

ВЕЛЬМІСКІН Д.І.

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 1

**"Антенні системи та передавальні пристрої метеорологічного
радіолокатора МРЛ-5"**

Конспект лекцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВЕЛЬМІСКИН Д.І.

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 1

**"Антенні системи та передавальні пристрої метеорологічного
радіолокатора МРЛ-5"**

Конспект лекцій

Одеса
2017

ББК 26.23
В 28
УДК 551.508

Вельміскін Д.І.

Технічні системи радіолокаційного моніторингу Частина 1 Антенні системи та передавальні пристрої метеорологічного радіолокатора МРЛ-5: Конспект лекцій Одеса, 2017. 69 с.

У конспекті лекцій розглянуті питання пов'язані з вивченням радіолокаційних систем. Описуються технічні дані, принцип роботи, особливості конструкції, висвітлюються питання практичного використання МРЛ-5, які використовуються в мережі Гідрометеослужби України.

Зміст конспекту лекцій дозволяє студентам різних факультетів вивчати будову МРЛ за умовою достатнього засвоєння курсів електротехніки, радіотехніки та радіолокації.

Для полегшення вивчення матеріалу та самоконтролю після кожної частини приведенні контрольні запитання.

Навчальне видання

Вельміскін Дмитро Іванович

ТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Частина 1

**"Антенні системи та передавальні 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

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ТАКТИЧНО-ТЕХНІЧНІ ДАНІ МРЛ-5.....	5
1.1 Призначення МРЛ-5.....	5
1.2 Тактико-технічні дані.....	5
1.3 Склад апаратури.....	7
1.4 Принцип роботи і будова МРЛ-5.....	9
1.5 Розміщення апаратури і її компонування.....	12
2 АНТЕННО-ХВИЛЕВОДНА СИСТЕМА.....	15
2.1 Загальні відомості.....	15
2.2 Схема електричних з'єднань антенно-хвильоводної системи	16
2.3 Дводіапазонна антена.....	17
2.4 Хвильоводний тракт I каналу.....	19
2.5 Елементи хвильоводного тракту I каналу.....	20
2.6 Параметри хвильоводного тракту I каналу.....	27
2.7 Хвильоводний тракт II каналу.....	27
2.8 Елементи хвильоводного тракту II каналу.....	28
2.9 Параметри хвильоводного тракту II каналу.....	36
2.10 Двоканальних елементів хвильоводних трактів.....	36
2.11 Система надування хвильоводних трактів.....	38
3 ПЕРЕДАВАЧІ I та II КАНАЛІВ.....	41
3.1 Призначення і склад передавача I каналу.....	41
3.2 Структурна схема передавача I каналу.....	41
3.3 Підмодулятор	42
3.4 Модулятор	47
3.5 Пристрій включення і стабілізації.....	53
3.6 Перетворювач імпульсний.....	57
3.7 Пристрій контролюючо-розподільний (ПКР).....	60
3.8 Система управління передавачем I каналу.....	62
3.9 Система повітряного охолодження	66
3.10 Конструкція шафи передавача ШД- 027.....	66
3.11 Призначення та особливості роботи передавача II каналу.....	68
Література.....	69

ПЕРЕДМОВА

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

У конспекті лекцій розглянуті питання пов'язані з вивченням радіолокаційних систем. Описуються технічні дані, принцип роботи, особливості конструкції, висвітлюються питання практичного використання МРЛ-5, які використовуються в мережі Гідрометеослужби України.

Зміст конспекту лекцій дозволяє студентам різних факультетів вивчати будову МРЛ за умовою достатнього засвоєння курсів електротехніки, радіотехніки та радіолокації.

Для полегшення вивчення матеріалу та самоконтролю після кожної частини приведенні контрольні запитання.

1 ПРИЗНАЧЕННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ТАКТИЧНО-ТЕХНІЧНІ ДАНІ МРЛ-5

1.1 Призначення МРЛ-5

Метеорологічний радіолокатор МРЛ-5 призначений для виявлення хмарності, вогнищ гроз і зливових опадів, градових осередків з метою штормового оповіщення аеропортів, населених пунктів, боротьби з градом, короткострокового прогнозу погоди і визначення тенденції розвитку метеообстановки [1].

Апаратура, розміщена всередині кузова ПАУ-І та приміщень, повинна працювати при температурі навколишнього повітря від плюс 5° до плюс 40° С і відносній вологості 90 - 95 % при температурі плюс 30° С.

Апаратура, розміщена під вітрозахисним укриттям, повинна працювати при температурі навколишнього повітря від мінус 40° до плюс 50° С і відносній вологості 95 - 98 % при температурі плюс 40°С.

Радіолокатор функціонує нормально в умовах висотних районів до 2000 м над рівнем моря.

1.2 Тактико-технічні дані

Радіолокатор МРЛ-5 може працювати в наступних режимах:

а) в режимі автоматичного кругового огляду від 0° до 360° з метою виявлення вогнищ гроз, злив і граду;

б) в режимі вертикального автоматичного сканування від мінус $1 \pm 0,5^\circ$ до $93 \pm 2^\circ$ по куту місця з регульованим періодом від 24 ± 8 з до 80 ± 8 с. з метою отримання даних про вертикальному будову грозових і градових осередків і хмар в будь-якому азимут;

в) в режимі ручного повороту по азимуту і куту місця з метою точного наведення антени на межі хмар і Градова вогнище для визначення координат стрільби;

г) в програмному режимі з метою отримання інформації про небезпечні метеорологічні явища при роботі радіолокатора з апаратурою автоматичної обробки радіолокаційної метеорологічної інформації типу "Циклон";

д) в секторному огляді по азимуту і куту місця в секторі 45 - 48° з регульованим періодом від 12 ± 4 с. до 40 ± 4 с.

Дальність дії радіолокатора:

а) в режимі виявлення інтенсивних гроз і злив до 300 км на ІКО;

б) в режимі визначення меж хмарних шарів по висоті до 50 км. на ІДВ.

Обумовлені координати: азимут (в географічних та артилерійських одиницях), кут місця (в географічних одиницях), похила дальність, горизонтальна дальність і висота.

Швидкість обертання і період сканування антени:

а) в режимі кругового огляду швидкість регулюється в межах від 0 до 6 об/хв;

б) в режимі автоматичного вертикального сканування; період сканування регулюється в межах від 24 ± 8 до 80 ± 8 с.

Програмний режим огляду двох видів:

а) програма 1 - автоматичний круговий огляд із ступінчастим зміною кута місця через $0,5^\circ$; $1,5^\circ$ і 3° ;

б) програма 2 - автоматичне вертикальне сканування зі східчастою зміною азимуту через $0,5^\circ$; $1,5^\circ$ і 3° .

Точність відліку кутового положення антени:

а) по азимуту не гірше $\pm 0,1^\circ$;

б) по куту місця не гірше $\pm 0,1^\circ$.

Діапазон хвиль:

а) I каналу – 3 см;

б) II каналу – 10 см.

Ширина діаграми спрямованості антени на му рівні 0,707 (по полю) в робочому діапазоні частот в E і H площинах:

а) I каналу - $0,45 \pm 0,05^\circ$ в режимі штормооповіщення, $1,5 \pm 0,15^\circ$ в режимі обслуговування градозахисту;

б) II каналу - $1,5 \pm 0,15^\circ$.

Рівень бічного випромінювання антени нижче основного пелюстки діаграми спрямованості в обох каналах не менше, ніж на 23 дБ

Коефіцієнт посилення антени в робочому діапазоні частот:

а) I каналу - 40 дБ в режимі обслуговування градозахисту, 49 дБ в режимі штормооповіщення;

б) II каналу - 39 дБ.

Діаметр розкривання відбивача антени:

а) I каналу - 4,5 м в режимі штормооповіщення, 1,4 м в режимі обслуговування градозахисту;

б) II каналу - 4,5 м.

Імпульсна потужність на виході передавача:

а) I каналу - в межах 160 - 300 кВт

б) II каналу - в межах 510 - 1000 кВт

Частота проходження зондуючого імпульсу в обох каналах 500 і 250 Гц ($\pm 5\%$) відповідно.

Сумарні втрати в хвилеводному тракті в режимі передачі:

а) I каналу не більше 2,3 дБ;

б) II каналу не більше 1,9 дБ.

Чутливість приймально-індикаторного пристрою по мінімально виявляє сигналу:

- а) І каналу не більше мінус 134 дБ/Вт;
- б) П каналу не більше мінус 136 дБ/Вт.

Показання індикатора коефіцієнта шуму приймальних пристроїв:

- а) І каналу - не більше в одиниць КТо;
- б) П каналу - не більше 8 одиниць КТо.

Смуга пропускання приймачів І і П каналів по проміжній частоті на рівні $0,707 \pm 0,2$ МГц

Проміжна частота приймачів обох каналів $30 \pm 0,5$ МГц.

Динамічний діапазон приймачів по входу в обох каналах без урахування атенуаторів НВЧ не менше 70 дБ.

Типи індикаторів: два суміщених індикатора ІКО/КДВ і індикатор типу А на базі осцилографа СІ - 96.

Масштаби індикатора ЖО/ІДВ:

- а) в режимі ІКО масштаби дальності: 25 км, 50 км, 100 км і 300 км;
- б) в режимі ІДВ масштаби висоти/дальності: 6,25/12,5 км;

12,5/25км; 25/50 км і 50/100 км.

Система корекції на квадрат відстані на дальностях в обох каналах з точністю ± 3 дБ;

- а) від 10 км до 100 км при частоті повторення 500 Гц;
- б) від 30 км до 300 км при частоті повторення 250 Гц.

Діапазон ступеневої зміни рівня "ИЗО-ЭХО" по НВЧ першого і другого каналів - від 0 до 78 дБ через 6 дБ.

Напругу живлення 3 ~ 50 Гц 220 В або 3 ~ 50 Гц 380В.

Потужність, споживана від мережі, не більше 23 кВА (варіант А), не більше 19 кВА (варіант Б).

1.3 Склад апаратури

Апаратура радіолокатора МРЛ-5 складається з наступних основних функціональних пристроїв:

- антенно-хвилеводної системи;
- передавального пристрою І каналу;
- передавального пристрою П каналу;
- приймального пристрою І каналу;
- приймального пристрою П каналу;
- контрольно-вимірювальної апаратури І каналу;
- контрольно-вимірювальної апаратури П каналу;
- вимірювального пристрою типу образотворчого "ИЗО-ЭХО" І каналу;
- вимірювального пристрою типу образотворчого "ИЗО-ЭХО" П каналу;

- пристроїв індикаторних;
- синхронізатора;
- фотореєструючі апаратури, апаратури аналогової обробки відеосигналів; апаратури обробки відеосигналу і багатоконтурного відображення;
- цифрового пристрою індикації кутового положення антени та обчислення координат цілі;
- системи управління радіолокатором;
- централізованих джерел живлення;
- електроприводу антеною системи;
- столу метеоролога з набором планшетів;
- апаратури вентиляції,
- обігріву та кондиціонування повітря;
- дизельної електростанції.
- Апаратура МРЛ-5 виконана у вигляді шаф і блоків;
- перелік основних з них наведено в табл.1.1.

Таблиця 1.1 - Перелік шаф і блоків МРЛ-5

Умовне позначення	Повне найменування	Замітки
ШД-027	Шафа передавача I каналу	Варіант А Варіант А 2 шт. варіант А 3 шт. варіант Б
ШД-028	Шафа передавача II каналу	
ЩЛ-039	Шафа приймача I каналу	
	Шафа приймача II каналу	
	Тракт високочастотний	
	Щит розподільний	
	Камін - вентилятор (2 шт.)	
	Установка вентилятора (2 шт.)	
ПІМ	Трансформатор	
	ТСЗМ-25-74.ОМ5 380-3220/230-133	
ПІФ	Кондиціонери КТ4-НЭ 76 ТУ	
	Пульт індикатора метеоролога	
ПК МРЛ	Пульт індикатора фотореєстра	
	Пульт керування МРЛ	
БІ-45-3	Індикатор ІКО/ІДВ (2 шт)	
ШКІ	Шафа кутової інформації	
ШЖ	Шафа живлення	
ЩЛ-038М	Щит розподільний	
	Стабілізатор СТС2М-16/0,5 220/220	
	Осушувач	
	Стіл метеоролога	

	Планшет градозахисту Кабельне введення Установка оперативного телефонного зв'язку (ОТЗ) ПСКОВ -25 Антенa Механізм коливання Механізм датчиків коливання Розподільча коробка Механізм обертання Струмозйомник Перехід, що обертається (2 шт.) Ревун РВФ-24-64АІ Щогла світлоогородження (2 шт.) Дизельна електростанція ЕСД-30-ВС/230-М4 Установка акумуляторів "ЭМУ-12А"	
--	---	--

1.4 Принцип роботи і будова МРЛ-5

Метеорологічний радіолокатор градозахисту і штормового оповіщення працює в двох діапазонах хвиль: 3-х сантиметровому (І канал) і 10-ти сантиметровому (ІІ канал), при цьому режим штормового оповіщення може здійснюватися на кожному з наявних каналів, а режим обслуговування граду 9 захисту реалізується в основному при спільній роботі обох каналів .

Метеорологічний радіолокатор може працювати з дистанційним управлінням. Пост дистанційного керування (ПДК) підключається до МРЛ-5 за допомогою коробки розподільчої. ПДК поставляється окремо.

В основі роботи радіолокатора лежить імпульсний метод радіолокації. Передавальний пристрій кожного каналу генерує короткі імпульси електромагнітної енергії з надвисокою частотою, які за допомогою антенно-хвильової системи випромінюються в простір у вигляді вузького гостроспрямованого променя. Якщо ця енергія зустрічає на шляху свого поширення об'єкти (місцеві предмети, метеостворення і т.п.), то в загальному випадку відбувається відображення енергії в різні сторони, в тому числі і в зворотному напрямку, тобто в сторону радіолокаційної антени. Відображені імпульси енергії НВЧ приймаються тією ж антеною і по хвильоводному тракту поступають на вхід приймального пристрою, звідки вони після посилення і детектування подаються на індикатори для створення радіолокаційного зображення цілей і на вимірювальну апаратуру для розпізнавання та визначення їх кількісних характеристик. При цьому інтенсивність радіолуну метеорологічних цілей і їх координати, виміряні на будь-якому наявному каналі, дозволяють визначити тип метеоцілі і виявити небезпечні метеоявища, а по

зображенню на індикаторах відносини радіолуну I і II каналів і величиною цього відношення згідно реалізованому в апаратурі методу вимірювання можна впізнавати градові осередки в хмарах.

Система електропостачання передбачає харчування и апаратури або від промислової мережі 3 ~ 50 Гц 380 В, або від автономної мережі 3 ~ 50 Гц 220В, що виробляється дизельною електростанцією ЕСД-30. У першому випадку напруга мережі знижується за допомогою трансформатора ТСЗМ-25-74, що входить до складу апаратури, а при використанні автономних джерела живлення трансформатор включається в зворотному напрямку тільки для живлення кондиціонерів і камін-вентиляторів. Мережа 3 ~ 50 Гц 220 В, отримана після трансформатора ТСЗМ-25 або від автономного джерела, стабілізується стабілізатор СТС2М-16/0,5 220/220.

Хвилеводні тракти обох каналів за своїм функціональним складом ідентичні. Два двоканальних переходів, що обертаються, забезпечують передачу енергії НВЧ при обертанні антени в обох площинах. На шафі передавача I каналу встановлено вимірювальна секція і спрямовані відгалужувачі для системи АПЧ і підключення детекторної секції і вимірюваної апаратури. Інші елементи тракту - феритовий циркуляр і розрядник - розміщені в шафі передавача I каналу ШД-027. Весь тракт знаходиться під надлишковим тиском 1.5 кгс/см^2 .

Вимірювальна секція, потрібний спрямований відгалужувач, феритовий циркуляр і розряду II каналу встановлено в шафі "ВЧ тракт II каналу". Хвилеводний тракт II каналу знаходиться під тиском $0,5 \text{ кгс/см}^2$ за винятком ділянки між двома обертовими переходами, де тиск дорівнює $1,5 \text{ кгс/см}^2$.

Управління обертанням і вертикальним скануванням антени проводиться з панелі управління приводом, розташованим в пульті індикатора метеоролога. Тут здійснюється вибір режиму роботи приводу антени (автоматичний, ручний або програмний), задається швидкість обертання антени і вибирається крок ступеневої зміни кута в програмному режимі. Формування сигналів управління, заданих на панелі управління, виробляється в секції управління приводом шафи кутовий інформації. Після посилення за допомогою електромашинних підсилювачів "СМУ-12А" сигнали управління надходять на виконавчі механізми гойдання і обертання, на валах яких поміщені обертають трансформатори. Передача сигналів на механізми качання проводиться через струмозйомник.

Синхронізація апаратури радіолокатора здійснює за допомогою двох плат синхронізатора, поміщених в шафа кутової інформації. Виробляються імпульси використовуються для попереднього і основного запусків передавачів, фіксації початку і кінця корекції луна-сигналів за дальністю, запуску шумових генераторів, шумового сигналу приймачів і шумових

генераторів. Вибір основним нот або резервного синхронізатора проводиться за допомогою тумблера, розташованого за передньою панеллю шафи кутовий інформації, а частоти повторення його імпульсів - з пультів управліннь МРЛ.

Передавальні пристрої обох каналів ШД-027 і ШД-028 виконані за схемою з тиристорно-тиратронними модуляторами. Підйом і зняття високої напруги при включенні і виключенні передавачів і перемиканні тривалостей зондуючого імпульсу проводяться автоматично.

Шафи приймальних пристроїв I і II каналів відрізняються один від одного, в основному, елементами НВЧ (УВЧ, преселектор, змішувач і гетеродин) і мають уніфіковані вузли проміжної і низької частоти, що дозволяє досягти ідентичні вихідні характеристики. Їх управління аналогічно управлінню передавачів. У приймачах здійснюється автоматична стабілізація і контроль посилення.

Блок обробки відео розміщений в пульті управління МРЛ, визначає потужність радіолуну від метеоцілей по I і II каналу радіолокатора, логарифм відносини потужностей радіолуну обох каналів і виробляє індикацію їх величини на стрілочних приладах. Блок обробки формує також різницевий відеосигнал обох каналів радіолокатора, який відтворюється на індикаторах для впізнання градового вогнища. Управління пристроєм здійснюється з його лицьової панелі.

Блок обробки і багатоконтурного відображення, розміщений в пульті індикатора метеоролога, призначений для інтегрування по дальності відеосигналів I-го або II-го каналів, що надходять з приймальних пристроїв, амплітудного квантування відеосигналів по шести рівням з дискретністю 10 дБ, формування гостроконечних імпульсів, відповідних передньому і задньому фронтах відеосигналу на кожному з шести рівнів квантування. Блок БОМО забезпечує відображення на екранах індикаторів:

луна-сигналів у вигляді шести контурів рівної інтенсивності (режим роботи "Контури"), луна-сигналів у вигляді засвітів будь-яких з шести рівнів (режим роботи "Засвет"), «луна-сигналів у вигляді взаємно перпендикулярних штрихових ліній (режим роботи "Штрихи"), а також луна-сигналів відносини I/II у вигляді яркої позначки на тлі багатоконтурного відображення відеосигналу I-го або II-го каналів. Блок обробки і багатоконтурного відображення забезпечує індикацію на світлодіодах, розташованих на панелі управління БОМО, наявності луна-сигналів будь-якого з шести рівнів при натисканні клавіш "ЗАСВЕТ" 1-6, розташованих на панелі управління БОМО.

Фотореєструючі апаратура, що складається з фотоконтрольного приладу ПАУ-476-1, пристрої управління фото реєстрацією, встановленого в пульті управління МРЛ, призначена для документування результатів спостережень метеоцілей. Апаратура діє синхронно з обертанням і

скануванням антени завдяки керуючим імпульсам, що надходять від фотоелектричних датчиків вузлового положення антени.

Ручна обробка радіолокаційної метеорологічної інформації проводиться за допомогою спеціального столу метеоролога і планшета градозахисту, призначеного для обчислення координат градової цілі щодо найближчої до неї гарматної або ракетної установки.

Радіолокатор забезпечений кондиціонерами, витяжними і обігрівальними пристроями, а також освітлювальною апаратурою, живлення якої відбувається або від мережі, або від акумуляторів в аварійному режимі.

У виробі передбачено автоматичне відключення мережі при перевищенні температури в будь-якому з відсіків вище 80° С.

Апаратура радіолокатора за винятком генераторів і підсилювачів НВЧ і ЕЛТ індикаторів ІКО/ІДВ виконана на напівпровідниках з широким використанням мікросхем.

1.5 Розміщення апаратури і її компонування

Метеорологічний радіолокатор градозахисту і штормооповіщення МРЛ-5 варіант А розміщується в уніфікованому причепі ПАУ-1. Загальний вигляд МРЛ-5 представлений на рис. 1.1 і рис. 1.2.



Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд МРЛ-5 із вітрозахисним покриттям (варіант А)

За цільовим призначенням причіп розділений екранованою перегородкою на два відсіки - індикаторний і приймально-передаючий.

В індикаторному відсіку розташовуються:

- пульт індикатора метеоролога,
- пульт індикатора фотореєстрації,
- пульт управління МРЛ,
- стіл метеоролога,
- шафа кутовий інформації,
- шафа харчування ШП-314,
- ЩЛ-038М,
- ЩЛ-038М,
- коробка розподільна.

У приймально-передавального відсіку розташовуються:

- ЩД-027,
- ШД-028,
- шафа приймального пристрою,
- шафа приймального пристрою,
- ШЛ-039М варіант А,
- ШЛ-039М варіант В,
- трансформатор ТСЗМ-25-74,
- стабілізатор СТС2М-16/0.5 220/220,
- тракт високочастотний.

Шафа з апаратурою встановлена на зварних рамках із сталевих швелерів, закріплених болтами до підлоги причепа.



Рисунок 1.2 - Зовнішній вигляд МРЛ-5 без вітрозахисного покриття (варіант А)

На задній стінці зовні причепа (варіант А) встановлені 2 кондиціонери, а в типовій будівлі (варіант Б) зовні встановлюються 3 кондиціонери.

Опалювання причепа здійснюється за допомогою двох камін-вентиляторів.

У причепі розміщено наступне допоміжне устаткування: встановлені 2 телефони для зв'язку, 2 стільці оператора, вимикачі, розетки, дві штанги заземлення для зняття високої напруги, на стелі укріплені 8 освітлювальних плафонів.

Знизу причепа встановлені: коробка кабельна, установка акумуляторів.

На даху причепа під вітрозахисною оболонкою встановлена антена з механізмами обертання і гойдання, ЕМУ-12А. На бічних стінках зовні встановлені щогли з вогнями світло огороження, що виступають над дахом. Для стійкості причепа при вітрових навантаженнях на бічних стінках встановлені опорні домкрати.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні тактично-технічні дані станції МРЛ-5.
2. Які режими роботи передбачені на станції МРЛ-5 і чим вони відрізняються?
3. Назвіть основні елементи станції МРЛ-5 і розкажіть про призначення кожного елемента.
4. В якому діапазоні хвиль працюють приймачі I і II каналів?
5. Назвіть джерела електроживлення станції МРЛ-5.
6. Чим відрізняються приймачі I і II каналів?
7. Де розташовується апаратура станції МРЛ-5?
8. Назвіть апаратуру індикаторного відсіку.
9. Назвіть апаратуру приймально-передавального відсіку.
10. Де розташовується синхронізатор станції МРЛ-5?

2 АНТЕННО-ХВИЛЕВОДНА СИСТЕМА

2.1 Загальні відомості

Антенно-хвильоводна система забезпечує роботу метеорологічного радіолокатора градозахисту і штормоповіщення в двох робочих діапазонах радіохвиль і призначається для передачі високочастотних імпульсів електромагнітної енергії від передавачів до антени, випромінювання в простір, прийому відбитих сигналів і передачі їх до приймачів [1].

Два, робочих діапазону МРЛ-5 зумовили в антенно-хвильовідній системі два окремі канали (умовно I і II канали). Кожний канал складається з високочастотного хвильоводного тракту, що працює на двохдіапазонну антену. Антенно-хвильова система МРЛ-5 має п'ять механічних режимів роботи:

а) режим автоматичного кругового обертання антени по азимуту з регульованою швидкістю обертання від 0 до 6 оборотів в хвилину;

б) режим ручного кругового обертання антени по азимуту з тією ж швидкістю обертання;

в) режим автоматичного гойдання (сканування) антени по куту моста з регульованою швидкістю від 2,0 до 10,0 градуси в секунду в секторі від мінус $1 \pm 0,5$ до $93 \pm 2^\circ$;

г) режим ручного гойдання антени по куту місця з тією ж швидкістю і в тому ж секторі;

д) режим автоматичного кругового обертання антени по азимуту із ступінчастою зміною кута місця (програма I) і автоматичного вертикального сканування зі східчастою зміною азимуту.

Зазначені механічні режими роботи антенно-хвильоводної системи забезпечують п'ять режимів огляду МРЛ-5:

а) круговий автоматичний огляд з регульованою швидкістю огляду від 0 до 6 оборотів в хвилину;

б) Круговий огляд з тією ж швидкістю, що здійснюється вручну;

в) вертикальний автоматичний огляд з регульованою швидкістю від 2,0 до 10,0 градусів в секунду в секторі від мінус $1 \pm 0,5$ до $93 \pm 2^\circ$ по куту місця;

г) вертикальний огляд з тією ж швидкістю і в тому ж секторі, що здійснюється вручну;

д) програмний огляд за двома програмами (I і II).

Антенно-хвильоводна система має наступні основні параметри в режимі градозахисту:

а) ширина діаграми спрямованості на рівні 0,707 (по полю) в робочому діапазоні I-го каналу в Е і Н площинах $1,5 \pm 0,15^\circ$;

- б) ширина діаграми спрямованості на тому ж рівні в робочому діапазоні II-го каналу в Е і Н площинах $1,5 \pm 0,15^\circ$;
 - в) рівень бічних пелюсток в робочому діапазоні I-го каналу не більше мінус 23 дБ;
 - г) рівень бічних пелюсток в робочому діапазоні II-го каналу не більше мінус 23 дБ;
 - д) коефіцієнт посилення антени в робочому діапазоні I каналу не менше 40 дБ;
 - е) коефіцієнт посилення антени в робочому діапазоні II каналу не менше 39 дБ;
 - ж) поляризація поля в каналі I-го діапазону - лінійна, вертикальна;
 - з) поляризація поля в каналі II діапазону - лінійна, горизонтальна;
 - і) коефіцієнт стоячої хвилі напруги в хвилеводному тракті I-го каналу не більше 1,3;
 - к) коефіцієнт стоячої хвилі напруги в хвилеводному тракті II-го каналу не більше 1,35;
 - л) втрати в тракті I каналу в режимі передачі не більше 2,3 дБ;
 - м) втрати в тракті II каналу в режимі передачі не більше 1,9 дБ,
- У режимі штормооповіщення антенно-хвильова система має наступні основні параметри:

- а) ширина діаграми спрямованості на рівні 0,707 (по полю) робочому діапазоні I каналу в Е і Н площинах $0,45 \pm 0,05^\circ$;
- б) ширина діаграми спрямованості на тому ж рівні в робочому діапазоні II каналу в Е і Н площинах $1,5 \pm 0,15^\circ$;
- в) рівень бічних пелюсток в робочому діапазоні I каналу не більше мінус 23 дБ;
- г) рівень бічних пелюсток в робочому діапазоні II каналу не більше мінус 23 дБ;
- д) коефіцієнт посилення антени в робочому діапазоні I каналу не менше 49 дБ;
- в) коефіцієнт посилення антени в робочому діапазоні II каналу не менше 40 дБ;

Поляризація поля, коефіцієнт стоячої хвилі напруги, втрати в трактах відповідають аналогічним параметрам антенно-хвилеводної системи в режимі градозахисту.

2.2 Схема електричних з'єднань антенно-хвилеводної системи

До складу антенно-хвилеводної системи входять:

- двох діапазонна антена;
- хвилеводний тракт I каналу;
- хвилеводний тракт II каналу.

Високочастотні імпульси електромагнітної енергії, що генеруються передавачем I каналу, передаються до двох діапазонної антени і випромінюються в простір у вигляді вузького ("олівцевого") променя. Відбиті сигнали ("луна сигнали") приймаються тією ж антеною і по хвилеводному тракту передаються до приймача I каналу.

Робота II каналу аналогічна роботі I каналу.

Ваше було відзначено, що передача і прийом здійснюються однією і тією ж антеною. У моменти часу, коли працює передавач одного з каналів, відповідний приймач повинен бути захищений від потужних високочастотних імпульсів магнетрона, а в моменти часу між імпульсами, прийняті сигнали повинні направлятися до приймача. Крім цього для стабілізації навантаження на магнетрон необхідно усунути шкідливий вплив відображень, що виникають в тракці. Для виконання цих двох функцій в кожному з каналів встановлені феритові циркулятори. Приймально-передавальна апаратура обох каналів встановлена в приймально-передавальному відсіку (залі). Тому, для забезпечення нормальної роботи хвилеводних трактів обох каналів при круговому огляді, на осі обертання антени встановлений обертовий двоканальний перехід. Для забезпечення нормальної роботи хвилеводних трактів I і II каналів при хитанні антени а вертикальній площині на осі гойдання встановлений другий обертається перехід.

2.3 Дводіапазонна антена

Особливістю антени радіолокатора є поєднання двох робочих каналів в одному антенному блоці. Загальний вигляд антени зображений на рис. 2.1.

Антена складається з параболічного відбивача (1), відбивача параболічного (2) і зведеного, дводіапазонного опромінювача (3), Параболічний відбивач (1) являє собою параболоїд обертання з круговим розкриттям.

Діаметр розкриття відбивача 4500 мм. Фокусна відстань відбивача 1900 мм. Робоча поверхня відбивача виконана з суцільного металевого листа.

Параболічний відбивач (2) являє собою параболоїд обертання з круговим розкриттям. Діаметр розкриття відбивача 1400 мм. Фокусна відстань відбивача 590 мм.

Робоча поверхня відбивача виконана з двох шарів поляризованої тканини, склеєних з двох сторін тонким шаром склотканини. Поляризована тканина виконана на базі склотканини з вмонтованою в неї металізованої сіткою з - паралельних провідників. Завдяки такій структурі тканини вона прозора для хвиль, поляризація поля яких ортогональна провідникам сітки, і відображає хвилі, поляризація поля яких паралельна провідникам сітки.

Один шар такої поляризованої тканини при поляризації поля паралельної провідникам сітки має коефіцієнт проходження в діапазоні I каналу мінус 15 дБ. Відповідно два шари тканини мають коефіцієнт проходження мінус 30 дБ, тобто практично робоча поверхня відбивача (2) для хвиль I каналу при поляризації поля паралельної провідникам сітки еквівалентна металевій поверхні.



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд антени:
1 - відбивач; 2 - відбивач; 3 - опромінювач

Для збільшення жорсткості конструкції відбивача по контуру обводу всередині вклеєне металеве кільце. З тильного боку відбивач не має ніяких елементів кріплення (каркаса, шпангоутів і ін.). Схематичне зображення дводіапазонного опромінювача наведено на рис. 2.2.

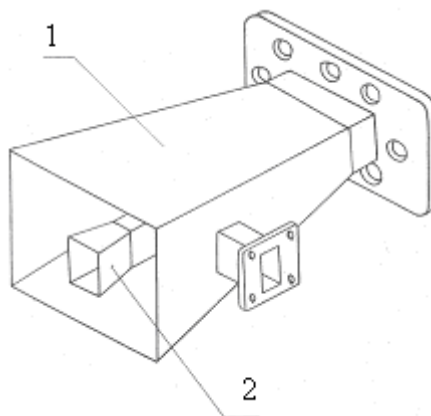


Рисунок 2.2 - Схематичне зображення опромінювача:
1 - рупор; 2 - малий рупор

Дводіапазонний опромінювач складається з рупора (1), в який вбудований малий рупор (2). Опромінювач забезпечує збіг напрямків максимумів діаграм спрямованості I і II каналів антени в просторі. Кожен з рупорів має хвилеводний вхід. Великий і малий рупори дводіапазонного опромінювача розрахований так, щоб забезпечити задані діаграму спрямованості антени. Опромінювач кріпиться до фланця, який є одночасно коротким відрізком хвилеводу, що з'єднує рупор (1) (рис. 2.2) з хвилеводом, що прилягає до входу рупора. Фланець опромінювача за допомогою шпильок закріплений на перехідному підставі. Підстава пов'язано з відбивачем (1) (рис. 2.1) за допомогою чотирьох ферм. Одним кінцем кожна ферма закріплена на відбивачі, а іншим - в вилиці підстави і додатково заштіфтована. За допомогою затискачів до фермам кріпиться малий відбивач (2) (рис. 2.1). Малий відбивач закріплений так, що його фокальна вісь збігається з фокальною віссю відбивача (1) (рис. 2.1), а фокусні точки відбивачів збігаються, при цьому провідники сітки робочої поверхні паралельні меншому розкриву малого рупора опромінювача. Для забезпечення зазначеної установки а палий відбивач в точках кріплення має можливість регулювання. Описана конструкція антенного блоку забезпечує режим градозахисту. В цьому режимі електромагнітні В хвилі I діапазону, що випромінюються малим рупором, відображаються відбивачем (2), і в далекій зоні формується діаграма олівцем типу шириною $1,5^\circ$.

Електромагнітні хвилі II діапазону, що випромінюються великим рупором, проходять через відбивач (2), і після відбиття від відбивача (1) в дальній зоні формується діаграма спрямованості практично ідентична діаграмі спрямованості каналу.

При переході до режиму штормооповіщення відбивач (2) знімається, при цьому малий рупор, як і більший рупор опромінювача опромінюють всю поверхню відбивача (1). В результаті діаграма спрямованості I каналу звужується до $0,5^\circ$, а діаграма спрямованості II каналу практично залишається незмінною ($1,5^\circ$). Конструкція антенного блоку забезпечує повторне кріплення відбивача (2) після зняття без порушення його первісної установки.

Коефіцієнт стоячої хвилі напруги в обох каналах опромінювача в робочому діапазоні не вище 1,25.

2.4 Хвилеводний тракт I каналу

Хвилеводний тракт I каналу призначений для передачі в антену високочастотної енергії, що генерується передавачем, і передачі до приймача прийнятих антеною відбитих від цілі сигналів.

Хвилеводний тракт I каналу виконаний на основі прямокутного хвилеводу перерізом $28,5 \times 12,6$ мм і включає в себе циркулятор (5),

розрядник (4), спрямований відгалужувач (11), відгалужувач (10), вимірювальну секцію (9), що обертаються переходи (53 , 58), герметизуючи секцію (64), з'єднувальні хвилеводи.

Особливістю схеми є наявність двоканальних обертового і коливаючого зчленувань. Застосування подібних елементів є необхідним при конструюванні двоканальних хвилеводних систем.

Хвилеводний тракт I каналу може працювати в режимі передачі і режимі прийому.

У режимі передачі НВЧ енергія від магнетрона надходить через феритовий циркулятор (5) до антени. Частина енергії, що пройшла через циркулятор, відгалужується направленим відгалужувачем (11) до детекторної секції для контролю обвідної імпульсів і до вимірювальних приладів. У відгалужувачів АПЧ (10) частину енергії відгалужується до пристрою автоматичного підстроювання частоти (АПЧ). Величина потужності, що надходить до пристрою АПЧ, регулюється змінним атенуатором. Величина потужності, що проходить по хвилеводному тракту I антени, контролюється вимірювальною секцією (9). Далі енергія проходить через обертові переходи (53x58) і надходить в опромінювач антени (70).

У режимі прийому енергія, відбита від цілі і прийнята антеною, по хвилеводному тракту надходить через циркулятор (5) до приймального пристрою.

Так як розв'язка між передавальним і прийомним пристроями, що забезпечується циркулятором, недостатня, для її збільшення використаний розрядник. З метою зниження потенціалу загоряння розрядника застосовується підпал. При цьому потужність передавача, що просочується в коло приймача, виявляється мінімальною. Для підвищення електричної міцності, а такі запобігання попаданню в тракт пилу і вологи, передаючу частину хвилеводного тракту виконана герметичною і в ній системою надуву (15) підтримується надлишковий тиск повітря, що дорівнює $1,6 \text{ кгс/см}^2$. При падінні тиску нижче 1 кгс/см^2 системою автоблокування виконується зняття високої напруги з передавального пристрою.

2.5 Елементи хвилеводного тракту I каналу

Хвилеводний тракт I каналу включає в себе циркулятор (5), розрядник (4), спрямований відгалужувач (11), відгалужувач АПЛ (10), переходи, що обертається (53) і що коливається (56) , герметизуючу секцію (64) і сполучні хвилеводи.

Феритовий циркулятор призначений для усунення впливу навантаження на магнетрон і підключення приймача до антени.

Циркулятор складається з подвійного хвилеводного трійника, щілинного хвилеводного мосту, феритового елемента, розгалужувача і навантаження.

Подвійний хвилеводний трійник є пристроєм утвореним трьома відгалуженнями від прямокутного хвилеводу, два з яких поєднані в одній площині, а третє перпендикулярно до них (рис. 2.3 а).

При поданні НВЧ енергії в плече 1 вона розподілиться порівну між плечима "а" і "б" і не поступить в плече 3, причому хвилі в плечах "а" і "б" синфазні.

При поданні енергії в плече 3 вона розподілиться порівну між плечима "а" і "б" і не поступить в плече 1. При цьому хвилі в плечах "а" і "б" протифазні.

Подвійний трійник є взаємним пристроєм, тобто якщо в плечі "а" і "б" поступають хвилі з однаковою амплітудою і синфазні, уся енергія поступить в плече 1. У випадку якщо в плечі "а" і "б" поступають рівні по амплітуді хвилі але протифазні, то уся енергія пройде в плече 3.

Щілинний хвилеводний міст є з'єднанням двох прямокутних хвилеводів, пов'язаних щілиною в загальній вузькій стінці (рис. 2.3 б).

При поданні НВЧ енергії в одно з плечей щілинного моста, внаслідок різних фазових постійних поширення хвиль H_{10} і H_{20} в області щілини енергія ділиться порівну між протилежними плечима і не проходить в суміжне плече. При цьому хвиля, що проходить через щілину, додатково зрушується по фазі на 90° , відносно хвилі в суміжному плечі. І навпаки, внаслідок того, що щілинний міст є взаємним пристроєм, при поданні НВЧ енергії в два суміжні плечі, при однакових амплітудах хвиль і зрушення фаз між ними в 90° уся енергія поступить в плече, що протилежне тому, хвиля в якому має випереджаючу фазу.

Феритовий елемент складається з двох невзаємних феритових фазообертачів. Кожен з фазообертачів включає: хвилевід, феритовий вкладиш і постійний магніт, що охоплює хвилевід.

Феритові вкладиші приклеєні до вузьких стінок хвилеводів феритових фазообертачів, тобто розташовані несиметрично відносно осей хвилеводів. Причому, якщо дивитися з одного боку, то в одному фазообертачі вкладиші розташовані ліворуч, а в іншому - справа відносно осі (рис. 2.3 в). Напрямок постійного поля, що намагнічує, у вкладишах однаковий.

Із-за несиметричного розташування феритового вкладиша величина фазового зрушення, що створюється феритовим фазообертачем, залежить від напрямку поширення хвилі в хвилеводі.

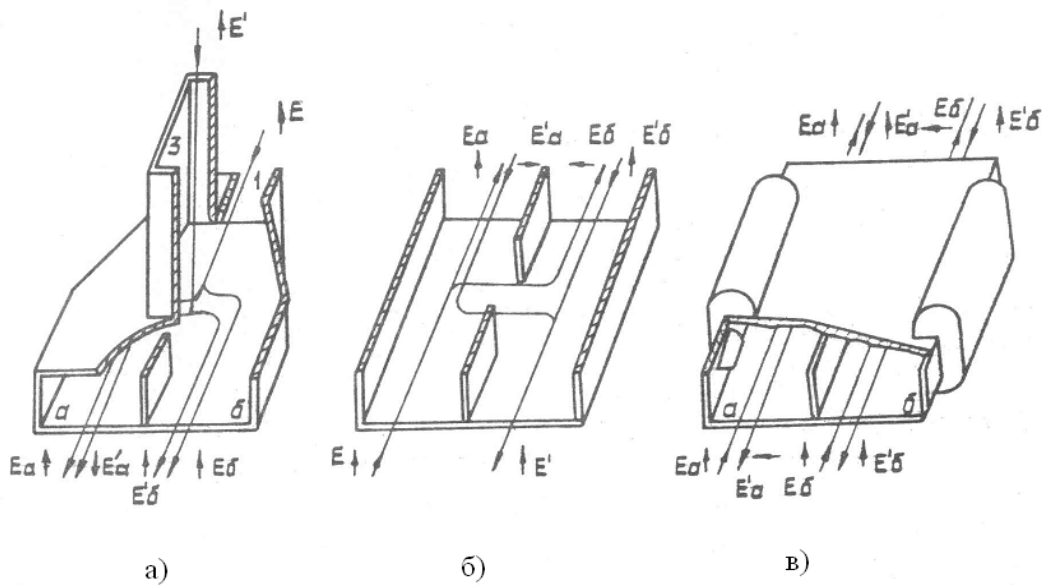


Рисунок 2.3 - Елементи циркуляра першого каналу:
 а) - подвійний трійник; б) - щілинний хвилеводний міст;
 в) - феритовий елемент

Тобто для хвиль, що поширюються зліва направо, фазове зрушення у фазообертачі "а" буде рівне $\varphi_a = \varphi$, а для протилежного напрямку $\varphi'_a = \varphi + \Delta\varphi$. У фазообертачі "б" має місце зворотне співвідношення, тобто для хвиль тих, що поширюються зліва направо $\varphi_b = \varphi + \Delta\varphi$, а для протилежного напрямку $\varphi'_b = \varphi$. Фазове зрушення між каналами феритового елемента визначається різницею фазових зрушень в кожному з каналів $\varphi_\Sigma = \varphi_a - \varphi_b$ для випадку поширення ліворуч - направо

$$\varphi_\Sigma = \varphi_a - \varphi_b = \varphi - (\varphi + \Delta\varphi) = -\Delta\varphi$$

і для випадку поширення справа - наліво

$$\varphi'_\Sigma = \varphi'_a - \varphi'_b = (\varphi + \Delta\varphi) - \varphi = -\Delta\varphi.$$

Підбором розмірів феритового вкладиша і напруженості поля, що намагнічує, величина зрушення фаз між каналами ($\Delta\varphi$) зроблена рівною 90° . Отже, феритовий елемент є невзаємним пристроєм, який створює зрушення фаз між каналами 90° , знак якого залежить від напрямку поширення хвилі.

Роботу циркулятора можна представити таким чином (рис.2.4). Під час генерування зондуєчого імпульсу (рис. 2.4 а) того, що поступив в плече "1" циркулятора, енергія ділиться подвійним трійником на дві рівні

частини E_a і E_b , фазове зрушення між якими дорівнює нулю. Для даного напрямку поширення феритовий елемент створює фазове зрушення $+90^\circ$ хвиль E_b відносно E_a . Оскільки E_b та, що випереджає, щілинним мостом уся енергія спрямовується в плече "2" циркулятора, сполучене з антеною.

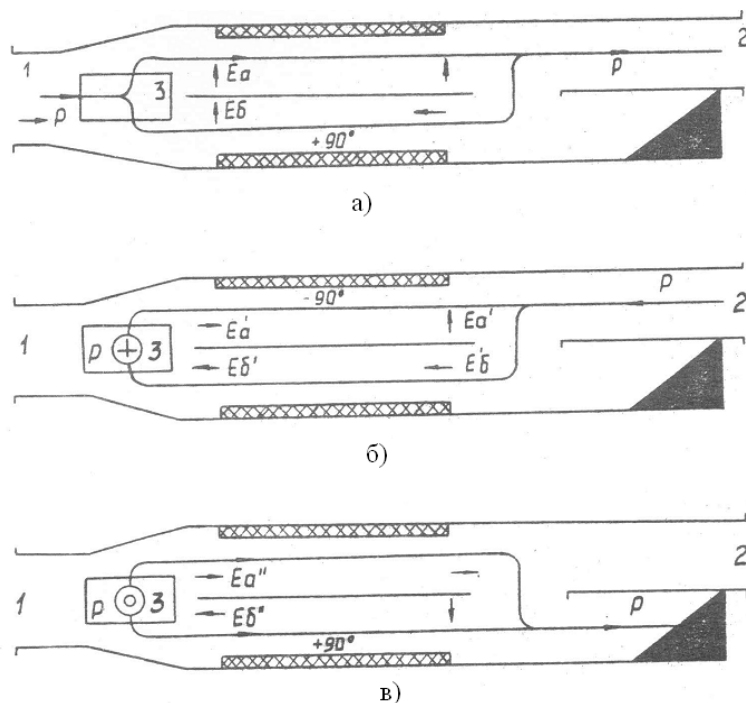


Рисунок 2.4 - Фазове і енергетичне співвідношення в циркуля торі

Енергія, відбита від неоднорідностей хвилеводного тракту антени (рис.2.4 б), поступає в циркулятор, щілинним мостом вона ділиться на рівні частини E_a і E_b , між якими утворюється фазове зрушення 90° , причому, E_b випереджає по фазі E_a . Для цього випадку поширення феритовий елемент створює фазове зрушення хвилі E_a відносно E_b рівний 90° . В результаті хвилі E_a і E_b в суміжних плечах подвійного трійника опиняються зрушеними на 180° і уся енергія буде спрямована в плече "3".

Оскільки під час зондуючого імпульсу що потрапляє в плече "3" потужність достатня для запалення розрядника, він горить і відбиває енергію, що падає на нього. Відбита від розрядника енергія поступає в плече "3" (рис. 2.4 в), розподіляється порівну між плечима "а" і "б" подвійного трійника з фазовим зрушенням 180° . Феритовий елемент створює фазове зрушення хвилі E_b відносно E_a $+90^\circ$ і на вході щілинного моста хвиля E_a випереджає хвилю E_b , тому уся енергія щілинним мостом спрямовується в плече, сполучене з навантаженням. Таким чином усувається дія на магнетрон енергії, відбитої від антени і неоднорідностей хвилеводного тракту.

У паузах між зондуючими імпульсами розрядник "не горить" і що приймаються антеною сигнали проходять через циркулятор, як це розглядалося вище, і далі поступають на вхід приймача. Загальний вигляд циркулятора показаний на рис. 2.5.

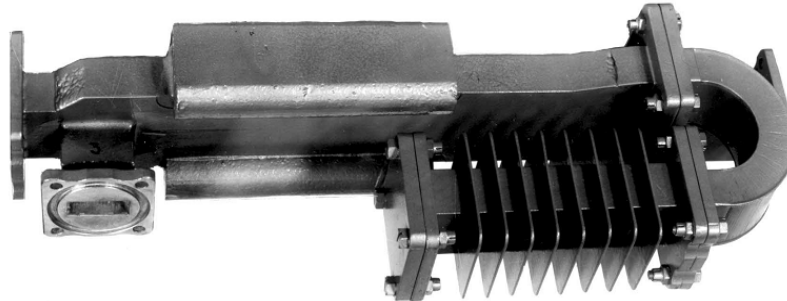


Рисунок 2.5 - Феритовий циркулятор

Розрядник захисту приймача служить для збільшення розв'язки між передавальним і приймальним пристроями у момент випромінювання передавачем зондуючого імпульсу. З метою зниження потенціалу загоряння розрядника застосовується підпал. Негативна напруга мінус 650В подається від джерела живлення підпалу розрядника на цоколь електроду допоміжного розряду. У режимі прийому втрати в розряднику не більше 1,2 дБ, КСВ розрядника не більше 1,7. Розрядник є покупним виробом.

Спрямований відгалужувач призначений для відгалуження частини енергії НВЧ з основного тракту до детекторної секції і вимірювальних приладів. Конструктивно спрямований відгалужувач (рис. 2.6) складається з трьох хвилеводів.

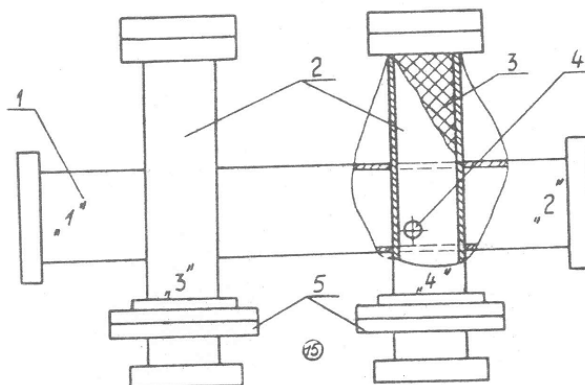


Рисунок 2.6 - Спрямований відгалужувач:

1- основний хвилевід; 2 - вторинний хвилевод; 3 - погоджені навантаження; 4 - отворів зв'язку; 5 - герметизуюча секція

Основний хвилевід (1) перпендикулярний двом вторинним хвилеводам (2). Зв'язок між основним хвилеводом і кожним з вторинних

здійснюється за допомогою круглих отворів зв'язку (4), розташованих в загальній широкій стінці відгалужувача. У вторинних хвильоводах з одного боку знаходяться погоджені навантаження (3), а з іншого боку встановлені герметизуючі секції (5). Їх конструкція аналогічна герметизуючій секції.

Відгалужувач герметичний і витримує надмірний тиск до 2 кгс/см^2 . Переріз основного хвильоводу відгалужувача $28,5 \times 12,6 \text{ мм}$, вторинних хвильоводів - $23 \times 10 \text{ мм}$, перехідне загасання плеча "3" $60 \pm 10 \text{ дБ}$, перехідне загасання плеча "4" $50 \pm 5 \text{ дБ}$. Зовнішній вигляд спрямованого відгалужувача представлений на рис. 2.7.

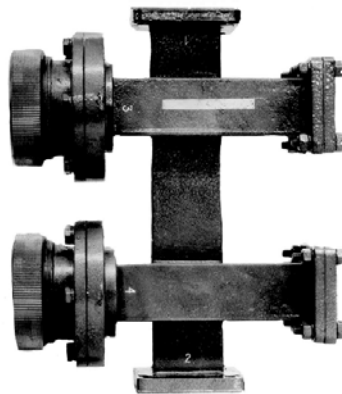


Рисунок 2.7 - Зовнішній вигляд спрямованого відгалужувача

Відгалужувач АПЧ призначений для відгалуження частини НВЧ енергії з основного каналу в систему АПЧ. Відгалужувач АПЧ це два перпендикулярних хвильоводи, пов'язаних одним отвором зв'язку (2), який знаходиться в вузькій стінці основного хвильоводу (1) (рис.2.8).

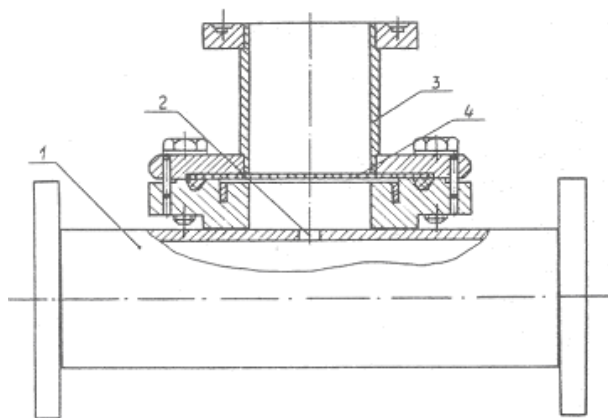


Рисунок 2.8 - Відгалужувач АПЧ:
1 - основний хвильовод; 2 - отвір зв'язку;
3 - вторинний хвильовод; 4 - слюдяне прокладення

Вторинний хвилевід виконаний спільно з герметизуючою секцією. Конструкція герметизуючої секції аналогічна конструкції герметизуючої секції.

Переріз основного хвилеводу відгалужувача 28,5x12,6 мм, вторинного хвилеводу - 23x10 мм. Перехідне загасання відгалужувача 40 ± 5 дБ, КСВ основного каналу менше 1,1. Зовнішній вигляд відгалужувача АПЧ представлений на рис. 2.9.

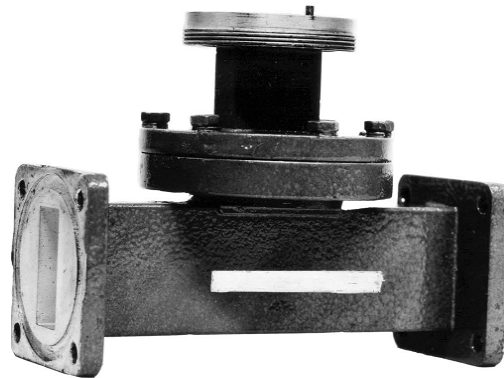


Рисунок 2.9 - Зовнішній вигляд відгалужувача АПЧ

2.5.7. Герметизуюча секція служить для ізоляції частин хвилеводного тракту один від одного, що знаходяться під різними тисками. Конструктивно секція є двома відрізками хвилеводу, між якими в дросельному фланцевому з'єднанні встановлено слюдяне прокладення (3) завтовшки 0,1 мм (рис.2.10).

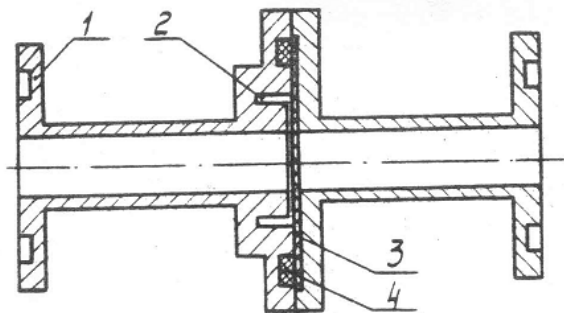


Рисунок 2.10 - Герметизуюча секція:

- 1 - Фланець; 2 - Дросель; 3 - Діелектрична пластина;
4 - Гумове прокладення.

Герметичність з'єднання забезпечується за допомогою гумового прокладення. Секція не вносить значних відображень в тракт і володіє досить високою електроміцністю. Переріз хвилеводу секції 28,5x12,6 мм,

КСВН менш 1,1, робочий тиск до 2 кГс/см². Зовнішній вигляд герметизуючої секції представлений на рис. 2.11.

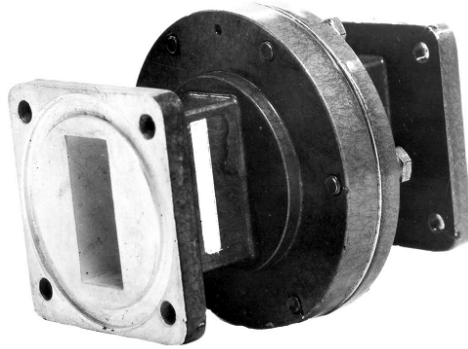


Рисунок 2.11 - Зовнішній вигляд герметизуючої секції

2.6 Параметри хвилеводного тракту I каналу

Втрати в хвилеводному тракту I каналу в режимі передачі не перевищують 2,3 дБ. Коефіцієнт стоячої хвилі на вході хвилеводного тракту не перевищує 1,3.

2.7 Хвилеводний тракт II каналу

Хвилеводний тракт II каналу призначений для передачі в антену високочастотної енергії, генерованої передавачем, і передачі до приймача прийнятих антеною відбитих від цілі сигналів.

Схема хвилеводного тракту II каналу входить до складу схеми електричною з'єднань хвилеводів.

Хвилеводний тракт II каналу виконаний на основі прямокутного хвилеводу перерізом 72x34 мм і включає хвилеводно-коаксіальний перехід (16), герметизуючі секції (17, 52 і 67), феритовий циркулятор (25), розрядник (22), хвилеводно-коаксіальний перехід (20), спрямований відгалужувач (28), коаксіальний атенюатор (32), діодну голівку (31), вимірювальну секцію (26), переходи, що обертається (53) і коливається (58) і сполучні хвилеводи.

Хвилеводний тракт II каналу може працювати в режимі передачі і в режимі прийому.

У режимі передачі НВЧ енергія від магнетрона через хвилеводно-коаксіальний перехід (16) і герметизуючу секцію (17) поступає через феритовий циркулятор (25) до антени. Частина енергії, що пройшла через циркулятор, відгалужується спрямованим відгалужувачем (28) до діодної голівки для контролю огибаючої імпульсів, до облаштування автоматичного підстроювання частоти (АПЧ) і до вимірювальних

приладів. Потужність, що поступає до діодної голівки, ослабляється на 20 - 30 дБ коаксіальним атенуатором (32).

Величина потужності, що поступає до облаштування АПЧ, регулюється атенуатором, розташованим в приймальній пристрої. Величина потужності, що проходить по хвилеводному тракту до антени, контролюється вимірною секцією (26).

Далі енергія через герметизуючу секцію (52), переходить, що обертається (53) і коливається (58), герметизуючу секцію (67) поступає в опромінювач антени.

У режимі прийому енергія, відбита від мети і прийнята антеною, по хвилеводному тракту поступає до циркуля-тору і далі через розрядник(22) і коаксіально-хвилеводний перехід(20) до приймальної пристрою.

Оскільки розв'язка між передавальним і приймальним пристроями, забезпечувана циркулятором, недостатня, для її збільшення використаний розрядник. З метою зниження потенціалу загоряння розрядника застосовується підпал. При цьому потужність передавача, що просочується в коло приймача, виявляється мінімальною.

З метою підвищення електричної міцності, а також відвертання попадання в тракт пилу і вологи передавальна частина хвилеводного тракту загерметизована і в ній системою надування підтримується надмірний тиск $0,5 \text{ кгс/см}^2$. При падінні тиску нижче $0,3 \text{ кгс/см}^2$ системою автоблокування робиться зняття високої напруги з передавального пристрою.

Частина тракту між секціями герметизуючими (52) і (67) що знаходиться під тим же тиском, що і хвилеводний тракт I каналу (тобто $1,6 \text{ кгс/см}^2$). Це дозволяє значно підвищити електричну міцність найбільш слабких елементів тракту - переходів, що обертаються, (53) і (58)

2.8 Елементи хвилеводного тракту II каналу

Хвилеводний тракт II каналу включає хвилеводно-коаксіальний перехід (16), герметизуючі секції (17, 52 і 67), феритовий циркулятор (25), розрядник (22), хвилеводно-коаксіальний перехід (20), спрямований відгалужувач (28), коаксіальний атенуатор (32), переходи, що обертається (53) і коливається (58) і сполучні хвилеводи.

Хвилеводно-коаксіальний перехід призначений для передачі енергії НВЧ від магнетрона, що має коаксіальний вихід, до стандартного прямокутного хвилеводу перерізом 72x34 мм.

Конструктивно хвилеводно-коаксіальний перехід є відрізком хвилеводу (рис. 2.12), в отворі в широкій стінці якого знаходиться зонд зв'язку (4).

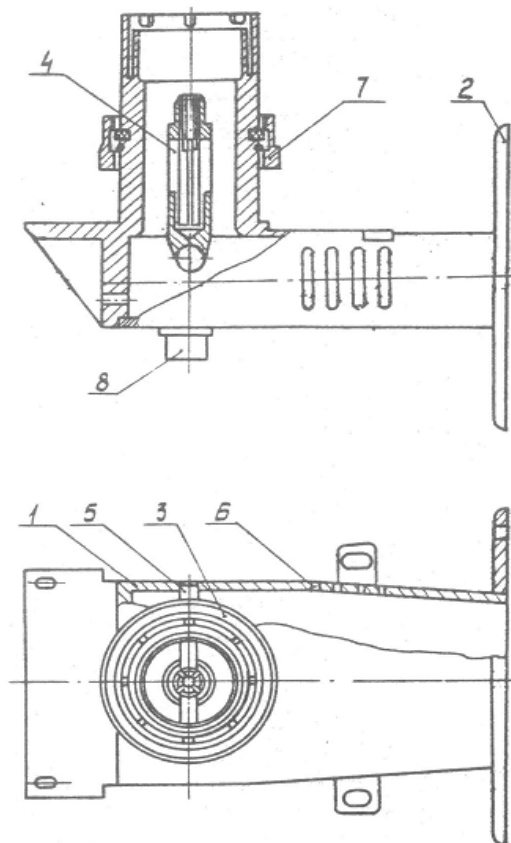


Рисунок 2.12 - Хвилеводно-коаксіальний перехід:

1 - хвилевод; 2 - фланець; 3 - коаксіальний роз'єм; 4 - зонд зв'язку; 5 - поперечний стержень; 6 - щілини; 7 - гайка; 8 - штуцер

Зонд зв'язку є продовженням центрального провідника коаксіальної лінії, який в хвилеводі кріпиться до поперечного стержня (5). Стержень укріплений у вузьких стінках хвилеводу. Коаксіальний роз'єм переходу має гайку (7) для приєднання хвилеводно-коаксіального переходу до магнетрону.

Хвилевід переходу в місце введення центрального провідника коаксіальної лінії має переріз 90x34 мм, яке плавно звужується до перерізу 72x34 мм.

З метою зняття іонізації місце введення центрального провідника коаксіальної лінії через штуцер (8) обдувається повітрям. З хвилеводу повітря виходить через щілини (6), наявні у вузьких стінках хвилеводного переходу. Коефіцієнт стоячої хвилі переходу не більше 1,25.

Загальний вигляд переходу хвилеводно-коаксіального представлений на рис. 2.13.



Рисунок 2.13 - Загальний вигляд хвилеводно-коаксіального переходу

Герметизуюча секція служить для ізоляції частин хвилеводного тракту один від одного, що знаходяться під різними тисками.

Конструктивно секція аналогічна герметизуючій секції I каналу. У дросельному фланцевому з'єднанні встановлено прокладення з фторопласту - 4 завтовшки 2 мм. Переріз хвилеводу секції 72x34 мм, коефіцієнт стоячої хвилі менше 1,15. Робочий тиск герметизуючої секції 2 кГс/см².

Зовнішній вигляд герметизуючої секції представлений на рис. 2.14.

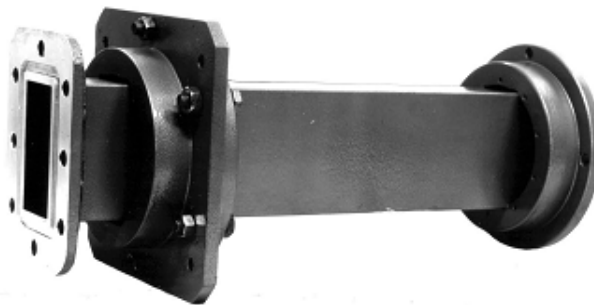


Рисунок 2.14 - Зовнішній вигляд герметизуючої секції

Феритовий циркулятор призначений для розв'язки передавального пристрою від навантаження і напряму прийнятого антеною сигналу в приймач.

Схематично циркулятор представлений на рис.2.15.

Втрати в циркуляторе у напрямі передачі (напрямок 1 - 2) - не більше 0,3 дБ, у напрямку прийому (напрямок 2 - 3) - не більше 0,3 дБ. Розв'язка передавального пристрою від реакції антени (напрямок 2- 1) - не менше 20 дБ, розв'язка приймача від передавального облаштування (напрямок 3 - 1) - не менше 25 дБ. Коефіцієнт стоячої хвилі циркулятора з боку входу (плече 1) - не більше 1,15, а з боку приймача (плече 3) - не більше 1,40.

Потужність НВЧ коливань передавального пристрою (PI) поступає в плече 1 зведеного трійника, ділиться в нім навпіл і проходить в канали безповоротного феритового фазообертача ("А" і "Б"). При напрямі

поширення хвилі, вказаному стрілкою (PI), феритові пластини створюють випередження фази хвилі в каналі "А" на 90° по відношенню до фази хвилі в каналі "Б". У 90-градусному 3-х децибелльном щілинному мосту половина потужності хвилі з каналу "Б" переходить в канал "А" зі збільшенням своєї фази на 90° і там складається з хвилею каналу "А", що має ту ж фазу. Таким чином, в антену (плече 2) поступає хвиля з одиничною амплітудою напруженості електричного поля (без урахування загасання у феритовому фазообертачі). В той же час хвиля з каналу "А", проходячи через щілинний міст в канал "Б", зрушується по фазі ще на 90° відносно хвилі в каналі "Б", внаслідок чого вона на 180° випереджає хвилю в каналі "Б" - же потужність в навантаження (плече 4) не поступає.

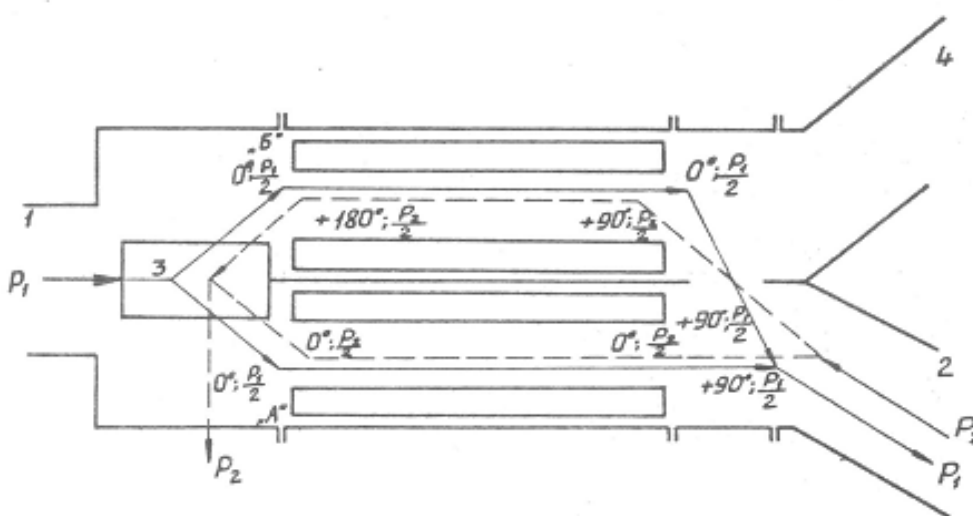


Рисунок 2.15 - Схематичне зображення циркулятора на фазових зсувах

Хвиля з антени P2 (плече 2), що поширюється в протилежному напрямі, ділиться в щілинному мосту навпіл. Складова, яка проходить через канал "Б", отримує відносно складової в каналі "А" зрушення $+90^\circ$ в щілинному мосту і $+90^\circ$ у феритовому фазообертачі. У плечах зведеного трійника (каналу "А" і "Б") складові виявляються в протифазі і, завдяки властивості зведеного трійника, проходять в плече 3 до приймача.

Аналогічно розглянутому вище, потужність, відбита від розрядника приймача (плече 3), потрапляє по властивості зведеного трійника в канали "А" і "Б" феритового фазообертача порівну і в протифазі. Хвиля в каналі "А" отримує 90-градусне випередження фази у феритовому фазоврацателі і 90-градусне випередження в щілинному мосту, тому обидві хвилі складуться в плечі 4, куди приєднано навантаження і компенсують один одного в плечі 2.

Конструктивно циркулятор складається з наступних хвилеводних елементів (рис.2.16) : зведеного трійника (1), феритового фазообертача (2),

90-градусного 3-х децибелльного щілинного моста (3), розгалужувача (4) і навантаження (5).

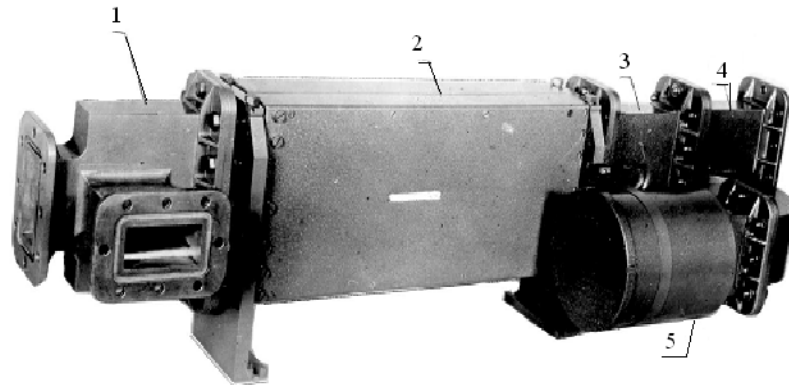


Рисунок 2.16 - Зовнішній вигляд циркулятора:

1 - здвоєний трійник; 2 - феритовий фазообертач; 3 - щілинний міст;
4 - розгалужувач; 5 - навантаження

Здвоєний трійник (1) і щілинний міст (3) виготовлені методом гальванічного нарощування, що забезпечує точне збереження геометричних розмірів, що отриманих при обробці і забезпечують оптимальне налаштування циркулятора на робочу частоту.

Феритовий фазообертач (2) є здвоєним хвилеводом перерізу 72x34, до широких стінок якого приклеєні феритові вкладиші - по 4 вкладиші в кожному хвилеводі. Кожен вкладиш, у свою чергу, складається з шести пластин фериту. Для підвищення електричної гостроти кромки пластин округляють. Для зменшення відображень вкладиші на обох стінках хвилеводів зрушені один відносно один у напрямі поширення НВЧ коливань. Феритові вкладиші знаходяться в магнітному полі, що створюється постійним магнітом із сплаву ЮН14ДК24. Оскільки параметри феритового матеріалу (в першу чергу, намагніченість насичення і ширина резонансної кривої) залежать від температури, параметри циркулятора теж виявляються залежними від температури. При налаштуванні величина магнітного поля вибирається такою, щоб параметри циркулятора були оптимальними на робочій частоті в інтервалі температур.

Розгалужувач циркулятора (4) є з боку, що примикає до феритового фазообертача, здвоєний хвилевід перерізу 72x34, а з іншого боку - поодинокі хвилеводи 72x34: прямий - для під'єднання до циркулятора елементів прийомо-передаточного тракту, зігнутий на 180 градусів - для під'єднання навантаження.

Навантаження (5) виготовлене у вигляді круглого хвилеводу, усередині якого поміщений об'ємний поглинач складної форми. Зовнішній вигляд циркулятора представлений на рис. 2.16.

Розрядник захисту приймача служить для збільшення розв'язки між передавальним і приймальним пристроями у момент випромінювання передавачем зондуєчого імпульсу. З метою зниження потенціалу загоряння розрядника на електрод допоміжного розряду подається негативна напруга мінус 550В . Втрати розрядника в режимі прийому 1,3 дБ, КСВ не більше 1,3. Розрядник є покупним виробом.

Коаксіальний хвилеводний перехід призначений для передачі енергії НВЧ від стандартного прямокутного хвилеводу перерізом 72x34 мм до коаксіальної лінії з хвилевим опором 75 Ом.

Конструктивно коаксіально-хвилеводний перехід є відрізком хвилеводу (рис. 2.17), в отворі в широкій стінці якого знаходиться зонд зв'язку (5). Зонд зв'язку є продовженням центрального провідника коаксіальної лінії.

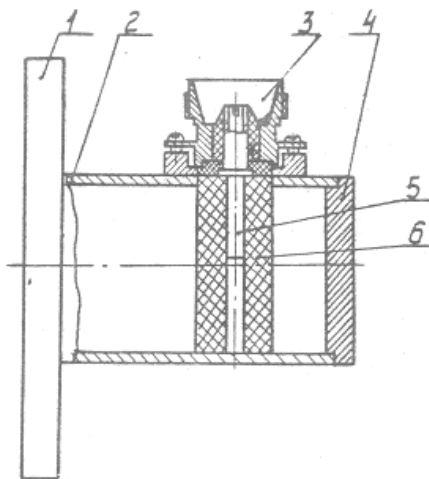


Рисунок 2.17 - Перехід коаксіально-хвилеводний:

- 1 - фланець; 2 - хвилевод; 3 - коаксіальний роз'єм; 4 - заглушка;
5 - зонд зв'язку; 6 - діелектрична втулка.

Для узгодження хвилевих опорів хвилеводу і коаксіальної лінії зонд зв'язку поміщається в діелектричну втулку (6). Вхід коаксіально-хвилеводного переходу має фланець, другий кінець хвилеводу закорочений. На виході перехід має коаксіальний різьбовий роз'єм (3).

Переріз хвилеводу 72x34 мм, коефіцієнт стоячої хвилі з боку хвилеводу не перевищує 1,4.

Зовнішній вигляд коаксіально-хвилеводного переходу представлений на рис. 2.18.

Спрямований відгалужувач призначений для відгалуження частини енергії НВЧ з основного тракту до діодної голівки, до вимірювальних приладів і до системи автоматичного підстроювання частоти (АПЧ).



Рисунок 2.18 - Зовнішній вигляд коаксіально-хвильового переходу

Конструктивно спрямований відгалужувач є системою з 4-х хвильоводів: основного хвильоводу і трьох вторинних, таких, що знаходяться під кутом до основного хвильоводу (рис. 2.19).

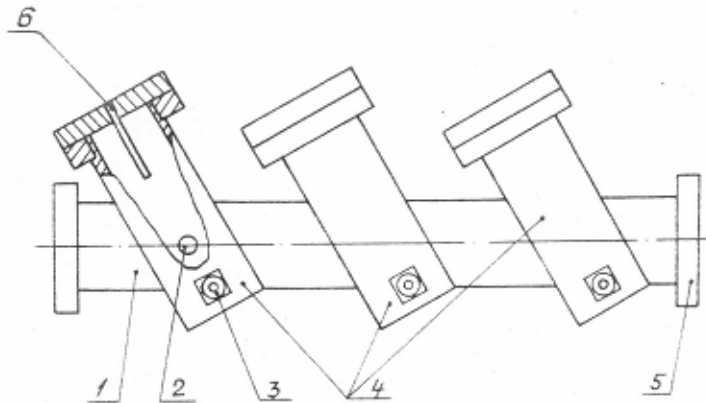


Рисунок 2.19 - Спрямований відгалужувач:

1 - основний хвильовод; 2 - отвір зв'язку; 3 - коаксіальний роз'єм;
4 - вторинний хвильовод; 5 - фланець; 6 - погоджене навантаження

Зв'язок між основним хвильоводам і кожним допоміжним здійснюється через круглий отвір (2), розташований в загальній широкій стінці хвильоводів. Вторинні хвильоводи (4) з одного боку закінчуються погодженим навантаженням (6), з іншої - коаксіально-хвильоводним переходом. Відгалужувач спрямований виконаний герметичним. Переріз вторинних хвильоводів відгалужувача 72x34 мм.

Перехідне послаблення між основним хвильоводом і кожним з двох вторинних 40 дБ, між основним і вторинним(ФЗ), сполученим з діодною голівкою, - 70 дБ; коефіцієнт стоячої хвилі відгалужувача основного каналу менше 1,15.

Зовнішній вигляд спрямованого відгалужувача представлений на рис. 2.20.

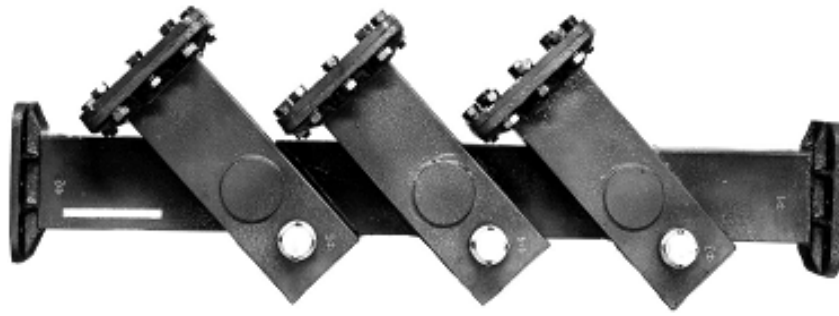


Рисунок 2.20 - Зовнішній вигляд спрямованого відгалужувача

Атенюатор призначений для регулювання потужності НВЧ сигналу в цілях автоматичного підстроювання частоти. Атенюатор є атенюатором граничного типу. Схематичне зображення атенюатора дане на рис. 2.21.

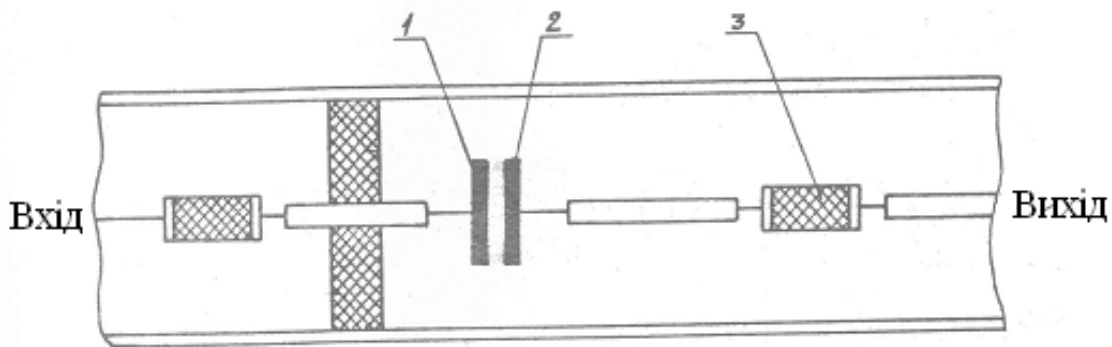


Рисунок 2.21 - Схематичне зображення змінного атенюатора:
1 - нерухомий електрод; 2 - рухомий електрод; 3 - погоджений опір

Атенюатор складається з відрізків коаксимальної лінії і круглого хвилеводу, діаметр якого менше критичного для найкоротшої хвилі робітника діапазону.

Принцип дії атенюатора ґрунтований на тому, що електромагнітна енергія, що збуджується в круглому хвилеводі, діаметр якого менше критичного значення затухає за певним законом. При плавній зміні відстані між електродами зв'язку здійснюється плавна зміна послаблення. Для узгодження на вході і виході атенюатора включені опори, що погоджують, величина яких дорівнює хвилевому опору коаксимальних ліній. Зміна відстані між електродами робиться за допомогою механізму перебудови. Атенюатор має коаксимальні роз'єми. Електричні параметри атенюатора : мінімальне загасання не більше 20 дБ, максимальне, - не менше 30 дБ.

Зовнішній вигляд атенюатора представлений на рис. 2.22.



Рисунок 2.22 - Зовнішній вигляд атенюатора

2.9 Параметри хвилеводного тракту II каналу

Втрати в хвилеводному тракті II каналу в режимі передачі не перевищують 1,9 дБ. Коефіцієнт стоячої хвилі на вході хвилеводного тракту не перевищує 1,35

2.10 Двоканальних елементів хвилеводних трактів

З метою уніфікації в якості того, що обертається і коливається переходів в хвилеводну систему використовуються два двоканальні переходи, що обертаються.

Перехід, що обертається, призначений для передачі енергії 3-х і 10-ти сантиметрових діапазонів хвиль від нерухомих до частин хвилеводної системи, що обертаються.

Конструкція 2-х каналного хвилеводно-коаксіального переходу, що обертається, показана на рис. 2.23, вона об'єднує 3-х і 10-ти сантиметрові канали діапазонів хвиль. Кожен канал є два послідовно сполучених коаксіально-волноводних переходу, які є переходами від прямокутних хвилеводів з хвилею Н10, до коаксиалу з хвилею ТИМ. Зовнішній вигляд переходу, що обертається, представлений на рис. 2.24.

Зовнішній провідник 3-х сантиметровій коаксіальній лінії є внутрішнім(центральним) провідником 10-ти сантиметровій лінії і розташований усередині 10-ти сантиметрового каналу.

Центральні провідники коаксіальних ліній кожного з каналів (3-х і 10-ти см) закінчуються конусами, при допомозі яких досягається високе узгодження переходу, що обертається, в обидва канали. Узгодження переходу, що обертається, забезпечується вибором розмірів конусів і місцем розташування коротко замикаючих заглушок.

Переріз коаксіальної лінії II каналу вибраний рівним 37x15 мм, а для I каналу - 13x5,5 мм. Вибір розмірів коаксіальних ліній і конусів забезпечує незначну зміну КСВ при обертанні переходу.

Електричний контакт між рухливими частинами у внутрішньому провіднику (між центральним провідником і конусом) здійснюється за

допомогою дроселя (6), вмонтованого в конусі 10-ти сантиметрового каналу. Усі дросельні з'єднання є дві послідовно сполучені чвертьхвильові секції з різним хвилевим опором.

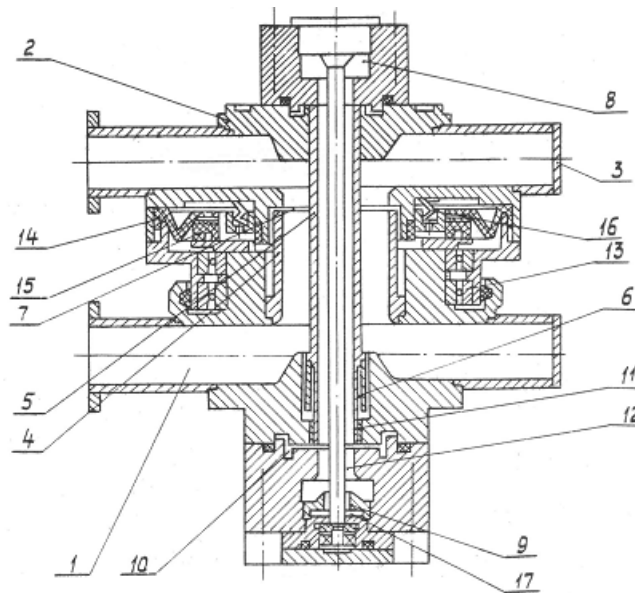


Рисунок 2.23 - Конструкція 2-х каналного хвилеводно-коаксіального переходу 10 см і 3 см діапазону хвиль:

- 1 - хвилевод 10 см каналу; 2 - погоджений конус 10 см каналу; 3 - заглушка 10 см каналу; 4 - зовнішній провідник, коаксіальній лінії 10 см каналу; 5 - внутрішній провідник коаксіальної лінії 10 см каналу; 6 - дросель внутрішнього провідника 10 см каналу; 7 - дросель зовнішнього провідника 10 см каналу; 8 - хвилевід 3 см каналу; 9 - погоджений конус 3 см каналу; 10 - дросель зовнішнього провідника 3 см каналу; 11 - зовнішній провідник коаксіальній лінії 3 см каналу; 12 - внутрішній провідник коаксіальній лінії 3 см каналу; 13 - підшипник; 14 - мембрана; 15 - капроланове кільце; 16 - пружина; 17 - дросель внутрішнього провідника 3 см каналу

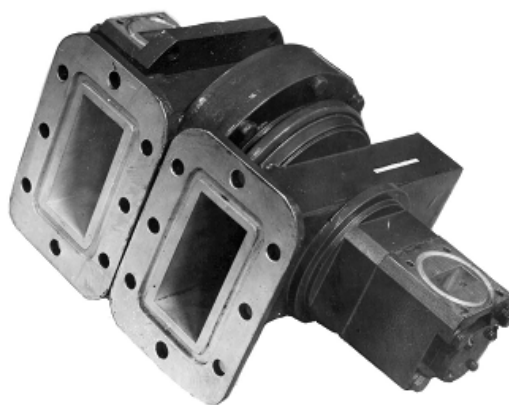


Рисунок 2.24 - Зовнішній вигляд переходу, що обертається

Перехід, що конструктивно обертається, складається з двох частин, пов'язаних між собою за допомогою підшипника (13). Підшипник забезпечує співісність дросельних проміжків (6), (7), (10), (17). На одній з частин переходу передбачено посадочне місце для установки його в колоні.

Герметизація здійснюється за допомогою застосування гумової мембрани (14) і двох спеціальних кілець, виконаних так, щоб виключити витік повітря між ними.

Переріз хвилеводу 3-х сантиметрового каналу переходу 28,5x12,6 мм, 10-ти сантиметрового каналу - 72x34 мм.

Коефіцієнт стоячої хвилі 3-х сантиметрового каналу менше 1,25, 10-ти сантиметрового каналу - менш 1, 2.

2.11 Система надування хвилеводних трактів

Система надування хвилеводних трактів призначена для нагнітання осушеного повітря під тиском в хвилеводні тракти з метою збільшення їх електричної міцності.

Система надування складається з:

- а) блоку надування I каналу;
- б) блоку надування II каналу;
- в) 2-х вологопоглиначів на вході блоків надування ;
- г) системи рециркуляції I каналу;
- д) сполучних шлангів.

Блок надування представлений у вигляді компресора з електроприводом і елементів автоматичного включення і виключення помпи. Компресор зібраний на асинхронному електродвигуні типу УАД-72-Ф.

Як датчики тиску використовуються регульовані сильфони. Сильфони пов'язані з мікрвимикачами В1 ВЕРХНЯ МЕЖА, В2 НИЖНЯ МЕЖА і В3 СИГНАЛ.

Мікроперемикачі В1 і В2 за допомогою реле Р1 включають і вимикають компресор.

Мікроперемикач В3 видає сигнал при пониженні тиску в хвилеводному тракті нижче допустимого. При витоках повітря в хвилеводному тракті або в сполучних шлангах працюючий компресор після 15 хвилинної роботи відключиться за допомогою реле Р3, Р2, спалахне сигнальна лампа Л6 АВАРІЯ НАДУВАННЯ, і рветься блокування передавача по ланцюгу + 27 В через розмикаючі контакти 8-9 реле Р2. Після виявлення витоку повітря в хвилеводному тракті і її усунення натисненням кнопки Кн2 СКИДАННЯ повертають блок надування в робоче положення. Блокування по перевищенню тиску

забезпечується запобіжним клапаном пружинного типу, який налаштовується на заданий тиск. Запобіжний клапан знаходиться на лівій стінці блоку під електродвигуном. На лицьову панель блоку винесені :

- а) кнопки ПЕРЕВІРКА РОБОТИ, СКИДАННЯ ;
- б) манометр ;
- в) налаштування ;
- г) сигнальна лампа - МЕРЕЖА ;
- д) сигнальні лампи - НЕМАЄ ТИСКИ, АВАРІЯ НАДДУВАННЯ ;
- е) запобіжник 27 В 0,5 А ;
- ж) три запобіжники ІА 220 В ;
- з) три сигнальні неонові лампочки.

Для зменшення повітряних пульсацій передбачений ресивер. Осушення повітря, що нагнітається, здійснюється вологопоглиначами. Вологопоглинач виконаний у вигляді двох патронів циліндричної форми, наповнених силікагелем. Послідовно з патронами з силікагелем підключена скляна трубка з силікагелем-індикатором.

Колір зерен індикаторного силікагелю може змінюватися від блакитного до рожевого залежно від інтенсивності насичення вологою патронів з осушувальним силікагелем.

При виявленні рожевих зерен індикаторного силікагелю робиться просушування патронів з осушувальним силікагелем в осушувачі впродовж 4-5 годин. Температура регенерації силікагелю 150°C.

Для зниження вологості повітря, що знаходиться під тиском в 3-х сантиметровому хвилеводному тракті, введена система рециркуляції, що складається з:

- установки вентилятора;
- перетворювача ПН-ЗЮ;
- вологопоглинача;
- дюрітових шлангів, що під'єднуються до штуцерів на хвилеводах.

За допомогою двигуна типу М0-15-6Д (рис. 2.25), вбудованого в установку вентилятора, здійснюється циркуляція повітря.

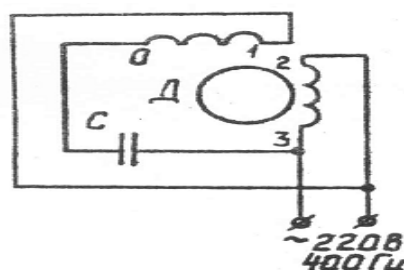


Рисунок 2.25 - Електрична схема вентилятора

Перетворювач ПН-310 призначений для живлення установки вентилятора. Осушення повітря здійснюється силікагелем, розміщеним в патронах, що встановлюються в осушувач.

Контрольні запитання

1. Назвіть механічні режими роботи антенно-хвильової системи станції МРЛ-5.
2. Назвіть основні параметри антенно-хвильової системи в режимі штормооповіщення.
3. В якому режимі роботи станції знімається малий відбивач?
4. Поясніть призначення розрядника в хвильовому тракті І каналу.
5. Поясніть призначення феритового циркулятора в хвильовому тракті І каналу.
6. Поясніть призначення спрямованого відгалужувача АПЧ.

3 ПЕРЕДАВАЧІ І та ІІ КАНАЛІВ

3.1 Призначення і склад передавача І каналу

В справжній главі наводиться опис передавача І каналу, що входить до складу метеорологічного радіолокатора і призначеного для вироблення потужних НВЧ імпульсів в діапазоні 3,2 см [2, 3, 4].

У передавачі здійснюється плавний автоматичний підйом високої напруги, передбачено перемикання тривалості під час роботи, а також можливість роботи при пониженні атмосферного тиску до 600 мм рт. ст.

Вихідні параметри передавача І-го каналу:

- імпульсна потужність в межах 160 - 300 кВт;
- тривалість імпульсів 1 мкс, 2 мкс;
- частота повторення відповідно до 500 Гц, 250 Гц.

В якості генератора застосований магнетрон. До складу апаратури передавача І каналу входять наступні вузли і блоки :

- шафа ШД- 027;
- перетворювач імпульсний;
- блок БМ- 014;
- модулятор;
- плата підмодулятора;
- перетворювач;
- вентилятор;
- облаштування включення стабілізації (УВС);
- плата включення анода (ДВА);
- плата включення розжарювання (ПВН);
- пристрій контрольно-розподільний (УКР);
- пристрій, що формує;
- установка магнетрона;
- джерела живлення.

3.2 Структурна схема передавача І каналу

Передавач складається з наступних функціональних вузлів (рис. 3.1):

- зарядний пристрій - перетворить низьку постійну напругу джерела живлення у високовольтну імпульсну, використовувану для заряду лінії формування модулятора (розміщено у блоці ЕМ - 014);

- підмодулятор - виробляє два імпульси, зрушені за часом, для запуску зарядного пристрою і модулятора; U

- імпульсний перетворювач - забезпечує модулятор напругою живлення. Тут же здійснюється плавний підйом високої напруги і аварійне виключення модулятора;
- модулятор - виробляє потужні імпульси для запуску магнетронного генератора;
- магнетронний генератор - перетворює енергію потужних імпульсів в НВЧ імпульси;
- джерела живлення - забезпечують передавальний пристрій необхідною напругою;
- схема управління - здійснює увесь контроль за роботою передавального пристрою (включення, виключення, перемикання тривалості, контроль аварій і т.д.).

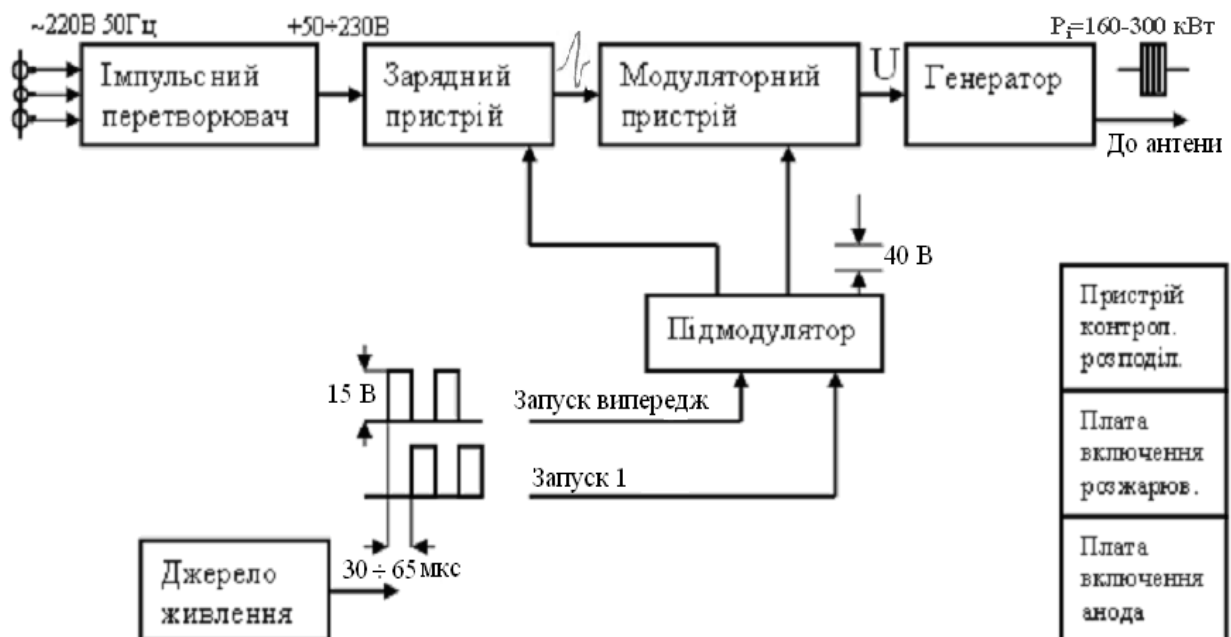


Рисунок 3.1 - Структурна схема передавача I каналу

3.3 Підмодулятор

Підмодулятор призначений для формування 2-х імпульсів для запуску модулятора передавального пристрою.

Для забезпечення нормальної роботи модулятора ці імпульси мають бути зміщені за часом в межах від 30 до 65 мкс, залежно від режиму.

Тимчасове положення останніх відповідає тимчасовому положенню вхідних імпульсів: "випереджаючий запуск", "запуск 1 затриманий", що поступають з облаштування синхронізації станції.

У разі потреби (налаштування або перевірка) підмодулятор може працювати від одного вхідного імпульсу "випереджаючий запуск". При

цьому зміщенню вихідних імпульсів один відносно одного визначається елементами схеми самого підмодулятора.

Структурна схема підмодулятора приведена на рис. 3.2.

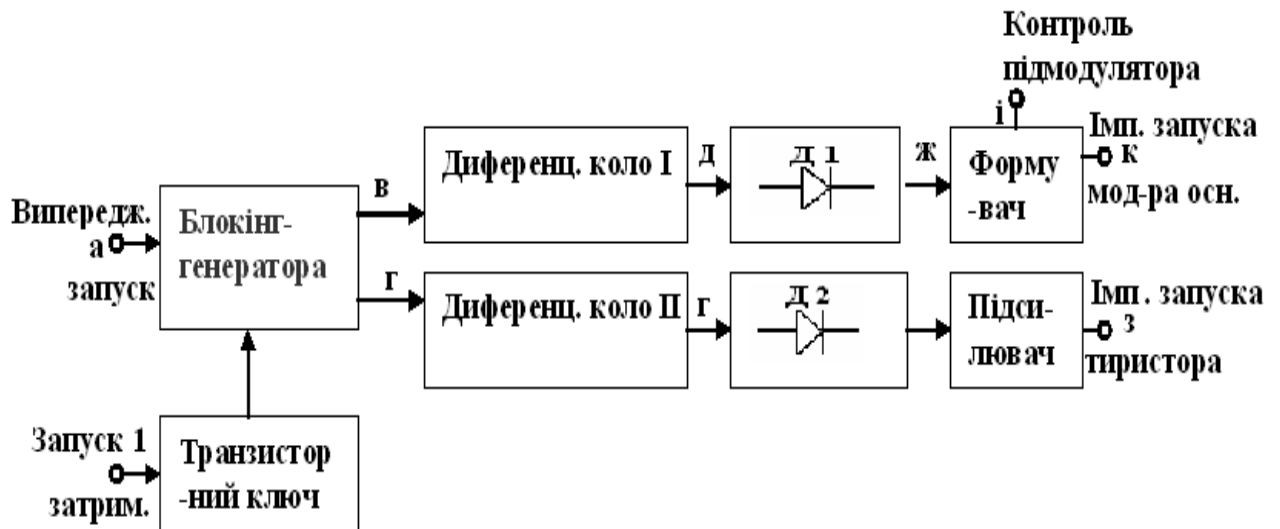


Рисунок 3.2 - Структурна схема підмодулятора

Схема містить блокінг-генератор, транзисторний ключ, два диференціюючі кола, два обмежуючі діоди, підсилювач і формувач.

Процеси, що відбуваються в підмодуляторі для відповідних точок, відбиті на епюрах (рис. 3.3).

Вхідний імпульс "Випереджаючий запуск" запускає блокінг-генератор, а вхідний імпульс "запуск 1, затриманий" за допомогою транзисторного ключа формує задній фронт прямокутного імпульсу блокінг-генератора. Таким чином тривалість цього імпульсу відповідає затримці вхідних імпульсів один відносно одного (30 - 65 мкс).

У блокінг-генераторі використовуються два виходи, з яких знімаються прямокутні імпульси протилежної полярності (рис. 3.3 в, г), імпульс позитивної полярності з блокінг-генератора поступає на диференціююче коло I. На діоді Д1 відбувається відсічення негативного викиду напруги. Освічений загострений імпульс (рис. 3.3 ж), тимчасове положення якого співпадає з тимчасовим положенням переднього фронту імпульсу блокінг-генератора, поступає на формувач, де виробляється імпульс "Запуск модулятора, основний", поступаючий на управляючий електрод тиристора (рис. 3.3 к).

На диференціююче коло II з блокінг-генератора поступає імпульс негативної полярності. Після диференціюючого кола II, діоду Д2 і підсилювача утворюється позитивний загострений імпульс (рис. 3.3 з), тимчасове положення якого співпадає з тимчасовим положенням заднього

фронту імпульсу блокінг-генератора. З підсилювача імпульс поступає на управляючий електрод тиристора формувача, що знаходиться в модуляторі, для запуску тиратрона модулятора.

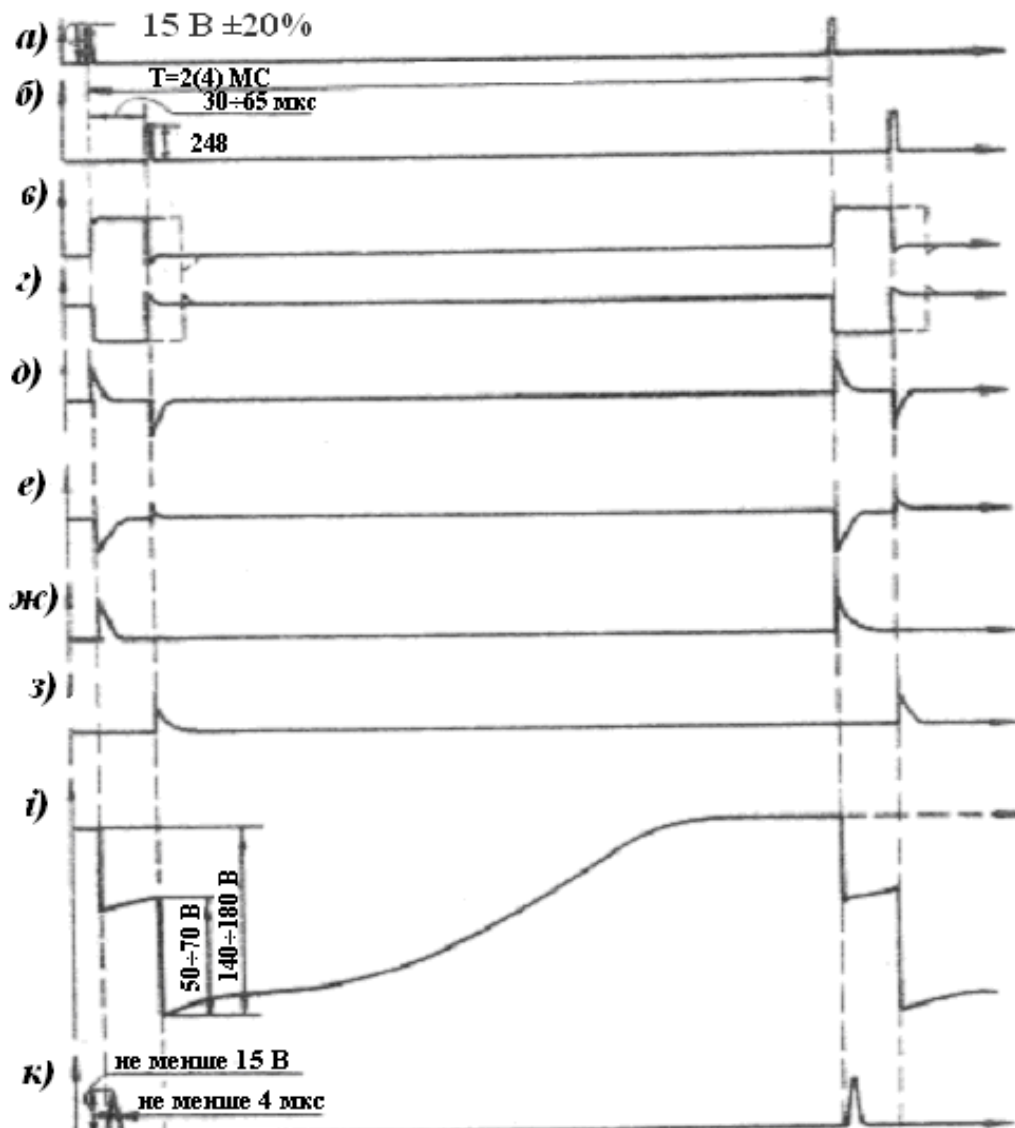


Рисунок 3.3 - Епюри напруги в підмодуляторі

Блокінг-генератор зібраний за схемою із загальним емітером на складеному транзисторі. Складений транзистор в схемі блокінг-генератора застосований для поліпшення стабільності тривалості імпульсу при зміні температури. Складений транзистор є двома транзисторами Т2 і Т3, причому сполучені емітер транзистора Т2 з базою транзистора Т3, а також їх колектори.

У початковому стані блокінг-генератор замкнутий негативною напругою 2В, що поступає з контактів (16 - 17) роз'єму Ш1 на базу транзисторів Т2 і Т3 через резистори R4 і R7.

Вхідний імпульс "випереджаючий запуск" з контактів (24 - 25) роз'єму Ш1 поступає через резистор R2, діод Д2 і конденсатор С1 на базу транзистора Т2, внаслідок чого відбувається блокінг-процес. На колекторах транзисторів Т2 і Т3 утворюється імпульс негативної полярності.

Для отримання імпульсу позитивної полярності використовується обмотка(5 - 6) імпульсного трансформатора Тр1. На обмотку (1 - 2) трансформатора Тр1 з контактів (28 - 29) роз'єму Ш1 поступає напруга +50В. Резистор R6 служить навантаженням блокінг-генератора, що покращує форму і стабільність імпульсів. Діод Д6 зрізує позитивний викид негативного імпульсу блокінг-генератора і запобігає пробою транзисторів Т2 і Т3.

Стабілітрон Д1 і резистор R2 забезпечують обмеження запускаючого імпульсу на рівні 8В. Діод Д2 зрізує негативний викид запускаючого імпульсу.

Тривалість прямокутних імпульсів блокінг-генератора залежить від тимчасового положення імпульсу "запуск 1, затриманий" відносно імпульсу "випереджаючий запуск".

Імпульс "запуск 1, затриманий" з контактів (12 - 13) роз'єму Ш1 поступає через обмежуючий резистор R1 на базу транзистора Т1, який при цьому відкривається і закорочує через коло колектор-емітер і діод Д3 базу транзистора Т2. При цьому відбувається примусове перекидання блокінг-генератора і тимчасове положення заднього фронту формованого ним імпульсу відповідатиме тимчасовому положенню затриманого імпульсу, що приходить з синхронізатора. У разі відсутності імпульсу "запуск 1, затриманий" тривалість прямокутного імпульсу блокінг-генератора визначатиметься параметрами конденсатора С1, резисторів R3, R4 і потенціометрів R6, R9, розташованих в УКР. Ці потенціометри комутуються контактами реле Р3 і кожним з цих потенціометрів (відповідно на частотах 250 Гц і 500 Гц) можна змінювати тривалість імпульсу в межах від 30 до 65 мкс.

Позитивний прямокутний імпульс, що знімається з обмотки (5 - 6) трансформатора Тр1, диференціюється колом С2, R5. Позитивний загострений імпульс, співпадаючий за часом із переднім фронтом імпульсу блокінг-генератора, через діод Д5 і резистор R11 поступає на електрод тиристора Д8, що управляє.

Негативний прямокутний імпульс, що знімається з колекторів транзисторів Т2 і Т3, диференціюється колом С3, R9. Загострений імпульс позитивної полярності, співпадаючий за часом із заднім фронтом імпульсу блокінг-генератора, через діод Д7 і підсилювач на транзисторі Т4 з трансформаторним зв'язком поступає на управляючий електрод тиристора Д4, розташованого в модуляторі. Негативне зміщення мінус 23 подається на транзистор Т4 через резистор R10.

До складу формувача імпульсів запуску тиристора блоку БМ - 014 входять наступні елементи: тиристор ДВ, зарядне коло, що складається з дроселя Др1, резистора R15, діода Д10, конденсатора С12 модулятора, ємнісного дільника С5, С6, діода Д9 і трансформатора Тр3, що погоджує.

Формувач працює таким чином. За відсутності імпульсів запуску тиристорів ДВ підмодулятора і Д4 модулятора усі конденсатори зарядного кола С5, С6 і С12 модулятора заряджаються від джерела живлення $E = 170 \text{ В}$ (контакти 2 - 3 Ш1) через дросель Др1, резистор R15 і діод Д10. При цьому на конденсаторі С12 модулятора встановлюється напруга, приблизно рівна 140 - 180 В, а на конденсаторах С5, С6 - 70 - 90 В.

З приходом загостреного імпульсу, імпульсу блокінг-генератора, що відповідає передньому фронту, на електрод тиристора Д8, що управляє, останній відкривається, і відбувається повний розряд конденсатора С5 через обмотку (1 - 2) трансформатора Тр3 і тиристор Д8 і частковий розряд конденсаторів С6 і С12 модулятора, після чого тиристор Д8 закривається.

З приходом загостреного імпульсу, що відповідає задньому фронту прямокутного імпульсу блокінг-генератора, на електрод тиристора Д4 модулятора, що управляє, останній відкривається, і конденсатор С6 розряджається через первинну обмотку трансформатора Тр2, тиристор Д4 модулятора і діод Д9, а конденсатор С12 модулятора розряджається через первинну обмотку трансформатора Тр2 і тиристор Д4 модулятора.

Після розряду конденсаторів С6 і С12 модулятора тиристор Д4 модулятора закривається, і знову починається процес заряду конденсаторів С5, С6 і С12 модулятора.

В результаті процесів, що відбуваються при вступі зміщених за часом імпульсів на електроди тиристорів Д8 і Д4 модулятора, що управляють, на вторинних обмотках трансформаторів Тр3 і Тр2 модулятора з'являються позитивні загострені імпульси, що відповідають за часом вхідним запускаючим імпульсам.

Імпульс, що відповідає за часом "випереджаючому запуску" знімається з вторинної обмотки (4 - 3) трансформатора Тр3 і через резистор К13 і контакти (26 - 27) роз'єму Ш1 поступає на сітку тиристора модулятора, що управляє.

Імпульс, що відповідає за часом "запуску 1, затриманому", знімається з вторинної обмотки (1 - 5) трансформатора Тр2 модулятора і поступає на електрод тиратрона, що управляє, в модуляторі.

Контроль вихідних імпульсів здійснюється за допомогою вторинної обмотки (6-5) трансформатора Тр3 і через відповідні контакти роз'єму Ш1 і панелі П1.

Процеси заряду і розряду конденсаторів С5, С6 і С12 модулятора контролюються осцилографом на контактах (8 - 9) роз'єму Ш1 і на контакті (10) панелі П1.

Резистор R15 обмежує струм джерела при аварійному пробію тиристора Д4 модулятора. Діод Д10 запобігає розряду місткостей С6, С12 модулятора через джерело живлення +170 В (контакти 2 - 3 роз'єми Ш1) після закінчення процесу їх заряду.

3.4 Модулятор

Модулятор зібраний за схемою тиристорно-тиратронного модулятора з повним розрядом накопичувача. Як накопичувач використовується лінія формування (пристрій формує).

Для пояснення роботи модулятора на рис. 3.4, 3.5, 3.6 представлені принципова схема, еквівалентна схема і епюри напруги модулятора. Усі позначення схемних елементів в приведених схемах відповідають схемам, поміщеним в альбомі.

Після включення джерела живлення відбувається заряд місткостей С4 - С11, С12 - С18 приблизно до подвійної напруги джерела за рахунок резонансного процесу, що відбувається в колі дроселів Др1, Др2 і місткостей С4 - С11, С12 - С18.

При поданні запускаючих імпульсів "зап. випередж.", "запуск 1" на вхід підмодулятора останній виробляє два імпульси "U зап. випередж." і "запуску тиристора модулятора". Перший з них - "U зап. випередж." - поступає на електрод тиристора Д11, що управляє, і відкриває його (момент часу t_1). При цьому конденсатори С4 - С11, С12 - С18 дістають можливість розряджатися через первинну обмотку імпульсного трансформатора Тр1 і тиристор Д11 на лінію формування У5

В мить, коли напруга на місткостях лінії формування досягає максимальної величини, подається запускаючий імпульс на тиристор Д4 модулятора. При розряді лінії формування через тиратрон Л1 на навантаження, на останній утворюється імпульс напруги, форма якого визначається параметрами лінії формування.

Зміна тривалості імпульсу, необхідна для режимів, відбувається шляхом зміни часу затримки лінії формування (кількості ланок). Уся лінія формування складається з двох частин по 1 мкс, що сполучаються послідовно за допомогою високовольтного вимикача Р1 типу ВВ-20. Ланки лінії формування виконані у вигляді модулів, що складаються з місткостей і індуктивностей і розрахованих на $2/n$ мкс, де n - число ланок лінії формування. Залежно від вибраного режиму підключається одна або дві частини лінії формування, при цьому на вихід модулятора поступатиме імпульс тривалістю 1,0 мкс або 2,0 мкс. Момент подання імпульсу запуску на тиратрон (t_2) не являється критичною величиною по відношенню до максимуму напруги на лінії формування, оскільки розряд місткостей останній може відбуватися тільки через індуктивність вторинної обмотки імпульсного трансформатора, величина якої дуже велика, і швидкість

розряду буде відповідно до малої. Єдиною умовою стабільності роботи модулятора є час замикання тиристора. Для замикання тиристора необхідно подати на нього на деякий час зворотну напругу. З еквівалентної схеми видно, що після заряду місткостей лінії формування при замкненому ключі до напруга на лінії пригоже але до діода, але в зворотній полярності. Поданням у відповідний момент часу запускаючого імпульсу на тиратрон виконується умова замикання тиристора.

Оскільки напруга на аноді тиратрона є присутньою тільки при поданні запускаючих імпульсів і має імпульсний характер, то стійкість і надійність модулятора значно підвищуються.

На рис. 3.4 приведена принципова схема модулятора.

Як видно з цієї схеми, конденсатори С1...С3, розташовані у блоці БМ- 014, є частиною ланки, що фільтрує, розташованої у блоці ПІ.

Діоди Д1...Д2 - зарядні діоди, що формують максимальну напругу заряду конденсаторів С4...С11, С12...С18.

Дросель Др1 і конденсатори С4...С11, С12...С15 є зарядною ланкою, причому в коло заряду за допомогою контактів реле Р2 можуть підключатися конденсатори С4...С11, дросель Др2 і конденсатори С12...С18, дросель Др1 залежно від режиму роботи передавального пристрою: частоти посилок $F=500$ Гц і $F=250$ Гц. Підключення конденсаторів С12...С18 і дросель Др1 в схему здійснюється одночасно з включенням режиму І мкс (сигнал +27В не поступає на обмотку реле Р1).

Діоди Д3 - Д10 і резистори R1...R6 служать для захисту тиристора Д11 від пробів і пропусків. Блок БМ-014 спільно з імпульсним трансформатором Тр1, розташованим в шафі передавального пристрою, перетворює низьку постійну напругу джерела живлення в високовольтне імпульсне, використовуване для заряду лінії формування У5, розташованою також в шафі передавального пристрою.

Таким чином, при включенні передавача постійна напруга з блоку "перетворювач імпульсний" заряджає конденсатори С4...С11, С12...С18 через діоди Д1...Д2 і дроселі Др1, Др2.

Розряд зарядних конденсаторів (у момент приходу імпульсу запуску "У зап. випередж. на тиристор Д11 - момент часу) відбувається по ланцюгу: первинна обмотка трансформатора Тр1, анод тиристора Д11, "Пристрій формує". У5 при цьому заряджається до напруги близько 14 кВ. Коло розряду "облаштування того, що формує" - тиратрон Л1, первинна обмотка перетворювача У6.

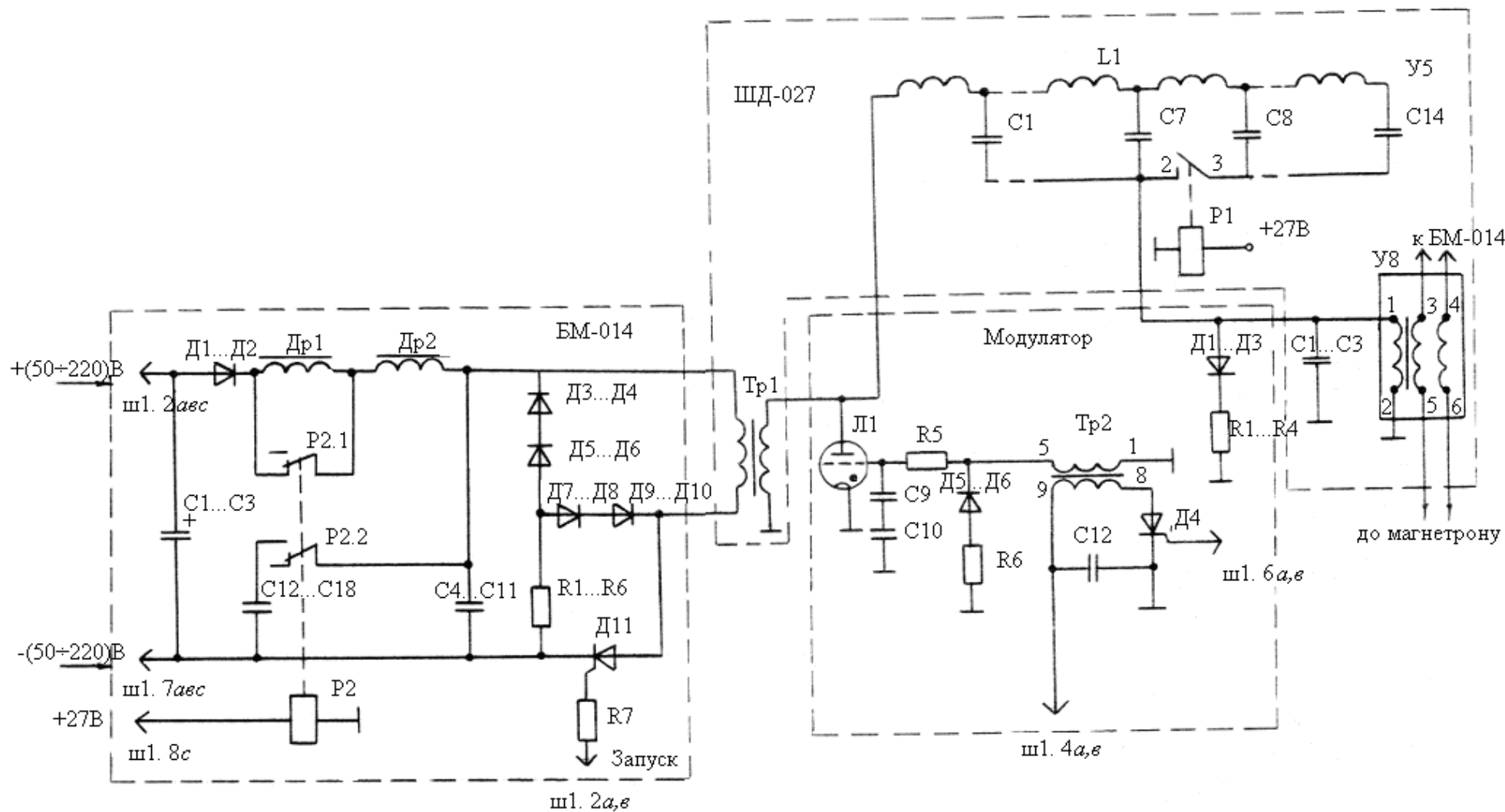


Рисунок 3.4 - Принципова схема модулятора

Підпал тиратрона Л1 відбувається з приходом зовнішнього затриманого імпульсу запуску "U зап. 1" (момент часу t_2), перетвореного підмодулятором і схемою, що складається з конденсатора С12, трансформатора Tr2, діодів Д5, Д6, тиристора Д4, резисторів R5, R6.

Для забезпечення необхідної крутизни модулюючого імпульсу при роботі на магнетрон в первинну обмотку перетворювача приєднане коло, що складається з трьох конденсаторів С1...С3, включених паралельно.

Територіально це коло розташоване в шафі передавального пристрою. Для зменшення амплітуд позитивних викидів вихідного імпульсу перед імпульсом (внаслідок процесів заряду лінії формування) і після імпульсу (внаслідок перехідних процесів перетворювача) включене коло, що складається з трьох діодів Д1...Д3 і чотирьох резисторів R1...R4, сполучених послідовно. Коло розташоване у блоці модулятора.

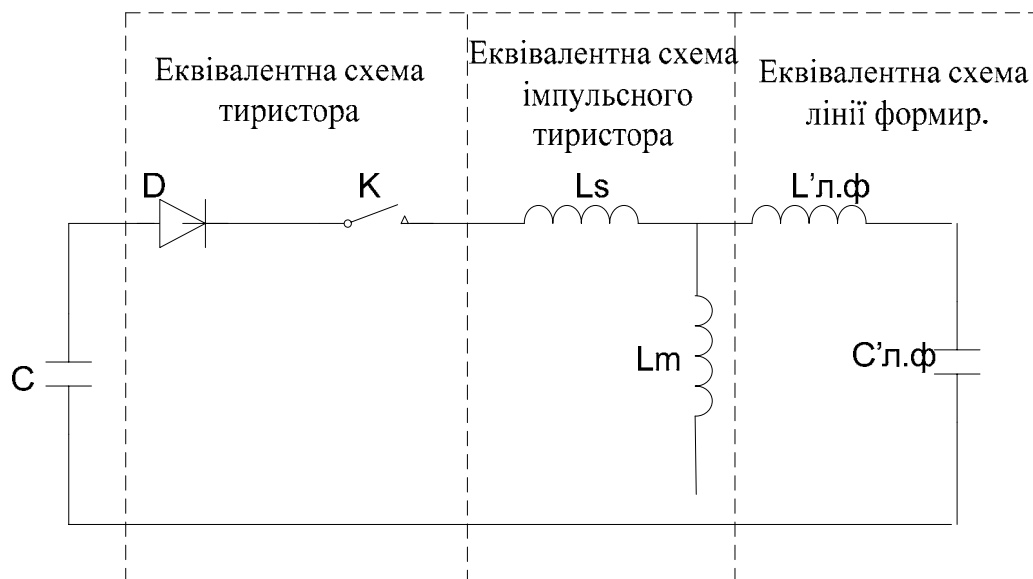


Рисунок 3.5 - Еквівалентна схема модулятора

Для захисту елементів схеми модулятора від перенапружень, що виникають при іскріннях в магнетроні і пропусках імпульсів, застосовані захисні кола, які розташовані у блоці БМ-014. Вони складаються з двох пар паралельно включених діодів Д3...Д6, Д7...Д10 і 6-ти резисторів R1...R6, включених паралельно. Коло, що складається з діодів Д3 - Д6 і 6-ти резисторів, забезпечить розряд облаштування того, що формує і створить нормальні умови для подальшого заряду його при іскріннях в магнетроні. А коло, що складається з діодів Д7 - Д10 і тих же шести опорів, понизить перенапруження на пристрої що формує при порушенні роботи магнетрона при пропусках імпульсів.

Схемою модулятора передбачається осцилографічний контроль за процесами, що відбуваються в окремих її точках. Контрольні гнізда і перемикач кіл контролю розташовані на лицьовій панелі УКР передавача. Контроль високовольтних кіл здійснюється з допомогою ємнісних дільників, що складаються з кола конденсаторів $C1...C3$, $C4$, $C5...C7$, $C8$, $C9$, $C10$, сполучених послідовно.

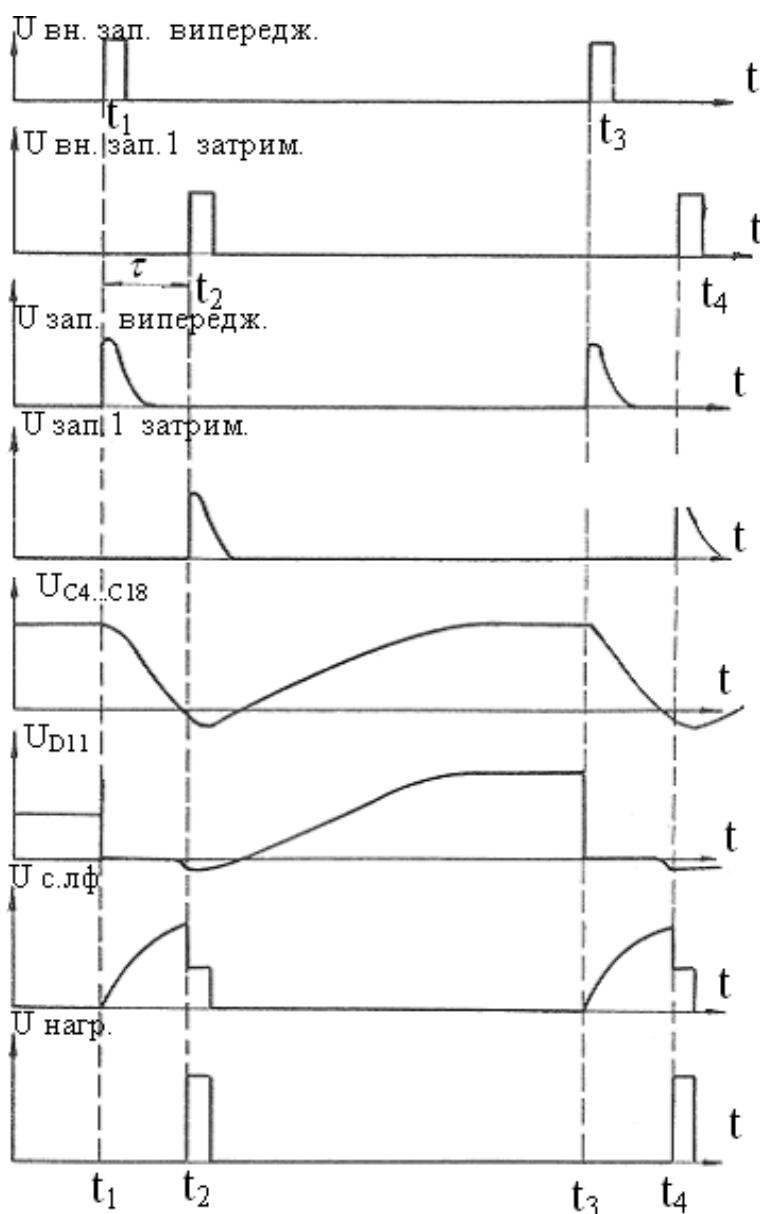


Рисунок 3.6 - Епюри напруги модулятора

Контрольна напруга знімається з конденсаторів $C4$, $C8$, $C10$. Сигнали з ємнісних дільників поступають у блок "Пристрій контрольно-розподільний". Окрім цих сигналів на перемикач В1 КОНТРОЛЬ ІМПУЛЬСНИХ КІЛ поступають наступні сигнали (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Сигнали, що поступають на перемикач В1

Положення В1	Найменування сигналу
1	Запускаючий імпульс що випереджає
2	Запускаючий імпульс - запуск 1
3	Підмодулятор
4	Імпульс запуску модулятора, що випереджає
5	
6	Сітка тиратрона
7	Анод тиратрона
8	Первинна обмотка імпульсного трансформатора

Схема розжарення магнетронного генератора приведена на рис. 3.7. Схема живлення розжарювального кола генератора включає розділовий трансформатор Тр1, розжарювальний трансформатор Тр2 і випрямляч У10, розташовані в шафі передавального облаштування ШД-027.

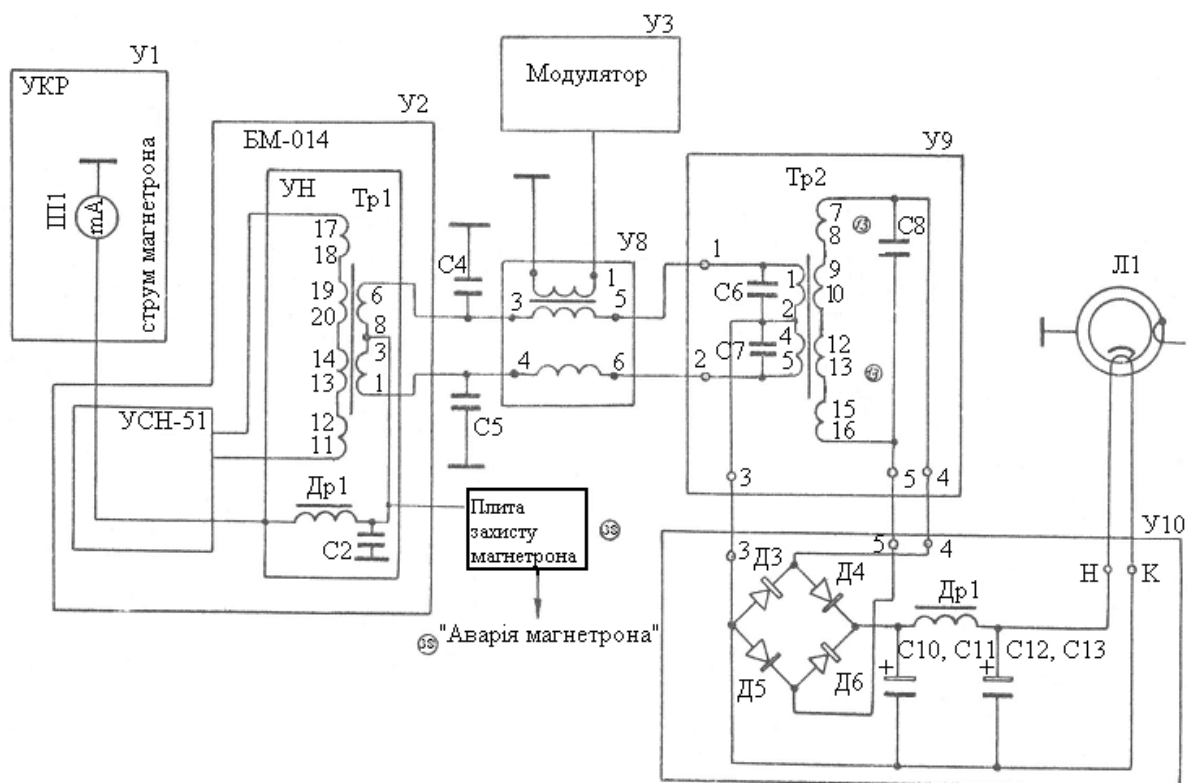


Рисунок 3.7 - Схема розжарення магнетронного генератора

Вторинна обмотка розділового трансформатора Тр1 (виводи 1, 6) підключена до низьковольтних виведень (3, 4) двох ідентичних вторинних обмоток "Перетворювача" - У8, до високовольтного виведення вторинних

обмоток (5, 6) якого підключена первинна обмотка розжарювального трансформатора Тр2.

Вторинна обмотка Тр2 сполучена з входом випрямляча У10, що живить розжарювальне коло Н, К генератора.

Вторинні обмотки трансформатора Тр1 (1 - 3, 8 - 6) з'єднані послідовно, так що сумарна робоча напруга визначається як сума напруги обмоток трансформатора і складає 205 В. До середньої точки вторинної обмотки (3, 8) підключені дросель Др1 і конденсатор С2, включені в коло виміру середнього струму магнетрона.

При збільшенні середнього струму магнетрона вище за максимальне значення спрацьовує стабілітрон Д3 плати захисту магнетрона, що знаходиться в облаштуванні розжарювальному, і починається заряд конденсатора С1.

При перевищенні напруги на С1 порогового рівня, визначуваного змінним резистором R2, відкривається транзистор Т1, внаслідок чого спрацьовує реле Р1 і видається сигнал "Аварія магнетрона" 27В на Ш1-4А облаштування розжарювального, звідки сигнал аварії поступає на Ш5-28 ПВА.

Вотричні обмотки розжарювального трансформатора Тр2 сполучені послідовно.

3.5 Пристрій включення і стабілізації

До складу пристрою включення і стабілізації (ПВС) входять:

- а) інтегратор включення (Т8, Д10, 11, Д12, Д13, Д14, R20, R21, С6);
- б) УПТ - I (Т6, Т7, Д7, Д8, Д9, С5, R 18, R19);
- в) УПТ - II (Т5, R13, R14, R15, R16, R17);
- г) емітерний повторювач (Т4, R7, R10, R11, R12, С4, Д4, Д6);
- д) перетворювач "напруга - частота" (Т1, Т2, Д1, R1, R2, R3, R4, С1, С2, С3, Тр1);
- е) імпульсний підсилювач (Т3, R6, Д2, Д3, Тр2);
- ж) синхронізуюче коло (R8, R9, Д5);
- з) джерело опорної напруги +13В (Д16, R23);
- і) джерело опорної напруги мінус 10В (Д15, R22).

Робота функціональних вузлів ПВС описана в розділі перетворювач імпульсний. На рис. 3.8 представлена принципова схема ПВС.

Живлення ± 20 В на схему ПВС і у тому числі на джерела опорної напруги +13 В і мінус 10 В поступає із стабілізатора напруги СН- 612.

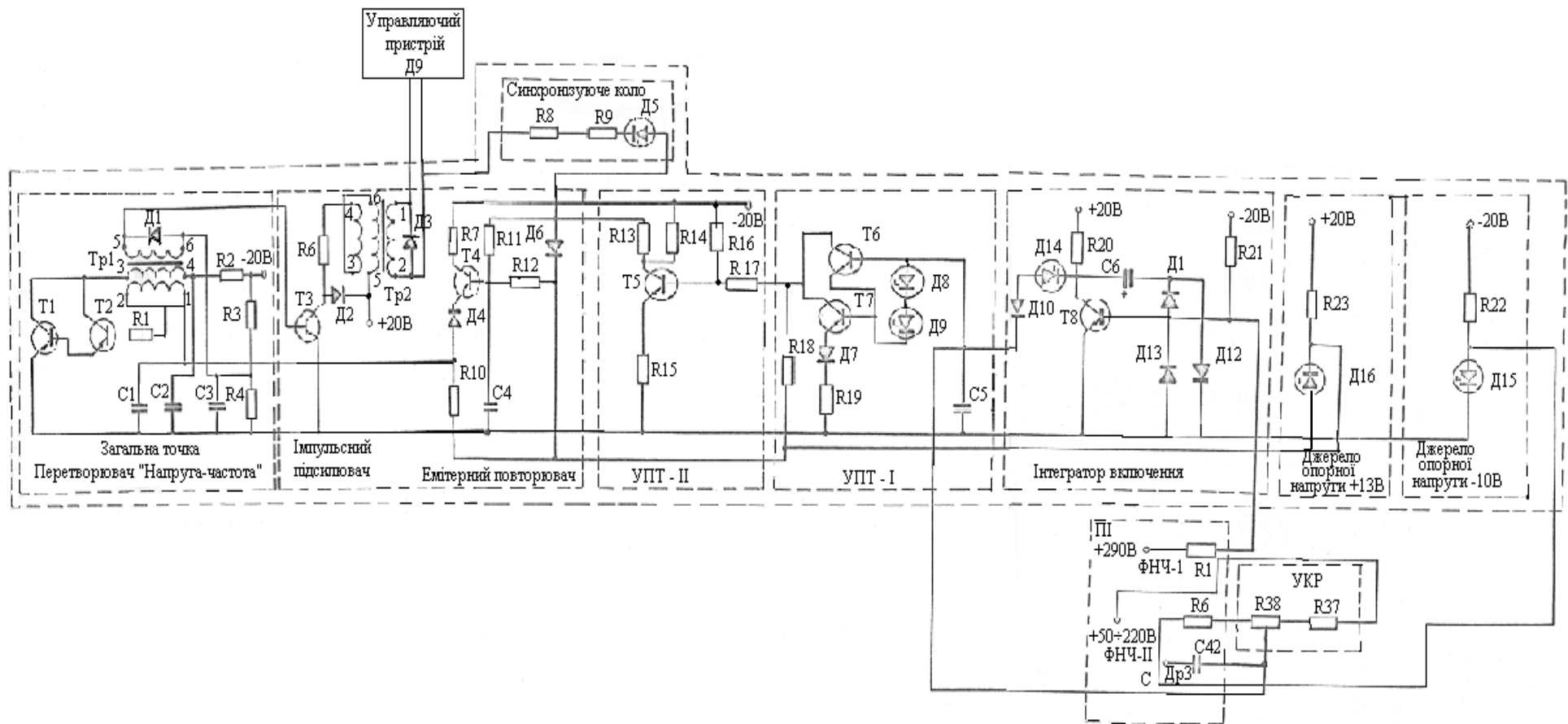


Рисунок 3.8 - Принципова схема пристрою включення і стабілізації

У початковому стані, коли напруга на виході трифазного випрямляча відсутня, схема ПВС замкнута і на виході відсутні імпульси запуску пристрою, що управляє.

Інтегратор включення, виконаний на тріоді Т8 (*n-p-n* провідності), в початковому стані замкнутий напругою мінус 0,7 В, яке поступає від джерела мінус 20 В через опір R21 і фіксується діодом Д13. Таким чином, на вхід УПТ - І (базу ТБ) поступає відмикаюча напруга порядку +4,2 В (від джерела 20В через опір R20, стабілітрон Д14, діод Д10) і максимально відкриває УПТ - І. УПТ - І зібраний на складеному тріоді Т6 - Т7. Напруга на колекторах Т6 - Т7 мінімальна і складає біля 3,2 В.

Вихід УПТ - І гальванічно (через опір R17) пов'язаний з входом УПТ - ІІ (база Т5). Таким чином, чим більше відкритий УПТ - І, тим більше відкривається УПТ - ІІ (Т5 - тріод *p-n-p* провідність). Вихід УПТ - ІІ, у свою чергу, гальванічно пов'язаний з емітерним повторювачем (база тріода Т4) через опір R13, R14.

Оскільки УПТ - ІІ максимально відкритий, та напруга на колекторі Т5 максимально (порядку мінус 1,0 В). Це призводить до замикання емітерного повторювача Т4. База і емітер Т4 підключені до джерела опорної напруги +13 В (через опори R12, R10, діод Д4).

У початковому стані на перетворювач напруга - частота, який є блокінг-генератор, що зібраний на складеному транзисторі Т1, Т2, поступає замикаюча напруга порядку +1,7 В (через обмотку 1 - 2 Тр1 і опір R1). У цей момент блокінг-генератор знаходиться в стані, що чекає, і імпульси запуску на його виході відсутні.

При включенні трифазної мережі 220 В 50 Гц на виході ФНЧ - І з'являється постійна напруга порядку +290 В, яка поступає на вхід регулятора напруги (дросель Др2) 1 і одночасно через опір, що гасить, R1, установленні в ІІ, на вхід інтегратора включення (база Т8) і відмикає його.

Після цього, із затримкою 0,1 - 0,3 з напруга і колекторі Т8 падає до +2 В, стабілітрон Д14 закривається і сигнал від інтегратора включення на вхід УПТ- І перестає поступати.

У цей момент на вхід УПТ- І поступає з дільника R6, R38, R37 негативна напруга (на опір R6 постійно подається напруга мінус 10В з джерела опорне напруги) і тріоди Т6, Т7 закриваються. УПТ- І замикає УТ негативна напруга на колекторі Т5 росте по абсолютній величині і відкриває емітерний повторювач (Т4), який у свою чергу, переводить блокінг-генератор Т1, Т2 з очікуючого режиму в режим автоколивань.

Блокінг-генератор починає виробляти імпульсні запуску (рис. 3.9), які посилюються імпульсним підсилюється по напрузі і потужності і з вихідної обмотки Тр2 (1 - 2) поступають на облаштування ІІ, що управляє.

До приходу позитивних імпульсів від блокінг-генератора імпульсний підсилювач (Т3) знаходиться в замкнутому стані. Замикаюча напруга порядку мінус 3В поступає на базу Т3 з дільника R3, R4 через трансформатор Тр1. Конденсатор С3 шунтірує опір R4 по змінній тії, що

залишає. Навантаження підключене до тріода Т3 через імпульсний трансформатор Тр2.

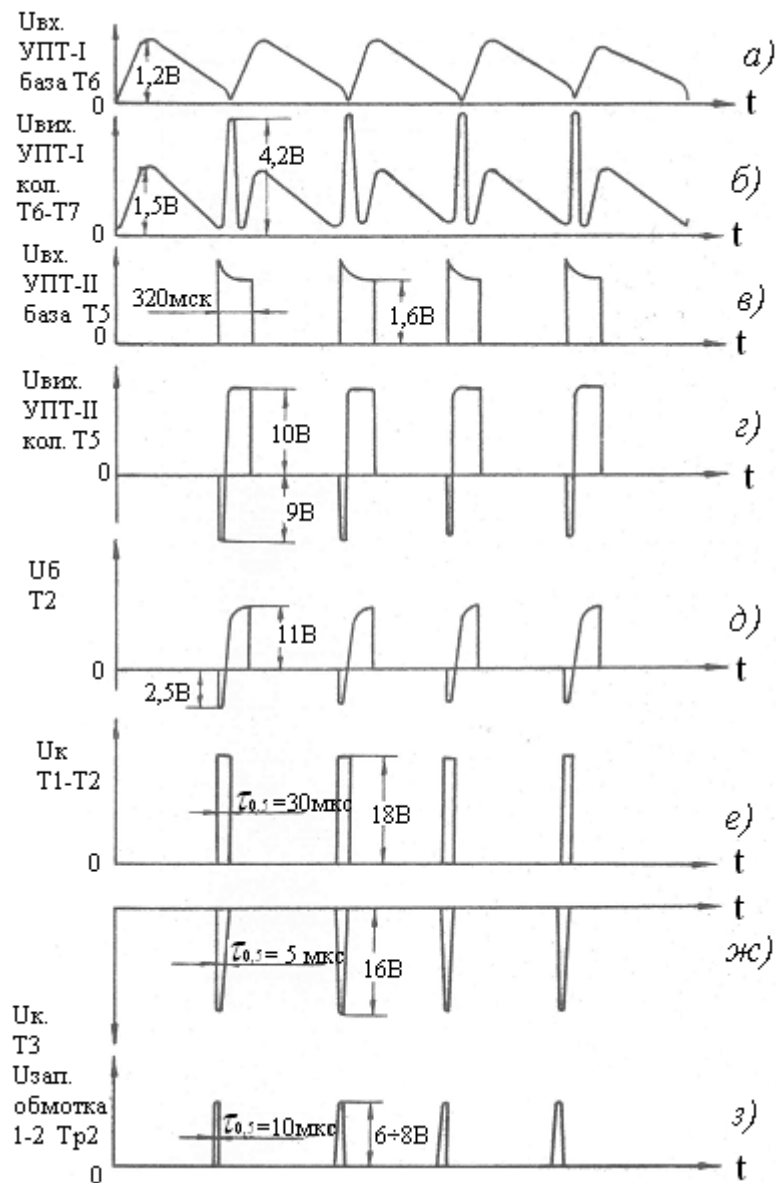


Рисунок 3.9 - Епюри імпульсів пристрою включення і стабілізації

При вступі на тиристор Д8 (ПІ) запускаючих імпульсів, останній відпирається, і відбувається заряд резонансної місткості С26 (ПІ) до $2E_0$. Тривалість перезарядка (заряду-розряду) конденсатора С26 рівна приблизно 320 мкс (рис. 3.9). Позитивний імпульс перезарядки С26 потрапляє на вхід синхронізуючого кола R8, R9, Д5. виходу синхронізуючого кола позитивні імпульси ступають на базу емітерного повторювача Т4 і замикають блокінг-генератор (ТТ-Т2) на час перезарядки місткості С26. Завдяки цьому виключається випадковий запуск блокінг-генератора під час проходження процесу заряд - розряду конденсатора С26 і збої схеми регулятора тиристора.

3.6 Перетворювач імпульсний

Перетворювач імпульсний (ПІ) призначений для живлення модулятора постійною напругою 50 - 220 В. В ПІ здійснюється: плавне регулювання вихідної напруги, стабілізація встановленого рівня вихідної напруги і формування сигналу аварії при вище півдні вихідною напругою встановленого рівня.

Структурно-функціональна схема ПІ, представлена на рис. 3.10, складається з чотирьох основних вузлів:

- трифазний випрямляч;
- тиристорний регулятор напруги;
- пристрій включення і стабілізації (ПВС);
- випрямляч 27 В.

Живляча напруга на схему перетворювача імпульсів поступають:

- ± 20 В із стабілізатора напруги СН- 612, розташоване у блоці ПІ;
- ± 290 В з 3-х фазного випрямляча, розташованого у блоці ПІ.

Трифазний випрямляч, зібраний за схемою Ларіонова, служить для живлення регулятора тиристора напруги. На виході трифазного випрямляча включений згладжуючий фільтр нижніх частот ФНЧ-1. Постійна напруга з виходу ФНЧ-1 використовується для живлення регулятора тиристора напруги і одночасно поступає на інтегратор включення. Випрямляч 27 В є джерелом живлення стабілізатора напруги СН-612. З виходу СН-612 для живлення пристрою включення і стабілізації (ПВС) поступає 20 В.

На перший каскад УПТ-І поступають два сигнали: постійна напруга з дільника R6, R38, R37(опори R37, R38 розташовані у блоці УКР) і змінне (пульсуюче) з чотириполісника реактивного зворотного зв'язку. З виходу УПТ-І посилені сигнали поступають на вхід УПТ-ІІ і далі через каскад емітерного повторювача, що погоджує, на перетворювач "напруга - частота". Для живлення колекторних кіл УПТ-І і емітерного повторювача з джерела опорної напруги поступає 13 В.

Синхронізує коло, включений між емітерним повторювачем і пристроєм, що управляє, запобігає повторному запуску блокінг-генератора перетворювача "напруга-частота" в моменти, коли тиристор регулятора відкритий. Змінна складова сигналу посилення УПТ-І, УПТ-ІІ через емітерний повторювач служить для запуску блокінг-генератора перетворювача "напруга-частота", з виходу якого прямокутні імпульси позитивної полярності, посилені по потужності імпульсним підсилювачем, поступають на пристрій, що управляє.

Пристрій, що керує, служить для запуску потужного тиристора Д8, працюючого в режимі ключа. У момент часу t_1 (епюри напруги і струмів схеми перетворювача див. рис. 3.11), коли відкривається тиристор Д8, відбувається заряд місткості С26 резонансного контуру Др2, С26 приблизно до подвійної напруги трифазного випрямляча.

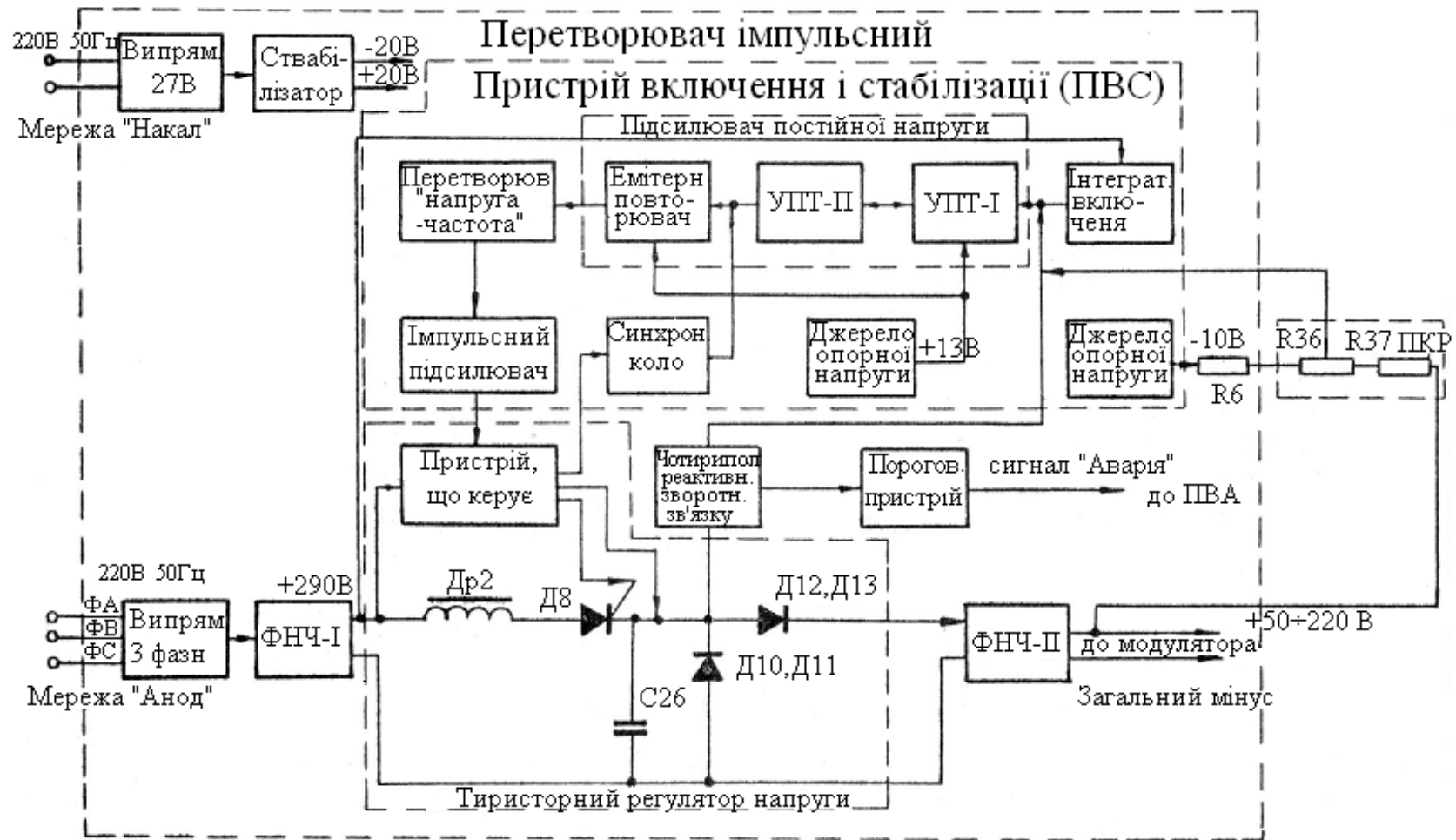


Рисунок 3.10 - Структурно-функціональна схема імпульсного перетворювача

Після цього закривається тиристор Д8 - момент часу t_2 (рис. 3.11), оскільки на нього подається замикаюча напруга $U_{Др2}$ і відбувається розряд місткості С26 на навантаження, який закінчується у момент часу t_3 (рис. 3.11).

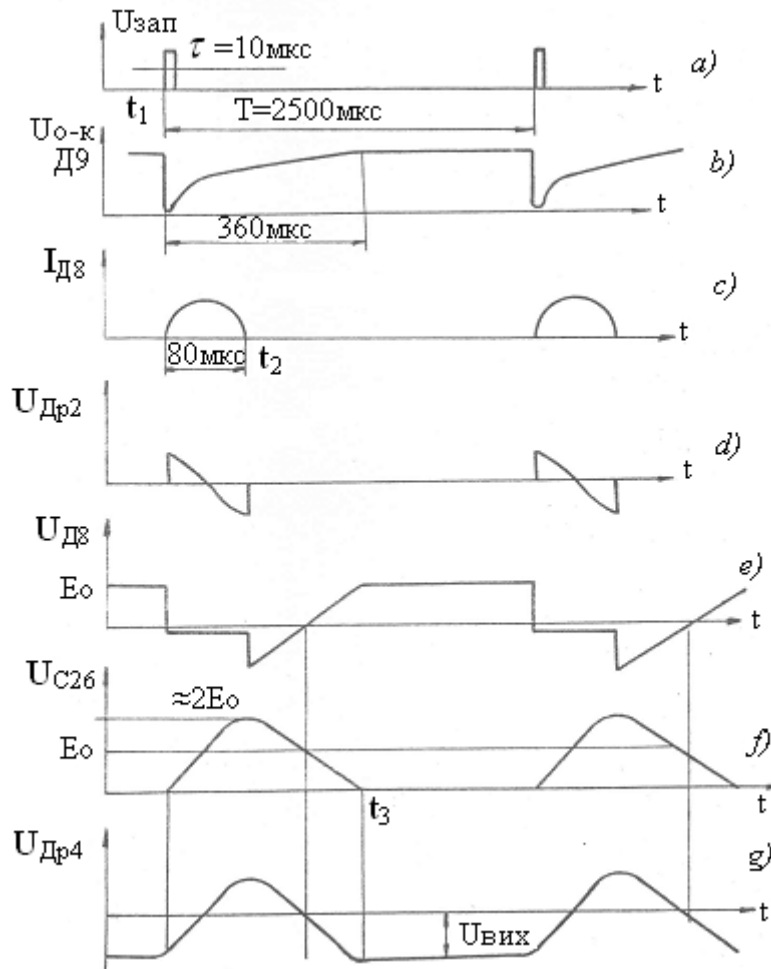


Рисунок 3.11 - Елюри напруг та струмів в точках схеми перетворювача імпульсів

Для усунення пульсації напруги на навантаженні на виході регулятора тиристора напруги включений потужний фільтр ФНЧ-П з великою постійною часу. Діоди Д12, Д13 служать для захисту схеми регулятора від дій з боку навантаження. Діоди Д10, Д11 служать для кліппірування негативної напруги на конденсаторі С26. Напруга на навантаженні збільшується зі збільшенням частоти запуску ПВС. Рівень стабілізованої напруги змінюється потенціометром R38.

При зменшенні вихідної напруги нижче встановленої рівня на вхід УПТ поступає негативна напруга, яка впливає на блокінг-генератор перетворювача "напруга-частота" і викликає його спрацьовування. У результаті, спрацьовує тиристор Д8, і збільшується напруга на виході.

Залежно від встановленого рівня напруги частота блокінг-генератора може змінюватися в межах 400-5000 Гц.

Інтегратор включення служить для відключення ПВС у разі відсутності напруги на виході трифазного випрямляча. У разі аварійного перевищення вихідною напругою встановленого рівня при пробої тиристора Д8, що не відновлюється, пороговий пристрій виробляє сигнал аварії і видає його на плату включення і виключення анода (ПВА).

3.7 Пристрій контрольно-розподільний (ПКР)

Пристрій контрольно-розподільний здійснює наступні операції:

- а) включення і відключення передавального пристрою (напруження анод, вентиляція, тиск);
- б) перемикач тривалості зондуючого імпульсу (1 мкс, 2 мкс);
- в) візуальний контроль роботи передавального пристрою : наявність блокувань, вентиляції, напруження, анода" мережі 27В, "готовності" до роботи, рід роботи ("налаштування", "робота"), режим роботи ("1 мкс", "2 мкс"), "аварія" передавача;
- г) контроль живлячої напруги : напруження магнетрона 170 В, 50 В, ± 20 В;
- д) контроль імпульсних кіл, запуски на підмодулятор, виходи підмодулятора, форма напруги на зарядному конденсаторі підмодулятора, модулятора.

В ПКР розміщені: плавкі запобіжники основної живлячої напруги: мережа 27 В - Пр1; мережа вентиляції - Пр2, Пр3, Пр4; мережа розжарення - Пр5, Пр6, Пр7; мережа анода - Пр8, Пр9, Пр10.

Комутаційна частина представлена наступними елементами:

- реле Р1, Р2 - включення і відключення вентиляції і розжарення;
- реле Р3 - перемикач частот (тривалість);
- реле Р4 - включення і відключення анода;
- реле Р5 - дистанційне скидання аварії анода;
- перемикач В1 - КОНТРОЛЬ ІМПУЛЬСНИХ КІЛ - розташований на лицьовій панелі ПКР;
- перемикач В2 ДОД. ЗАТРИМКА МКС - розташований усередині ПКР;
- перемикач В3 - КОНТРОЛЬ НАПРУГИ - розташований на лицьовій панелі ПКР;
- кнопки Кн1, Кн2 - включення і відключення анода;
- кнопка Кн3 - відключення напруження;
- кнопка Кн4 - включення напруження і скидання аварії анода.

Кнопка Кн3 одночасно з виключенням напруження вимикає вентиляцію передавача із заданою витримкою часу.

Для скидання аварія використовується повторне натиснення кнопки Кн4.

Кнопки Кн1...Кн4 розташовані на лицьовій панелі ПКР.

Візуальний контроль за роботою передавача здійснюється за допомогою елементів схеми, розташованих на лицьовій панелі ПКР :

Л1 - наявність мережі 27В;

Л2 - робота вентиляції;

Л3 - наявність блокування;

Л4 - наявність напруження;

Л5 - режим роботи передавача - 2 мкс;

Л6 - режим роботи передавача - 1 мкс;

Л7 - готовність до роботи передавача;

ЛВ - наявність включеної анодної напруги ;

Л9 - аварія передавача (сумарна - включає аварії вентиляції, модулятора, П);

Л10 - рід роботи - "налаштування" - робота з передавачем можлива тільки при включенні з ПКР;

Л11 - рід роботи - "робота" - передавач включається з дистанції;

П1 - наявність струму магнетрона;

П3 - наявність напруги(напруження магнетрона, 170В, 50В, 20В);

П2 - напруга перетворювача імпульсного;

Л12 - розрядник, що захищає вхід осцилографа від напруги при виході з ладу елементів схеми (розташований усередині ПКР).

Діоди Д1, Д2, Д3, Д4 захищають елементи, комутовані реле Р1, Р2, Р3, Р4, у момент розриву контактів реле.

Опори R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R10, R11, R12, R13 служать для захисту сигнальних ламп.

З діодів Д5, Д6 у момент перегорання плавких запобіжників знімаються сигнали аварії.

Контрольні гнізда Гн1...Гн4 дозволяють постійно контролювати основні імпульсні ланцюги передавача за допомогою осцилографа:

Гн1 - запускаючий імпульс основний;

Гн2 - запускаючий імпульс затриманий;

Гн3 - сигнал, що поступає через перемикач В1;

Гн4 - корпус.

Опори R37, R38 - дільник напруги (описаний в підрозділі "Перетворювач імпульсний"). Крім того, в схему ПКР входить пристрій, що забезпечує поєднання тих, що огинають, опис якого наводиться нижче.

З огляду на те, що тиристори, тиратрони, магнетрони та ін. мають розкиди за часом спрацьовування, для досягнення збігу В4 огинаючих обох каналів, що необхідно при виявленні і визначенні метеорологічних опадів, у ПКР кожного каналу є пристрій, що штучно змінює затримку запуску підмодулятора ("запуск 1, затримка").

Затримка робиться за допомогою лінії затримки, висновки якої перемикаються за допомогою перемикача ДОД.ЗАТРИМКА, МКС.

Контроль і вимір напруги живлення 170 В, 50 В і 20 В, а також напруга напруження здійснюється присосом ІІІ- 3 з додатковими опорами Р41, Р43, Р42, Р44, Р50, Р51 для напруги 20 В і 50 В; дільником напруги для напруги 170 В і випрямним колом, зібраним на діодах Д17, Д18 і опорах Р48, Р49 для розжарювальної напруги. Послідовно з приладом включений опір Р51. Комутація контрольованих параметрів робиться перемикачем В3; при зберіганні і транспортуванні перемикач повинен знаходитися в положенні ВИКЛ. Прилад має 3 межі виміру : 500 В, 250 В і 50 В. Погрішність приладу не перевищує $\pm 3\%$ (від відповідних граничних значень шкали).

3.8 Система управління передавачем І каналу

Систему управління передавачем можливо розділити на дві частини:

- логічна частина пристрою управління, виконана на напівпровідникових приладах;
- силові реле і контактори, а також органи управління і сигнальні лампи.

Логічна частина розміщується на двох друкованих платах:

- плата включення напруження;
- плата включення анода.

Силові реле і контактори розташовані безпосередньо в самому передавачу, а органи управління і сигнальні лампи виведені на передню панель облаштування контрольно-розподільного ПКР.

Логічна частина системи управління забезпечує включення передавача за наступною програмою:

- включення вентиляції,
- включення напружень тиратрона і магнетрона,
- включення анодних джерел живлення з витримкою часу 5 ± 1 хв.,
- перемикання частот з попереднім відключенням анодних джерел живлення і з подальшим включенням останніх після перемикання частот з витримкою часу 2с.

Відключення передавача здійснюється в зворотній послідовності. Відключення вентиляції при цьому відбувається з витримкою часу $3 \pm 0,5$ хвилин після відключення напружень. Окрім відключення за бажанням обслуговуючого персоналу, передавальний пристрій може бути відключений по аварійних сигналах, до яких відносяться : аварія вентиляції, аварія напруження, аварія анода, аварія, викликана перегоранням запобіжників типу ПС, які захищають відповідні кола живлення.

У режимі "Налаштування" включення передавача здійснюється за допомогою кнопок, розташованих на передній панелі ПКР НАПРУЖЕННЯ ВКЛ. і АНОД ВКЛ., а вимкнення - кнопками АНОД ВИМК., НАПРУЖЕННЯ ВИМК. У режимі "Робота" включення

передавального пристрою відбувається спільно з приймальним пристроєм і для кожного приймача своїми органами управління, які розташовані на панелі управління приймачем в індикаторному відсіку.

Скидання аварії, після усунення її здійснюється в режимі "Налаштування" натисненням кнопки НАПРУЖЕННЯ ВКЛ. на ПКР в режимі "Робота" - натисненням кнопки НАПРУЖЕННЯ ВКЛ. на панелі управління приймачем в індикаторному відсіку.

Для отримання інформації про функціонування апаратури на передній панелі пристрою контрольно-розподільного встановлені наступні сигнальні лампи: РОБОТА, НАЛАШТУВАННЯ, БЛОКУВАННЯ, ГОТОВНІСТЬ, 1 МКС, 2 МКС, РОЗЖАРЮВАННЯ, АНОД, ВЕНТИЛ, МЕРЕЖА 27 В, АВАРІЯ.

Розглянемо детальніше роботу системи управління передаючим пристроєм.

При установці в апаратному відсіку на щиті ЩЛ-039М перемикача роду робіт в положення НАЛАШТУВАННЯ на передню панель пристрою контрольно-розподільного (ПКР) спалахує сигнальна лампа Л1О НАЛАШТУВАННЯ. Крім того, на передній панелі ПКР повинні горіти сигнальні лампи Л1 МЕРЕЖА 27 В і Л6 1 МКС.

При натисненні кнопки Кн4 на лицьовій панелі ПКР + 27 В поступить на колодку Ш4-8 плати включення напруження (ПВН) і відкриє транзистор Т6. Через колодку (Ш4-3) ПВН "-27В" поступить на реле Р1. Реле Р1 спрацьовує і контактами (4-5), (7-8 і 10 - 11) подає 220 В, 50 Гц фази А, В, і С на включення вентиляції. Контакти (1-2) реле Р1 подадуть "+27 В" на реле Р2 і на колодку (Ш4-10) ПВН.

На передній панелі ПКР спалахує сигнальна лампа Л2 ВЕНТИЛ. Одночасно з колодки (Ш4-8) ПВН "+27 В Вкл. розжарення" поступить на транзистор Т8 і відкриє його на колодку (Ш4-26) і на Р2 (Б) поступить "мінус 27В команда вкл. розжарення". У тому випадку, якщо вентиляція включилася, реле Р2 спрацює і своїми контактами (7-8 і 10-11) подасть 220 В, 50 Гц ф. В і С "на включення розжарювальних кіл. Контактами (1-2) реле Р2 подає " + 27 В Сигнал розжарення" на (Ш4-16) ПВН, на (Ш5-5) плати включення анода (ПВА) і підготує до включення реле Р4. На передній панелі ПКР спалахує сигнальна лампа Л4 - РОЗЖАРЕННЯ.

При потраплянні "сигналу розжарення" на Ш5-5 ПВА запрацює напівпровідникове реле часу, яке складається з тригера і кола РС. Останнє і створює потрібну витримку часу. Час заряду конденсатора С1...С3 визначається порогом спрацьовування стабілітрона ДЗ. Після того, як спрацює ДЗ, відкривається транзистор Т1, який через опір R5 відкриє транзистор Т2. З колектора транзистора Т2 "+ 27 В" потрапить на вихід схеми затримки і одночасно на базу транзистора Т1, який входить в насичення і залишається у відкритому стані. При відключенні напівпровідникового реле часу місткість С1...С3 розряджається через діод Д1 і опір R1. Схема затримки приходить в початковий стан.

Сигнал "+ 27 В" з виходу напівпровідникового реле часу, яке спрацює через 5+2 хв., потрапить на транзистор Т3 і Т4. Транзистор Т3 відкриється, і з його емітера "+ 27 В Готовність" поступить на колодку Ш5-18. На передній панелі ПКР спалахує сигнальна лампа Л7 ГОТОВНІСТЬ, що свідчить про готовність включення анодних кіл.

При натисненні на передній панелі ПКР кнопки Кн2 АНОД ВКЛ. "+ 27 В" через Ш5-13 ПВА поступить на транзистор Т5 ПВА, яка відкриється, і з його виходу не поступатиме сигнал відключення на транзистор Т6.

За наявності дверних блокувань і при нормальному тиску в хвилеводному тракті на передній панелі ПКР горить сигнал лампа Л3 БЛОКУВАННЯ, і на Ш5-3 ПВА потрапляє "+ 27 В".

В цьому випадку за відсутності сигналів відключення на транзистор Т6, "+ 27 В" подається на складений транзистор Т7, Т8, який відкриється і подасть "мінус 27В" на реле Р4, який до цього часу підготовлений до включення.

Реле Р4 спрацює і контактами (1-2) подасть живлення на обмотку контактора, який спрацює і своїми нормально відкритими контактами подасть 220В, 50Гц на включення аноди джерел. На передній панелі ПКР спалахує сигнальна лампа Л8 - АНОД і "+ 27 В" потрапляє на Ш5-12 ПВА і на Ш4-24 ПВН.

При потраплянні на Ш4 - 4 ПВН сигналу "Аварія вент", відкриється транзистор Т1, сигнал з його колектора закрийє транзистор Т6, знімається "мінус 27В" з Ш4-3 ПВН і знеструмиться реле Р1. На передній панелі ПКР гасне сигнальна лампа Л2 ВЕНТИЛ, знімається 220В, 50Гц фази А, В, С з колодки Ш2-8а,в,с ПКР. Контакти (1-2) реле Р1 знімуть живлення з реле Р2. Станеться відключення розжарювальних і анодних кіл. На передній панелі ПКР гаснуть сигнальні лампи Л4 - НАКАЛ і Л8 - АНОД. Спалахує сигнальна лампа Л9 - АВАРІЯ.

При вступі на Ш4-29 ПВН сигналу "Аварія розжарення" відкриється транзистор Т7, сигнал з його колектора закрийє транзистор Т8, знімається "мінус 27В" з Ш4-26, знеструмиться реле Р2. Відключаються розжарювальні і анодні кола. Гаснуть сигнальні лампи РОЗЖАРЕННЯ і АНОД, спалахує - АВАРІЯ. З колодки Ш4-16 ПВН знімається "+ 27 В Сигнал розжарення", закрийється транзистор Т2, відкриється транзистор Т3. З колектора транзистора Т3 "мінус 27В" потрапляє на напівпровідникове реле часу, яке спрацює через $3 \pm 0,5$ хв. і відключить вентиляцію. В цьому випадку "+ 27 В" з виходу реле часу потрапляє на транзистор Т1, який відкриється і закрийє транзистор Т6. На передній панелі ПКР гасне сигнальна лампа ВЕНТИЛ.

При вступі сигналу аварії ПІ або аварія магнетрона на Ш5-28 ПВА відкриється тиристор Д17 і на Ш5-23 потрапить "+ 27 В Сигнал аварія". Одночасно цей сигнал поступить на дистанцію через колодку Ш5-22 і на транзистор Т6, станеться відключення анодних кіл. Гасне сигнальна лампа АНОД, спалахує - АВАРІЯ.

При перегоранні будь-якого із запобіжників Пр2 - Пр10, контролюючих коло живлення, також видається сигнал аварії. Станеться відключення відповідних кіл, і спалахує сигнальна лампа АВАРІЯ.

Скидання аварії після усунення несправності здійснюється натисненням кнопки Кн4-ЗКИД АВАРІЇ АНОДА. В цьому випадку нормально замкнуті контакти (1-3) кнопки Кн4 знімають "+ 27 В" з колодки Ш5-29 ПВА. Вузол запам'ятовування приходить в початковий стан.

Відключення передавального пристрою за бажанням обслуговуючого персоналу здійснюється натисненням кнопок АНОД ВИКЛ., НАПРУЖЕННЯ ВИКЛ на передній панелі ПКР.

Відключення відбувається в зворотній послідовності: відключаються аноди, потім напруження і з витримкою часу $3 \pm 0,5$ хв. - вентиляція.

При натисканні на передній панелі ПКР кнопки АНОД ВИКЛ сигнал "+ 27 В" потрапляє на Ш5-8 ПВА, відкриється транзистор Т6 і закриється складений транзистор Т7, Т8. З колодки Ш5-4 ПВА знімається "мінус 27В". Станеться відключення анодних кіл. Гасне сигнальна лампа АНОД.

Відключення розжарювальних кіл можливе тільки при відключених анодних джерелах, оскільки "сигнал анод" заведений безпосередньо на базу транзистора Т8 ПВН, колекторним навантаженням якого є реле включення напружень.

При натисненні на передній панелі ПКР кнопки РОЗЖЕРЕННЯ ВИКЛ. сигнал "+ 27 В" потрапляє на Ш4-28 ПВН, відкриється транзистор Т7 і закриється транзистор Т8. З колодки Ш1-26 ПВН знімається "мінус 27В". Станеться відключення розжарювальних кіл.

Гасне сигнальна лампа РОЗЖЕРЕННЯ, через $3 \pm 0,5$ хв. відключається вентиляція, і гасне сигнальна лампа ВЕНТИЛ.

При положенні тумблера ТРИВАЛІСТЬ на панелі управління МРЛ в положення "1 мкс" на передній панелі ПКР горить сигнальна лампа Л6 "1 мкс".

При перемиканні тумблера ТРИВАЛІСТЬ в положенні "2 мкс" відбувається відключення анодних джерел живлення.

В цьому випадку на момент перемикання тумблера ТРИВАЛІСТЬ з колодки Ш4-14 ПВН знімається "+ 27 В", відключаються реле часу і закривається транзистор Т17. На колодку Ш4-22 ПВН і на Д5-7 ПВА потрапляє "сигнал викл. анода". Відключаються анодні кола. На передній панелі ПКР гасне сигнальна лампа АНОД.

Одночасно на Ш4-27 ПВН з'являється "мінус 27В Команда перемикання частот", яка поступає на обмотку реле Р3 в ПКР. Реле спрацює, розімкне свої контакти (3-4) і замкне (4-5). На передній панелі ПКР гасне сигнальна лампа "1 мкс", спалахує сигнальна лампа "2 мкс". На Ш4-25 ПВН поступить "сигнал 2 мкс".

Після установки тумблера ТРИВАЛІСТЬ в положення "2 мкс" на Ш4-14 ПВН знову з'явиться "+ 27 В". Запрацюють напівпровідникові реле часу. Через 2 с. відкриється транзистор Т17 і зніметься "27В сигнал викл. анода" з колодки Ш4-22 ПВН. Включаються анодні кола. При перемиканні тривалості на "1 мкс" з Ш4-27 ПВН зніметься " мінус 27В" знеструмиться реле Р3 в ПКР.

Гасне лампа 2МКС, спалахує - 1 МКС .

При установці перемикача на щиті ЩЛ-039М в положення РОБОТА на передній панелі ПКР гасне сигнальна лампа Л10 НАЛАШТУВАННЯ, і спалахує сигнальна лампа Л11 РОБОТА. Знеструмлюються усі органи управління, розташовані на передній панелі ПКР, і усе управління здійснюється з панелі управління приймачем і з панелі управління МРЛ, розташованих в індикаторному відсіку. Включення апаратури відбувається по тій же логіці, що і в режимі "Налаштування".

3.9 Система повітряного охолодження

Для охолодження магнетрона і тиристорів блоків БМ, імпульсного перетворювача встановлений відцентровий вентилятор продуктивністю 300 м3/годину, потужність електродвигуна $P = 120$ Вт, частота живлячої мережі 50 Гц.

Вентилятор забирає повітря зовні шафи і обдуває магнетрон, тиристири блоку БМ-014 і імпульсний перетворювач.

3.10 Конструкція шафи передавача ШД- 027

Передавач виконаний у вигляді шафи, на якій розташовані високочастотний тракт г система наддування. Шафа має габаритні розміри 644x520x1813 мм. Зовнішній вигляд шафи представлений на рис. 3.12 та 3.13.

Екрануюча сітка відділяє верхню частину шафи від нижньої. У верхній частині шафи з лицьового боку розміщений блок ПКР, що відкривається на петлях; в глибині знаходиться установка вентилятора, що обдуває магнетрон і блоки БМ-014 і ПІ, а також два витяжних вентилятори. Нижня частина шафи екранована від випромінювання НВЧ сітками, стінками і дверима з екранованим ущільненням. На внутрішній панелі дверей кріпиться штанга заземлення.

На верхній полиці шафи знаходиться установка магнетрона, випрямляч, перетворювач і плати.

На другій полиці розміщується модулятор, пристрій, що формує, трансформатор, конденсатори С1...С3. У нижній частині шафи на механізмах висунення розташовані блоки БМ-014 і ПІ.



Рисунок 3.12 – Передавач ЩД-027

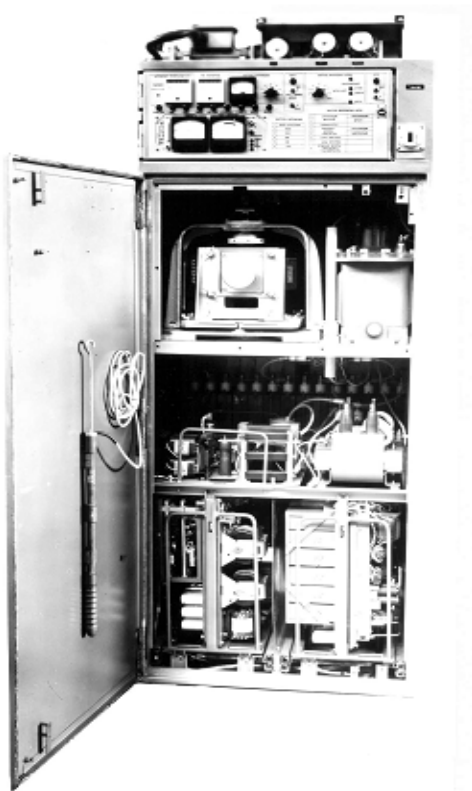


Рисунок 3.13 – Передавач ЩД-027 з відкритими дверима

До правої стінки зсередини кріпляться конденсатори С4, С5.

На внутрішній панелі дверей кріпиться штанга заземлення, а також встановлена шпилька для кріплення знімних перемичок з формувального пристрою.

До верхньої полиці знизу приєднаний на кронштейн високовольтний вимикач.

У отворі дверей встановлені 2 кнопки блокування.

Магнетрон з хвилеводним трактом сполучений через циркулятор. Від циркулятора через розрядник проходить хвилевід, що виходить фланцем на передню панель шафи.

3.11 Призначення та особливості роботи передавача II каналу

Радіопередавач (РПП) II каналу призначений для вироблення НВЧ імпульсів в діапазоні 10 см хвиль. Імпульсна потужність вихідних сигналів знаходиться в межах 500-1000 кВт. Радіопередавач II каналу використовується в режимі градозахисту.

Склад, принцип роботи, призначення елементів РПП II каналу аналогічно РПП I каналу і розглянуто в розділі 3.

Контрольні запитання

1. В якій шафі розташовані вузли та блоки РПП I каналу?
2. В якій шафі розташовані вузли та блоки РПП II каналу?
3. В якому діапазоні хвиль працюють РПП I та II каналів?
4. Яка імпульсна потужність вихідних сигналів РПП I та II каналів?
5. Який пристрій використовується в якості генератора вихідних сигналів?
6. Назвіть основні елементи РПП та пояснить їх призначення.
7. Якими імпульсами запускається РПП?
8. З якого блоку МРЛ надходять імпульси, що запускають РПП?
9. Пояснить принцип роботи підмодулятора та модулятора.
10. Пояснить принцип роботи схеми розжарення магнетронного генератора.
11. Пояснить принцип роботи пристрою включення і стабілізації.
12. Функції пристрою контрольно-розподільчого та системи управління РПП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5. Техническое описание I 230 032 ТО.
2. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5. Техническое описание I 230 032 ТО-I.
3. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5. Техническое описание I 230 032 ТО-II.
4. Лимонов А.С. Электродинамика и техника СВЧ. – Одесса. 2014 – 321 с.