

ИЗМЕРИТЕЛЬ РАЗНОСТИ ФАЗ ФК2-18
Техническое описание и инструкция
по эксплуатации
I.405.005 ТО
Альбом № I
Всего альбомов 2

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	5
2. Назначение.....	5
3. Технические данные.....	6
4. Состав прибора.....	10
5. Устройство и работа прибора и его составных частей.....	10
5.1. Принцип действия.....	10
5.2. Схема электрическая принципиальная.....	17
5.3. Конструкция.....	36
6. Маркирование и пломбирование.....	41
7. Общие указания по эксплуатации.....	43
8. Указания мер безопасности.....	43
9. Подготовка к работе.....	45
10. Порядок работы.....	50
10.1. Подготовка к проведению измерений.....	50
10.2. Проведение измерений.....	52
11. Характерные неисправности и методы их устранения.....	61
12. Техническое обслуживание.....	66
13. Поверка прибора.....	66
13.1. Операции и средства поверки.....	67
13.2. Условия поверки и подготовка к ней.....	72
13.3. Проведение поверки.....	73
13.4. Оформление результатов поверки.....	82
14. Правила хранения.....	84
15. Транспортирование.....	84

- 15.1. Тара, упаковка и маркирование упаковки 84
 15.2. Условия транспортирования 86



Рис. 1. Внешний вид прибора ФК2-18.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) содержит общие сведения о работе прибора и входящих в него блоков, а также требования, необходимые для его правильной эксплуатации.

1.2. В состав ТО входят: Альбом № 1,
Альбом № 2.

1.3. В ТО приняты следующие сокращения:

- U_{ϕ} - измеряемая разность фаз;
- A_{ϕ} - измеряемое ослабление четырехполосника;
- $K_{СВН}$ - коэффициент стоячей волны по напряжению
(в формулах $K_{СВН} V$).

2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. Измеритель разности фаз ФК2-18 предназначен для измерения разности фаз и отношения уровней синусоидальных сигналов на фиксированных частотах и в режиме качания частоты.

Внешний вид прибора показан на рис. 1.

2.2. Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от 278 до 313 К
(от +5 до +40°C);
- относительная влажность воздуха до 95 % при
температуре 303 К (+30°C);
- атмосферное давление 100 ± 4 кН/м² (750 ± 30 мм рт. ст.);

- напряжение питающей сети 220 ± 22 В;
- частота питающей сети $50 \pm 0,5$ Гц.

2.3. Основные области применения: наблюдение фазочастотных и амплитудно-частотных характеристик цепей в панораме, измерение группового времени запаздывания, анализ параметров рассеяния четырехполюсников.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1. Диапазон частот прибора от 0,11 до 12,05 ГГц.

3.2. Пределы измерения разности фаз сигналов от 0° до $\pm 180^\circ$; шкалы: $0 - \pm 6^\circ$; $0 - \pm 18^\circ$; $0 - \pm 60^\circ$; $0 - \pm 180^\circ$.

3.3. Пределы измерения отношения уровней (модуля коэффициента передачи) от 0 до 60 дБ в интервале мощностей входного сигнала $10^{-3} - 10^{-11}$ Вт.

Уровень мощности в измерительном канале не должен превышать уровень мощности в опорном канале более, чем на 20 дБ.

3.4. Погрешность измерения разности фаз не превышает $\pm(1 + 0,036 \sqrt{\text{пред.}} + 0,075 \text{ Ax})^\circ$ в динамическом диапазоне до 40 дБ без учета погрешности рассогласования,

где $\sqrt{\text{пред.}}$ - предел шкалы,

Ax - ослабление исследуемого устройства в дБ.

При компенсационном способе отсчета для любого значения угла погрешность не превышает 3° .

3.5. Погрешность измерения отношения уровней не превышает $\pm(0,5 + 0,02 \text{ Aшк.} + 0,03 \text{ Ax})$ дБ до 50 дБ ослабления и ± 4 дБ при ослаблении свыше 50 дБ без учета погрешности рассогласования,

где Aшк. - предел шкалы.

3.6. Динамический диапазон изменения уровня сигнала в опорном канале не менее 15 дБ в интервале мощностей $10^{-4} - 10^{-7}$ Вт

на входе преобразователя частоты.

3.7. Разрешающая способность при измерении разности фаз сигналов не хуже $0,2^\circ$.

3.8. Разрешающая способность при измерении отношения уровней не хуже 0,2 дБ.

3.9. Собственная неравномерность амплитудно-частотной характеристики в полосе 500 МГц при неравномерности входной мощности менее 3 дБ не более $\pm 0,5$ дБ в диапазоне частот 0,11-4,0 ГГц и не более ± 1 дБ в диапазоне частот 4,0-12,05 ГГц.

Примечание. Диапазон частот 4,0-12,05 ГГц просматривается интервалами по 500 МГц. Допустимо увеличение неравномерности амплитудно-частотной характеристики в одном-двух из просматриваемых интервалов до ± 2 дБ.

3.10. Собственная неравномерность фазочастотной характеристики в полосе 500 МГц при неравномерности входной мощности менее 3 дБ не более $\pm 2,5^\circ$ в диапазоне частот 0,11-4,0 ГГц и не более $\pm 5^\circ$ в диапазоне частот 4,0-12,05 ГГц.

Примечание. Диапазон частот 4,0-12,05 ГГц просматривается интервалами по 500 МГц. Допустимо увеличение неравномерности фазочастотной характеристики в одном-двух из просматриваемых интервалов до $\pm 10^\circ$.

3.11. Прибор обеспечивает работу с генератором качающейся частоты (ГКЧ) в полосе качания частоты с коэффициентом перекрытия 1,5, но не более 500 МГц, с периодом качания не менее 0,08 с.

3.12. Волновое сопротивление коаксиального тракта 50 Ом (сечение 7/3,04 мм). КСВН входов преобразователя частоты не более 2,3 в рабочем диапазоне частот. КСВН входов блока СЕЧ не более:

1,4 для соединителей ИЗМЕР. и Б,

2,3 для соединителей ОПОРН. и А,

1,8 для соединителя ВХОД ВЧ.

3.13. При изменении уровня сигнала на общем входе прибора на 15 дБ изменение показаний прибора не более $\pm 5^0$ по фазе и ± 2 дБ по модулю коэффициента передачи.

3.14. Выходное аналоговое напряжение, пропорциональное фазовому углу, соответствует $(10 \text{ мВ} \pm 0,3 \text{ мВ}) \times$.

3.15. Выходное аналоговое напряжение, пропорциональное отношению уровней сигналов, соответствует $(50 \text{ мВ} \pm 5 \text{ мВ}) \times$.

3.16. Прибор обеспечивает свои технические характеристики в пределах установленных норм по истечении времени установления рабочего режима, равного 30 мин.

3.17. Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах установленных норм при питании его от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В, частотой $50 \pm 0,5$ Гц и содержанием гармоник до 5 %.

3.18. Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 100 В·А.

3.19. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 8 ч при сохранении своих технических характеристик в пределах установленных норм.

Примечание. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима прибора.

3.20. Нарботка на отказ не менее 5000 ч.

3.21. Прибор допускает длительное хранение в отапливаемом и неотапливаемом хранилищах.

Срок сохраняемости прибора 10 лет в отапливаемом хранилище, 5 лет в неотапливаемом хранилище.

3.22. Средний срок службы прибора 10 лет.

Средний ресурс 10000 ч.

3.23. Габаритные размеры прибора не превышают:

- измеритель с индикатором стрелочным - 495x480x218 мм;
- блок СВЧ - 495x480x138 мм;
- преобразователь частоты - 222x200x76 мм;
- ящик укладочный комплекта комбинированного - 800x380x180 мм;
- ящик транспортный комплекта комбинированного - 1050x525x310 мм;
- ящик транспортный блока СВЧ - 680x620x285 мм;
- ящик транспортный измерителя с индикатором стрелочным - 680x720x365 мм.

3.24. Масса прибора не превышает:

- измеритель - 19,5 кг;
- блок СВЧ - 10 кг;
- индикатор стрелочный - 7,5 кг;
- преобразователь частоты - 4,0 кг;
- в укладочном ящике:
- комплект комбинированный - 20 кг;
- в транспортной таре:
- измеритель с индикатором стрелочным - 50 кг;
- блок СВЧ - 30 кг;
- комплект комбинированный - 30 кг.

4. СОСТАВ ПРИБОРА

4.1. Состав прибора приведен в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
1. Измеритель	2.721.612	1	
2. Блок СВЧ	2.721.166	1	
3. Индикатор стрелочный	2.746.091	1	
4. Комплект комбинированный	4.068.006	1	
5. Амортизатор	6.408.006	2	
6. Амортизатор	6.408.035	2	
7. Техническое описание и инструкция по эксплуатации	1.405.005 ТО	1	
8. Формуляр	1.405.005 Ф0	1	

5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПРИБОРА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

5.1. Принцип действия

5.1.1. Измерение амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников основано на измерении векторного отношения напряжений опорного сигнала V_1 и сигнала, прошедшего через исследуемый четырехполюсник V_2 (см. рис. 2),

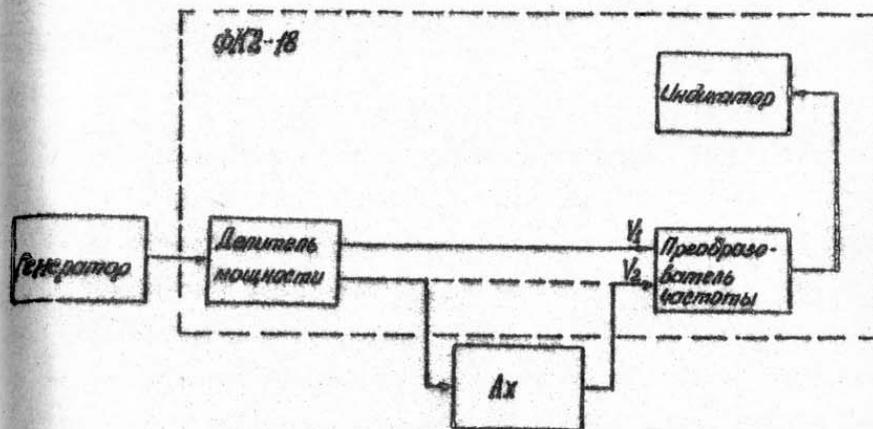


Рис. 2. Упрощенная структурная схема измерения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик прибором ФК2-18.

Информация о фазе и амплитуде измеряемых сигналов переносится на фиксированную промежуточную частоту и измеряется индикаторным блоком.

5.1.2. Измеритель разности фаз ФК2-18 представляет собой двухканальный супергетеродинный приемник.

Прибор состоит из следующих основных частей:

- преобразователя частоты, обеспечивающего преобразование частоты входных сигналов на промежуточную частоту (ПЧ) 19,722 МГц, при использовании в качестве местного гетеродина генератора гармоник, управляемого напряжением;
- измерителя (базового блока), обеспечивающего частотную генерацию гармоник и поддержание постоянной ПЧ 19,722 МГц, измерение отношений при отсчете по ступенчатому аттенуатору и второе преобразование на удобную для индикации частоту 2/8 кГц;
- стрелочного индикатора, обеспечивающего измерение и индикацию разности фаз и отношения уровней сигналов на частоте 278 кГц;

- блока СВЧ, обеспечивающего деление входного сигнала на опорный и измерительный.

Структурная схема прибора приведена на рис. 3.

5.1.3. СВЧ мощность, поступающая на ВХОД ВЧ блока СВЧ, разделяется с помощью делителя мощности на два равных по амплитуде и фазе сигнала, один из которых поступает в опорный канал, другой - в измерительный, где он проходит через исследуемый четырехполюсник. На выходе блока имеется два сигнала. Отношение этих сигналов есть комплексный коэффициент передачи исследуемого устройства и может быть измерен при помощи измерителя отношения напряжений.

5.1.4. Преобразователь частоты осуществляет двухканальный перенос входных сигналов на первую промежуточную частоту 19,722 МГц. Сигналы, опорный и измерительный, подаются на стробоскопические смесители. Стробоскопический смеситель представляет собой двухдиодный балансный ключ, открываемый коротким импульсом.

Для создания короткого импульса с помощью диода Д1 (диод с накоплением заряда - ДНЗ) формируется перепад напряжения с фронтом менее 100 пикосекунд. Для возбуждения ДНЗ сигнал с перестраиваемого генератора усиливается до уровня 5-6 В. Дифференцирование перепада для создания короткого импульса (десятки пикосекунд) осуществляется в самом смесителе с помощью закороченной биконической линии, между вершинами которой включены смесительные диоды.

Частота следования импульсов (65 ± 120 МГц) задается перестраиваемым напряжением генератором У4. Для коррекции нелинейности модуляционной характеристики перестраиваемого напряжением генератора, управляющий сигнал пропускается через формирователь линейной перестройки У5 - устройство с заданной нелинейной ха-

9

ИИ

«

рактической.

Выходные сигналы смесителей (частота 19,722 МГц) усиливаются в предварительных усилителях У1, У3. Коэффициент усиления предварительного усилителя опорного канала У1 на 20 дБ выше, чем измерительного.

5.1.5. Измеритель содержит поисковую систему ФАПЧ, схему отношений, выполненную на двухканальной системе АРУ, и преобразователь на вторую промежуточную частоту 278 кГц.

Поисковая система ФАПЧ осуществляет фазовую автоподстройку частоты перестраиваемого генератора под частоту входного сигнала до вхождения системы в синхронизм:

$$f_c - n f_z = 19,722 \text{ МГц},$$

где: f_c - частота входного сигнала;

f_z - частота перестраиваемого генератора;

n - номер гармоники.

Настройкой $f_c > n f_z$ достигается однозначное измерение фазового сдвига

$$\gamma_{\text{изм.}} - \gamma_{\text{опорн.}}$$

Сигнал с предварительного усилителя У1 опорного канала преобразователя частоты поступает на усилитель-ограничитель У9 системы ФАПЧ, а затем со сдвигом на 90° на два фазовых детектора У10.

Сигналы опорного кварцевого генератора У11 частотой 19,722 МГц поступают на фазовые детекторы в противофазе. Один из фазовых детекторов служит для синхронизации системы ФАПЧ, а второй - для управления системой поиска. Если частота входного сигнала выше частоты соответствующей гармоники $f_c > n f_z$, то сигнал с первого фазового детектора через схему управления У13 и функциональный усилитель У12 поступает в качестве управляющего на пре-

образователь частоты и поддерживает синхронизм системы ФАПЧ в полосе удержания. Если в системе ФАПЧ отсутствует синхронизм или произошел захват $f_c \pm n f_s$, схема управления запирается сигналом со второго фазового детектора и на схему управления генератора поступает пилообразное напряжение, которое циклически перестраивает генератор до вхождения системы ФАПЧ в синхронизм.

Поскольку преобразование происходит на гармониках, то эквивалентное усиление в петле ФАПЧ растет с номером гармоники. Для устойчивой работы системы ФАПЧ с увеличением диапазона частот входных сигналов переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ G_{Hz} уменьшает усиление и крутизну пилообразного напряжения в петле ФАПЧ.

При нахождении системы ФАПЧ в синхронизме сигналы первой промежуточной частоты 19,722 МГц поступают на вход усилителей промежуточной частоты с АРУ У3, У5. Сигнал с выхода усилителя опорного канала У3 поступает на детектор АРУ У6. Выходной сигнал детектора АРУ У6, меняя усиление УПЧ с АРУ У3, поддерживает его выходной уровень постоянным. Одновременно управляющее напряжение АРУ подается также на УПЧ с АРУ измерительного канала У5 и во столько же раз меняет его усиление.

Управляющий сигнал системы АРУ, пропорциональный уровню опорного сигнала, подается на индикатор уровня опорного сигнала.

На выходах УПЧ с АРУ сигналы преобразуются на вторую промежуточную частоту 278 кГц. Гетеродином служит внутренний кварцевый генератор 20 МГц. Сигнал частотой 278 кГц в опорном канале поступает на усилитель-фазовращатель (У7). Фазовращатель ФАЗА позволяет изменять фазу опорного сигнала в пределах $\pm 40^\circ$ для установки нуля на индикаторном блоке. В измерительном канале

сигнал 278 кГц разделяется на два. Один из них проходит через ступенчатый аттенюатор, имеющий ступеньки через 10 дБ в пределах 0-60 дБ и через 1 дБ в пределах 0-9 дБ, и подается в индикаторный блок для измерения амплитуды. Наличие аттенюатора позволяет отсчитывать более точно значение ослабления методом замещения. Плавная регулировка уровня АМПЛИТУДА позволяет производить установку нуля на индикаторе при измерениях. Второй сигнал измерительного канала подается на индикатор, минуя аттенюатор, для измерения фазового сдвига.

Таким образом, с базового блока на индикатор поступают сигналы опорный и измерительный, частотой 278 кГц, пропорциональные отношению входных уровней и с тем же фазовым сдвигом. Кроме того, когда система ФАПЧ не находится в синхронизме, в схеме управления вырабатывается сигнал бланкирования, который обеспечивает запуск схем аналоговых напряжений амплитуды и фазы в индикаторе.

5.1.6. В основу работы индикатора положен принцип измерения разности фаз триггерным фазометром на фиксированной частоте 278 кГц.

Опорный сигнал поступает в канал опорного сигнала на фазовращатель (У1), позволяющий производить компенсационный отсчет разности фаз. С выхода фазовращателя сигнал поступает на фазовый детектор (У3).

Один из исследуемых сигналов поступает в канал измерения разности фаз на три усилителя-ограничителя (У6, У5, У4). Усиленный и ограниченный сигнал поступает на второй вход фазового детектора (У3). Ограничитель обеспечивает широкий динамический диапазон по входным сигналам при изменении параметров исследуемого четырехполюсника.

С выхода фазового детектора постоянное напряжение, пропорциональное измеряемой разности фаз двух сигналов, поступает на выходной усилитель (У8), который обеспечивает прямой отсчет разности фаз сигналов по стрелочному прибору в масштабе, выбираемом переключателем с передней панели индикатора.

Другой исследуемый сигнал подается в канал измерения отношения уровней сигналов на амплитудный детектор (У2), с выхода которого поступает на логарифмический усилитель (У7). С выхода логарифмического усилителя информация об ослаблении сигнала в децибелах поступает на выходной усилитель, который обеспечивает прямой отсчет ослабления сигнала по стрелочному прибору в масштабе, выбираемом переключателем с передней панели индикатора.

Аналоговые напряжения, пропорциональные измеряемым разности фаз и отношению уровней сигналов, поступают через ключи на разъемы $10\text{ мВ} / \text{град}$ и $50\text{ мВ} / \text{дБ}$, находящиеся на передней панели. Ключи управляются бланкирующим напряжением с базового блока таким образом, что аналоговые напряжения проходят к разъемам только в режиме нормальной работы базового блока.

5.2. Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая принципиальная прибора ФК2-18 приведена в альбоме 2.

5.2.1. Блок СВЧ 2.721.166

Схема электрическая принципиальная приведена в альбоме 2.

Схема включает в себя следующие узлы:

а) делитель мощности 2.269.015, предназначенный для деления поровну сигнала, поступающего на ВХОД ВЧ, между опорным и измерительным каналами. Конструктивно он представляет собой симмет-

ричную полосковую линию, разветвляющуюся на две одинаковые полосковые линии — два плеча. Для лучшего согласования в каждое плечо включен согласующий резистор;

б) линия переменной длины (ЛПД) (93), предназначенная для изменения электрической длины опорного канала с целью выравнивания электрических длин измерительного и опорного каналов.

При необходимости для дополнительного изменения электрической длины предназначен набор кабелей. Кабели включаются в разрыв опорного канала к разъемам ОПОРНЫЙ КАНАЛ на задней панели блока СВЧ.

Конструктивно ЛПД представляет собой симметричную полосковую линию с внутренним цилиндрическим проводником, который выполнен в виде U-образного "тромбона" (рис. 4). Раздвижение линии индицируется по цифровому счетчику с разрешающей способностью 0,1 см. В связи с применением "тромбона" длина, указанная на счетчике, умножается на 2.

5.2.2. Преобразователь частоты 2.206.257

Схема электрическая принципиальная приведена в альбоме 2.

Конструктивно преобразователь оформлен отдельным блоком; питание блока, сигнальные кабели и кабель управления объединены в жгут с разъемом Ш1 на конце для соединения с базовым блоком. Приняты меры к обеспечению развязки между опорным и измерительным каналами: отдельные отсеки для узлов схемы, экранированные выводы сигналов, фильтры в цепях питания в отсеках плат предварительных усилителей (С1, С2, Др1, Др2, С3, С4, Др3, Др4) и перестраиваемого генератора (С5, С6, С7, С8, С9, С10) с формирователем линейной перестройки, крышки отсеков усилителя мощности и формирователя перепада напряжения имеют пластины из поглощающего материала.

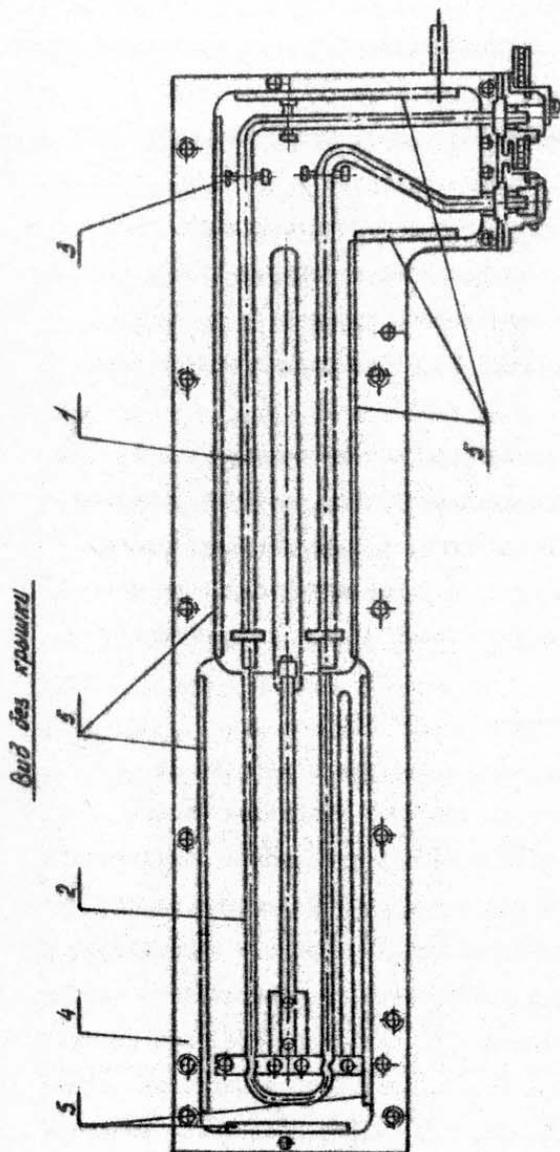


Рис. 4. Линия переменной длины.

- 1 — неподвижный центральный проводник (труба никелевая);
 2 — подвижный центральный проводник ("тромбон");
 3 — опора диэлектрическая;
 4 — заземленная пластина;
 5 — контакт.

Схема преобразователя частоты включает в себя следующие узлы:
 а) смесители стробоскопические 2.245.333 и 2.245.333-01.

Смесители предназначены для переноса информации о фазе и амплитуде входного сигнала на фиксированную промежуточную частоту. Для входных сигналов (диапазон 110 МГц—12,05 ГГц) смеситель является симметричной полосковой линией с волновым сопротивлением 50 Ом, нагруженной сопротивлением ЭИ 50 Ом. Смесительные диоды Д1 и Д2 включены симметрично. Для компенсации емкостей диодов (порядка 0,5 пФ) в центральном проводнике линии сделаны проточки.

По отношению к сигналу гетеродина (перепады напряжения с крутизной фронта $t_{\text{пер}} = 100$ пс и частотой следования 61 МГц—120 МГц) смеситель является закороченной конической линией. Перепад напряжения подается через коаксиальную линию. Длина короткозамкнутой линии выбрана такой, что за счет сложения сигнала излучаемого и сигнала, отраженного от короткозамкнутого конца, в конической линии формируется стробимпульс длительностью порядка 50 пс по основанию. Во время прохождения стробимпульса диоды Д1 и Д2 открываются и конструктивные накопительные емкости заряжаются входным сигналом.

Для увеличения широкополосности смесителя и увеличения диапазона входных сигналов на диоды подается запирающее напряжение величиной 0,3 В, кроме того, диоды закрыты за счет заряда накопительной емкости. Величина суммарного запирающего напряжения между выводами диодов 0,7 В. Для установки баланса величину смещения можно регулировать отдельно на каждый диод резисторами R1 и R3 в плате 3.661.813 предварительного усилителя в опорном канале и R2 и R4 в плате 3.661.814 предварительного усилителя в измерительном канале соответственно.

Резисторы R1 и R2 с конструктивными емкостями образуют фильтры нижних частот для предотвращения попадания высокочастотных сигналов в тракт промежуточной частоты;

б) формирователь перепада напряжения с делителем сигнала перепада, поступающего на стробоскопические смесители (плата СВЧ 3.662.591).

Синусоидальный сигнал амплитудой 2 В в диапазоне 61 МГц–120 МГц подается в точку 5. За время прохождения положительной полуволны синусоиды через диод с накоплением заряда Д1, в нем происходит накопление заряда неосновных носителей. При подаче отрицательного полупериода через время T (величина фиксированная для каждого типа ДНЗ) происходит рассасывание неосновных носителей, после чего диод резко закрывается.

Последовательно с диодом включена конструктивная индуктивность, прерванный ток протекает через конструктивную индуктивность и резистор, включенные параллельно ДНЗ. Таким образом, во время прохождения отрицательного полупериода на ДНЗ образуется резкий перепад напряжения за счет замыкания тока через индуктивность, параллельную ДНЗ и напряжения, действующего на ДНЗ во время его закрывания. Величина перепада более 6 В.

Через конструктивную емкость перепад напряжения подается на полосковую линию с волновым сопротивлением 50 Ом и через нее на смесители. Для лучшего согласования в коаксиально-полосковом переходе в стробоскопическом смесителе используется специальная форма полосковой линии и ферритовый поглотитель. Резисторы R1, R2 и сопротивление открытого диода Д1 образуют аттенуатор для "просачивающихся" входных сигналов в канал строба, улучшая тем самым развязку между каналами;

в) блок комбинированный 5.068.722 (У2). Схема приведена в альбоме 2. Блок комбинированный – усилитель мощности, работающий на низкоомную нагрузку порядка четырех Ом – диод с накоплением заряда. Усилитель собран на транзисторах Т1, Т2. Выходной каскад работает в режиме класса С. Для предотвращения "просачивания" быстрых перепадов напряжения с ДНЗ в цепь питания и входной каскад усилителя в схеме используются ферритовые поглотители. Равномерность коэффициента передачи усилителя мощности и его величина регулируется в процессе настройки схемы изменением смещения на базе транзистора Т1 с помощью переменного резистора R15 на плате 3.662.506 – формирователя линейной перестройки;

г) перестраиваемый генератор (плата 3.662.520).

Схема приведена в альбоме 2. На транзисторах Т2 и Т3 собран мультипликатор с регулируемой частотой колебаний с помощью варикапов Д2 и Д3 в диапазоне 61 МГц–120 МГц. На транзисторе Т4 собран буферный каскад, включенный перед первым каскадом усилителя мощности на транзисторе Т5. Нижняя частота 65 МГц устанавливается в процессе регулировки схемы потенциометром R6. На транзисторе Т1 и диоде Д1 собран ограничитель перестройки мультипликатора в сторону нижних частот. Уровень ограничения регулируется потенциометром R3. Нижний предел перестройки генератора устанавливается 63 МГц. Верхний предел перестройки, равный 120 МГц, устанавливается потенциометром R2 в плате 3.662.506 схемы формирователя линейной перестройки. Для настройки схем перестраиваемого генератора, усилителя мощности и формирователя перепада в схеме перестраиваемого генератора предусмотрен выход для синхронизации стробоскопических осциллографов ГИ.

Контрольный уровень сигнала на выходе платы перестраиваемого генератора – I В, форма сигнала близка к синусоидальной;

д) формирователь линейной перестройки генератора (плата 3.662.506).

Схема приведена в альбоме 2. Перестраиваемый генератор имеет характеристику напряжение-частота, близкую к гиперболе.

Для улучшения работы системы фазовой автоподстройки применяется схема, позволяющая обеспечить линейность характеристики напряжение-частота. Схема работает на основе использования нелинейной отрицательной обратной связи в каскаде усилителя на транзисторе Т1, нелинейная характеристика отрицательной обратной связи набирается с помощью диодов Д1, Д3 и Д4. Напряжения открывания диодов регулируются потенциометрами R1, R5, R9, R10.

Потенциометр R9 воздействует на высокочастотную часть характеристики перестройки генератора, R5 — на среднюю, R1 — на низкочастотную область перестройки. С помощью потенциометра R10 устанавливается рабочая точка транзистора относительно перестраиваемого напряжения на базе Т1. Потенциометр R2 регулирует верхний предел перестройки генератора. Контур L 2, C3 настроен на первую промежуточную частоту и предотвращает попадание ее на варикапы перестраиваемого генератора. Цепочка C4, R12 формирует высокочастотную область коэффициента передачи полной цепи ФАП. Резистор R12 подбирается в процессе регулировки ФАП по отсутствию возбуждения ее при октавном отслеживании входных частот;

е) предварительный усилитель промежуточной частоты в опорном канале (плата 3.661.813).

Схема приведена в альбоме 2. Коэффициент усиления 30 дБ, полоса усиливаемых частот 20 МГц. Полоса формируется фильтром из Др3, Др4, Др5, C5, C6, C18. Элементы C5, C6, C18 подбираются при настройке. Фильтр должен быть настроен таким образом, чтобы исключить попадание в полосу прозрачности частот, равных половине промежуточ-

ной (19,722 МГц) и нижней частоте перестраиваемого генератора (61 МГц). Коэффициент усиления подбирается при регулировке всего прибора подбором величины сопротивления резистора R18.

На плате собрана схема суммирования сигналов с диодов смесителя и схема подачи отрицательного смещения на диоды смесителя (R1 и R3), потенциометром R3 регулируется баланс диодов при общей регулировке прибора;

ж) предварительный усилитель промежуточной частоты в измерительном канале (плата 3.661.814). Схема приведена в альбоме 2. Коэффициент усиления — 6 дБ. Полоса пропускаемых частот формируется контуром C5, Др2, настроенным на частоту 19,722 МГц, настройка осуществляется подбором конденсатора C5. Конденсатором C2 и потенциометром R14 осуществляется установка нулей по фазе и амплитуде при регулировке прибора. Назначение R2 и R4 такое же, как и у R1 и R3 в плате 3.661.813.

5.2.3. Измеритель 2.721.612 (базовый блок)

Схема электрическая принципиальная приведена в альбоме 2.

Базовый блок содержит две основные системы:

- систему синхронизации частоты гетеродинного сигнала преобразователя частоты 2.206.257 с сигналом ГКЧ;
- систему измерения векторного отношения напряжений опорного и измерительного каналов.

Совместно с преобразователем частоты базовый блок осуществляет перенос измерений фазовых сдвигов и амплитудных соотношений СВЧ сигналов на низкую промежуточную частоту и производит обработку измеряемых сигналов в тракте промежуточных частот. С выхода базового блока информация о фазе и амплитуде исследуемых СВЧ сигналов выдается на низкой второй промежуточной частоте 278 кГц на индикаторный блок.

Работа систем базового блока показана в описании структурной схемы прибора. Ниже приведено описание функциональных узлов блока:

а) усилитель-ограничитель в цепи ФАП (плата 3.66I.8I8). Схема приведена в альбоме 2. Предназначен для усиления и ограничения сигнала первой промежуточной частоты 19,722 МГц. Полоса пропускания частот не менее 5,0 МГц, усилитель состоит из двух каскадов усиления и ограничителя. Каждый каскад усилителя состоит из двух гальванически связанных транзисторов с *p-n-p* и *n-p-n* переходами, что стабилизирует схему по постоянному току в рабочем диапазоне температур. Коэффициент усиления каскада определяется величиной обратной связи (отношение сопротивлений резисторов R5 и R2, R15 и R12 соответственно) и в некоторых пределах не зависит от свойств применяемых транзисторов.

Сигнал на выходе ограничителя имеет вид несколько искаженной синусоиды с амплитудой от пика до пика 2 В. Форма и амплитуда сигнала на выходе ограничителя не зависит от увеличения уровня входного сигнала в пределах до 25 дБ;

б) кварцевый генератор (плата 3.66I.8I9). Схема приведена в альбоме 2. Генератор формирует сигнал частотой 19,722 МГц амплитудой порядка 2 В от пика до пика. Для стабильной работы системы ФАП в рабочем интервале температур в схему генератора введена стабилизация выходной амплитуды. Стабилизация осуществляется за счет обратной связи с выхода на вход генераторного каскада на транзисторе T1 путем изменения управляющего напряжения на базе транзистора T1. Управляющее напряжение получается в результате выпрямления выходного напряжения диодами D1 и D2 и интегрирующим фильтром R4, R5, R7, C1, C2, C4;

в) фазовые детекторы (плата 3.66I.8I7). Схема приведена в альбоме 2. Схема выдает сигнал ошибки в систему ФАП и сигнал управле-

ния для схемы поиска. Сигнал с выхода усилителя-ограничителя через фильтр L1, C4, настроенный на частоту 19,722 МГц, поступает на два фазовых детектора. На детектор в цепи управления ФАП (D2, D3, D4, D5) сигнал подается непосредственно, на детектор управления схемы поиска (D7, D8, D9, D10) — через схему, обеспечивающую сдвиг по отношению к сигналу в цепи управления ФАП на 90°. Сдвиг фаз формируется в контуре Dp2, C12, настроенном на частоту 19,722 МГц, настройка осуществляется конденсатором переменной емкости C12.

Сигнал с выхода кварцевого генератора подается на ограничитель на транзисторах T1 и T3 со стабилизатором тока в цепи эмиттеров на транзисторе T2.

Ограниченный сигнал используется для открывания диодных ключей — фазовых детекторов.

Диодные ключи сделаны из подобранных четверок диодов D2...D5, D7...D10. Следует обратить особое внимание на качество баланса диодных мостов, так как последующие схемы управляются постоянным напряжением в довольно узком интервале (80 мВ—150 мВ).

Сигнал с выхода диодных мостов через эмиттерные повторители T4 и T6 подается на выход схемы.

Для восстановления нулевого потенциала на выходах схемы и стабилизации выхода в интервале рабочих температур используются диоды D1 и D6 с установкой нулевого потенциала потенциометрами R14 и R27;

г) функциональный усилитель (плата 3.66I.8I6). Схема приведена в альбоме 2. В усилителе формируется коэффициент передачи цепи ФАП в области нижних и средних частот на фильтрах R15, C6 — нижние частоты и C11, R25 — средние частоты.

Коэффициент усиления дифференциального усилителя на транзисторах T6 и T7 на частотах до 20 Гц порядка 6—8.

В дифференциальном усилителе происходит суммирование сигналов ошибки слежения ФАП, пилообразного напряжения и напряжения управления перестраиваемым генератором с платы управления 3.66I.820.

На транзисторах Т1, Т2, Т4, Т5 собран ключ, размыкающий систему ФАП во время поиска и потери синхронизации, а также сброса накопленного заряда на конденсаторе С6 в любых случаях новой настройки системы ФАП.

Сигналы с выхода усилителя Т6, Т7 на выход схемы подаются через эмиттерный повторитель на транзисторе Т8 со схемой температурной стабилизации выходного напряжения.

Постоянное напряжение на выходе схемы изменяется ручкой СТАБИЛЬНОСТЬ. Диапазон изменения напряжения регулируется резисторами R24, R26 платы.

Ключевые схемы управляются сигналами с платы управления. Сигнал на вход функционального усилителя подается через переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz, с помощью которого регулируется коэффициент усиления системы ФАП в зависимости от входной частоты прибора;

д) схема управления (плата 3.66I.820). Электрическая схема приведена в альбоме 2. На транзисторах Т1 и Т3 собран триггер Шмитта, размыкающий петлю ФАП во время потери синхронизации и поиска захвата. Триггер на Т1 и Т3 управляется положительным напряжением с фазового детектора. Управляющее напряжение может меняться резистором R1.

На транзисторах Т2 и Т4 собран триггер Шмитта, управляющий схемой срыва генерации пилообразного напряжения. Управляющее напряжение может меняться резистором R6.

Схема срыва генерации выполнена на транзисторе Т5, а генератор пилообразного напряжения на транзисторах Т6, Т8, Т10. Генератор генерирует напряжение пилообразной формы амплитудой порядка 4 В и частотой 500 Гц. Для облегчения захвата системы ФАП на

высоких гармониках амплитуда пилы регулируется переключателем ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz ;

е) усилитель промежуточной частоты с АРУ и второй смеситель (плата 3.66I.831). Схема приведена в альбоме 2.

Действие АРУ основано на изменении сопротивления диодов Д1, Д2, включенных в цепь обратной связи усилителя на транзисторах Т2, Т3. Сопротивление диодов зависит от постоянного тока через транзистор Т1, который управляется сигналом АРУ. Контуры L1, С4 и L2, С11 настроены на частоту 19,722 МГц.

Второй смеситель собран по балансной схеме на диодах Д3-Д6. Сигнал гетеродина подается на смеситель через дифференциальный усилитель на транзисторах Т6, Т7;

ж) детектор АРУ с усилителем постоянного тока (плата 3.66I.832). Схема приведена в альбоме 2.

Транзисторы Т1, Т2 образуют типовую усилительную пару с обратной связью. Усиление ступени определяется отношением сопротивлений резисторов цепи обратной связи R6/R2.

Детектор сигнала АРУ собран на диодах Д1, Д2. С выхода детектора сигнал АРУ усиливается дифференциальным усилителем (микросхема МС1). Сигнал АРУ с дифференциального усилителя проходит через усилитель на транзисторе Т4 и эмиттерный повторитель Т5 к схеме контроля сигнала АРУ на транзисторе Т6. Резисторами R27, R28 устанавливается необходимый режим работы микросхемы;

з) генератор кварцевый 20 МГц (плата 3.66I.833). Схема приведена в альбоме 2.

Транзистор Т1 и резонатор Пэ1 образуют кварцевый генератор. Петля обратной связи образована С6, С7 и Пэ1.

Усилитель Т2, Т3 вместе с детектором Д1, Д2 образуют цепь отрицательной обратной связи, которая поддерживает постоянной амплитуду

ду сигнала кварцевого генератора для второго смесителя. Глубина обратной связи регулируется резистором R11.

Усилитель на транзисторах T4, T5 служит развязывающим каскадом между выходами генератора к смесителям опорного и измерительного каналов. Контур L1, C19 настраивается на частоту 20 МГц. Резистором R22 регулируется напряжение на выходе генератора (Гн3);

и) фазовращатель (плата 3.56I.834). Схема приведена в альбоме 2.

Входной каскад на транзисторе T1 собран по схеме эмиттерного повторителя.

Транзистор T2 и конденсатор C4 образуют цепь с переменным фазовым сдвигом. Фазовый сдвиг от входа ступени до выхода получается сложением векторных сигналов, прошедших через C4 и T2. Фазовый сдвиг и амплитуда сигнала через C4 остаются постоянными, в то время как амплитуда сигнала через T2 изменяется и регулируется потенциометром ФАЗА на передней панели (R3, R4 - в общей схеме базового блока 2.72I.6I2), включенным последовательно с цепью C7, R12 на корпус. Пределы плавного изменения фазы для установки нуля прибора около 95° .

Усилитель на T3, T4 собран по типовой схеме с отрицательной обратной связью и нагружен на параллельный резонансный контур C13, C14, L1, настроенный на частоту 278 кГц. Усиление регулируется подбором резистора R17;

к) усилитель выходной 278 кГц (плата 3.66I.835). Схема приведена в альбоме 2.

Входной каскад T1 усилителя нагружен на параллельный резонансный контур C3, C4, L1, настроенный на частоту 278 кГц.

Каскад на T2 обеспечивает развязку между выходом к стрелочному индикатору и контуром усилителя.

Выходной каскад на транзисторах T3, T4 с индуктивной нагрузкой TrI обеспечивает необходимое напряжение для индикатора. Подбором резистора R6 регулируется усиление, подбором емкостей C1, C5 устраняется фазовый набег между опорным и измерительным каналами;

л) аттенуатор 2.243.833. Схема приведена в альбоме 2.

Аттенуатор собран из типовых П-образных ячеек с фиксированным ослаблением 1, 2, 4, 5, 10, 20 дБ. Переключение этих ячеек в различных комбинациях обеспечивает ослабление сигнала в измерительном канале в диапазоне 0-69 дБ ступенями через 1 дБ.

5.2.4. Блок питания 2.087.592

Схема электрическая принципиальная приведена в альбоме 2.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В \pm 10 %, частотой 50 Гц.

Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не более 100 В·А.

Выходные характеристики блока питания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Нестабильность по сети, %	Пульсации, мВ эфф.	Примечание
-20 \pm 2 %	1,5	0,02	5	для блока индикаторного
+20 \pm 2 %	1,5	0,02	5	
\sim 150 \pm 13 %	0,1	-	-	

Схема блока питания включает в себя два стабилизированных источника. Каждый источник состоит из выпрямителя и полупроводникового стабилизатора напряжения. Выпрямители выполнены по двухполупериодной схеме, работают на емкостной фильтр.

Стабилизаторы выполнены по схеме компенсационного типа с последовательно включенным регулирующим элементом и усилителем постоянного тока.

Во всех источниках имеется внутренняя схема защиты от коротких замыканий. Переменное напряжение ~ 150 В снимается со вторичной обмотки трансформатора TrI и используется при регулировке прибора.

5.2.5. Индикатор стрелочный 2.746.09I

Схема электрическая принципиальная приведена в альбоме 2.

Входящие в схему функциональные узлы и их назначение:

а) фазовращатель (плата 3.66I.670). Схема приведена в альбоме 2.

На вход платы фазовращателя поступает напряжение опорного сигнала. Фазовращатель ступенчатый потенциометрический предназначен для получения фазового сдвига в пределах от 0 до $\pm 180^\circ$ степенями через 10° . Входным каскадом является эмиттерный повторитель, на выходе которого включен трансформатор TrI. Средняя точка вторичной обмотки трансформатора заземлена, противофазные напряжения с концов вторичной обмотки трансформатора подаются на крайние резисторы ступенчатого прецизионного потенциометра, собранного на переключателе ПГ-22 ПИ из резисторов С2-10.

Напряжение, сдвинутое на плюс 90° или на минус 90° снимается с фазосдвигающей цепочки, образованной резистором R6 или R7 и конденсаторами С5, С6, С20. Включение в цепочку резисторов R6 или R7 осуществляется с помощью реле P1 и P2, которые управляются тумблером В1, выведенным на переднюю панель индикатора. С помощью кон-

денсаторов С6, С20 добиваются необходимого фазового сдвига. Напряжение, сдвинутое на 90° , поступает на составной эмиттерный повторитель (Т2 и Т3) и через автотрансформатор Tr2 подается на среднюю точку ступенчатого потенциометра.

Автотрансформатор Tr2 служит для выравнивания величины этого напряжения с напряжениями, поступающими с концов вторичной обмотки трансформатора TrI. Подбором резистора R10 устанавливается режим работы транзистора Т2.

Напряжение, снимаемое со ступенчатого потенциометра, поступает через составной эмиттерный повторитель (Т4 и Т5) на вход усилителя-ограничителя, собранного на транзисторах Т6 и Т7 по схеме ограничителя с эмиттерной связью. С выхода платы фазовращателя снимается симметрично ограниченное напряжение величиной $6,1 \pm 0,5$ В (полный размах). Усиление и симметричность ограничения регулируется подбором резистора R27;

б) ограничитель I (плата 3.66I.675). Схема приведена в альбоме 2.

На вход платы поступает сигнал измеряемой разности фаз сигналов. Ограничитель I представляет собой двухкаскадный усилитель-ограничитель. Первый каскад является усилителем с обратной связью, собранным на транзисторах П1 и Т2. Второй каскад является усилителем-ограничителем, собранным на транзисторах Т3 и Т4 по схеме ограничителя с эмиттерной связью. На выходе ограничителя имеется эмиттерный повторитель, с выхода которого снимается симметрично ограниченный сигнал величиной 2 В (полный размах). Несимметричность ограничения устраняется подбором резистора R12. Выход ограничителя I соединяется со входом ограничителя II;

в) ограничитель II (плата 3.66I.676). Схема приведена в альбоме 2.

Ограничитель II состоит из двух каскадов усилителей-ограничителей, разделенных эмиттерным повторителем. Схема усилителя-ограничителя такая же, как в ограничителе I. На выходе ограничителя II имеется полосовой фильтр LI, C9, C10, C11, настроенный на частоту 278 кГц с полосой пропускания 10-15 кГц. С выхода ограничителя II снимается сигнал синусоидальной формы с амплитудой не менее 1,5 В. Усиление регулируется подбором резистора R2. Выход ограничителя II подключается ко входу ограничителя III;

г) ограничитель III (плата 3.66I.677). Схема приведена в альбоме 2.

Ограничитель III состоит из каскада фазовращателя, собранного на транзисторе T1 и каскада усилителя-ограничителя, собранного на транзисторах T3 и T4. Первый каскад собран по схеме фазовращателя с коллекторно-эмиттерной нагрузкой. Изменение сопротивления резистора R6 дает возможность изменить фазовый сдвиг от 0 до 30°. Первый и второй каскады разделены эмиттерным повторителем. Цепочка, состоящая из конденсатора C5 и резисторов R9 и R10, дает постоянный фазовый сдвиг 30°.

С выхода ограничителя III снимается сигнал, симметрично ограниченный величиной 6,1 В (полный размах). Подбором резисторов R5, R14 устраняется несимметричность ограничения. Выход ограничителя III подключается к одному из входов фазового детектора.

На плате ограничителя III имеется источник постоянного напряжения +9 В, необходимый для работы фазового детектора. Источник состоит из резистора R17 и стабилитрона Д1;

д) фазовый детектор (плата 3.66I.67I). Схема приведена в альбоме 2.

Фазовый детектор предназначен для преобразования фазового сдвига между входными сигналами в постоянное напряжение. Напряжение

опорного сигнала, поступающее с платы 3.66I.670, и напряжение сигнала, поступающее с платы 3.66I.677, через эмиттерные повторители, собранные на транзисторах T1 и T2, подаются на триггер Шмитта (T3, T5 и T4, T6). Остроконечные импульсы отрицательной полярности, сформированные цепочками Др3, С9 и Др4, С10, поступают через диоды Д3 и Д4 на входы триггера, собранного на транзисторах T7 и T8. Подбором резисторов R25, R28 регулируется перепад напряжений на выходе (Tн5).

Длительность импульса на коллекторе транзистора T7 и постоянное напряжение на выходе платы после фильтра, состоящего из R3I, Др5 и С15, зависят от фазового сдвига между сигналами на входе платы;

е) усилитель выходной (плата 3.66I.673). Схема приведена в альбоме 2.

Выходной усилитель представляет собой дифференциальный усилитель постоянного тока с отрицательной обратной связью, собранный на транзисторах T1...T5. В зависимости от положения кнопочного переключателя на передней панели индикатора на вход транзистора T1 подается постоянное напряжение, несущее информацию об амплитуде или о фазе. Коэффициент усиления усилителя изменяется за счет изменения сопротивления в цепи обратной связи при переключении шкал стрелочного прибора кнопочным переключателем на передней панели.

На плате выходного усилителя собрана схема усилителя постоянного тока (МС1, T6, T7) с регулируемой обратной связью. На вход усилителя подается постоянное напряжение с выхода фазового детектора. Величина обратной связи регулируется резистором R22 и выбирается таким образом, чтобы постоянное напряжение на выходе транзистора T7 изменялось на 10 мВ при изменении фазового сдвига сигнала на входе индикатора на 1°.

На полевом транзисторе Т8 выполнена ключевая схема, которая передает напряжение информации о фазе с выхода транзистора Т7 на выход платы, если на затвор транзистора Т8 через резистор R34 подается отпирающее напряжение, поступающее со схемы управления базового блока, и не пропускает напряжение информации о фазе, если отпирающее напряжение отсутствует;

ж) детектор амплитудный (плата 3.66I.674). Схема приведена в альбоме 2.

На вход платы амплитудного детектора поступает сигнал, несущий информацию об измеряемом отношении уровней сигналов. Входным каскадом является усилитель с отрицательной обратной связью, состоящий из двух гальванически связанных транзисторов Т1 и Т2 с р-р-р и п-р-п переходами, что обеспечивает высокую температурную стабильность коэффициента усиления. Вторым каскадом является резонансный усилитель тока, собранный на транзисторах Т3, Т4. Контур L1, С8, С10 настроен на частоту 278 кГц с полосой пропускания не более 8 кГц. Сигнал с выхода резонансного усилителя детектируется детекторами Д1 и Д2 и с их выходов постоянные напряжения подаются на вход логарифмического усилителя и на вход линейного усилителя платы 3.66I.672;

з) логарифмический усилитель (плата 3.66I.672). Схема приведена в альбоме 2.

Каскад линейного усилителя представляет собой усилитель постоянного тока с нулевым входом и нулевым выходом, собранный на транзисторах Т1, Т2 и Т3. Постоянное напряжение на выходе усилителя регулируется резистором R5.

Логарифмический усилитель состоит из логарифмического преобразователя, представляющего собой транзистор Т4 в диодном включении и дифференциального усилителя постоянного тока с большим

выходным сопротивлением. Усилитель собран на транзисторах Т5-Т10. Большое входное сопротивление получено за счет применения полевых транзисторов Т5 и Т8. Чтобы усилитель нормально работал, все характеристики полевых транзисторов должны быть идентичными. Коэффициент усиления усилителя регулируется резистором R21 в цепи отрицательной обратной связи и выбирается таким, чтобы при изменении ослабления сигнала на входе индикатора на 1 дБ напряжение на выходе логарифмического усилителя изменилось на 50 мВ. Режим транзистора Т10 устанавливается резистором R24. На транзисторе Т11 выполнена ключевая схема, которая работает так же, как и в плате 3.66I.673. Резистором R28 устанавливается нуль стрелочного прибора при отсутствии сигнала на разъеме 50 мВ/дБ;

и) делитель (плата 3.66I.997). Схема приведена в альбоме 2.

Плата состоит из резисторов R1-R14, которые включаются в цепь обратной связи выходного усилителя (плата 3.66I.673).

Изменение коэффициента усиления происходит при выборе шкалы стрелочного прибора (ИП1) при нажатии соответствующей кнопки на переключателе dB, °.

На плате имеется фильтр нижних частот, состоящий из дросселя Др1 и конденсатора С1, через который на разъем 10 мВ/град подается аналоговое напряжение, пропорциональное разности фаз сигналов.

Резисторы R15 и R16 являются делителем тока, проходящего через стрелочный прибор ИП1.

5.3. Конструкция

Измеритель разности фаз ФК2-18 конструктивно состоит из следующих самостоятельных блоков: блока СВЧ, преобразователя частоты, измерителя с индикатором стрелочным.

5.3.1. Блок СВЧ 2.72I.166

Блок СВЧ по компоновке является функционально-блочным прибором СВЧ - диапазона (рис. 5). Выполнен в типовом бесфутлярном корпусе. Все функциональные узлы блока являются СВЧ - устройствами и соединены между собой коаксиальными кабелями. Элементы корпуса крепятся между собой винтами. Чтобы вскрыть блок СВЧ, необходимо его распломбировать, отвинтить винты на боковых стенках корпуса и снять боковые стенки. Затем отвинтить стопорные винты, снять верхнюю и нижнюю крышки.

Линия переменной длины (2) расположена в левой части блока и крепится винтами к передней и задней панелям. Ручка управления (3) и индикатор отсчета (4) выведены на переднюю панель. Делитель мощности (1) крепится к литому кронштейну. В верхней части корпуса блока СВЧ предусмотрен отсек (5) для встраивания преобразователя частоты.

5.3.2. Преобразователь частоты 2.206.257

Преобразователь частоты выполнен в едином литом корпусе. Все функциональные узлы и платы расположены в экранированных отсеках и закрыты крышками. На крышках закреплены пластины из поглощающего материала для улучшения экранировки и поглощения паразитных излучений. Корпус закрыт декоративными кожухами, которые крепятся с помощью декоративных планок.

Компоновка блока выполнена таким образом, чтобы обеспечить максимальную развязку между двумя каналами преобразователя.

Основными функциональными узлами преобразователя являются стробоскопические смесители. Их установка в блоке и взаимное расположение выбраны так, чтобы обеспечить как развязку по выходным сигналам, так и механическую стыковку преобразователя с блоком СВЧ. Входные разъемы смесителей выходят на переднюю стенку корпуса и закреплены декоративными фланцами.

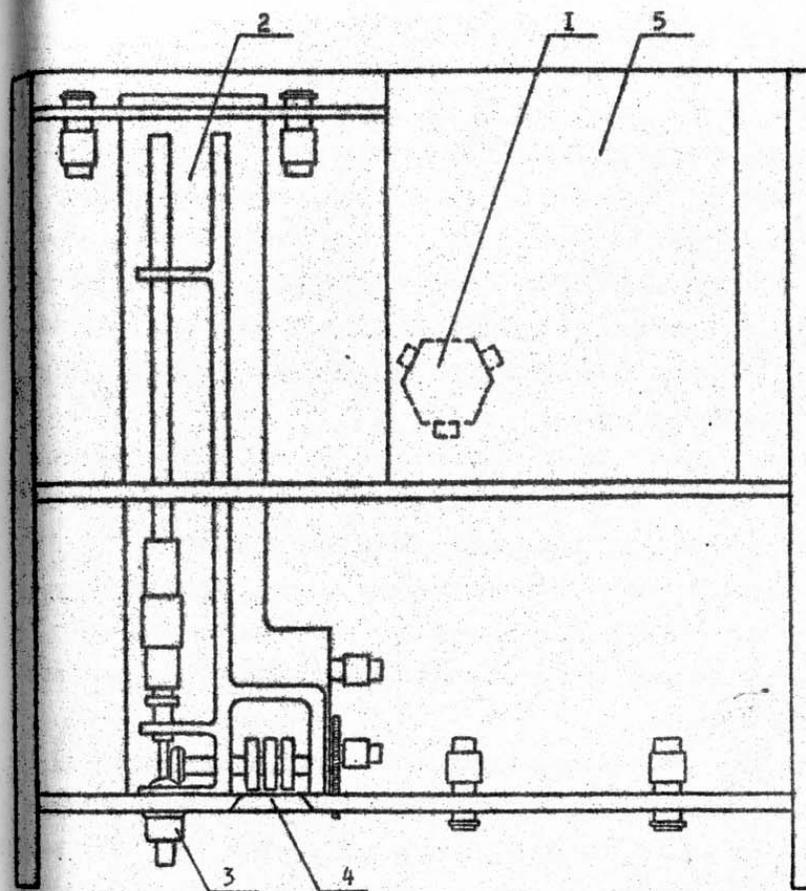


Рис. 5. Схема размещения узлов в блоке СВЧ.

На задней стенке корпуса закреплен кабель с разъемом типа РП15, предназначенный для подключения преобразователя к базовому блоку.

5.3.3. Измеритель 2.721.612

Измеритель (базовый блок) выполнен в типовом бесфутлярном корпусе. Элементы корпуса скрепляются между собой винтами. Передняя панель крепится винтами к специальной раме, которая может откидываться на шарнирах и крепится сверху винтами к корпусу прибора. Задняя панель крепится с помощью угольников к основным несущим кронштейнам корпуса.

Чтобы вскрыть прибор, необходимо распломбировать, отвинтить винты на боковых стенках корпуса, снять стенки. Затем отвинтить винты крепления верхней и нижней крышек, снять крышки.

В заднюю панель прибора вмонтирован электрохимический счетчик времени типа ЭСВ-2,5-12,6-1, предназначенный для определения суммарного времени наработки прибора при его настройке, испытаниях и эксплуатации.

Отсчет наработанного времени производится по делению шкалы, против которого находится мениск правого столбика ртути. Если зазор между двумя столбиками ртути достиг 90-95 % (не более) всей шкалы, нужно изменить направление отсчета путем смены полярности напряжения питания счетчика. При этом отсчет производится в обратном порядке.

Все узлы измерителя, выполненные с применением печатного монтажа, смонтированы в двух литых корпусах. Блок измерения отношений располагается в нижней части прибора и жестко закреплен. Над ним на шарнирах установлен блок ФАПЧ, который может откидываться на угол более 90° с тем, чтобы обеспечить доступ к монтажу разъемов печатных плат и фильтрам питания.

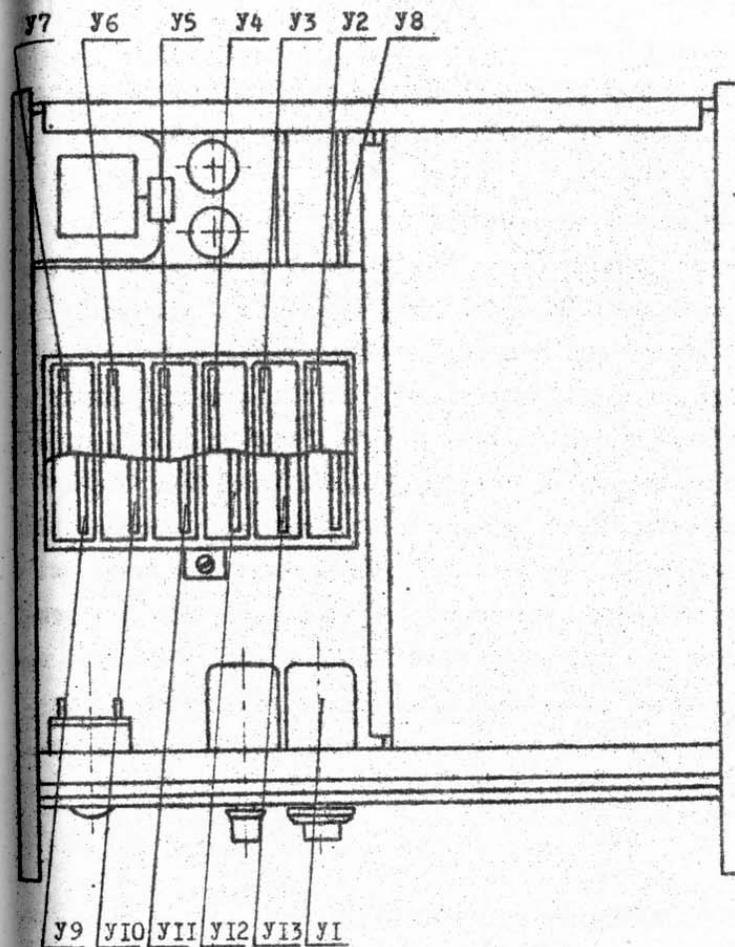


Рис. 6. Схема размещения узлов в измерителе.

Блок питания расположен на шасси, которое крепится винтами к задней панели прибора.

Схема размещения узлов в измерителе с условными обозначениями по электрической принципиальной схеме приведена на рис. 6.

5.3.4. Индикатор стрелочный 2.746.09I

Индикатор предназначен для встраивания в отсек измерителя и выполнен в специальном корпусе. Корпус состоит из двух рам, скрепленных между собой четырьмя угольниками. К рамам крепятся передняя и задняя панели индикатора. Корпус закрывается сверху и снизу кожухами, которые крепятся к рамам с помощью планок. Элементы корпуса индикатора скрепляются между собой винтами. Чтобы вскрыть индикатор, необходимо его распломбировать, отвинтить винты на боковых планках, на верхнем и нижнем кожухах и снять их.

Все узлы индикатора выполнены с применением печатного монтажа. Шесть печатных плат расположены в экранированном корпусе, остальные — на шасси. Схема расположения узлов в индикаторе с условными обозначениями по электрической принципиальной схеме приведена на рис. 7.

6. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

6.1. На лицевой панели измерителя нанесены наименование и условное обозначение прибора.

В левом верхнем углу задней панели расположены заводской порядковый номер и год изготовления.

6.2. Наименование, заводской порядковый номер и год изготовления нанесены также на индикаторе стрелочном, преобразователе частоты, блоке СВЧ.

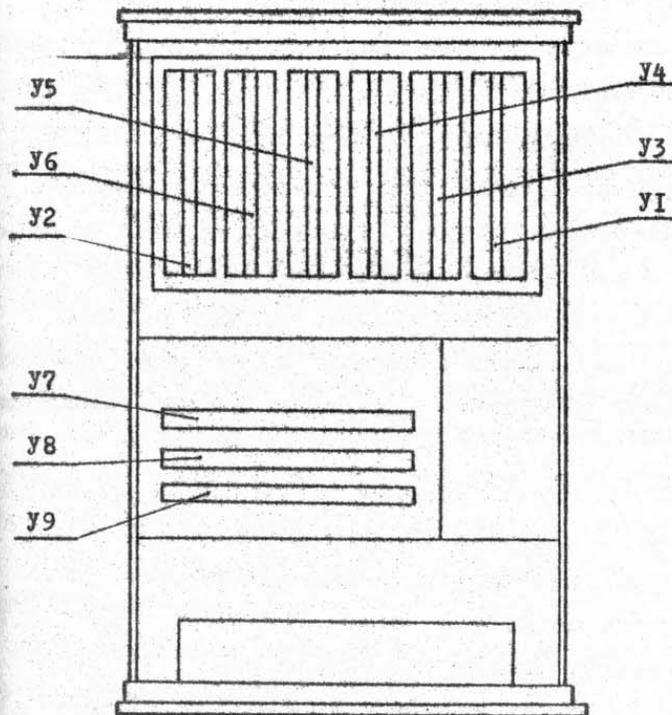


Рис. 7. Схема размещения узлов в индикаторе стрелочном.

6.3. Каждый из блоков, входящих в измеритель разности фаз, принятый ОТК, пломбируется мастичными пломбами, которые устанавливаются на боковых стенках блоков.

7. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.1. Перед вводом прибора в эксплуатацию необходимо проверить заполнение таблицы формуляра "Сведения о хранении" и сделать отметку в формуляре о начале эксплуатации в таблице "Учет работы".

Незаполнение потребителем в период гарантийного срока эксплуатации таблиц "Сведения о хранении" и "Учет работы" является нарушением правил эксплуатации и прекращает действие гарантийных обязательств.

7.2. После длительного хранения прибора следует произвести внешний осмотр, опробование и поверку прибора согласно разделу 13.

7.3. При внешнем осмотре необходимо проверить:

- сохранность пломб;
- комплектность согласно табл. 2 формуляра;
- отсутствие видимых механических повреждений, влияющих на точность показаний прибора;
- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положения, плавность вращения ручек органов настройки, наличие предохранителей;

- чистоту гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей, переходов.

7.4. При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе прибора не должны закрываться посторонними предметами.

7.5. Сделайте отметку в формуляре о начале эксплуатации и запишите показания счетчика времени наработки.

8. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

ВНИМАНИЕ!

ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИБОРА БЕЗ ЕГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

8.1. По степени защиты от поражения электрическим током прибор относится к классу I.

8.2. К работе с прибором и его обслуживанию допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с измерительными приборами и ознакомившиеся с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации прибора.

8.3. В приборе имеются опасные для жизни напряжения, поэтому при регулировочных и контрольно-профилактических работах с открытым прибором необходимо строго соблюдать меры предосторожности.

При работе в помещении с проводящими полами рабочее место должно быть укомплектовано резиновым ковриком. Металлические каркасы и основания столов, стеллажей, верстаков, стульев должны быть заземлены на ту же шину, что и прибор.

Все ремонтные работы надлежит производить только при отсоединенной вилке шнура питания от сети.

8.4. Подключение прибора к питающей сети необходимо производить в следующем порядке:

- выключите тумблер СЕТЬ прибора;
- подключите прибор к шине защитного заземления;
- вставьте вилку шнура питания прибора в розетку сети питания.

8.5. Отключение прибора от сети необходимо производить в следующем порядке:

- выключите тумблер СЕТЬ;
- отсоедините вилку шнура питания прибора от сети;
- отсоедините прибор от шины защитного заземления.

8.6. При работе с другими приборами и при включении прибора в состав установок клеммы защитного заземления соедините между собой и с шиной защитного заземления в одной точке.

9. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

9.1. Органы управления и контроля

9.1.1. На передней панели измерителя (рис.8) расположены:

- переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz , обеспечивающий выбор рабочего диапазона, соответствующего входным частотам;
- потенциометр СТАБИЛЬНОСТЬ, обеспечивающий регулировку стабильности синхронизации гетеродина прибора с частотой внешнего генератора;
- индикаторный прибор ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ, позволяющий индцировать нормальный уровень сигнала в опорном канале в пределах 20-80 μA ;
- переключатели ОСЛАБЛЕНИЕ dB , обеспечивающие измерение уровня сигнала в исследуемом канале и отсчет модуля коэффициента передачи соответственно через 10 и 1 dB в пределах 69 dB ;
- потенциометр АМПЛ., обеспечивающий установку нуля по модулю коэффициента передачи;
- верньер ФАЗА, обеспечивающий установку нуля по фазе коэффициента передачи;
- тумблер СЕТЬ и световой индикатор включения сети.

На передней панели индикатора (рис.8) расположены:

- стрелочный измерительный прибор с отсчетными шкалами в

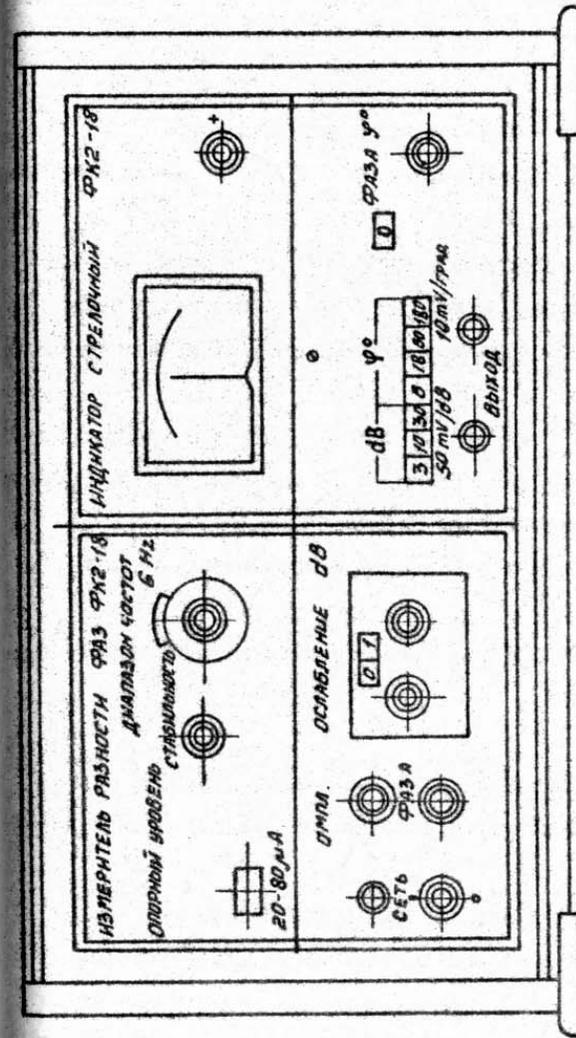


Рис. 8. Внешний вид передней панели измерителя с индикатором стрелочным.

градусах и децибелах, предназначенный для контроля и отсчета измеряемых параметров;

- переключатель $dB - \varphi^\circ$, предназначенный для выбора измеряемой величины (модуль - фаза) и пределов шкалы;
- тумблер фазовращателя с маркировкой " - + ", изменяющий знак фазового сдвига;
- переключатель фазовращателя ФАЗА φ° , изменяющий фазовый сдвиг через 10° в пределах $0-180^\circ$. Этот переключатель вместе с тумблером знака фазы обеспечивает компенсационный отсчет фазового угла в пределах $0 - \pm 180^\circ$;
- разъемы Выход $50 mV/dB$ и $10 mV/град$, с которых снимаются выходные аналоговые напряжения, пропорциональные измеряемому отношению уровней и разности фаз сигналов.

9.1.2. На задней панели измерителя и индикатора (рис. 9) расположены:

- разъем ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ, к которому подключается кабель преобразователя частоты;
- разъем ВЫХОД ЛИНЕЙНЫЙ - выход постоянного напряжения, пропорционального измеряемому отношению уровней сигналов в линейном масштабе;
- разъем МЕТКИ - вход сигнала частотной метки.

9.1.3. На передней и задней панелях блока СВЧ (рис. 10) расположены:

- ручка управления ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см), с помощью которой изменяется электрическая длина ЛПД;
- счетчик изменения длины ЛПД;
- барабан НУЛЬ - для установки нулевого показания счетчика;
- разъемы А и Б - для подключения исследуемого четырехполюсника

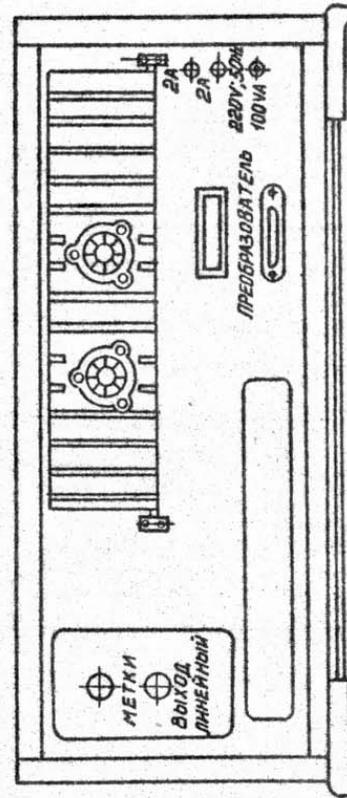
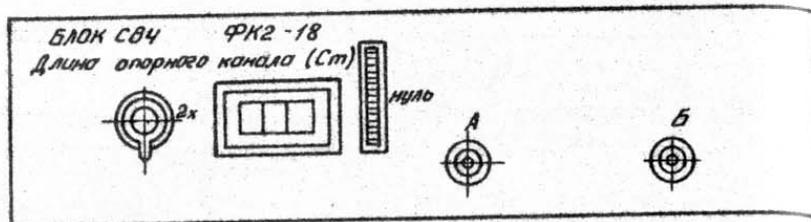
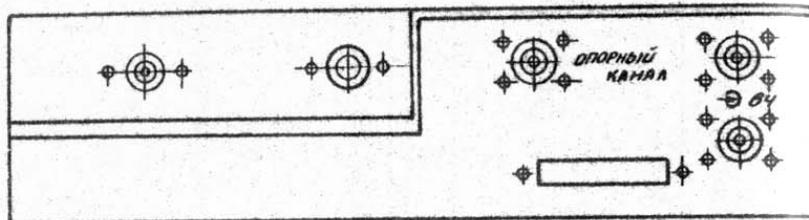


Рис. 9. Внешний вид задней панели измерителя с индикатором стрелочным.



а)



б)

Рис. 10. Внешний вид передней (а) и задней (б) панелей блока СВЧ.

ка;

- разъемы ОПОРНЫЙ КАНАЛ - для подключения удлиняющего кабеля (из комплекта прибора);
- разъем ВЧ - для подключения источника сигнала;
- разъемы ОПОРН. и ИЗМЕР. - для подключения преобразователя частоты.

9.2. Подключение

9.2.1. Разместите прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

9.2.2. Проверьте надежность заземления.

9.2.3. Подключите преобразователь частоты к измерителю и блоку СВЧ.

9.2.4. Установите органы управления в следующие исходные положения:

- тумблер СЕТЬ - в выключенное положение;
- переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz - в положение, соответствующее рабочему диапазону частот;
- переключатели ОСЛАБЛЕНИЕ dB - в положение 20;
- переключатель dB-γ° - в положение 30.

Остальные органы управления могут находиться в произвольном положении.

9.2.5. Подсоедините сетевой шнур прибора к питающей сети.

10. ПОРЯДОК РАБОТЫ

10.1. Подготовка к проведению измерений

10.1.1. Включите тумблер СЕТЬ прибора, на передней панели должна загореться индикаторная лампочка.

Ю.І.2. Произведите самопрогрев прибора в течение 30 мин.

Ю.І.3. Соедините кабелями К-2 из комплекта прибора разъемы ОПОРНЫЙ КАНАЛ и А, Б на блоке СВЧ.

Ю.І.4. Подайте сигнал с генератора, используемого в работе, на разъем  ВЧ блока СВЧ. Генератор должен работать в режиме НГ. Мощность сигнала не должна превышать значения 5 мВт (исходное значение мощности на выходе генератора рекомендуется устанавливать минимальным).

Примечание. При использовании генераторов, имеющих минимальную мощность более 5 мВт, необходимо к разъему  ВЧ подключать аттенуатор из комплекта прибора.

Ю.І.5. Проверьте исправность прибора по следующим признакам:

- при плавном увеличении мощности с выхода генератора стрелка индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ должна отклоняться. Регулировкой мощности с выхода генератора добейтесь отклонения стрелки на 80 делений. Стрелка индикатора стрелочного должна отклониться на значение 0 ± 5 дБ;

- меняя частоту генератора в диапазоне, установленном переключателем ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz, следите за показаниями индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ (регулировкой мощности с выхода генератора на каждой частоте устанавливайте стрелку индикатора на 80 делений). Индикатор стрелочный прибора должен изменять показания не более, чем на ± 2 дБ.

Ю.І.6. Показатели нормальной работы прибора:

- отсутствуют срывы сигнала на индикаторе ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ;
- показания индикатора стрелочного устойчивы;
- при вращении ручек АМПЛ. и ФАЗА обеспечивается регулировка показаний прибора;
- при изменении положения переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ dB на 10 дБ показания индикатора стрелочного изменяются на 10 дБ с уче-

том знака;

- при изменении положения переключателя ФАЗА φ° на 10° показания индикатора стрелочного изменяются на 10° с учетом знака.

Ю.І.7. Если показания индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ или индикатора стрелочного по амплитуде или фазе не устойчивы - переключателем ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz и ручкой СТАБИЛЬНОСТЬ добейтесь устойчивых показаний.

Ю.2. Проведение измерений

Ю.2.1. Прибор обеспечивает следующие режимы работ: измерение комплексного коэффициента передачи четырехполюсников, измерение ЛЧХ и ФЧХ четырехполюсников, зависимости фазы и модуля коэффициента передачи от параметров исследуемого устройства.

Измерения могут производиться как на фиксированных частотах, так и в режиме качания частоты.

Ю.2.2. Измерение комплексных коэффициентов передачи на фиксированных частотах

Электрическая структурная схема измерения приведена на рис. II.

При калибровке прибора разъемы А и Б блока СВЧ соедините кабелем К-2 из комплекта прибора.

Подготовьте прибор к проведению измерений. Уровень сигнала на входе прибора устанавливайте по показаниям индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ, стрелка индикатора должна отклоняться до значения 80 делений.

Переключатель ОСЛАБЛЕНИЕ (десятки) поставьте в положение 20. Нажмите кнопку dB - 30. Переключателем ОСЛАБЛЕНИЕ dB (единицы) и ручкой АМПЛ. установите нулевое значение стрелочного индикатора.

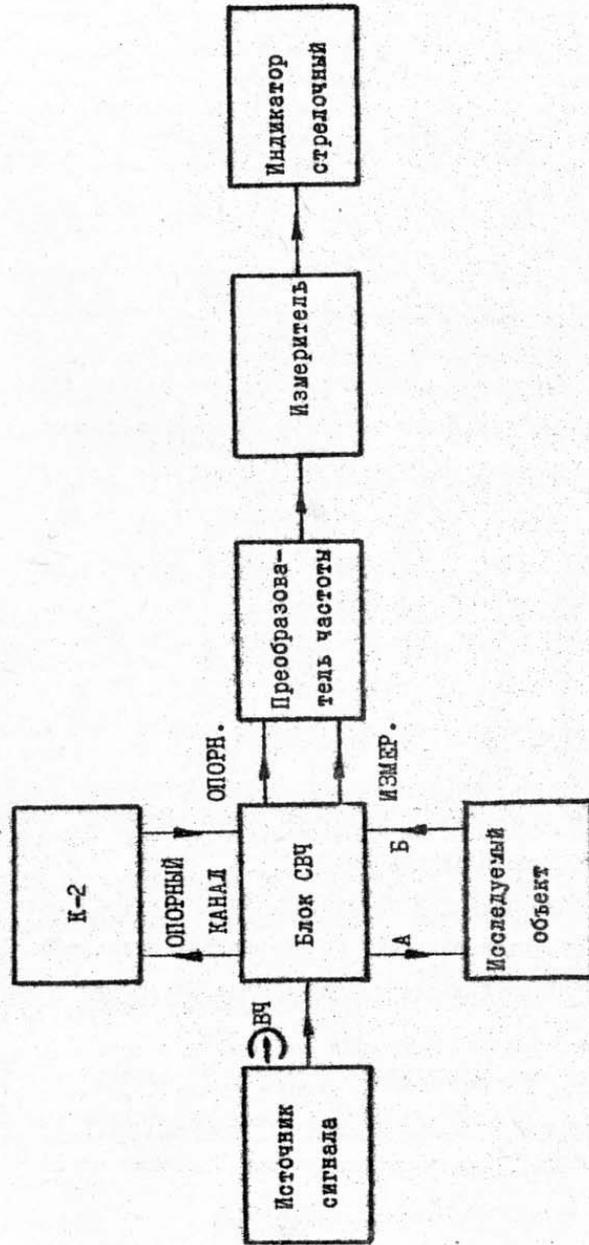


Рис. 11. Электрическая структурная схема измерения комплексных коэффициентов передачи на фиксированных частотах.

Повторите эту операцию, переходя на более чувствительные шкалы (кнопки dB - 10 и 3). Прибор прокалиброван для измерения модуля коэффициента передачи.

Для калибровки прибора при измерении фазовых сдвигов нажмите кнопку $\Psi^\circ - 180$, переключатель ФАЗА Ψ° поставьте в положение 0. Руками ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) и ФАЗА установите нулевое значение стрелочного индикатора.

Повторите эту операцию, переходя на более чувствительные шкалы (кнопки $\Psi^\circ - 60, 18, 6$).

После проведения калибровки в измерительный канал (разъемы А и Б блока СВЧ) включается исследуемый четырехполюсник.

Отсчет ослабления (или усиления) производится компенсационным способом по изменению показаний аттенюатора ОСЛАБЛЕНИЕ dB и шкалы 3 dB стрелочного индикатора.

Измерение фазового сдвига производится компенсационным способом с помощью фазовращателя ФАЗА Ψ° по шкале 6° .

Измеренные значения фазы и модуля коэффициента передачи определяются из следующих простых соотношений:

$$A_x = A_k - A_{\text{отс.}} + A_{\text{шк.}}; \quad (1)$$

$$\Psi_x = \Psi_{\text{шк.}} + \Psi_{\text{отс.}}; \quad (2)$$

где: A_k - калибровочное показание аттенюатора ОСЛАБЛЕНИЕ dB ;

$A_{\text{отс.}}$ - отсчетное показание аттенюатора ОСЛАБЛЕНИЕ dB ;

$A_{\text{шк.}}$ - отсчетное значение ослабления по шкале стрелочного индикатора;

$\Psi_{\text{шк.}}$ - отсчетное значение разности фаз по шкале стрелочного индикатора;

$\Psi_{\text{отс.}}$ - отсчетное показание фазовращателя ФАЗА Ψ° ;

Ашк., Ψ шк., Ψ отс. — величины алгебраические, знак определяется по шкале индикатора и положению тумблера " + - " соответственно.

Измерения оценочного характера возможны непосредственно по шкалам стрелочного индикатора.

При исследовании пассивных четырехполюсников с пределами изменения ослабления до 60 дБ в опорный канал необходимо включить два аттенватора по 10 дБ из комплекта прибора. При калибровке прибора в этом случае переключатель ОСЛАБЛЕНИЕ *дБ* (десятки) ставится в положение 0.

10.2.3. Измерение комплексных коэффициентов передачи при качании частоты источника сигнала

Электрическая структурная схема измерения приведена на рис. 12.

При калибровке прибора разъемы А и Б блока СВЧ соедините кабелем К-2 из комплекта прибора.

Для работы рекомендуется использовать двухлучевой осциллограф, на котором одновременно можно наблюдать и амплитудную, и фазовую характеристики исследуемого объекта.

Поставьте переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ *ГГц* в необходимый частотный диапазон. Ручкой СТАБИЛЬНОСТЬ добейтесь устойчивой синхронизации гетеродина прибора с частотой ГКЧ, при этом:

- стрелка индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ должна быть в рабочей зоне 20-80 делений (достигается регулировкой уровня мощности с выхода ГКЧ);

- на осциллограмме с выхода $50 \text{ мВ} / \text{дБ}$ должно быть минимальное количество обоев (не более 2-3). Типичные осциллограммы с выхода $50 \text{ мВ} / \text{дБ}$ приведены на рис. 13.

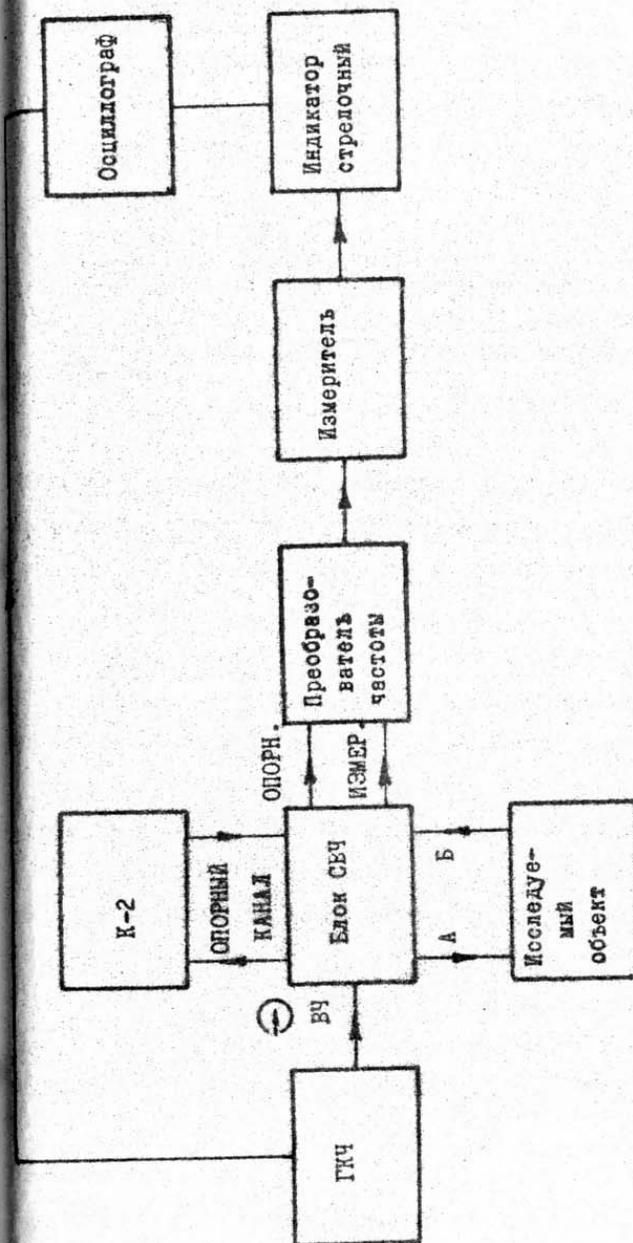


Рис. 12. Электрическая структурная схема измерения комплексных коэффициентов передачи при качании частоты источника сигнала.

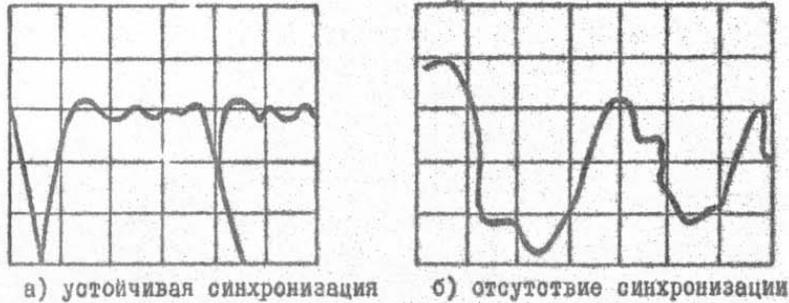


Рис. 13. Примеры осциллограмм с выхода 50 mV/dB при работе прибора с ГКЧ.

Выравняйте длины опорного и измерительного каналов, наблюдая собственную фазочастотную характеристику (ФЧХ) прибора. Выравнивание длин производится с помощью ручки ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) блока СВЧ при наблюдении осциллограммы с выхода 10 mV/град .

Горизонтальное положение линии ФЧХ соответствует равенству длин опорного и измерительного каналов. Заметьте на экране осциллографа положение разверток с амплитудного и фазового выходов. Определите цену деления шкалы осциллографа по амплитуде и фазе:

- измените положение переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ dB на 10 децибел и заметьте величину смещения линии развертки по амплитуде, регулировкой усиления по вертикали добейтесь, чтобы одно деление шкалы осциллографа соответствовало 10 дБ (или 1 дБ);
- аналогично определяется и регулируется цена деления осциллографа по фазе с помощью переключателя ФАЗА φ° .

Включите исследуемый объект в измерительный канал (разъемы А и Б блока СВЧ).

По уходу линий развертки от калибровочных значений оценивается сдвиг фаз и вносимое затухание; возможен и компенсационный отсчет путем возвращения линий разверток в калибровочное положение пере-

ключателями ОСЛАБЛЕНИЕ dB при измерении ослабления и переключателем ФАЗА φ° при измерении фазового сдвига.

При исследовании пассивных четырехполюсников с пределами изменения ослабления до 60 дБ в опорный канал необходимо включить два аттенюатора по 10 дБ из комплекта прибора.

Ю.2.4. Методика оценки погрешностей измерений

В технических данных на прибор ФК2-18 приведены максимальные погрешности. Ниже приводится более точный подсчет погрешностей измерений.

Погрешность измерения коэффициента передачи (δS_{21x}) на фиксированной частоте определяется следующими составляющими: разрешающей способностью прибора ($\delta A_{разр}$), погрешностью отчетного аттенюатора ($\delta A_{отт}$), погрешностью отсчета по шкале прибора ($\delta A_{шк}$), влиянием недостаточной развязки каналов (N_0), несогласованием измеряемого четырехполюсника.

На рис. 14 приведена схема измерения коэффициента передачи объекта с условными обозначениями параметров измерительной аппаратуры и измеряемого объекта.

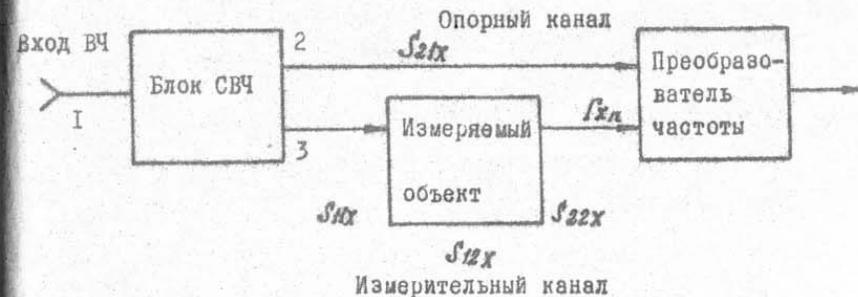


Рис. 14. Схема измерения коэффициента передачи.

S_{21} - коэффициент передачи блока СВЧ от входа ВЧ до входа в опорный канал преобразователя частоты;

- S_{31} - коэффициент передачи блока СВЧ от входа ВЧ до выхода измерительного канала;
- S_{33} - коэффициент отражения выхода измерительного блока СВЧ;
- S_{11X} - коэффициент отражения входа измеряемого объекта;
- S_{22X} - коэффициент отражения выхода измеряемого объекта;
- S_{21X} - коэффициент передачи измеряемого объекта в прямом направлении;
- S_{12X} - коэффициент передачи измеряемого объекта в обратном направлении;
- N_0 - развязка каналов;
- Γ_{Xn} - коэффициент отражения измерительного входа преобразователя частоты;
- δS_{21X} - абсолютное значение погрешности измерения коэффициента передачи объекта.

Погрешность за счет недостаточной развязки каналов и с учетом рассогласования измеряемого объекта рассчитывается по формуле:

$$\delta S_{21X} = \frac{S_{21}}{S_{31}} N_0 + S_{21X} \left(\frac{S_{31}}{S_{21}} N_0 - \frac{S_{21}}{S_{31}} N_0 - \Gamma_{Xn} \cdot S_{33} + S_{11X} \cdot S_{33} + S_{22X} \Gamma_{Xn} \right) + S_{21X}^2 \left(S_{12X} \cdot \Gamma_{Xn} \cdot S_{33} - \frac{S_{31}}{S_{21}} N_0 \right).$$

(3)

Погрешность индикаторной части (учитывается погрешность аттенуатора, разрешающая способность и погрешность индикации) рассчитывается по формуле:

$$\delta S_{21X} \approx 0,4 + 0,02 A_{\text{шт.}} + 10 \lg \left(1 + \frac{A_X}{A_{\text{разр.}}} \right) \text{ при } A_X \leq 20 \text{ дБ};$$

$$\delta S_{21X} = 0,6 + 0,02 A_{\text{шт.}} + 10 \lg \left(1 + \frac{A_X}{A_{\text{разр.}}} \right) \text{ при } A_X > 20 \text{ дБ}.$$

(4)

Погрешность за счет недостаточной развязки каналов при измерении ослаблений менее 40 дБ может не учитываться, так как полезный сигнал превышает паразитный на 40 дБ (при работе с аттенуатором 20 дБ в опорном канале).

При измерении ослаблений более 40 дБ погрешность определяется соотношением фаз и амплитуд паразитного сигнала и измеряемого, определяемым по формулам:

$$\Delta |S_{ij}| = \frac{A_n}{A} \cdot \cos \Delta \varphi_n; \quad (5)$$

$$\Delta \arg S_{ij} = \frac{A_n}{A} \cdot \sin \Delta \varphi_n; \quad (6)$$

где A_n - амплитуда паразитного сигнала;

A - амплитуда полезного сигнала;

$\Delta \varphi_n$ - разность фаз между паразитным и полезным сигналами;

S_{ij} - комплексный коэффициент передачи.

Максимальные величины погрешностей при развязке каналов 80 дБ и $\Delta \varphi_n = 0$ за счет развязки каналов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Измеряемая величина ослабления, дБ	40	50	60
Погрешность измерения модуля коэффициента передачи, дБ	0,1	0,3	0,9
Погрешность измерения фазы коэффициента передачи, град	0,6	1,8	5,4

При КСВН входа преобразователя, равном 1,5, максимальные величины погрешностей из-за рассогласования при различных КСВН измеряемых объектов приведены в табл. 4.

Таблица 4

КСВН объекта	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Погрешность измерения модуля коэффициента передачи, дБ	0	0,1	0,2	0,26	0,34	0,4
Погрешность измерения фазы, град	0	0,6	1,2	1,5	2	2,35

II. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

II.1. Ремонт прибора может производиться только в специализированных ремонтных органах и поверочных лабораториях.

II.2. Для доступа к узлам прибора при ремонте необходимо отключить прибор от сети и вскрыть его в соответствии с разделом 5.3 технического описания.

II.3. Прежде чем начинать ремонт неисправного узла, необходимо проверить поступление на него входных сигналов и наличие номинальных питающих напряжений.

II.4. При проведении ремонта следует строго выполнять меры безопасности, указанные в разделе 8.

II.5. Перечень наиболее возможных неисправностей и указания по их устранению приведены в табл. 5.

Таблица 5.

Неисправности, их внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1. При включении тумблера СЕТЬ не горит индикаторная лампочка.	Неисправен соединительный шнур питания, тумблер, предохранитель или индикаторная лампочка.	Проверить шнур, тумблер, предохранитель, индикаторную лампочку, неисправные элементы заменить.
2. При подаче сигнала с генератора на вход прибора стрелка индикатора СПОРНЫЙ УРОВЕНЬ не отклоняется при любых положениях ручек	Неисправен преобразователь частоты, схема ФАПЧ, схема отношений, не проходит сигнал через кабель К-2.	Проверить исправность преобразователя частоты, схемы ФАПЧ, схемы отношений, цепи прохождения сигнала в опорном

Продолжение табл. 5

Неисправности, их внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
СТАБИЛЬНОСТЬ и ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz	соединяющий разъемы ОПОРНЫЙ КАНАЛ.	канале.
3. При отклонении стрелки индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ на 80 делений индикатор прибора не показывает значение $0 \text{ дБ} \pm 5 \text{ дБ}$.	Неисправен преобразователь частоты, схема отношений, отсутствует сигнал в измерительном канале. Неисправен индикатор стрелочный.	Проверить исправность преобразователя частоты, схемы отношений, цепи прохождения сигнала в измерительном канале. Проверить исправность индикатора стрелочного.
4. При вращении ручки ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) и нажатой кнопке переключателя $\varphi^0 - 180$ индикатор стрелочный не меняет показания.	Неисправен индикатор стрелочный.	Проверить исправность индикатора стрелочного, неисправные элементы заменить.

Продолжение табл. 5

Неисправности, их внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
5. Аналоговое напряжение на разъеме 50 мВ/дБ отсутствует при наличии показания величины ослабления сигнала по стрелочному прибору.	Не подается управляющее напряжение $-(16-20)\text{В}$ на ключевую схему, собранную на транзисторе Т11 платы 3.661.672.	Если система ФАПЧ находится в режиме синхронизации, то устранить неисправность в цепи прохождения управляющего напряжения от схемы управления к стрелочному индикатору.
6. Абсолютная величина отрицательного напряжения на разъеме 50 мВ/дБ более 1,6 В.	Отсутствует сигнал в канале измерения отношения уровней сигналов.	При наличии сигнала на выходе аттенюатора в базовом блоке устранить неисправность в цепи прохождения сигнала от аттенюатора к стрелочному индикатору.
7. Аналоговое напряжение	Не подается управ-	Если система ФАПЧ

Продолжение табл. 5

Неисправности, их внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
на разьеме 10 mV/град отсутствует при наличии показания разности фаз по стрелочному прибору.	ляющее напряжение $-(16-20)\text{В}$ на ключевую схему, собранную на транзисторе Т8 платы 3.661.673.	находится в режиме синхронизации, то устранить неисправность в цепи прохождения управляющего напряжения от схемы управления к стрелочному индикатору.

11.6. Сделайте отметку о ремонте в формуляре и произведите поверку прибора в соответствии с разделом 13.

12. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

12.1. Осмотр внешнего состояния прибора производится один раз в год, а также совместно с другими видами контрольно-профилактических работ.

Внутренний осмотр проводится ремонтными органами после истечения гарантийного срока один раз в два года. Проверяются крепления узлов, состояние паек, контактов, качество работы переключателей, удаляется пыль и коррозия.

12.2. Порядок проведения профилактических работ:

- снять боковые, верхние и нижние крышки с блоков прибора;
- удалить пыль струей сжатого воздуха;
- прочистить контакты разъемов кабельных соединений и переключателей;
- смазать трущиеся части консистентной смазкой (технический вазелин или ЦИАТИМ-201), закрыть крышки.

12.3. После внешнего осмотра и профилактических работ, время проведения которых должно быть приурочено к моменту периодической поверки, прибор направляется в поверку.

13. ПОВЕРКА ПРИБОРА

Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки измерителя разности фаз ФК2-18, находящегося в эксплуатации, на хранении и выпускаемого из ремонта.

Поверка прибора должна проводиться не реже одного раза в год.

13.1. Операции и средства поверки

13.1.1. При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл. 6.

Таблица 6

Номер пункта под-раздела "Проведение поверки"	Наименование операций, проводимых при поверке	Поверяемые от-метки	Допустимые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				Образцовые	Вспомогательные
13.3.1	Внешний осмотр				
13.3.2	Опробование				
13.3.3	Определение метрологических параметров: а) диапазон частот; б) пределы измерения разности фаз, погрешность измерения разности фаз сигналов при равных уровнях;	Частота 1250МГц	от 0,11 до 12,05 ГГц от 0° до ±180° (±0,036°/пред)°		Г4-145

Продолжение табл. 6

Номер пункта под-раздела "Проведение поверки"	Наименование операций, проводимых при поверке	Поверяемые от-метки	Допустимые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				Образцовые	Вспомогательные
	в) пределы измерения отношения уровней сигналов, составляющая погрешности измерения разности фаз сигналов (0,075Ax)°, погрешность измерения отношения уровней;	4 ГГц, 8 ГГц, 12,05ГГц	от 0 до 60 дБ,	Д3-31, Д3-32А, Д3-33А	Г4-146, Г4-111а, Г4-111б
	г) разрешающая способ-ность при измерении	110 МГц 4 ГГц 8 ГГц 12,05 ГГц	не более 3° при Ax ≤ 40 дБ, не более ±(0,5+0,03Ax)дБ до 50 дБ и ±4 дБ от 50 до 60 дБ	Г4-143, Г4-146, Г4-111а, Г4-111б	

Продолжение табл. 6

Номер пункта под-раздела "Проведение поверки"	Наименование операций, проводимых при поверке	Поверяемые от-метки	Допустимые значения погрешностей или предельные значения определяемых параметров	Средства поверки	
				Образцовые	Вспомогательные
	разности фаз сигналов, разрешающая способность при измерении отношения уровней		не хуже 0,2° не хуже 0,2дБ		

Примечания: 1. Вместо указанных в таблице средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.
2. Средства поверки должны быть исправны, поверены и иметь свидетельства (отметки в формуляре или паспорте) о государственной или ведомственной поверке.

13.1.2. Основные технические характеристики образцовых и вспомогательных средств поверки приведены в табл. 7.

Таблица 7

Наименование средства поверки	Основные используемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	Пределы измерения	Погрешность		
1. Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон частот 25-400 МГц	Погрешность установки частоты 1 %	Г4-143	
2. Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон частот 1,07- -2,14 ГГц	Погрешность установки частоты 0,5 %	Г4-145	
3. Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон частот 2,14- -4,5 ГГц	Погрешность установки частоты 0,5 %	Г4-146	
4. Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон частот 6-9 ГГц	Погрешность установки частоты 0,5 %	Г4-111а	

Продолжение табл. 7

Наименование средства поверки	Основные используемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	Пределы измерения	Погрешность		
5. Генератор сигналов высокочастотный	Диапазон частот 9-12,7 ГГц	Погрешность установки частоты 0,5 %	Г4-IIIб	
6. Атенюатор волноводный поляризационный	Диапазон частот 3,2-4,8 ГГц; ослабление 0-80 дБ	(0,01+0,004A) дБ, (до 60 дБ)	ДЗ-3I	
7. Атенюатор волноводный поляризационный	Диапазон частот 6,85- -9,93 ГГц; ослабление 0-70 дБ	(0,01+0,005A) дБ, (до 50 дБ); [0,26+0,04· ·(A-50)] дБ, (50-70) дБ	ДЗ-32А	
8. Атенюатор волноводный поляризационный	Диапазон частот 8,24- -12,05 ГГц;	(0,01+0,005A) дБ, (до 50 дБ); [0,26+0,04· ·(A-50)] дБ,		

Продолжение табл. 7

Наименование средства поверки	Основные используемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки (тип)	Примечание
	Пределы измерения	Погрешность		
9. Установка для калибровки аттенюаторов	ослабление 0-70 дБ	(50-70) дБ		
	Диапазон частот 0,1- -17,44 ГГц	0,06 дБ (до 70 дБ)	ДЖИ-12	

13.2. Условия поверки и подготовка к ней

13.2.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С (К).....20±5 (293±5);
- относительная влажность воздуха, %.....65±15;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.).....100±4 (750±30);
- напряжение сети, В.....220±4,4.

13.2.2. Подготовка к поверке производится в соответствии с подразделами 9.2, 10.1.

13.3. Проведение поверки

13.3.1. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие измерителя разности фаз ФК2-18 всем требованиям п. 7.2. Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

13.3.2. Опробование работы прибора производится в соответствии с подразделом 10.1 для оценки его исправности. Неисправные приборы также бракуются и направляются в ремонт.

13.3.3. Определение метрологических параметров:

а) определение диапазона частот прибора производится одновременно с определением разрешающей способности прибора по методике п. 13.3.3г.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если разрешающая способность не хуже $0,2^{\circ}$ и $0,2$ дБ в диапазоне частот $0,11-12,05$ ГГц;

б) определение пределов измерения разности фаз сигналов, погрешности измерения разности фаз сигналов при равных уровнях производится следующим образом:

- соберите электрическую структурную схему рис. 15;
- установите частоту 1250 МГц по шкале генератора сигналов;
- переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz измерителя поставьте в положение $1-2$ ГГц;
- изменяя выходную мощность генератора сигналов, добейтесь показаний индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ 80 мкА, при необходимости подстройте ручкой СТАБИЛЬНОСТЬ;
- ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) поставьте в среднее положение (с произвольной точностью);
- произведите установку нуля прибора по стрелочному индикатору на шкале $0- \pm 180^{\circ}$ с помощью верньера ФАЗА и фазовращателя ФАЗА φ° ;

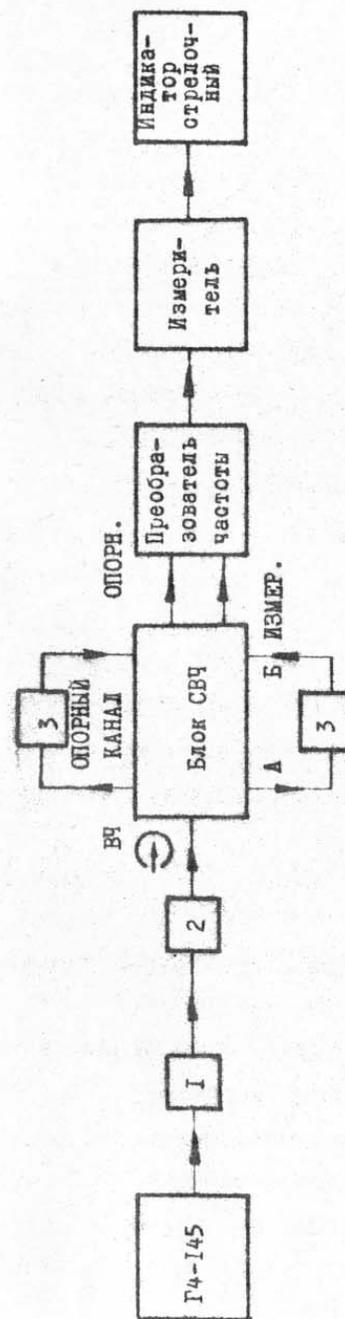


Рис. 15. Электрическая структурная схема определения пределов и погрешности измерения разности фаз сигналов.

1 - аттенуатор 2.260.041-01 (6 дБ);

2 - кабель 4.851.952 (К-1);

3 - кабель 4.851.728 (К-2).

- измените положение фазовращателя ФАЗА ψ° на $+20^{\circ}$;
- вращая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см), добейтесь показаний по фазе $+160^{\circ}$;
- возвратите ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) в среднее положение и повторите установку нуля прибора по стрелочному индикатору на шкале $0 - \pm 180^{\circ}$ с помощью верньера ФАЗА и фазовращателя ФАЗА ψ° ;
- измените положение фазовращателя ФАЗА ψ° на -20° ;
- вращая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см), добейтесь показаний по фазе -160° .

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если прибор обеспечивает устойчивую индикацию величины $+160^{\circ}$ при положении фазовращателя ФАЗА $\psi^{\circ} +20^{\circ}$ и величины -160° при положении фазовращателя ФАЗА $\psi^{\circ} -20^{\circ}$.

Примечание. Если вращением ручки ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) не удастся добиться изменения показаний на $+160^{\circ}$ или -160° , необходимо изменить положение этой ручки и вновь произвести установку нуля по стрелочному индикатору;

- установите ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) в крайнее левое положение;
- ручкой НУЛЬ установите на счетчике линии значение 99,8, придерживая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см);
- выберите люфт линии, вращая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) вправо до установления нулевого значения на счетчике;
- установите нуль на стрелочном индикаторе прибора ФК2-18 по шкале 6° , пользуясь верньером ФАЗА и фазовращателем ФАЗА ψ° ;
- вращая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см), измените длину линии до значения, соответствующего второму нулевому показанию прибора, отсчитайте изменение электрической длины ($\Delta L_{\text{лпд}}$) по

счетчику блока СВЧ.

Вращение ручки ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) осуществляйте только в правую сторону;

- определите цену деления по счетчику изменения электрической длины в градусах по отношению $\frac{360^{\circ}}{\Delta L_{\text{лпд}}}$;

- возвратите ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) в крайнее левое положение. Выберите люфт линии, вращая ручку ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) в правую сторону до установки нуля стрелочного индикатора по шкале 6° ;

- изменяя положение ручки ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см) вращением только в правую сторону на величины $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{20^{\circ}}$, $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{20}$, $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{20} \cdot n$,

где $n = 1, 2, \dots, 8$, отсчитывайте показания прибора ФК2-18 при каждом значении длины (при значениях длин $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{20} \cdot n$

по шкале 6° с использованием фазовращателя ФАЗА ψ° ;
 $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{60}$, $\frac{\Delta L_{\text{лпд}}}{20}$ - по шкале 6° и 18° соответственно).

В случае отклонения стрелки фазометра за пределы шкалы, отчет производите компенсационным способом по шкалам 6° и 18° , устанавливая нужное положение фазовращателя ФАЗА ψ° .

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если отличие показаний от величины 6° не более $\pm 1,2^{\circ}$; 18° - не более $\pm 1,6^{\circ}$; $45^{\circ} \cdot n$ - не более $\pm 3^{\circ}$, где $n = 1, 2, 3, \dots, 8$;

в) определение пределов измерения отношения уровней сигналов, оставляющей погрешности измерения разности фаз сигналов $(0,075\lambda)^{\circ}$, погрешности измерения отношения уровней производится следующим образом:

- соберите электрическую структурную схему рис. 16;
- установите частоту 4,0 ГГц по шкале генератора сигналов;
- установите величину ослабления аттенюатора ДЗ-31 5 дБ;
- переключатель ДИАПАЗОН ЧАСТОТ GHz прибора ФК2-18 поставьте в положение 2-4 ГГц;
- изменяя выходную мощность генератора сигналов, добейтесь максимальных показаний индикатора ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ в пределах 20-80 мкА, при необходимости подстройте ручкой СТАБИЛЬНОСТЬ;
- установите нуль прибора ФК2-18 в режиме измерения отношения уровней по шкале 3 дБ, пользуясь ручкой АМПЛ. и изменяя положение переключателя ОСЛАБЛЕНИЕ dB ;
- зафиксируйте величину начального ослабления A_0 , внесенного присоединительными элементами схемы и аттенюатором ДЗ-31;
- изменяя ослабление аттенюатора ДЗ-31 через 10 дБ, проводите отсчет ослабления по шкале 3 дБ. Установленные по аттенюатору ДЗ-31 5 дБ считайте нулем отсчета. Данные сведите в таблицу по образцу приведенной табл.8;
- установите нуль прибора ФК2-18 в режиме измерения разности фаз по шкале 6° , пользуясь ручками ФАЗА, ФАЗА ψ° и ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см). При этом аттенюатор ДЗ-31 - в положении 5 дБ;
- изменяя ослабление аттенюатора ДЗ-31 через 10 дБ, проводите отсчет фазового сдвига по шкале 6° . Данные сведите в таблицу.

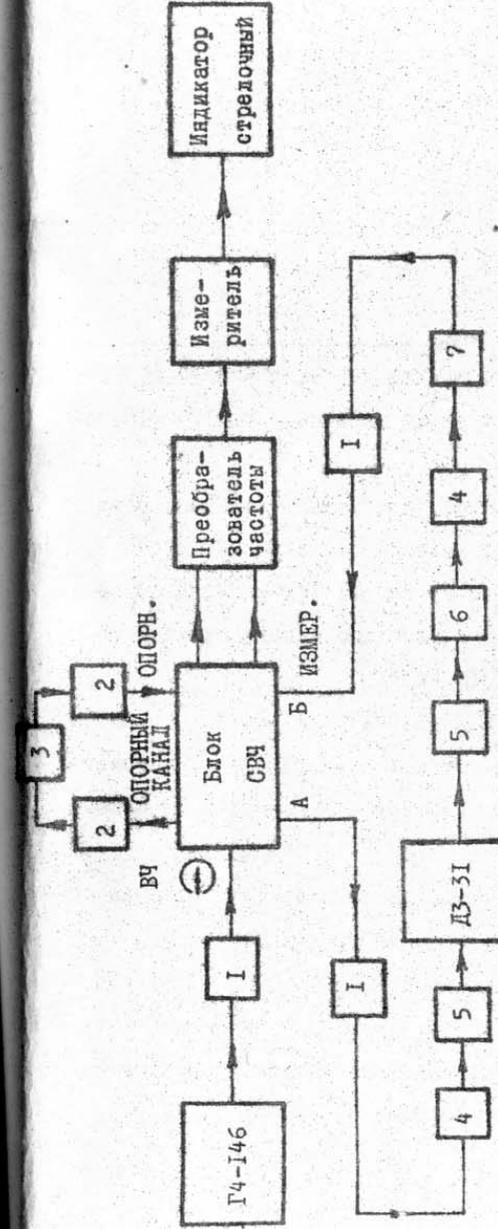


Рис. 16. Электрическая структурная схема определения пределов и погрешности измерения отношения уровней сигналов, влияющая изменение уровня сигнала на погрешность фазовых измерений на частоте 4,0 ГГц.

1 - кабель 4.851.952 (К-1);

2 - аттенюатор 2.260.041-02 (10 дБ);

3 - кабель 4.851.728 (К-2);

4 - вентиль коаксиальный 2.238.157

(из комплекта ДК1-12);

5 - переход коаксиально-волноводный Э2-103;

6 - переход коаксиальный Э2-112/1;

7 - переход коаксиальный Э2-112/2.

Таблица 8

Ослабление attenuатора ДЗ-31, дБ	15-Ао	25-Ао	35-Ао	45-Ао	55-Ао	65-Ао
Измеренное значение отношения уровней, дБ						
Измеренное значение фазового сдвига, град						

Повторите проведенные измерения на частотах 8 и 12,05 ГГц, пользуясь электрическими структурными схемами рис. 17 и 18 соответственно.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если измеренные отношения уровней отличаются от заданных не более, чем на $\pm(0,5 + 0,03 \Delta x)$ дБ до 50 дБ и не более, чем на 4 дБ до 60 дБ ослабления, а измеренные значения фазового сдвига отличаются от заданных не более, чем на $\pm(0,075 \Delta x)^\circ$.

Примечание. Attenuаторы ДЗ-31, ДЗ-32А, ДЗ-33А должны быть поверены с помощью прибора ДКИ-12 по зависимости фазы коэффициента передачи от ослабления.

(Допустимое отклонение фазы коэффициента передачи $1,5^\circ$ на 40 дБ при положениях attenuаторов 5+45 дБ);

г) определение разрешающей способности при измерении разности фаз сигналов, разрешающей способности при измерении отношения уровней производится следующим образом:

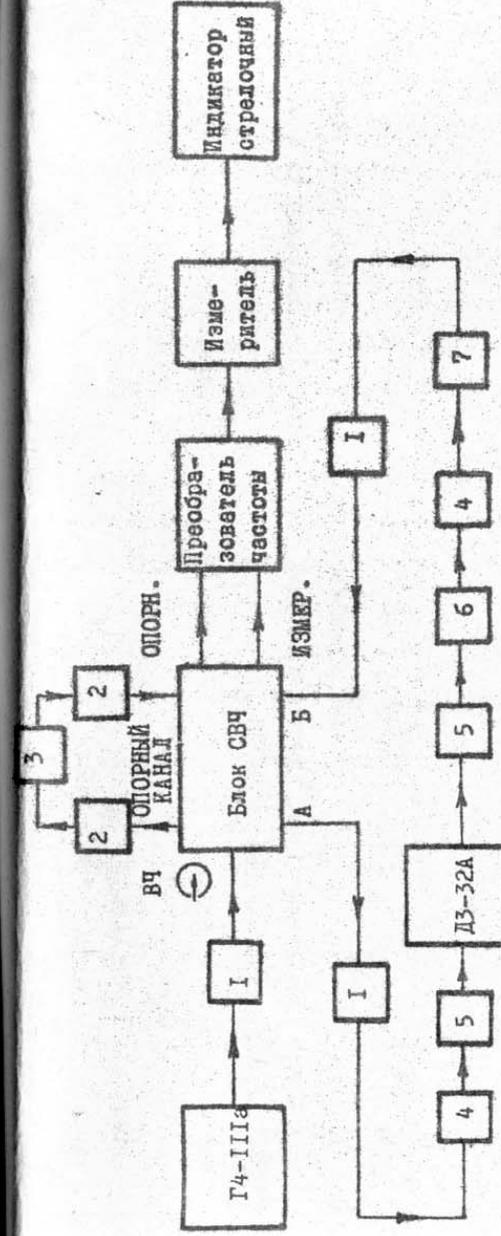


Рис. 17. Электрическая структурная схема определения пределов и погрешности измерения отношения уровней сигналов, влияния изменения уровня сигнала на погрешность фазовых измерений на частоте 8,0 ГГц.

- 1 - кабель 4.851.952 (К-1);
- 2 - attenuатор 2.260.041-02 (10 дБ);
- 3 - кабель 4.851.728 (К-2);
- 4 - вентиль коаксиальный 2.238.157-01 (из комплекта ДКИ-12);

- 5 - переход коаксиально-волноводный 92-107 (из комплекта ДКИ-12);
- 6 - переход коаксиальный 92-112/1;
- 7 - переход коаксиальный 92-112/2.

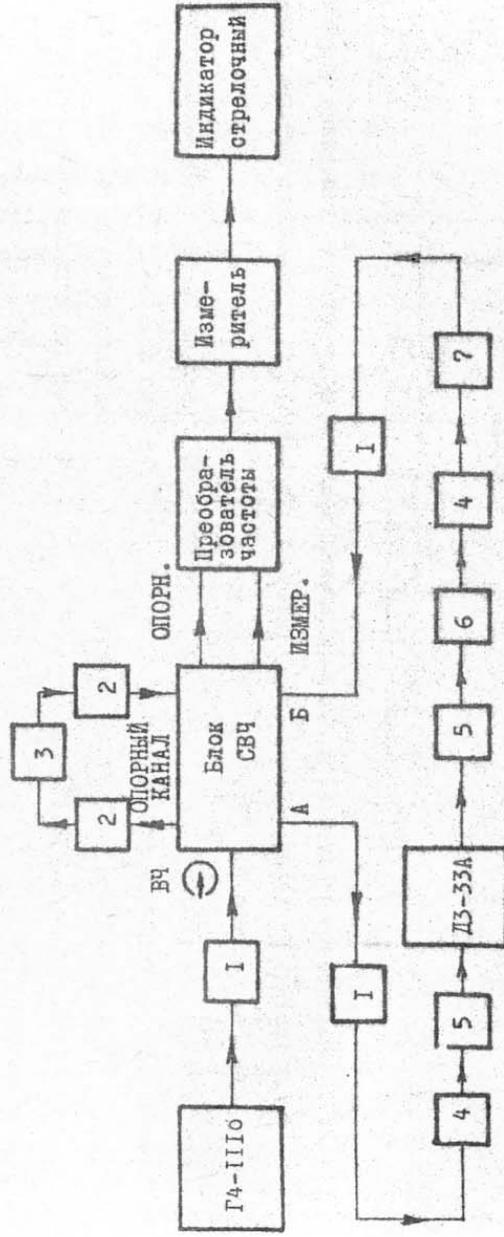


Рис. 18. Электрическая структурная схема определения пределов и погрешности измерения отношения уровней сигналов, влияния изменения уровня сигнала на погрешность фазовых измерений на частоте 12,05 ГГц.

1 - кабель 4.851.952 (К-1);

2 - аттенуатор 24260.041-02 (10 дБ);

3 - кабель 4.851.728 (К-2);

4 - вентиль коаксиальный 2.238.157-01

(из комплекта ДК1-12);

5 - переход коаксиально-волноводный 32-108
(из комплекта ДК1-12);

6 - переход коаксиальный 32-112/1;

7 - переход коаксиальный 32-112/2.

- соберите электрическую структурную схему рис. 19;
- установите частоту 110 МГц по шкале генератора сигналов;
- изменяя выходную мощность генератора сигналов, добейтесь показаний индикатора **ОПОРНЫЙ УРОВЕНЬ** - 80 мкА, при необходимости подстройте ручкой **СТАБИЛЬНОСТЬ** прибора ФК2-18;
- установите нуль прибора ФК2-18 в режиме измерения разности фаз по шкале 6° , подзужаясь ручками **ФАЗА**, **ФАЗА φ°** и **ДЛИНА ОПОРНОГО КАНАЛА (см)**;
- убедитесь, что изменение показаний по стрелочному индикатору не более $0,2^\circ$ за 1 минуту измерений;
- установите нуль прибора ФК2-18 в режиме измерения отношения уровней по шкале 3 дБ, пользуясь ручкой **АМПЛ.** и переключателем **ОСЛАБЛЕНИЕ дБ**;
- убедитесь, что изменение показаний по стрелочному индикатору не более 0,2 дБ за 1 минуту измерений.

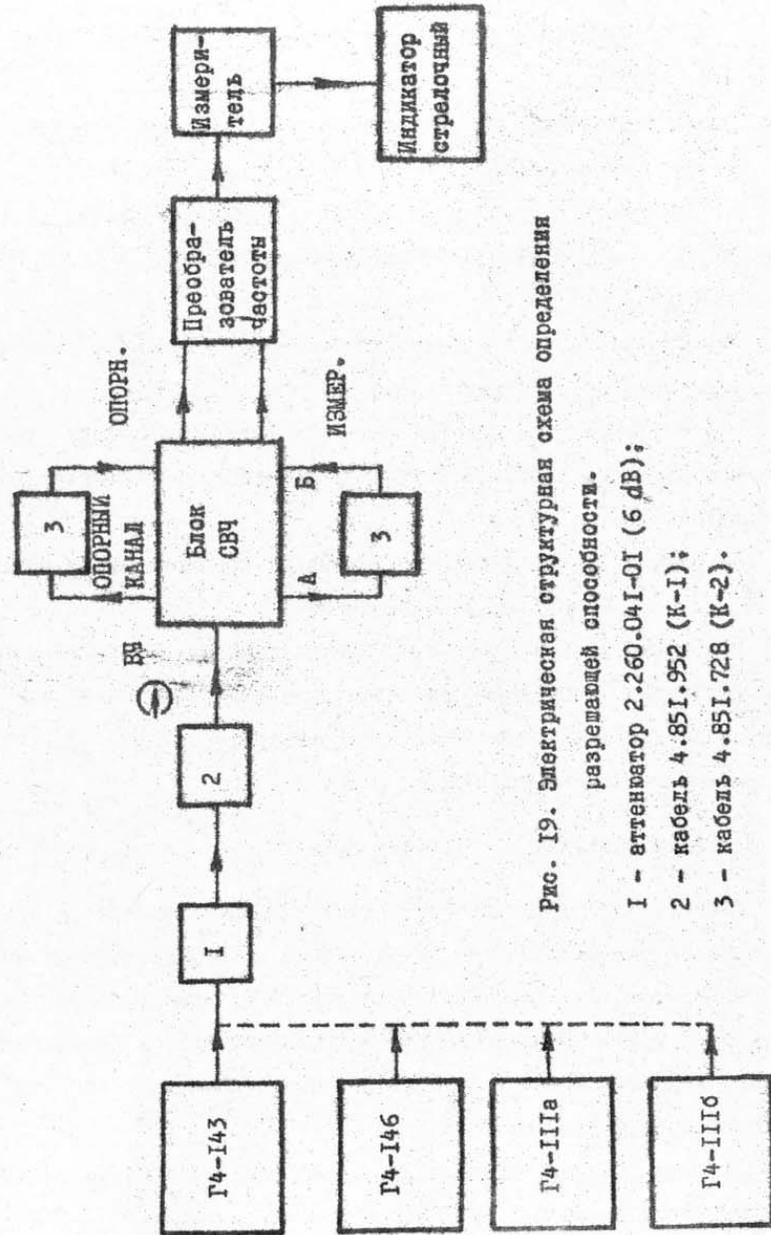
Повторите проведенные измерения на частотах 4, 8, 12,05 ГГц.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если на всех частотах можно отсчитать изменение разности фаз $\pm 0,2^\circ$ и изменение отношения уровней $\pm 0,2$ дБ.

13.4. Оформление результатов поверки

13.4.1. При государственной поверке положительные результаты поверки оформляются в виде свидетельств о государственной поверке по форме, установленной Госстандартом СССР, или записываются в раздел формуляра "Периодическая поверка основных нормативно-технических характеристик" и заверяются поверителем с нанесением оттиска поверительного клейма.

13.4.2. При ведомственной поверке положительные результаты записываются в рабочий протокол поверки и заверяются в порядке,



установленном органе ведомственной метрологической службы.

13.4.3. Запрещается выпуск в обращение и применение приборов, прошедших поверку с отрицательными результатами.

14. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

14.1. Прибор, поступающий на склад потребителя, может храниться в упакованном виде в течение кратковременного (гарантийного) срока хранения.

14.2. При длительном хранении прибор должен храниться в упакованном виде и содержаться в отапливаемых хранилищах до 10 лет (температура воздуха от +5 до +40°C, относительная влажность до 80 % при температуре +25°C) или в неотапливаемых хранилищах до 5 лет (температура воздуха от -50 до +40°C, относительная влажность до 98 % при температуре +25°C).

14.3. В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, вызывающих коррозию.

15. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

15.1. Тара, упаковка и маркирование упаковки

15.1.1. Для защиты от механических воздействий при транспортировании и хранении прибор ФК2-18 размещается в трех транспортных (тарных) ящиках следующим образом:

- измеритель с индикатором стрелочным;
- блок СВЧ;
- комплект комбинированный.

15.1.2. Упаковка производится в рабочих условиях в следующей последовательности:

- а) блок ставят на амортизатор и закрепляют обечайкой;
 - б) обертывают блок с обечайкой в бумагу и сверху приклеивают этикетку;
 - в) данную упаковку помещают в транспортный ящик, выложенный битумной бумагой;
 - г) при упаковке комплекта комбинированного в качестве амортизирующего и уплотняющего материала применяется гофрированный картон;
 - д) эксплуатационную документацию, завернутую в оберточную бумагу, помещают в специальный отсек, свободное пространство в отсеке заполняют гофрированным картоном;
 - е) сопроводительную документацию — упаковочный лист и ведомость упаковки помещают на верхний амортизатор под водонепроницаемую обивку верхней крышки транспортного ящика;
 - ж) прибивают гвоздями крышку транспортного ящика, обтягивают ящик по торцам стальной лентой и пломбируют.
- 15.1.3. Маркировка и основные надписи на транспортном ящике показаны на рис. 20.

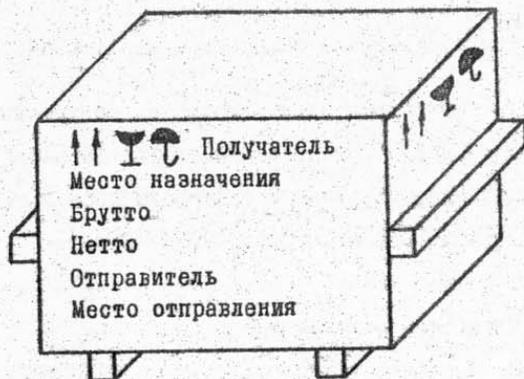


Рис. 20. Транспортный ящик с маркировочными надписями.

15.2. Условия транспортирования

15.2.1. Допускается транспортирование прибора в транспортной таре всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60°C.

15.2.2. При транспортировании должна быть предусмотрена защита от попадания атмосферных осадков и пыли. Не допускается кантование прибора.

15.2.3. Перед транспортированием прибора вторичная упаковка производится в соответствии с п. 15.1.2.

