке до цього часу підготується для ввімкнення. Реле Р3 спрацьовує і контактом (7-8) подає 220В 50 Гц ф. С на ввімкнення анодних джерел підсилювача НВЧ. Одночасно замкнеться контакт (1-2) реле Р3 і видасть на вихідну колодку приймального пристрою Ш23-ЗІ 27В "Сигнал ввімкнення анода". На передній панелі приймального пристрою спалахує сигнальна лампа Л6 АНОД.

У разі аварії ЛБВ, аварії негативних або позитивних джерел живлення сигнал аварії надходить через Ш4-13, Ш4-23 і Ш4-24 відповідно плати керування на тиристор Д19. Тиристор спрацює і відкриє транзистор Т10. На колодці Ш4-19 з'явиться 27В "Сигнал аварії".

На передній панелі приймального пристрою спалахує сигнальна лампа ЛЗ - АВАРІЯ. Вузол запам'ятовування знаходитиметься в цьому положенні до тих пір, поки на тиристор не надійде з Ш4-9 сигнал "Скидання аварії". Для цього необхідно усунути аварію і на передній панелі приймального пристрою натиснути кнопку Кн1 ВКЛ. Гасне сигнальна лампа АВАРІЯ.

У разі згорання будь-якого із запобіжників Пр1-Пр8 на Ш4-16 надійде 27В "Аварія". Відкриється транзистор Т10 і на Ш4-19 з'явиться 27В "Сигнал аварія". На передній панелі спалахує сигнальна лампа Л3 - АВАРІЯ. Після заміни несправного запобіжника зніметься "+27В" з колодки Ш4-16. Закриється транзистор Т10 і світиться "+27В Сигнал аварія" з Ш4-19. Гасне сигнальна лампа АВАРІЯ.

Відімкнення приймального пристрою за бажанням обслуговуючого персоналу здійснюється натисненням на передній панелі приймального пристрою кнопки Кн2 «ОТКЛ».

В цьому випадку "+27В" з П34-20 надійде на транзистор Т1. Останній відкриється і закриє складений транзистор Т2, Т3. З колодки - Ш4-28 знімається "Корпус". Знеструмляться реле Р1, Р2. Станеться відімкнення накальних і анодних кіл. При установці на передній панелі приймального пристрою тумблера В2 в положення «АСУ» підстроювання посилення приймача відбувається автоматично.

При перекладі тумблера В2 в положення «РРУ» підстроювання посилення здійснюється вручну за допомогою кнопок Кн3 - БІЛЬШЕ і Кн4 - МЕНШЕ. При установці тумблера В3 в положення «АПЧ» підстроювання частоти відбувається автоматично. При перекладі тумблера

В3 в положення «РРЧ» підстроювання частоти здійснюється вручну за допомогою кнопок Кн5 - БІЛЬШЕ і Кн6 - МЕНШЕ. Ввімкнення і відімкнення корекції здійснюється за допомогою тумблера В4.

При установці в апаратному відсіку на щиті ЩЛ-039М перемикача роду робіт в положення «РАБОТА» на передній панелі приймального пристрою гасне сигнальна лампа Л2 – «НАСТРОЙКА» і спалахує сигнальна лампа Л5 – «РАБОТА». При цьому знеструмлюються усі органи керування, розташовані на передній панелі приймального пристрою, і усе керування здійснюється з панелі керування приймально-передатчиком, розташованим в індикаторному відсіку.

2. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА АПАРАТУРА ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЧА І КАНАЛУ

2.1 Облаштування індикатора коефіцієнта шуму (ІКШ)

Одним з найважливіших параметрів приймально-підсилювального пристрою є його гранична чутливість, що визначає здатність виявляти слабкі сигнали.

Величина граничної чутливості залежить від рівня шумів, що виникають усередині приймально-підсилювального пристрою. Цей рівень характеризується коефіцієнтом шуму (КШ) приймального пристрою. Коефіцієнт шуму показує, в скільки разів зменшується відношення сигнал / шум при проходженні сигналу через лінійну частину приймача.

Індикатор коефіцієнта шуму (ІКШ) призначений для безперервного контролю КШ приймального пристрою, а так само для видачі сигналу, пропорційного контрольованому КШ, на індикатор потенціалу і вимірника потужності.

Технічні дані:

- робочий діапазон частот відповідає діапазону частот використовуваного генератора шуму;
- межі контрольованих величин коефіцієнта шуму 2-12 од.

Склад облаштування ІКШ. До складу пристрою ІКШ входять:

- комірка змінна ЯС2-РА208, призначена для селекції і посилення відеошумів, що надходять з лінійного виходу ППЧ з ЛАХ, і перетворення їх на напругу постійного струму;
- блок МПП, призначений для живлення і модуляції генератора шумів;
- генератор шумів ГШ - джерело високочастотного каліброваного шумового сигналу.

2.2 Принцип дії ІКШ за функціональною схемою

Принцип дії ІКШ пояснюється функціональною схемою, наведеною на рис. 2.1, а також часовою діаграмою сигналів в окремих точках схеми, зображеної на рис. 2.2. З точки зору функціонування усі вузли, що входять в схему електричну функціональну, можна розділити на дві групи:

а) вузли, призначені для формування опорного сигналу від генератора шуму;

б) вузли, призначені для обробки змішаного сигналу (власні шуми приймача і шуми генератора шуму).

Для розділення сигналів, пропорційних потужностям власних шумів приймального пристрою і шумів опорного сигналу від ГШ, в схемі застосований модуляційний метод. У кожному періоді повторення модулятор генератора шуму (МГШ) вмикає генератор шуму на період часу, визначуваний запусками 3 і 5 синхронізатора.

Високочастотний еталонний шумовий сигнал змішується з шумами вхідних каскадів приймального пристрою. Модульований шумовий сигнал з виходу ПППЧ надходить на ППЧ з ЛАХ приймального пристрою. Тут він посилюється, детектується і з лінійного виходу надходить на змінну ланку ЯС2-РА208.

Змінна ланка ЯС2-РА208 виконує функцію безперервного автоматичного контролю сигналу, пропорційного зміні коефіцієнта шуму приймального пристрою. У вхідному каскаді ЯС2-РА208 відбувається зрівнювання власних і сумарних шумів по амплітуді. Далі ці шуми селекціонуються на ключових схемах У1 і У2. Керування цими ключами робиться за допомогою блокінг-генераторів, які запускаються за допомогою запусків 4 і 6 від синхронізатора.

Розділені в часі і зрівняні по амплітуді сигнали однакової тривалості проходять через підсилювальну систему і систему АРП. Система АРП призначена для підтримки постійного коефіцієнта передачі посилено-перетворювального каналу.

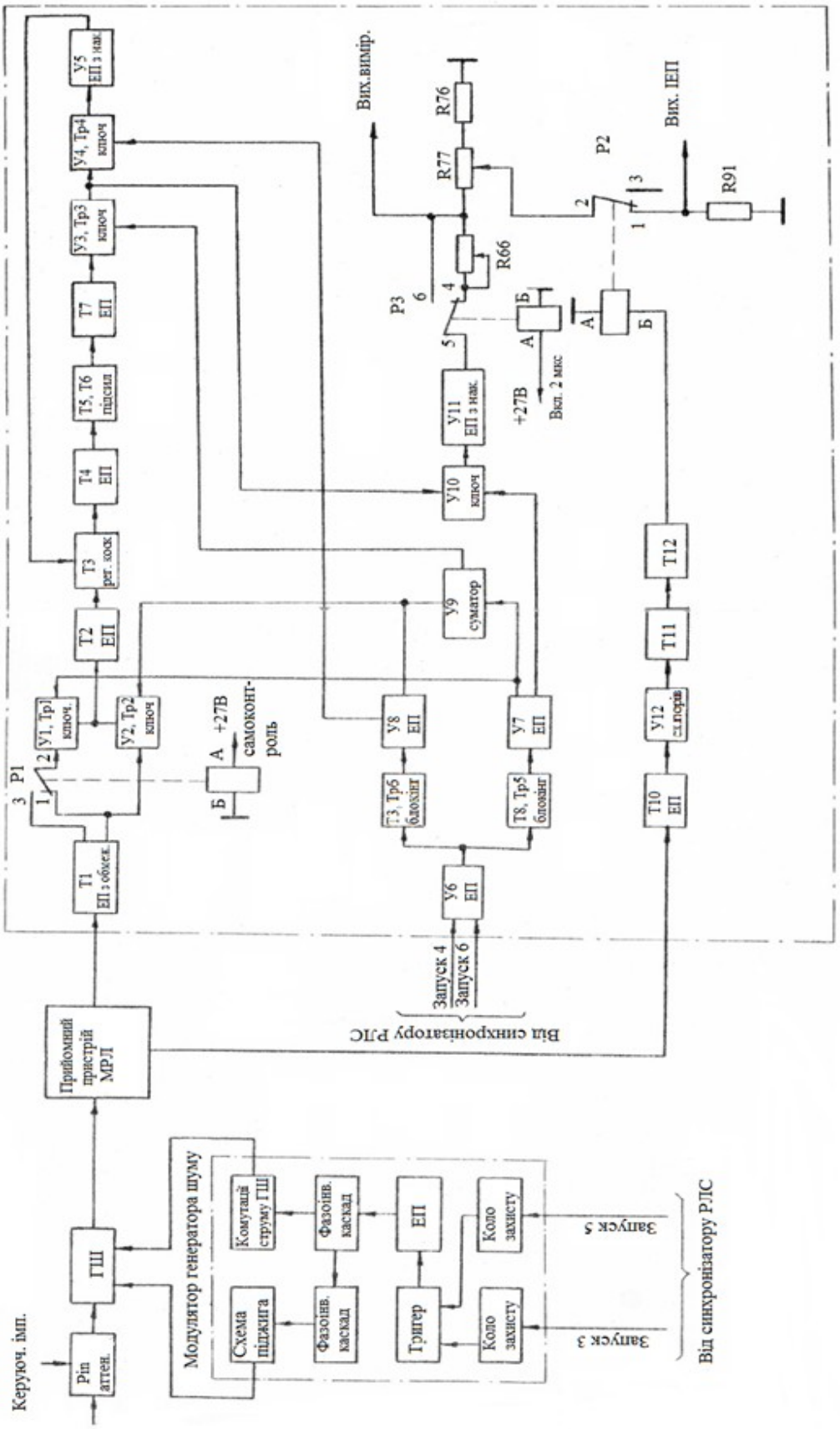

Рисунок 2.1 – Схема функціональна ІКШ

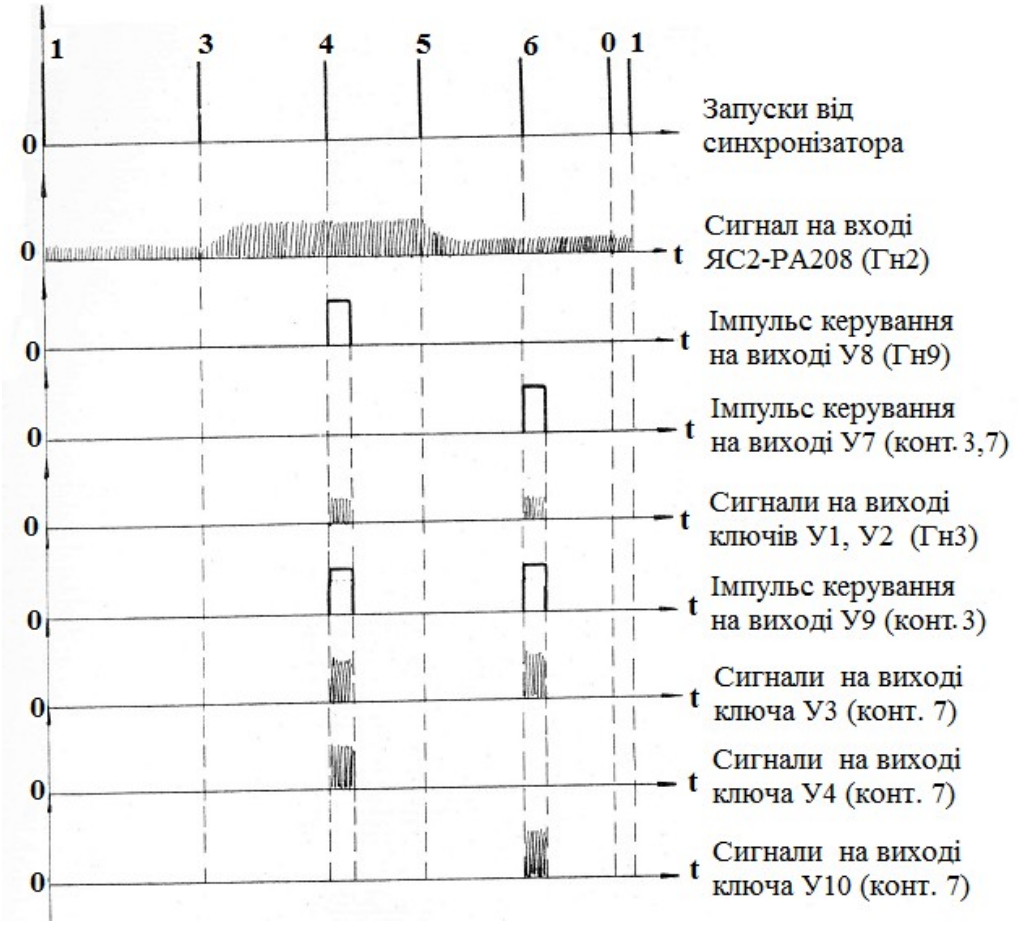

Рисунок 2.2 – Часова діаграма сигналів ІКШ

Сигнал, пропорційний власним шумам приймального пристрою, перетвориться на постійну напругу і надходійде на індикаторний прилад. Сигнал, пропорційний сумарним шумам, використовується в системі автоматичного регулювання посилення (АРП).
Змінна ланка дозволяє робити контроль енергетичного потенціалу станції при працюючому передавачі.

2.3 Модулятор генератора шуму

Модулятор генератора шуму (МГШ) призначений для живлення і модуляції шумового генератора (ГШ). Під модуляцією мається на увазі ввімкнення і виключення ГШ. Ввімкнення здійснюється схемою підпалу, а вимкнення - схемою комутації анодного струму ГШ.

У МГШ входять:

- схема формування керуючих імпульсів,
- схема підпалу,
- схема комутації анодного струму ГШ,
- розжарювальний трансформатор для шумової лампи.

Основними елементами схеми формування імпульсу підпалу і схеми комутації струму ГШ є потужні транзистори Т8 і Т9. Керування роботою транзисторів здійснюється за допомогою керуючих імпульсів, для створення яких використовуються зовнішні запуски (3 і 5) (див. рис. 2.3). Ці імпульси через Ш2 (конт. 9, 10) надходять на вхід тригера У1 через кола, зашиті від перешкод.

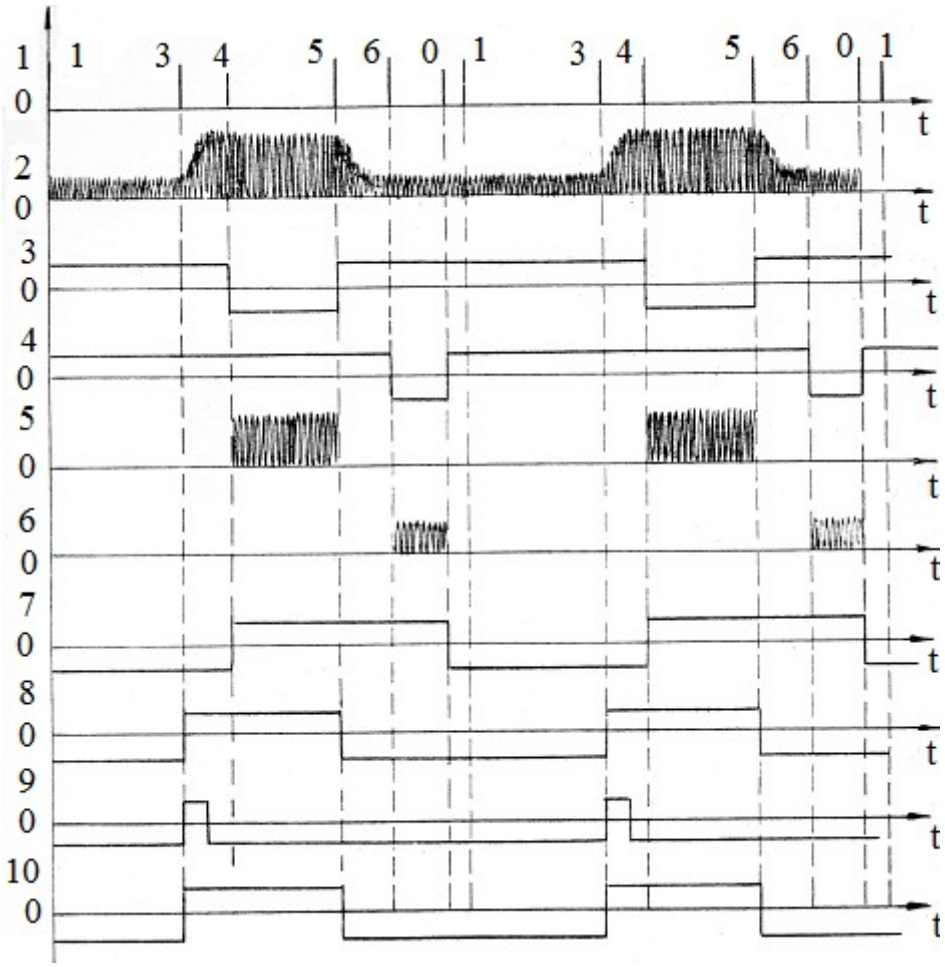

Рисунок 2.3 – Часова діаграма сигналів:
1. Запуски від синхронізатору; 2. Сигнали на виході ППЧ з ЛАХ;
3. Імпульс керування ключем 1; 4. Імпульс керування ключами 2, 3;
5. Сигнал на виході ключа 1; 6. Сигнал на виході ключів 2, 3;
7. Імпульс блокування; 8. Імпульс з тригера в МГШ;
9. Імпульс керування схемою підпалу; 10. Імпульс керування комутацію ГШ.

Вихідні сигнали тригера (тривалість яких визначається запусками 3 і 5) надходять на вхід емітерного повторювача У2. З виходу емітерного повторювача через емність С4 сигнал надходить на фазоінверсний каскад, зібраний на транзисторі Т2.

Схема фазоінверсних каскадів має розділене навантаження і двотактний вихід. Сигнал з Т4 запускає блокінг-генератор У3, який формує імпульс для каналу підпалу.

Для керування роботою транзисторів Т6 і Т8 використовується імпульс з виходу транзистора Т3 фазоінверсного каскаду. У той момент, коли транзистор Т6 замкнутий, накопичувальна емність через дросель Др1 і діод Д5 заряджається до напруги джерела живлення ($Е_{дж.}$ = +80В).

Струм через транзистор Т8 не тече.

Позитивний запускаючий імпульс відкриває транзистор Т6, який у свою чергу відкриває Т8, і конденсатори С1, С12 миттєво розряджаються через первинну обмотку трансформатора і транзистор Т8. При цьому у вторинній обмотці трансформатора виникає високовольтний імпульс амплітудою 2-3 кВ, що подається через місткості С14, С15 на анод ГШ.

Для підтримки виниклого в шумовій лампі газового розряду використовується джерело живлення +400 В. Анодна напруга на ГШ подається через діодне коло Д6 - Д9, яке захищає джерело живлення від імпульсу підпалу.

У анодне коло ГШ включений балансний опір R29, що забезпечує необхідний режим роботи лампи. Величина струму регулюється змінним резистором R28.

Струм ГШ комутується за допомогою транзистора Т9. Позитивний запускаючий імпульс з виходу Т5 через С9 відкриває транзистор Т7, який у свою чергу відкриває транзистор Т9 одночасно з виникненням імпульсу підпалу і замикає коло струму ГШ. Після закінчення дії позитивного імпульсу транзистор Т9 закривається і розмикає коло струму ГШ.

Генератор шуму призначений для використання як джерела шумового сигналу, що калібрується, для контролю коефіцієнта шуму приймального пристрою.

2.4 Індикатор потенціалу і вимірювач потужності (ІПВП) І каналу

Енергетичний потенціал є одним з основних параметрів, що характеризують працездатність РЛС.

$$П_e = \frac{P_i}{P_{пр}} \tau^2 \cdot \frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3},$$

де P_i - імпульсна потужність передавача, Вт,

$P_{пр}$ - реальна чутливість приймального пристрою, Вт,

τ - коефіцієнт корисної дії антено-хвилевідного тракту на передачу (прийом),

λ - довжина хвилі, м,

G - коефіцієнт спрямованої дії антени відносно ізотропного випромінювача.

Постійність енергетичного потенціалу в час експлуатації свідчить про незмінну дальність дії РЛС по одній і тій же меті за незмінних умов поширення радіохвиль. Оперативний контроль енергетичного потенціалу особливо потрібний для метеорадіолокаторів, оскільки знання енергетичного потенціалу є неодмінною умовою обробки метеоінформації. В процесі експлуатації величина $\frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3}$ залишається постійною, оскільки при нормальній роботі передавача відносна зміна його частоти невелика. Отже, контроль відношення $\frac{P_i}{P_{пр}}$ дозволяє судити про відносну зміну енергетичного потенціалу і здійснювати допусковий контроль енергетичного потенціалу.

Структурна схема індикатора потенціалу і вимірювача потужності 1 каналу наведена на рис. 2.4.

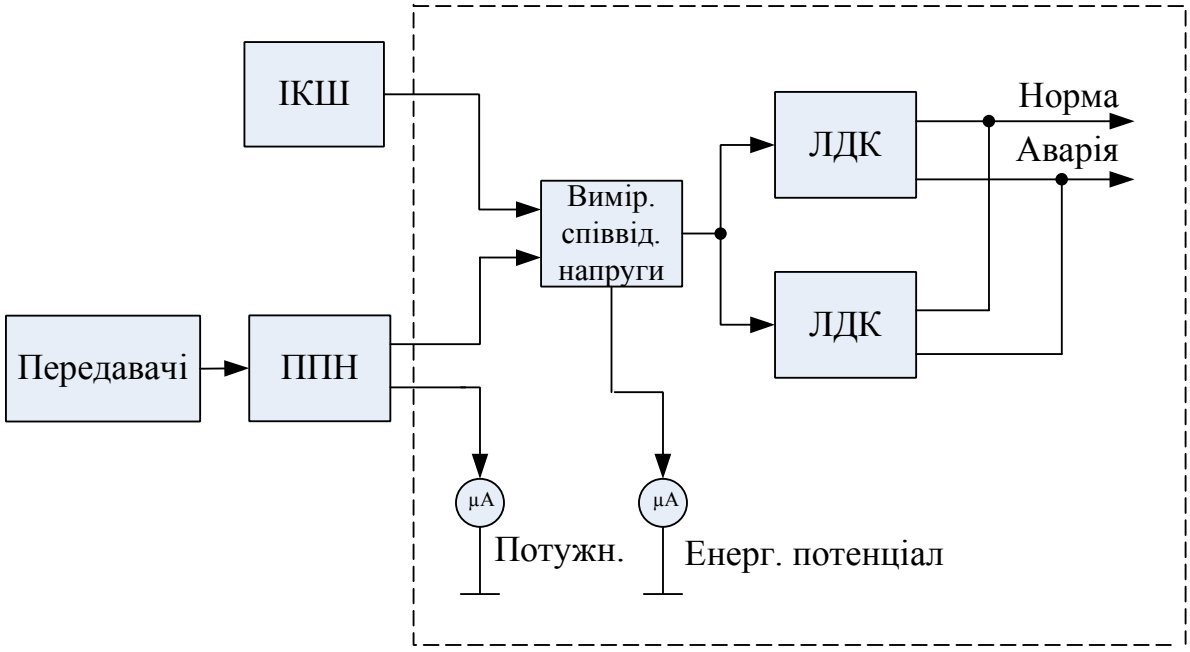

Рисунок 2.4 – Структурна схема індикатора потенціалу і вимірювача потужності

Одночасно з виміром потужності передавального пристрою робиться контроль коефіцієнта шуму приймального пристрою і, отже, чутливості приймача.

Постійна напруга, пропорційна потужності передавача і коефіцієнту шуму приймача, надходить на вимірювач співвідношень напруги, вихідна напруга якого надходить на індикатор енергетичного потенціалу і лінійки

допускового контролю (ЛДК), що здійснюють допусковий контроль енергетичного потенціалу.

Індикатор енергетичного потенціалу призначений для безперервного контролю відносної зміни і двостороннього допускового контролю енергетичного потенціалу. Індикатор потенціалу і вимірювач потужності складається з вимірювача співвідношень напруги, індикатора енергетичного потенціалу і лінійок допускового контролю.

Загальний вигляд індикатора потенціалу і вимірювача потужності представлений на рис. 2.5. Контроль енергетичного потенціалу побудований на порівнянні постійної напруги, що пропорційний потужності передавача і коефіцієнту шуму приймача, надходить з вимірника потужності і індикатора коефіцієнта шуму ІКШ.

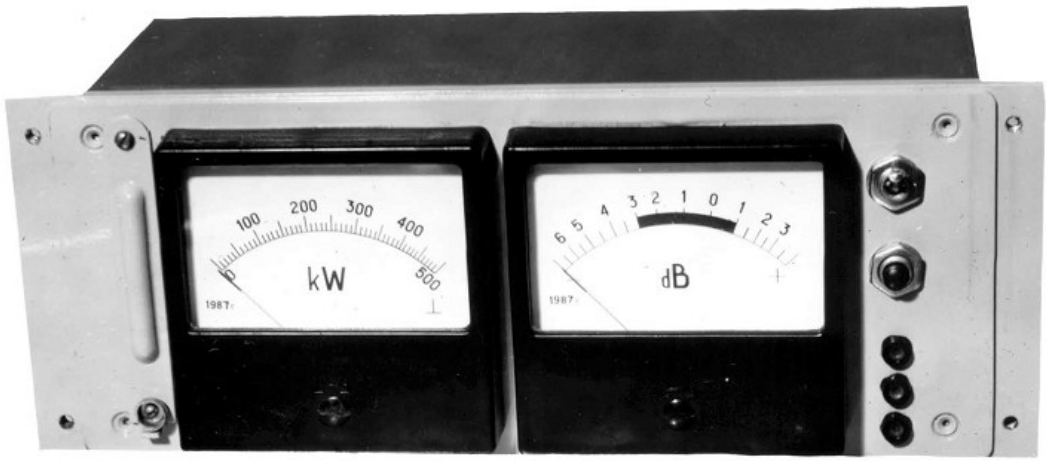

Рисунок 2.5 – Загальний вигляд індикатора потенціалу і вимірювача потужності

Вихідна напруга вимірювача співвідношень, пропорційна логарифму відношення напруги, надходить на індикатор енергетичного потенціалу на передній панелі індикатора потенціалу і вимірювача потужності, а також на лінійки допускового контролю.

Показання основного приладу дублюються приладом ПОТЕНЦІАЛ на панель керування приймально-передатчиком 1 каналу. Якщо зміна енергетичного потенціалу знаходиться в межах мінус 3дБ - +1дБ, що відповідає нормі енергетичного потенціалу, ІПВП видає напругу +27В на світлове табло, висвічуючи букву “П“ (потенціал).

Вимірювач співвідношень напруги призначений для виміру постійної напруги 0,1-3В з похибкою виміру не більше ніж ±10%. Вимірювач співвідношень напруги складається з перетворювача на транзисторах Т1, Т2 і підсилювача постійного струму.

Напруги U_1, і U_2, відношення яких вимірюється, через резистори R1 і R2 подаються на германієві низькочастотні транзистори Т1 і Т2. Вихідна

напруга на транзисторах, пропорційна логарифму вхідної напруги, подається на диференціальний підсилювач на мікросхемі Y1.

Лінійка допускового контролю (ЛДК) здійснює односторонній контроль постійної напруги позитивної полярності і видачу сигналу "Норма" у разі відповідності контрольованої напруги встановленому рівню. ЛДК забезпечує діапазон контрольованої напруги 0,1-6В з похибкою (в робочому діапазоні температур) не вищою за 20мВ, чутливість лінійки 15 мВ. У основі допускового контролю лежить метод порівняння контрольованої напруги $U_к$ з постійною напругою опорного джерела $U_{оп}$. Контроль різноманітних рівнів постійної напруги здійснюється за рахунок вибору опорної напруги $U_{оп}$, що відповідає заданому рівню контрольованої напруги. Точніше опорна напруга встановлюється потенціометром «УСТ. ДОПУСКУ». Лінійка допускового контролю складається зі схеми порівняння і релейного підсилювача. В якості схеми порівняння застосовується диференціальний підсилювач на мікросхемі У1, релейний підсилювач виконаний на транзисторах Т1 і Т2. При значенні $U_к<U_{оп}$ напруга на виході диференціального підсилювача зростає до значення, при якому релейний підсилювач відкривається і реле спрацьовує.

ЛДК видає сигнал "Норма" у вигляді напруги "+27В" на світлове табло, висвічуючи букву "П" (потенціал). При значеннях $U_к>U_{оп}$ на виході диференціального підсилювача напруга падає до нуля, релейний підсилювач закривається і реле в колі його колектора відпускає. ЛДК не видає сигнал "Норма", припиняючи видачу напруги на світлове табло.

Вбудований вимірювач потужності призначений для безперервного виміру середнього значення прохідної НВЧ потужності передавального пристрою І каналу.

Вимірювач потужності має такі технічні дані:

- межі виміру потужності $P_{ср}$ = 10-250 Вт
  $P_{імп}$ = 20-500 кВт;
- похибка виміру не більша ніж ±15%, при КСВ тракту ≤ 1,25
  ±20%, при КСВ тракту ≤1,7;
- КСВ вимірювальної секції ≤ 1,2;
- переріз вимірювальної секції $28{,}5 \times 12{,}6$мм.

Вимірювач потужності складається з вимірювальної хвилевідної секції з термопарним датчиками і підсилювачем постійного струму і індикатора «МОЩНОСТЬ», розташованого на передній панелі індикатора потенціалу і вимірювача потужності.

Вимір середнього значення потужності імпульсно-модульованих сигналів, що проходять по хвилевідному тракту, ґрунтований на методі "поглинаючої стінки".

Термопарні датчики встановлені по широкій стінці хвилеводу так, що одна з торцевих поверхонь термопари складає частину внутрішньої

поверхні хвилеводу і тому нагрівається за рахунок втрат потужності в стінках хвилеводу.

Другий торець термодатчика завдяки доброму тепловому контакту з масою хвилеводу має температуру хвилевідного тракту. Під дією різниці температур на торцях термодатчика виникає термоедс, величина якої пропорційна прохідній потужності і не залежить від температури довкілля. Мірою середнього значення прохідної потужності є сума термоедс двох термопар, розташованих на широкій стінці хвилеводу по осі на відстані $3/4\lambda_в$ і включених послідовно для усунення залежності показань індикатора від фази стоячої хвилі в хвилеводі. Сумарна термоедс термопарних датчиків подається на вхід підсилювача постійного струму. Сигнал постійного струму з виходу підсилювача надходить на індикатор ПОТУЖНІСТЬ (мікроамперметр, відградульований в одиницях потужності $P_{імп}$=0-500 кВт), розташований на ІПВП. Показання основного приладу дублюються приладом ПОТУЖНІСТЬ на панелі керування приймально-передавачем І каналу.

Вимірювальна секція призначена для розміщення термопарних датчиків в хвилевідному тракті передавального пристрою. Загальний вигляд хвилевідної вимірювальної секції представлений на рис.2.6.

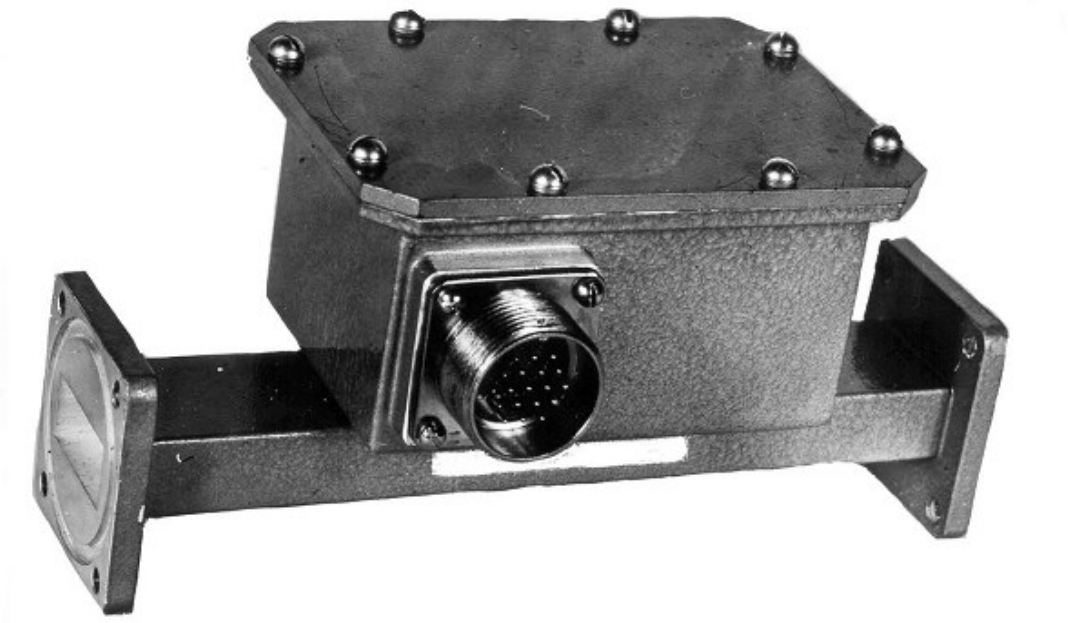

Рисунок 2.6 – Загальний вигляд хвилевідної вимірювальної секції

Вимірювальна секція є відрізком хвилеводу перерізом 28,5×12,6 мм з фланцями. У цій вимірювальній секції застосовані напівпровідникові термопарні датчики, які характеризуються високою чутливістю, лінійною залежністю термоедс від різниці температур і стабільністю характеристик в часі. Сумарна термоедс надходить на вхід

плати підсилювача постійного струму, розташованої усередині вимірювальної секції.

Підсилювач постійного струму на мікросхемі призначений для посилення напруги, що надходить з термопарних датчиків.

Підсилювач постійного струму має такі технічні дані:

- коефіцієнт посилення не менший ніж 400;
- діапазон вхідної напруги 0,5-12 мВ;
- лінійність амплітудної характеристики не гірша ніж ±10%.

Постійна напруга з термопарних датчиків надходить на вхід підсилювача постійного струму (ППС).

ППС має симетричний вхід. Установка нуля ППС за відсутності сигналу забезпечується потенціометром «УСТ. НУЛЯ» зміною зміщення на базі одного з вхідних транзисторів мікросхеми. Для зменшення дрейфу нуля і забезпечення стабільності роботи ППС застосований негативний зворотний зв'язок. У ППС застосований параметричний стабілізатор на R6, R7, Д1 і Д2 для стабілізації напруги живлення мікросхеми.

2.5 Детекторна секція і атенюатори НВЧ

Детекторна секція призначена для детектування імпульсно-модульованого високочастотного сигналу і перегляду обвідної в хвилевідному тракті перерізом 23×10 мм. Детекторна секція приєднується до виходу спрямованого відгалужувача, розташованого у високочастотному тракті і використовується при регламентних роботах. Конструктивно детекторна секція є короткозамкнутим відрізком хвилеводу перерізом 23×10 мм з круглим фланцем. Для поліпшення узгодження в хвилевід поміщений поглинаючий клин, матеріал клину - фероепоксид. Загальний вигляд детекторної секції наведений на рис. 2.7.

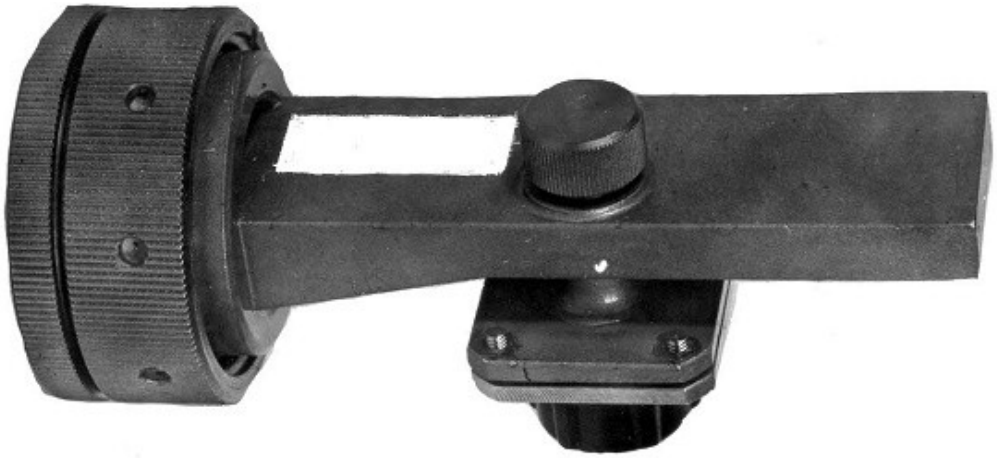

Рисунок 2.7 – Загальний вигляд детекторної секції

У метеорологічному радіолокаторі МРЛ-5 з метою кількісних вимірів інтенсивності радіолуни використовується система "И30-ЭХ0", за допомогою якої можна безпосередньо на екрані індикатора отримати картину розподілу метеорологічних об'єктів в зоні огляду радіолокації за їх інтенсивністю. Периферія зображення радіолуни є контуром мінімальної інтенсивності сигналу, величина якого ще може бути виявлена радіолокатором і не змінюється уздовж цього контуру. Для отримання картини розподілу радіолуни за інтенсивністю треба поступово змінювати чутливість приймача. Крім того, для здійснення корекції потужності відбитих сигналів на квадрат відстані треба змінювати чутливість приймача з урахуванням цієї корекції. З цією метою на вхід приймального тракту встановлені високочастотні електронно-керовані атенюатори на $p-i-n$ діодах, за допомогою яких робиться зміна за заданими законами потужності відбитих сигналів по високій (несучій) частоті. Схема ввімкнення в приймальний тракт керованих атенюаторів наведена на функціональній схемі приймального пристрою.

Атенюатори №1 і №2 - призначені для кількісних вимірів потужності відбитих сигналів. Атенюатор №1 вносить в приймальний тракт фіксоване загасання 42дБ, а атенюатор №2 ступінчасте загасання східцями через 6дБ. Керування цими атенюаторами здійснюється з панелі керування атенюаторами ПУ- 1. Атенюатор №3 призначений для корекції потужності відбитих сигналів на відстані шляхом введення в приймальний тракт загасання за законом зміни потужності відбитих сигналів залежно від дальності. Керування цим атенюатором робиться від функціонального стабілізатора струму СТ 603, розташованого в шафі приймального пристрою.

Атенюатор має такі параметри:

а) загасання атенюатора при струмі через діоди 20 мА рівне або більше ніж 40дБ;

б) початкове загасання атенюатора при струмі через діоди рівному "0", менше ніж 1 дБ;

в) КСВ < 1,5 при струмі через діоди рівному "0".

У основу облаштування хвилевідного напівпровідникового керованого атенюатора прийнята зміна внутрішнього опору "$p-i-n$" діода від величини струму, що проходить через нього.

"$p-i-n$" діод встановлюється в хвилеводі в резонансне вікно, що є комбінацією ємнісної та індуктивної діафрагм, встановлених в хвилеводі, яке еквівалент коливальному контуру. При проходженні струму через діод змінюється його шунтуюча дія на контур і при струмі близько 20 мА діод майже повністю закорочує резонансне вікно, і вся високочастотна енергія відбивається. Така секція з "$p-i-n$" діодом, встановленим в резонансному вікні, при струмі через нього близько 20 мА, забезпечує послаблення високочастотної енергії, що проходить в тракті, на 20-25 дБ. Для

забезпечення загасання атенюатора в 40 дБ потрібні 2 подібні секції, ввімкненні одна від одної на відстані $\lambda/4$ в хвилеводі. Таке "східчасте" з'єднання атенюаторних секцій зменшує величину відображення в атенюаторі, і він, в основному, є змінним опором.

Корекція потужності відбитих радіосигналів від метеоутворень здійснюється автоматичною зміною загасання одного напівпровідникового керованого атенюатора, включеного у вхідний тракт приймального пристрою. Керування загасанням атенюатора за законом квадрата дальності здійснюється зміною величини струму діода атенюатора, де струм є функцією часу.

Для системи "ИЗО-ЭХО" один керований атенюатор змінює своє загасання стрибкоподібно через 6 дБ від початкового до 36 дБ відповідною зміною струму в колі діода. Другий атенюатор із загасанням від початкового до 40 дБ фіксованого може за потреби бути ввімкнений або вимкнений. Ввімкнення і вимвкнення атенюатора здійснюється комутацією струму керування атенюатора з пульта оператора.

Конструктивно хвилеводний напівпровідниковий атенюатор виконаний на відрізку хвилеводу перерізом 7×23, в середині якого на відстані $\lambda/4$ один від одного встановлені дві резонансні діафрагми з впаяними "$p-i-n$" діодами. Товщина діафрагм і ширина резонансного вікна в діафрагмі вибирається з розмірів "$p-i-n$" діода, який впаюється в діафрагму в середині вікна. Розмір довжини резонансного вікна в діафрагмі розраховується і остаточно підбирається при налаштуванні атенюаторної секції впаяним діодом на потрібну частоту. Живлення на діоди подається через високочастотний роз'єм.

Загальний вигляд атенюатора наведений на рис.2.8.

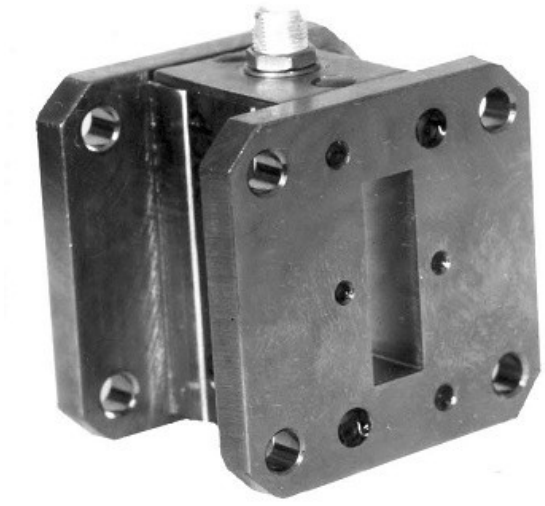

Рисунок 2.8 – Загальний вигляд атенюатора напівпровідникового НВЧ

2.6 Стабілізатор струму СТ-603

Стабілізатор струму СТ-603 призначений для отримання стабілізованого струму спеціальної форми. Технічні дані:

а) напруга живлячої мережі ±12,6В;

б) напруга "Запуску 0, 2, 3" амплітудою 15В ± 20% тривалістю 1,5 - 5мкс;

в) режими роботи :

при вимкненій корекції на виході струм має форму прямокутних імпульсів;

при включеній корекції форма імпульсів задається табличним методом;

г) стабілізатор працює при частоті повторення запускаючих імпульсів F=500 Гц і F=250 Гц;

д) сумарна нестабільність струму навантаження не повинна перевищувати ±5%.

Функціональна схема стабілізатора струму СТ-603 наведена на рис. 2.9.

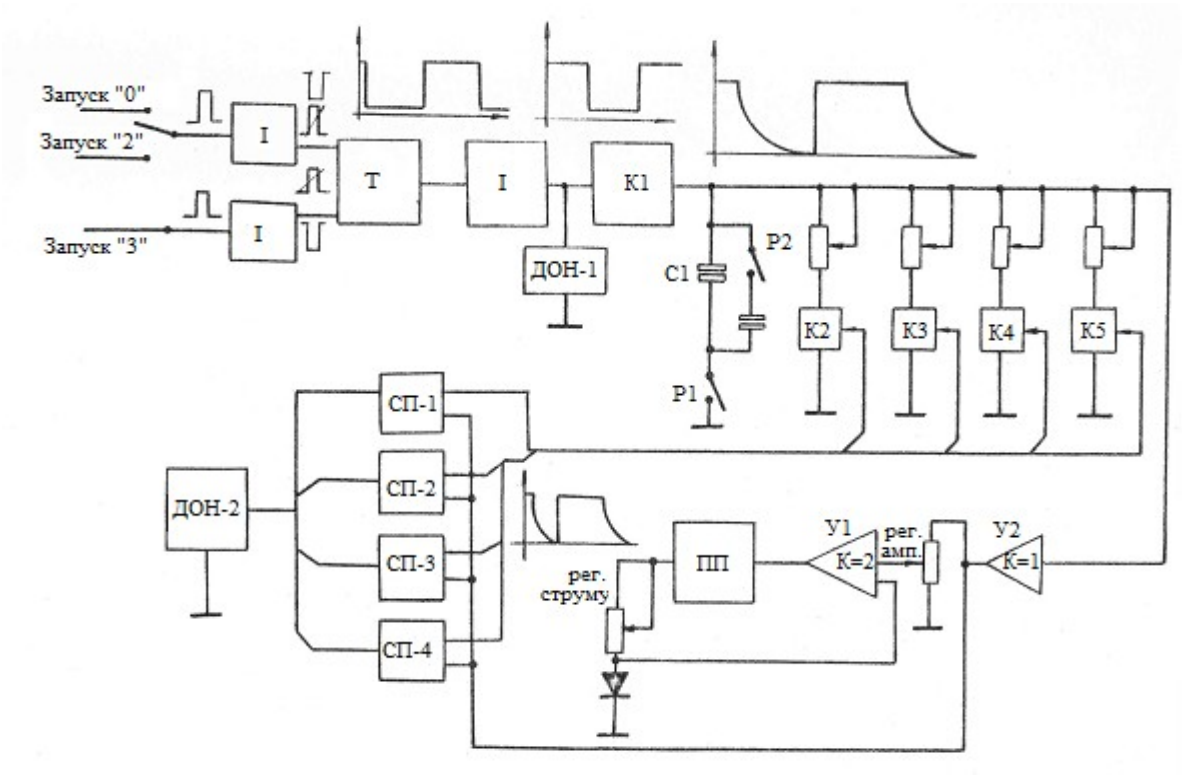

Рисунок 2.9 – Функціональна схема стабілізатора струму СТ-603:
Т – тригер; І – інвертор; К1-К5 – електронний ключ; ДОН – джерело опорної напруги; СП – схема порівняння; У1, У2 – підсилювач постійного струму; ПП – підсилювач потужності.

Розглянемо роботу стабілізатора в двох режимах. Робота стабілізатора в режимі "Корекція вимкнена" здійснюється таким чином.
У початковому стані реле F1 знеструмлене і конденсатор С5 відімкнений від схеми формування.

Тригер, виконаний на мікросхемі У8.1 і У8.2, знаходиться в стані "0", і на виході підсилювача-інвертора Т6 є присутнім високий рівень - ключ У7 насичений. На вихід ключа подається опорна напруга, що знімається із стабілітрона Д7. Ця напруга подається на вхід ППС (У5, У6), виконаний на операційних підсилювачах. Посилений по напрузі сигнал подається на підсилювач потужності на Т1. Величина струму навантаження визначається величиною опорної напруги і резисторами R8, R7. Амплітуда струму навантаження встановлюється резистором R7, а амплітуда опорної напруги - резистором R13. Схема знаходиться в цьому стані (режим максимального струму) до приходу імпульсу "Запуск 0". З приходом запускаючого імпульсу "Запуск 0" тригер переходить в стан "1". На виході підсилювача-інвертора з'являється низький рівень, і ключ У7 закривається, зменшуючи струм в навантаженні до нуля. З приходом запускаючого імпульсу "Запуск 3" тригер переходить в початковий стан ("0") і процес повторюється з частотою F=500 Гц або F=250 Гц, залежно від режиму роботи. В режимі "Корекція ввімкнена" подається напруга +27В на обмотку реле Р1. Реле Р1 підключає до виходу ключа У7 конденсатор С5 при частоті повторення F=500 Гц. При частоті повторення F=250 Гц подається +27В на реле Р2, і реле Р2 своїми контактами підключає паралельно С5 конденсатори С6 і С7. В початковому стані за відсутності запускаючих імпульсів "Запуск 2" і "Запуск 3" ключ У7 насичений (як і в режимі "Корекція відімкнена") і конденсатор С5 заряджений до напруги опорного джерела, виготовленого на кремнієвому стабілітроні Д7. З приходом імпульсу "Запуск 2" ключ У7 закривається, і конденсатор С5 розряджається через схему формування, що складається з ключових транзисторів Т2-Т5, резисторів R20, R25, R2I, R26, R22, R27, R23, R28, R24, R29.

У початковому стані усі ключові транзистори насичені і крутість напруги розряду конденсатора С5 максимальна. Схема формування заданої функції вмикає опорне джерело (Д1, R1-R4), схему порівняння, виконану на операційних підсилювачах УІ-У4. Резисторами R1-R4 встановлюються різні пороги спрацьовування схем порівняння. Ці пороги визначають точки зміни крутості напруги розряду конденсатора С5. Досягши напруги розряду конденсатора порогу, встановленого резистором R1($U_1>U_2>U_3>U_4$), схема порівняння У1 перевертається. На виході схеми порівняння з'являється негативна напруга, що замикає ключ Т2. Конденсатор С5 розряджатиметься через більший опір, тобто з меншою крутістю.

Встановлюючи різні пороги спрацьовування ключів Т2-Т5, можливо змінювати крутість розряду конденсатора в заданих межах. Далі сформована напруга подається, як і у випадку "Корекція відімкнена", на підсилювач постійного струму У5, У6 і через підсилювач потужності в навантаження. Конструктивно стабілізатор струму виконаний на типовій платі розміром 170×200 мм.

2.7 Панель керування атенюаторами ПУ-1

Панель керування атенюаторами призначена для отримання стабілізованого струму і керування ним.

Технічні дані:

- напруга живлячої мережі +27В±3%;
- струм навантаження 1-го атенюатора розбитий на 6 діапазонів:
  1-ий діапазон - натиснута клавіша 6дБ - струм навантаження 0,4 – 4,0 мА,
  2-ий діапазон - натиснута клавіша 12 дБ - струм навантаження 1,0-5,0 мА,
  3-ій діапазон - натиснута клавіша 18дБ - струм навантаження 2,0-8,0 мА,
  4-ий діапазон - натиснута клавіша 24дБ - струм навантаження 3,0-14,0 мА,
  5-ий діапазон - натиснута клавіша 30дБ - струм навантаження 5,0-20,0 мА,
  6-ий діапазон - натиснута клавіша З6дБ - струм навантаження 7,0-30,0 мА;
- струм навантаження II-го атенюатора вимірюється при натисненні клавіші 42 дБ і лежить в межах 10,0-45,0 мА.

Панель керування атенюаторами складається з 2 стабілізаторів струму і комутуючих елементів В1, В2, що дозволяють змінювати струм через атенюатори в заданих межах. Перший стабілізатор струму за допомогою клавішного перемикача В1 забезпечує стабілізований струм через $p-i-n$ діоди атенюатора. При послідовному натисненні клавішею перемикача В1 змінюється струм через $p-i-n$ діоди атенюатора, що призводить до зміни загасання в тракті НВЧ приймача. При натисненні клавіші "0 дБ" струм через $p-i-n$ діоди атенюатора відсутній. Перемикач В2 забезпечує загасання в 2-му атенюаторі. Воно може бути або максимальним (42 дБ) при натиснутій клавіші, або "нульовим" при відтиснутій клавіші.

Стабілізатори струму для живлення І-го і II-го атенюаторів виконані за ідентичною схемою і є пасивними стабілізаторами струму. В якості джерел опорної напруги застосовані параметричні стабілізатори на кремнієвих стабілітронах Д1, Д2. Підсилювачі потужності виконані на

транзисторах Т1, Т2. Зміна струму навантаження досягається шляхом зміни величини еталонного опору за допомогою клавішних перемикачів В1 і В2.

Конструктивно панель керування атенюаторами виконана у вигляді знімного блоку. На лицьовій панелі розміщені клавіші перемикачів В1 і В2. Підмиувння навантаження і сигналізація вмикання відповідної клавіші здійснюється через роз'єм типу 2РМ.

2.8 Особливості будови РПрП II каналу МРЛ-5

Шафи РПрП I і II каналів різняться одна від одної елементами НВЧ.

Відомо, що частота передавача II каналу дорівнює 2950 МГц, тому резонансна частота НВЧ преселектора обрана такою, що дорівнює 2950 МГц.

З іншого боку, для забезпечення уніфікованих вузлів проміжної та низьких частот в змішувачі і частота гетеродину обрана такою, що дорівнює 2920 МГц. Все це дозволяє досягти однакової вихідної характеристики в вихідних оброблюваних сигналах, автоматичну стабілізацію частот та контроль посилення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5. Техническое описание I 230 032 ТО.

2. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5. Техническое описание I 230 032 ТО-II.

3. Лимонов А.С. Электродинамика и техника СВЧ. – Одесса. 2014 – 321 с.

Навчальне видання

Вельміскін Дмитро Іванович
Гор'єв Сергій Адольфович

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 2
"Радіоприймальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5"

Конспект лекцій

Підп. до друку Формат Папір
Умовн. друк. арк. Тираж Зам. №
Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016 Одеса, вул. Львівська, 15