

Я4С-20А

ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ
И СИНХРОНИЗАТОР СВЧ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Назначение	5
2. Технические данные	5
3. Состав изделия	8
4. Устройство и работа изделия и его составных частей	9
4.1. Принцип действия	9
4.2. Схема электрическая принципиальная	10
4.3. Конструкция	14
5. Маркирование и пломбирование	16
6. Общие указания по эксплуатации	16
7. Указания мер безопасности	16
8. Подготовка к работе	17
9. Порядок работы	17
9.1. Подготовка к проведению измерений	17
9.2. Проведение измерений	17
10. Характерные неисправности и методы их устранения	18
11. Методы и средства поверки	19
12. Правила хранения	30
13. Транспортирование	31
13.1. Тара, упаковка и маркирование упаковки	31
13.2. Условия транспортирования	32
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Приложение 1	33
Приложение 2	34
Приложение 3	37
Приложение 4	38
Приложение 5	39
Приложение 6	41

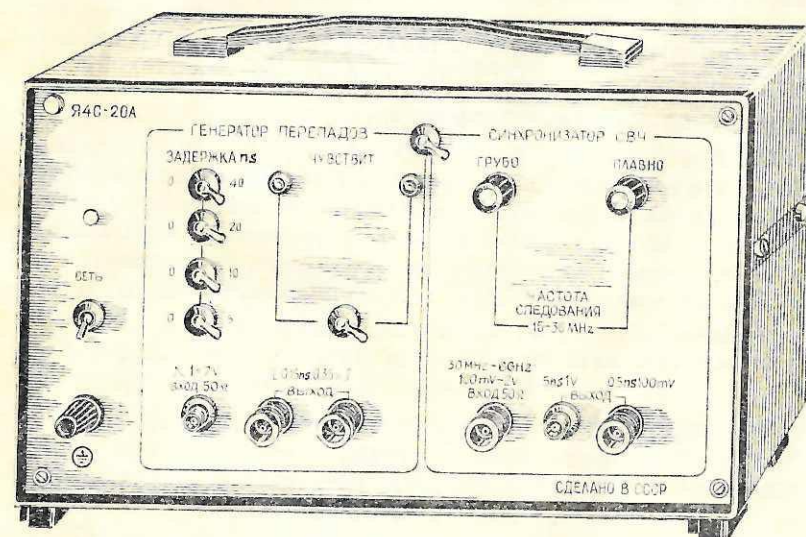


Рис. 1. Общий вид прибора

Предприятие-поставщик оставляет за собой право вносить в конструкцию и схему непринципиальные изменения, не влияющие на выходные параметры.

Примечание. При наличии в приборе небольшого числа принципиальных схемных и конструктивных изменений, не влияющих на тактико-технические данные, корректировка эксплуатационно-технической документации не производится, за исключением изменений номиналов и схем, которые разрешается вносить тушью от руки.

1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Прибор ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ и СИНХРОНИЗАТОР СВЧ Я4С-20А предназначен:

— для синхронизации развертки стробоскопических осциллографов при высокой частоте повторения исследуемого сигнала до 6 ГГц;

— для проверки переходных характеристик стробоскопических осциллографов и других широкополосных устройств с помощью создаваемых им перепадов напряжения.

1.2. Прибор Я4С-20А предназначен для работы в лабораторных, цеховых условиях при температуре окружающего воздуха от 278 до 313 К (от 5 до 40°C), атмосферном давлении 100 ± 4 кПа (750 $\pm$ 30 мм рт. ст.), относительной влажности до 95% при 303 К (30°C), при питании от сети напряжением 220 ± 22 В частотой $50 \pm 0,5$ Гц и содержанием гармоник до 5%.

1.3. Основные области применения

1.3.1. Синхронизация развертки стробоскопического осциллографа осуществляется прибором Я4С-20А при работе его в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ.

1.4. Проверка переходной характеристики стробоскопического осциллографа и других широкополосных устройств осуществляется прибором Я4С-20А при работе его в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ.

1.5. Кроме того, прибор может быть использован в качестве генератора зондирующего импульса при работе стробоскопического осциллографа в системе рефлектометра. Подробнее данный режим рассмотрен в приложении 6.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. При работе прибора в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ диапазон частот синхронизируемых сигналов находится в пределах от 30 МГц до 6 ГГц.

2.2. Чувствительность синхронизатора в диапазоне частот соответствует табл. 1.

Таблица 1

Частота	Величина сигнала (0,5 размаха)	Примечание
от 30 МГц до 1 ГГц	50 мВ	
от 1 ГГц до 4 ГГц	100 мВ	
от 4 ГГц до 6 ГГц	200 мВ	

Максимальное значение сигнала, подаваемого на вход синхронизатора, не более 2 В.

2.3. На разъеме ВЫХОД 5 нс, 1 В синхронизатора должны быть импульсы положительной полярности с временем нарастания не более 5 нс и размахом не менее 1 В и не более 3 В на нагрузке 50 Ом.

2.4. На разъеме ВЫХОД 0,5 нс, 100 мВ синхронизатора должны быть импульсы положительной полярности с временем нарастания не более 0,5 нс и размахом не менее 100 мВ и не более 200 мВ на нагрузке 50 Ом.

2.5. Частота следования выходных импульсов синхронизатора регулируется с помощью потенциометров ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ, ГРУБО, ПЛАВНО и изменяется плавно: минимальная не более чем 15 МГц, максимальная не менее чем 30 МГц.

2.6. Нестабильность «привязки» синхронимпульсов к синусоидальному сигналу не превышает 30 нс при максимальном значении сигнала 250 мВ на частоте 4000 МГц. При синхронизации синусоидальными сигналами с параметрами, указанными в табл. 1, допускается увеличение нестабильности до величины не более $0,1 \text{ нс} + 0,02 T_c$ (где T_c — период синусоидального сигнала).

2.7. Размах «паразитного» сигнала на входном разъеме синхронизатора не превышает 150 мВ.

2.8. Входное сопротивление синхронизатора по постоянному току $47 \pm 2,35 \text{ Ом}$.

2.9. При работе прибора в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ прибор запускается от импульсов положительной полярности с временем нарастания не более 30 нс, размахом не менее 1 В и не более 7 В (на нагрузке 50 Ом), длительностью не более 2 мкс при скважности не менее 10.

2.10. Выходные импульсы генератора перепадов на разъемах ВЫХОД $\overline{\text{L}}$ и ВЫХОД $\overline{\text{I}}$ могут быть задержаны относительно импульсов, поступающих на разъем ВХОД 50 Ом, 1—7 В, от $5 \pm 2,5 \text{ нс}$ до $75 \pm 15 \text{ нс}$ дискретно с шагом $5 \pm 1 \text{ нс}$.

2.11. Постоянная составляющая напряжения на разъеме ВЫХОД $\overline{\text{L}}$ составляет минус $0,1 \pm 0,03 \text{ В}$, а на разъеме ВЫХОД $\overline{\text{I}}$ плюс $0,1 \pm 0,03 \text{ В}$.

2.12. Максимальное значение перепадов напряжения выходных импульсов на разъемах ВЫХОД $\overline{\text{L}}$, ВЫХОД $\overline{\text{I}}$ не менее 350 мВ на нагрузке 50 Ом.

2.13. Время нарастания (t_f) выходных импульсов между уровнями 0,1—0,9 на разъемах ВЫХОД $\overline{\text{L}}$ и ВЫХОД $\overline{\text{I}}$ не более 0,15 нс на нагрузке $50 \text{ Ом} \pm 5\%$, имеющей КСВ в диапазоне частот 0—5 ГГц не более 1,5.

2.14. Выброс на вершине выходного импульса как положительной, так и отрицательной полярности не превышает 10% от максимального значения перепада напряжения.

2.15. Неравномерность плоской части выходного импульса как положительной, так и отрицательной полярности на временном интервале от $3 t_f$ до 10 нс не превышает $\pm 5\%$ от максимального значения перепада напряжения.

2.16. Спад вершины выходного импульса как положительной, так и отрицательной полярности в первые 100 нс не превышает 10% от максимального значения перепада напряжения.

2.17. Нестабильность выходных импульсов как положительной, так и отрицательной полярности относительно запускающих не превышает 20 нс при запуске генератора перепадов импульсами с временем нарастания не более 2 нс и максимальным значением не менее 1 В.

2.18. Входное сопротивление генератора перепадов $50 \pm 2,5 \text{ Ом}$.

2.19. Прибор обеспечивает свои технические характеристики после самопрогрева в течение 5 мин.

2.20. Прибор питается от сети напряжением $220 \pm 22 \text{ В}$, частотой $50 \pm 0,5 \text{ Гц}$ и содержанием гармоник до 5%.

2.21. Мощность, потребляемая прибором от сети при номинальном напряжении, не превышает 6 ВА.

2.22. Габаритные размеры прибора $305 \times 170 \times 205$ мм.
 Габаритные размеры укладочного ящика $395 \times 250 \times 255$ мм.
 Габаритные размеры транспортной тары $585 \times 515 \times 385$ мм.

2.23. Масса прибора не более 4,6 кг. Масса прибора в транспортной таре 22 кг.

2.24. Среднее время безотказной работы прибора ($T_{ср}$) составляет не менее 10000 ч.

Срок службы прибора 5 лет.

Технический ресурс прибора 5000 ч.

3. СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ

3.1. Прибор поставляется в комплекте, указанном в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Обозначение	Количество	Примечание
Комплект тары и в ней:			
1. Генератор перепадов и синхронизатор СВЧ Я4С-20А	2.248.011	1	
2. Комплект комбинированный:			
а) переход коаксиальный 114/3	0.364.001 ТУ	1	
б) переход коаксиальный 115/3	0.364.001 ТУ	1	
в) переход коаксиальный 115/4	0.364.001 ТУ	1	
г) тройник № 1	2.246.034 Сп	1	
д) нагрузка 50 Ом	2.243.226 Сп	1	
е) шнур соединительный № 10	4.860.075	1	
ж) кабель соединительный № 1	4.850.864 Сп	2	
з) кабель соединительный № 2	4.851.113 Сп	1	
и) кабель соединительный № 8	4.851.350-07	1	
к) кабель соединительный № 9	4.851.486	1	
л) кабель соединительный № 3	4.853.425	2	
м) ЗИП:			
предохранитель ВП1-1 0,5 А	0.480.003 ТУ	1	
гнездо	7.746.976	1	
полупроводниковый диод 1Н308К	3.360.077 ТУ	1	
3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации	2.248.011 ТО	1	
4. Формуляр	2.248.011 ФО	1	

4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

4.1. Принцип действия

4.1.1. Прибор Я4С-20А состоит из платы источника питания, платы синхронизатора, платы генератора перепадов и линии задержки, помещенных в одном корпусе. Прибор может работать в двух режимах:

а) в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ;

б) в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ.

4.1.2. Прибор Я4С-20А в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ представляет собой релаксационный генератор, выполненный на туннельном диоде Д2. Схема осуществляет деление частоты исследуемого сигнала, то есть формирует импульсы с низкой частотой следования 15—30 МГц, синхронные с входными сигналами, что необходимо для запуска блоков разверток стробоскопических осциллографов.

Эффект синхронизации основан на явлении захватывания частоты мультивибратора частотой внешней э.д.с. Без подстройки синхронизация осуществляется не на всех частотах, а лишь в узких зонах — «зонах синхронизации». Чтобы осуществить синхронизацию стробоскопических устройств на всех частотах на переднюю панель прибора, выведены ручки переменных резисторов R11, R14 ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ПЛАВНО, ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ГРУБО. С помощью этих ручек изменяется частота колебаний туннельного диода Д2 и в результате осуществляется подстройка синхронизатора. Регулировка коэффициента деления осуществляется с помощью РС-цепи.

4.1.3. Прибор Я4С-20А в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ при подаче на его вход запускающего импульса осуществляет формирование положительного или отрицательного импульса с малым временем нарастания (0,15 нс) с помощью быстродействующего германиевого диода.

Наличие импульсов с малым временем нарастания позволяет проверить время нарастания и время установления переходной характеристики стробоскопического осциллографа и косвенно определить полосу пропускания тракта вертикального отклонения осциллографа по формуле

$$f_{гр} = \frac{0,35}{t_{нар} [нс]}, [ГГц] \quad (1)$$

а время нарастания $t_{\text{нар}}$ можно определить по формуле

$$t_{\text{нар}} = \sqrt{T_1^2 - T_2^2}, \quad (2)$$

где T_1 — измеряемое время нарастания по экрану осциллографа;

T_2 — время нарастания импульса с генератора перепада.

4.2. Схема электрическая принципиальная

4.2.1. Схема электрическая принципиальная источника питания (рис. 1, приложение 1, плата 3.662.023).

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В, частотой $50 \pm 0,5$ Гц при содержании гармоник до 5%.

Во входных цепях источника питания для защиты схемы синхронизации по цепям питания от явления захватывания на нижних гармониках, которое приводит к сужению ширины «зон синхронизации» (а это в конечном счете приводит к увеличению нестабильности выходных импульсов относительно исследуемого сигнала), применены фильтры.

4.2.2. Источник питания служит для получения двух напряжений 6,3 В: для питания плат синхронизатора СВЧ и генератора перепадов;

12,6 В — для питания счетчика времени ЭСВ.

4.2.3. Стабилизированный источник питания напряжением 6,3 В представляет собой простейший эмиттерный повторитель на транзисторе с фиксированным напряжением базы. В качестве регулирующего элемента используется промежуток эмиттер-коллектор составного транзистора, в который входят транзисторы Т1 и Т2. Источником опорного напряжения служит стабилитрон Д5. На базу регулирующего элемента подается часть опорного напряжения, снимаемого с потенциометра R2. Этим сопротивлением осуществляется регулировка выходного напряжения.

Стабилитрон Д6, включенный в прямом направлении, служит для термокомпенсации схемы.

Питание стабилизатора осуществляется от трансформатора Тр1 выпрямленным напряжением. Напряжение выпрямляется с помощью мостовой схемы, выполненной на диодах Д1 — Д4 и работающей на емкостной фильтр С1.

4.2.4. Схема стабилизированного источника питания напряжением 12,6 В полностью аналогична вышеописанной схеме источника 6,3 В.

Регулирующим элементом является транзистор Т3, источником опорного напряжения — стабилитрон Д9. Стабилитроны Д10, Д11 служат для термокомпенсации. Напряжение на стабилизатор подается со схемы удвоения, выполненной на диодах Д7 — Д8 и конденсаторах С4, С5.

Питание на схему удвоения подается с трансформатора Тр1.

4.2.5. Схема электрическая принципиальная синхронизатора СВЧ (рис. 1, приложение 1, плата 3.662.025).

Синхронизатор построен на туннельном диоде Д2, включенном на входе усилителя (усилитель собран на транзисторе Т3). Нагрузочная кривая пересекает вольт-амперную характеристику туннельного диода в трех точках. Туннельный диод «перебрасывается» из одного устойчивого состояния в другое с помощью петли инерционной отрицательной обратной связи (на транзисторах Т1, Т2), охватывающей усилитель на транзисторе Т3. На рис. 2 представлена временная диаграмма, поясняющая принцип синхронизации.

Рассмотрим более подробно работу синхронизатора. Для начала положим, что рабочая точка находится на диффузионной ветви вольт-амперной характеристики туннельного диода. Нарастание напряжения вызовет увеличение положительного смещения на базе транзистора Т3, то есть увеличение его проводимости. Напряжение на коллекторе Т3 и, следовательно, на базе Т2 уменьшится, приближаясь к нулевому потенциалу. Напряжение на эмиттере Т2, а следовательно, и на базе Т1 уменьшается по экспоненциальному закону, определяемому разрядом конденсатора С4. Постоянная времени разряда определяется резисторами R10, R12, R15 и переменными резисторами R14, R11. ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ, а также входным сопротивлением транзистора Т1. Как только уменьшится напряжение на базе Т1, уменьшится напряжение и на эмиттере транзистора. Это вызовет уменьшение тока через транзистор Т1 до некоторого значения, определяемого характеристикой туннельного диода, затем туннельный диод «перебрасывается» в область низких напряжений. Это вызовет уменьшение тока базы транзистора Т3 и быстрый рост потенциала его коллектора (и базы транзистора Т2) до напряжения около +6 В со скоростью, определяемой наличием паразитной емкости. Повышение потенциала на базе транзистора Т2 вызовет большой зарядный ток конденсатора

С4 и быстрый подъем потенциалов базы и эмиттера транзистора Т1. Это в свою очередь вызовет увеличение тока через транзистор и туннельный диод насколько позволяет вольт-амперная характеристика туннельного диода, затем происходит обратное переключение туннельного диода в область высоких напряжений, и процесс повторяется.

Диод Д1 уменьшает величину «паразитного» импульса, проходящего в сторону разъема ВХОД 50 Ω . Резисторы R2, R3, R4 определяют величину начального смещения на диоде Д1, соответствующего оптимальному уровню отсечки этого импульса. При уменьшении смещения на диоде Д1 уменьшается размах «паразитного» импульса, но одновременно ухудшается и чувствительность запуска прибора.

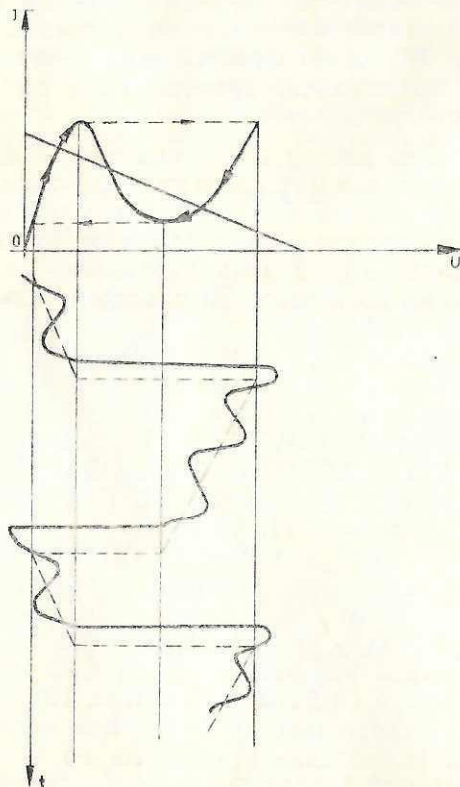


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика туннельного диода и временная диаграмма, поясняющая принцип синхронизации (пунктиром изображена форма колебаний туннельного диода без внешнего сигнала)

Схема усилителя на транзисторе Т4 предназначена для усиления выходного синхронизирующего сигнала до 1 В на нагрузке 50 Ом.

4.2.6. Схема электрическая принципиальная генератора перепадов (рис. 1, приложение 1, плата 3.662.024).

На выходах генератора перепадов можно получить либо положительный, либо отрицательный перепады напряжения в зависимости от положения переключателя В7.

При правом положении переключателя В7 происходит следующее:

- минус источника питания заземляется, смещение на туннельный диод Д2 не подается, а плюс подается на смещение диода Д1;

- четвертый вывод трансформатора Тр1 заземляется и импульс запуска проходит на диод Д1 неинвертированным.

В этом случае с разъема ВЫХОД снимается положительный перепад напряжения.

При левом положении переключателя В7 происходит следующее:

- плюс источника питания заземляется, смещение на туннельный диод Д1 не подается, а минус подается на смещение диода Д2;

- третий вывод трансформатора Тр1 заземляется, и импульс запуска проходит на диод Д2 инвертированным.

4.2.7. Рассмотрим работу генератора при правом положении переключателя В7.

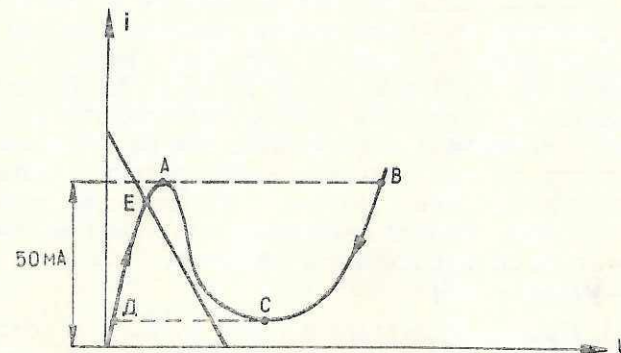


Рис. 3. Положение нагрузочной линии на вольт-амперной характеристике туннельного диода

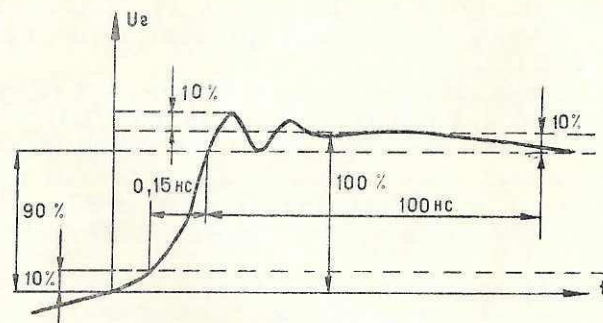


Рис. 4. Примерная форма выходного импульса, изображаемая на экране осциллографа С7-9 с блоками 7ПС-3, 7РС-1

Нагрузочная прямая пересекает вольт-амперную характеристику туннельного диода в одной точке (рис. 3). В исходном состоянии туннельный диод находится в низковольтном состоянии (точка Е). Запускающий импульс, пройдя переменную линию задержки, attenuатор 1:10, в состав которого входят R1, R5, C1, R3, C2, R2, R4, трансформатор Tr1, перебрасывают туннельный диод с туннельной ветви вольт-амперной характеристики (точка А) на диффузионную (точка В). В это время формируется фронт выходного импульса. При движении изображающей точки по диффузионной ветви характеристики от точки В до точки С формируется вершина импульса, а далее от точки С до точки Д — спад импульса, после чего диод возвращается в исходное состояние. С приходом следующего запускающего импульса все повторяется. Примерная форма выходного импульса имеет вид, изображенный на рис. 4. Потенциометр R9 ЧУВСТВИТ., ось которого выведена под шлиц на лицевую панель, служит для подстройки оптимальной подачи смещения на туннельный диод. Attenuатор служит для подавления различных отражений, возникающих в линии задержки и мешающих работе туннельного диода. Работа генератора при левом положении переключателя В7 происходит аналогично.

4.3. Конструкция

4.3.1. Прибор представляет собой каркасную конструкцию.

4.3.2. В задней части прибора расположены:

- фильтр сети;
- силовой трансформатор;

- плата стабилизаторов 6,3 В и 12,6 В;
- приборы, поставляемые для нужд генерального заказчика, должны иметь встроенный счетчик времени наработки емкостью не менее 2500 часов.

4.3.3. На лицевой панели справа расположена плата синхронизатора СВЧ. На печатной плате размещены элементы. Туннельный диод на печатной плате крепится с помощью контактной пружины.

4.3.4. На лицевой панели слева расположена плата генератора перепадов с размещенными на ней элементами. Туннельные диоды вставляются в специальные разъемы.

4.3.5. На задней стенке прибора расположена линия задержки, выполненная из коаксиального кабеля.

4.3.6. Лицевая панель прибора разделена на 3 части.

Слева расположены:

- выключатель сети СЕТЬ;
- индикатор включения прибора;
- клемма заземления.

Далее направо расположена лицевая панель генератора перепадов. На панели расположены следующие органы управления:

- разъем ВХОД 50 Ω ;
- разъем генератора ВЫХОД $\overline{\Gamma}$;
- разъем генератора ВЫХОД $\overline{\Gamma}$;
- потенциометры под шлиц ЧУВСТВИТ.;
- переключатель полярности перепада напряжения;
- переключатели переменной задержки: 0—5 нс, 0—10 нс, 0—20 нс, 0—40 нс. При правом положении всех переключателей величина задержки составляет 75 нс.

Справа расположена лицевая панель синхронизатора СВЧ со следующими органами управления:

- разъем ВХОД 50 Ω ;
- разъем ВЫХОД 5 нс, 1 В;
- разъем ВЫХОД 0,5 нс, 100 мВ;
- потенциометр под ручку ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ (15—30 МГц) ГРУБО;
- потенциометр под ручку ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ (15—30 МГц) ПЛАВНО.

Между лицевыми панелями генератора перепадов и синхронизатора СВЧ расположен переключатель ГЕНЕРАТОР

ПЕРЕПАДОВ — СИНХРОНИЗАТОР СВЧ, с помощью которого происходит подключение к источнику питания либо генератора перепадов, либо синхронизатора СВЧ.

5. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

5.1. Маркирование прибора производится на передней панели слева сверху и на правой боковой стенке. Заводской номер и дата изготовления прибора наносятся на задней стенке.

5.2. Пломбирование прибора производится четырьмя мастичными пломбами (на боковых стенках, передней и задней панелях).

6. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. Для приведения прибора в состояние готовности к эксплуатации необходимо вынуть прибор из соответствующей упаковки.

6.2. Если прибор находился в предельных условиях эксплуатации, то перед включением необходимо выдержать его в течение суток в нормальных условиях:

- температура $293 \pm 5^\circ\text{K}$ ($20 \pm 5^\circ\text{C}$);
- влажность $(65 \pm 15)\%$;
- атмосферное давление $100 \pm 4 \text{ кПа}$ ($750 \pm 30 \text{ мм рт. ст.}$).

6.3. Для предотвращения поломок следует избегать резких (более 5 г) ударов прибора.

6.4. Тумблер СЕТЬ поставить в выключенное положение, соединить клемму защитного заземления на передней панели прибора с шиной заземления и подсоединить шнур питания.

6.5. В зависимости от предполагаемой работы поставить ручки органов прибора в соответствующее положение.

При наличии в месте работы прибора сильных электромагнитных полей необходимо заземлить клемму 1, расположенную на задней стенке прибора.

7. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. В приборе применен сетевой фильтр, поэтому перед включением прибора в сеть **НЕОБХОДИМО ЗАЗЕМЛИТЬ** клемму на передней панели прибора, обозначенную символом



лом, и принять общие меры предосторожности при

работе с радиотехнической аппаратурой, в которой имеется напряжение сети 220 В.

7.2. При работе прибора в режиме **СИНХРОНИЗАТОР СВЧ** с источниками СВЧ колебаний необходимо соблюдать правила и принимать меры предосторожности при работе с СВЧ установками.

8. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

8.1. При подготовке прибора к работе нужно ознакомиться с описанием и инструкцией по эксплуатации прибора. Убедиться в наличии защитного заземления.

Переключатель **ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ — СИНХРОНИЗАТОР СВЧ** установить в положение, соответствующее предполагаемому виду работы.

Включить прибор в сеть. При этом в левой верхней части прибора должна загореться сигнальная лампочка.

8.2. При работе прибора в режиме **ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ** максимальное значение запускающих сигналов не должно превышать 7 В, а при подключении выхода генератора перепадов к исследуемым цепям необходимо, чтобы на них не было постоянных напряжений.

8.3. При работе прибора в режиме **СИНХРОНИЗАТОР СВЧ** максимальное значение поступающих на вход сигналов не должно превышать 2 В.

9. ПОРЯДОК РАБОТЫ

9.1. Подготовка к проведению измерений

9.1.1. После включения прибора в сеть необходимо прогреть его в течение 5 минут.

9.1.2. В соответствии с целью измерений присоедините прибор к исследуемому объекту (по одной из структурных схем, данных в приложении 5).

9.1.3. При работе прибора в режиме **ГЕНЕРАТОРА ПЕРЕПАДОВ**, если при включении прибора на выходе нет перепада напряжения, с помощью отвертки поверните ось соответствующего из потенциометров **ЧУВСТВИТ.** до получения на экране устойчивого изображения перепада.

9.2. Проведение измерений

9.2.1. При работе прибора в режиме **СИНХРОНИЗАТОР СВЧ**, если ждущая развертка стробоскопического осциллографа не запускается импульсами с выхода (0,5 нс, 100 мВ),

то ее запускайте импульсами с выхода (5 нс, 1 В). Пример присоединения синхронизатора изображен на рис. 5 в приложении 5.

Для получения устойчивого изображения на экране осциллографа пользуйтесь ручкой ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ПЛАВНО. Если это не удастся, ручку ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ГРУБО поверните по часовой стрелке и оставьте в новом положении, затем опять ручкой ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ПЛАВНО попытайтесь получить устойчивое изображение.

9.2.2. Структурная схема подсоединения генератора перепадов изображена на рис. 6 в приложении 5. При работе генератора перепада со стробоскопическим осциллографом с выносными пробниками желательно выход генератора соединять с входом осциллографа через согласованный аттенюатор 5—10 дБ.

9.2.3. Порядок выключения прибора следующий:

- тумблер СЕТЬ поставьте в положение ВЫКЛЮЧЕНО;
- отсоедините кабели от прибора;
- отключите шнур питания из сетевой розетки;
- отсоедините провод заземления.

10. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

10.1. Характерные неисправности блока питания и методы их устранения (см. табл. 3)

Таблица 3

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
1. Блок питания не включается	Нет сетевого предохранителя или он неисправен	Проверить наличие предохранителя. Неисправный заменить
2. Нет на выходе напряжения 6,3 В	Обрыв обмотки трансформатора Тр1	Проверить трансформатор. Неисправный заменить
3. Напряжение на выходе есть, +6,3 В не устанавливается	Пробит триод Т1 или Т2. Неисправны диоды Д5 или Д6	Транзисторы и диоды проверить. Неисправный заменить
4. Напряжение на выходе есть, но +12,6 В не устанавливается	Пробит триод Т3. Неисправны диоды Д9, Д10, Д11	Транзистор и диоды проверить. Неисправный заменить

10.2. Характерные неисправности прибора при работе в режиме синхронизатора СВЧ (см. табл. 4).

Таблица 4

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
1. На выходном разьеме (0,5 нс; 100 мВ) нет сигнала	Неисправен туннельный диод Д2 или транзисторы Т1, Т2, Т3	Проверить и заменить туннельный диод и транзисторы
2. На выходном разьеме (0,5 нс — 100 мВ) есть сигнал, а на выходном разьеме (5 нс — 1 В) нет сигнала	Неисправен транзистор Т4	Заменить транзистор
3. На входном разьеме (50 Ом, 30 МГц — 6 ГГц, 100 мВ — 2 В) размах «паразитного» сигнала больше допустимой нормы	Пробит диод Д1	Заменить диод

Примечание. При замене диодов Д1 и Д2 для нормальной работы прибора, возможно, потребуется подрегулировка с помощью подстроечных потенциометров R2 и R7.

10.3. Характерной неисправностью прибора при работе в режиме генератора перепадов является отсутствие перепада напряжения на выходном разьеме Ш9 или Ш10. Причиной этого является неисправность туннельного диода (при положительном перепаде Д1, при отрицательном перепаде Д2). Для устранения неисправности нужно заменить туннельный диод. Смещение на нем должно быть около 0,1 В.

Примечание. При ремонте прибора прежде всего необходимо проверить соответствие таблице напряжений на электродах полупроводниковых приборов в указанных точках схемы. Таблицы напряжений прилагаются в приложении 3.

11. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

Генератор перепадов и синхронизатор СВЧ Я4С-20А, поступивший с завода-изготовителя или после длительного хранения, должен пройти поверку в поверочном органе.

В процессе эксплуатации прибор должен подвергаться периодическим поверкам не реже одного раза в 6 месяцев.

Независимо от даты предшествующей поверки прибор должен быть проверен после каждого ремонта, при повреждении клейма поверочного органа, а также в случаях, когда параметры прибора вызывают сомнения в их достоверности.

11.1. Операции и средства поверки

11.1.1. При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в табл. 5.

Таблица 5

Наименование операций, проводимых при поверке	Номер пунктов раздела	Примечание
Внешний осмотр	11.3.1	
Опробование	11.3.2	
Определение метрологических параметров:	11.3.3	
диапазон синхронизируемых частот и чувствительность синхронизатора	11.3.3а	
время нарастания и максимальное значение импульсов с выхода 5 ns, 1 V	11.3.3б	
время нарастания и максимальное значение импульсов с выхода 0,5 ns, 100 mV	11.3.3в	
диапазон частот следования выходных импульсов	11.3.3г	
нестабильность синхроимпульсов относительно исследуемого сигнала	11.3.3д	
размах «паразитного» сигнала на входном разъеме синхронизатора	11.3.3е	
входное сопротивление синхронизатора на постоянном токе	11.3.3ж	
время нарастания выходных импульсов генератора перепадов	11.3.3з	
максимальное значение перепадов напряжения выходных импульсов	11.3.3и	
задержка выходных импульсов относительно запускающих	11.3.3и	
выброс на вершине выходных импульсов	11.3.3к	
неравномерность плоской части выходных импульсов	11.3.3л	
спад вершины выходных импульсов	11.3.3м	
нестабильность выходных импульсов относительно запускающих	11.3.3н	

11.1.2. При проведении поверки должны применяться средства поверки, указанные в табл. 6.

Таблица 6

Наименование средств поверки	Нормативно-технические характеристики	Примечание
1. Генератор стандартных сигналов Г4-107	Частоты 30, 200 МГц $\pm 1\%$	
2. Генератор сигналов высокочастотный Г4-128	Частоты 500, 1000 МГц $\pm 0,5\%$	
3. Генератор сигналов высокочастотный Г4-79	Частота 2000 МГц $\pm \pm 0,5\%$	
4. Генератор сигналов высокочастотный Г4-80	Частота 4000 МГц $\pm \pm 0,5\%$	
5. Генератор сигналов высокочастотный Г4-82	Частота 6000 МГц $\pm \pm 0,5\%$	
6. Осциллограф стробоскопический с цифровым отсчетом С7-9	Полоса пропускания 0,5 ГГц, максимальный коэффициент отклонения 10 мВ/см, входное сопротивление 50 Ом	
7. Мост постоянного тока Р333	40—60 Ом	

Примечания: 1. При поверке допускается использование другой аппаратуры, имеющей аналогичные параметры.

2. Все средства поверки должны быть поверены в соответствии с требованиями ГОСТ 8.002-71.

11.2. Условия поверки и подготовка к ней

11.2.1. При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды $293 \pm 5\text{K}$ ($20 \pm 5^\circ\text{C}$);
- относительная влажность воздуха $65 \pm 15\%$;
- атмосферное давление $100 \pm 4 \text{ кН/м}^2$ ($750 \pm 30 \text{ мм рт. ст.}$);
- напряжение сети $220 \pm 4,4 \text{ В}$ частотой $50 \text{ Гц} \pm 1\%$.

11.2.2. Перед проведением операций поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- удалите смазку с наружных частей прибора и промойте спиртом разъемы (при расконсервации);
- проверьте комплектность прибора;
- разместитеверяемый прибор на рабочем месте, обес-

печив удобство работы и исключив попадание на него прямых солнечных лучей.

11.3. Проведение проверки

11.3.1. При проведении внешнего осмотра должно быть проверено:

- наличие и прочность крепления органов управления и коммутации, четкость фиксации их положений, плавность вращения ручек органов настройки;
- чистота разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей, переходников;
- состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок.

При наличии дефектов прибор подлежит забракованию и направлению в ремонт.

11.3.2. Для опробования генератора перепадов и синхронизатора СВЧ Я4С-20А в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ:

— переключатель ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ — СИНХРОНИЗАТОР СВЧ поставьте в положение СИНХРОНИЗАТОР СВЧ;

- соедините клеммы защитного заземления проверяемого прибора Я4С-20А и прибора С7-9 с шиной заземления;
- подключите приборы к сети питания;
- включите приборы;
- засинхронизируйте развертку осциллографа импульсами синхронизации с разъема ВЫХОД 0,5 ns, 100 mV либо с разъема ВЫХОД 5 ns, 1 V;

— подайте на вход блока 7ПС-3 осциллографа поочередно сигналы с разъемов ВЫХОД 0,5 ns, 100 mV, ВЫХОД 5 ns, 1 V, ВХОД 50 Ω .

Для опробования прибора Я4С-20А в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ:

— переключатель ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ — СИНХРОНИЗАТОР СВЧ поставьте в положение ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ;

— подключите прибор Я4С-20А к осциллографу С7-9 по структурной схеме (приложение 5, рис. 2);

— с помощью органов управления осциллографом, потенциометром под шлиц ЧУВСТВИТ. и переключателями переменной задержки ЗАДЕРЖКА ns добейтесь появления на экране осциллографа изображения перепада напряжения (положительного или отрицательного).

При отсутствии положительных импульсов синхронизации на разъемах ВЫХОД 0,5 ns, 100 mV, ВЫХОД 5 ns, 1 V и «паразитного» сигнала на разъеме ВХОД 50 Ω , а также и перепадов напряжения на разъемах ВЫХОД $\overline{\square}$ и ВЫХОД $\square$

прибор подлежит направлению в ремонт.

11.3.3. Проверка прибора Я4С-20А в режиме СИНХРОНИЗАТОР СВЧ производится с помощью генераторов Г4-107, Г4-128, Г4-79, Г4-80, Г4-82 и стробоскопического универсального осциллографа С7-9 со сменными блоками 7ПС-3, 7РС-1:

а) определение диапазона синхронизируемых сигналов и чувствительности (нижней границы диапазона максимальных значений входных сигналов), проводят по структурной схеме, приведенной в приложении 5 (рис. 1). С помощью разветвителя (тройника № 1) сигналы подайте на блок вертикального отклонения осциллографа, а кабелем № 9 — на вход синхронизатора. Выходные импульсы с синхронизатора подайте на запуск развертки осциллографа. Измерьте чувствительность синхронизатора на частотах 30 МГц, 200 МГц, 500 МГц, 1000 МГц, 2000 МГц, 4000 МГц, 6000 МГц, добиваясь устойчивого изображения на экране осциллографа с помощью ручек ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ГРУБО, ПЛАВНО и органов управления осциллографа.

Максимальное значение синхронизирующего сигнала измеряется по калиброванной шкале экрана осциллографа. Диапазон синхронизируемых сигналов и чувствительность синхронизатора должны соответствовать пп. 2.1, 2.2.

Примечания: 1. Под устойчивой синхронизацией следует понимать синхронизацию при нестабильности не более 0,1 ns + +0,02 Tc (где Tc — период синусоидального сигнала).

2. При использовании стробоскопического осциллографа с цифровым отсчетом С7-9 измерение параметров сигналов производят либо по калиброванной шкале экрана осциллографа, либо по аналого-цифровому преобразователю 9АЦП-1.

б) измерение времени нарастания и максимального значения импульсов с разъема ВЫХОД 5 ns, 1 V производится с помощью осциллографа С7-9. Сигнал с разъема ВЫХОД 5 ns, 1 V подается на вход блока 7ПС-3, а сигналами с разъема ВЫХОД 0,5 ns, 100 mV синхронизируется блок 7РС-1. Измерение параметров сигналов производят по шкале осциллографа.

Время нарастания импульсов должно быть не более 5 ns, а максимальное значение не менее 1 В на нагрузке 50 Ом;

в) измерение времени нарастания и максимального значения импульсов с разъема Выход 0,5 ns, 100 mV проводится так же, как и с разъема Выход 5 ns, 1 V со следующим отличием. Сигнал с разъема Выход 0,5 ns, 100 mV подается на вход блока 7ПС-3, а сигнал с разъема Выход 5 ns, 1 V — на запуск блока 7РС-1. Методика измерения параметров импульса на разъеме Выход 0,5 ns, 100 mV аналогична изложенной в п. 11.3.3б.

Время нарастания импульсов должно быть не более 0,5 ns, а максимальное значение не менее 100 mV на нагрузке 50 Ом;

г) измерение диапазона частот следования выходных импульсов проводится совместно с пунктом 11.3.3в следующим образом. Ручку потенциометра ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ГРУБО поставить в крайнее левое положение и по калиброванной шкале экрана осциллографа измерять период колебаний синхронизатора (нижнюю границу диапазона частот следования выходных импульсов). Затем ручку потенциометра ЧАСТОТА СЛЕДОВАНИЯ ГРУБО переведите в крайнее правое положение и измерьте верхнюю границу диапазона частот следования выходных импульсов;

д) величина нестабильности «привязки» синхрои́мпульсов к исследуемым сигналам измеряется косвенно по ширине размытости изображения синусоидального сигнала частотой 4000 МГц, максимальным значением 250 mV (0,5 размаха) и подсчитывается по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2} \quad (3)$$

где Δ — величина нестабильности «привязки» синхрои́мпульсов к исследуемым сигналам;

Δ_1 — величина размытости изображения синусоидального сигнала на экране осциллографа;

Δ_2 — величина нестабильности изображения синхрои́мпульса осциллографа на экране, характеризующая нестабильность тракта горизонтального отклонения осциллографа.

Измерение проводят одновременно с измерением по п. 11.3.3а. Величина размытости измеряется по шкале экрана осциллографа.

Нестабильность «привязки» синхрои́мпульсов к исследуемым сигналам не должна превышать 30 ns;

е) размах «паразитного» сигнала на входном разъеме синхронизатора измеряется с помощью осциллографа С7-9. Вход осциллографа соединяется с входом синхронизатора и по шкале осциллографа измеряется величина «паразитного» сигнала.

Осциллограф синхронизируется любым импульсом синхронизатора СВЧ. Развертка осциллографа выбирается удобной для измерения.

Размах «паразитного» сигнала не должен превышать 150 mV;

ж) измерение входного сопротивления синхронизатора на постоянном токе производят с помощью моста постоянного тока Р333. При измерении синхронизатор выключите из сети. С помощью проводников мост постоянного тока Р333 присоедините к входному разъему синхронизатора и произведите измерение.

Входное сопротивление синхронизатора должно быть 47 Ом $\pm 5\%$;

з) измерение основных характеристик при работе прибора в режиме ГЕНЕРАТОР ПЕРЕПАДОВ производится при использовании осциллографа С7-9 с блоками 7ПС-3, 7РС-1. На вход генератора перепадов подается импульс синхронизации с блока 7РС-1, а вход блока 7ПС-3 осциллографа присоединяется с помощью кабеля № 9 разъемом Выход $\perp$ или Выход $\lceil$ в зависимости от того, измеряется перепад отрицательной или положительной полярности.

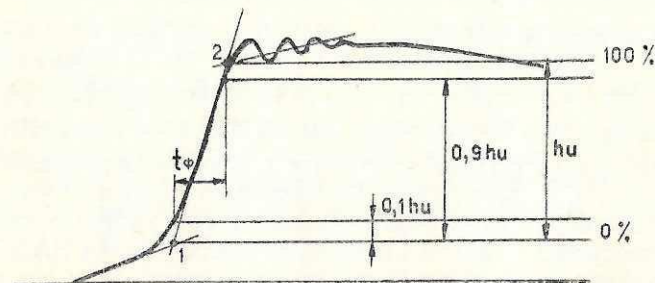


Рис. 5. Примерный вид фронта выходного импульса

Выходной перепад напряжения имеет следующую форму (см. рис. 5):

- участок медленного нарастания напряжения;
- участок быстрого нарастания напряжения;
- участок с осцилляциями на медленно нарастающей вершине импульса.

Измерение максимального значения перепада и фронта импульса (t_f) производят по крутой части выходного импульса, как показано на рис. 5.

За нулевой уровень отсчета принимается точка пересечения касательной к медленному нарастанию напряжения с касательной к быстрому нарастанию напряжения (точка 1), а за 100%-ный уровень — точка пересечения касательной к быстрому нарастанию напряжения с линией, которая усредняет осцилляции на медленно нарастающей части вершины импульса (точка 2).

Расстояние между уровнями 0% и 100% есть максимальное значение перепада выходного импульса h_n .

Далее от нулевого уровня отсчитайте уровни 0,1 h_n и 0,9 h_n . Временной интервал между точками пересечения уровней 0,1 h_n и 0,9 h_n с участком быстрого нарастания напряжения есть время нарастания выходного импульса t_f .

Ручками управления осциллографа участок быстрого нарастания напряжения выведите в рабочую часть экрана ЭЛТ и произведите измерение максимального значения перепада и времени нарастания выходного импульса по шкале осциллографа.

Максимальное значение перепада напряжения выходного импульса должно быть не менее 350 мВ, а время нарастания не более 0,15 нс на нагрузке 50 Ом;

и) измерение задержки выходных импульсов относительно запускающих проводится с помощью осциллографа С7-9. Импульс синхронизации с осциллографа подайте на запуск генератора перепадов, а разъем Выход $\square$ или Выход $\square$ генератора перепадов соедините с блоком вертикального отклонения осциллографа. С помощью органов управления осциллографа фронт перепада выводите в рабочую часть ЭЛТ осциллографа и затем один из переключателей ЗАДЕРЖКА переведите в противоположное положение. При этом фронт перепада сместится по экрану осциллографа. Это смещение (задержку) измерьте по шкале осциллографа и переведите во временную размерность.

Задержка выходных импульсов относительно запускаю-

щих должна регулироваться от 5 нс $\pm 50\%$ до 75 нс $\pm 20\%$ дискретно с шагом 5 нс;

к) величину выброса на вершине выходного импульса как положительной, так и отрицательной полярности вычисляют по формуле

$$\delta_v = \frac{h_v}{h_n} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где δ_v — величина выброса на вершине выходного импульса;

h_v — максимальное значение выброса на вершине выходного импульса;

h_n — максимальное значение перепада выходного импульса.

Измерение величин h_v и h_n производят по шкале осциллографа, как показано на рис. 6. Отсчет 0% и 100% уровней произведите по методике п. 11.3.3з.

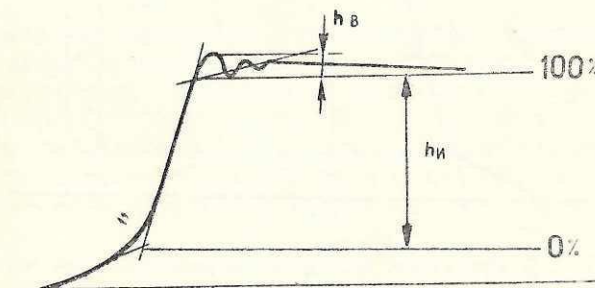


Рис. 6. Примерный вид выброса на вершине выходного импульса

Выброс на вершине выходных импульсов не должен превышать 10%;

л) неравномерность плоской части выходного импульса определяется на временном интервале от 3 t_f до 10 нс, где 3 t_f — время установления выходного импульса. Неравномерность плоской части определяется по максимальному отклонению плоской части импульса от 100% уровня отсчета и вычисляют по формуле

$$\delta_z = \frac{h_z}{h_n} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где δ_z — неравномерность плоской части выходного импульса;

h_z — максимальное отклонение плоской части выходного импульса;

h_n — максимальное значение перепада напряжения выходного импульса.

Методика отсчета 0% и 100% уровней дана в п. 11.3.3з. Измерение величин h_z и h_n производят по шкале осциллографа, как показано на рис. 7.

Коэффициент отклонения блока вертикального отклонения осциллографа установите таким, чтобы размер изображения перепада был максимальным, при этом повышается точность их измерения.

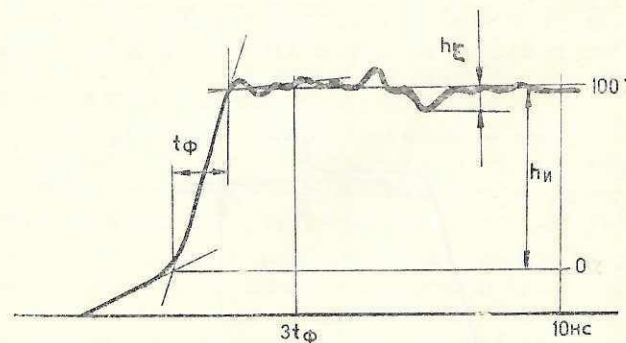


Рис. 7. Примерный вид неравномерности плоской части выходного импульса

Неравномерность плоской части выходных импульсов не должна превышать $\pm 5\%$;

м) спад вершины выходного импульса как положительной, так и отрицательной полярности определяется по величине монотонного уменьшения максимального значения выходного импульса в первые 100 нс и вычисляется по формуле

$$\delta_0 = \frac{h_0}{h_n} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где δ_0 — спад вершины выходного импульса;

h_0 — величина монотонного уменьшения максимального значения выходного импульса;

h_n — максимальное значение перепада выходного импульса.

Методика отсчета 0% и 100% уровней дана в п. 11.3.3з.

Измерение величин h_0 и h_n производится по шкале осциллографа, как показано на рис. 8.

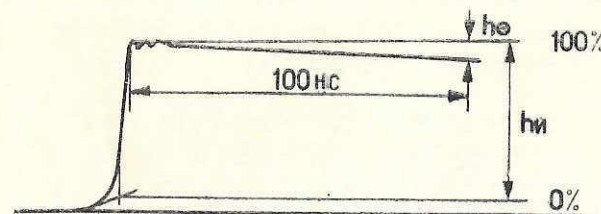


Рис. 8. Примерный вид спада вершины выходного импульса

Спад вершины выходного импульса не должен превышать 10%;

н) измерение нестабильности выходных импульсов относительно запускающих производится по следующей методике: генератор перепада запускается импульсом синхронизации осциллографа С7-9 (приложение 5, рис. 2). Величина нестабильности выходного импульса относительно запускающего измеряется косвенно по ширине размытости фронта перепада напряжения на экране ЭЛТ и подсчитывается по формуле

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 - \Delta_2^2}, \quad (7)$$

где Δ — величина нестабильности выходного импульса относительно запускающего;

Δ_1 — величина размытости линии развертки, очерчивающей фронт перепада напряжения на экране осциллографа;

Δ_2 — измеренная величина нестабильности тракта синхронизации осциллографа на частоте следования запускающих импульсов.

Нестабильность выходных импульсов относительно запускающих не должна превышать 20 нс.

11.4. Оформление результатов поверки

При положительных результатах поверки данные измерений заносятся в формуляр прибора (табл. 10).

Запрещается выпуск в обращение и применение приборов, прошедших поверку с отрицательными результатами. Прибор в этом случае бракуется и направляется в ремонт.

12. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

12.1. Прибор может храниться в следующих условиях:

а) в отапливаемых хранилищах при температуре окружающей среды от $+5^{\circ}\text{C}$ до $+25^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80% при температуре 25°C , срок хранения 5 лет;

б) в неотапливаемых хранилищах при температуре окружающей среды от -30°C до $+30^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98% при температуре 25°C , срок хранения 3 года.

В упаковке предприятия-изготовителя прибор без переконсервации может храниться в течение одного года.

Хранилища должны удовлетворять требованиям ГОСТ В 9.003-72.

12.2. Прибор перед закладкой на длительное хранение (на срок более одного года) должен быть переконсервирован.

При переконсервации необходимо выполнить следующее:

— внешние поверхности прибора очистить от механических загрязнений, внешние металлические неокрашенные детали освободить от старой консервационной смазки, удалить следы коррозии;

— включить прибор в сеть, руководствуясь указаниями инструкции по эксплуатации и мерами безопасности, изложенными в разделах 6, 7, и прогреть в течение 1 ч;

— проверить работоспособность прибора в соответствии с разделом 9;

— выключить прибор;

— обезжирить с помощью бензина авиационного ГОСТ 1012-72 и хлопчатобумажной салфетки и затем просушить.

Для обезжиривания допускается применять другие органические растворители, за исключением растворителей, содержащих соединения ароматического ряда;

— внешние металлические неокрашенные детали прибора покрыть смазкой консервационной К-17 ГОСТ 10877-64 или смазкой пластичной ПВК ГОСТ 19537-74;

— прибор обернуть бумагой парафинированной ГОСТ 9569-65 или подпергаментом ГОСТ 1760-68 и поместить в чехол из полиэтиленовой пленки ГОСТ 10354-63 толщиной не менее 0,15 мм.

В чехол поместить сумки, наполненные силикагелем ГОСТ 3956 54 марки КСМ. В каждую сумку засыпать не более 0,4 кг силикагеля. Общее количество силикагеля берется из

расчета 1,0 кг на каждый 1 м^2 поверхности чехла при хранении прибора в отапливаемых хранилищах и 1,2 кг при хранении прибора в неотапливаемых хранилищах. Начальная обводненность силикагеля не должна превышать 2%;

— чехол заварить герметичным швом, прибор в чехле уложить в укладочный ящик.

Законсервированный прибор допускает хранение до переконсервации в условиях, оговоренных в п. 12.1а, и в условиях, оговоренных в п. 12.1б, в течение одного года.

Вместо чехлов из полиэтиленовой пленки можно применять обертывание прибора бумагой упаковочной антикоррозионной (ингибитированной) ГОСТ 9569-65 марки МБГИ-8-40.

12.3. В формуляре прибора должна указываться дата консервации и срок хранения до переконсервации.

12.4. Работы по консервации должны производиться в соответствии с правилами и нормами по технике безопасности.

13. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

13.1. Тара, упаковка и маркировка упаковки

13.1.1. Прибор вместе с технической документацией укладывается в укладочный ящик 4.161.381-01. Комплект ЗИП и принадлежностей укладывается в укладочный ящик 4.161.978. Перед укладкой в ящики прибор, изделия ЗИП и принадлежности обернуть бумагой парафинированной или подпергаментом. Ящики после укладки в них комплекта прибора пломбируются.

13.1.2. Комплект прибора в укладочных ящиках упаковывается в транспортный ящик. Транспортный ящик изготавливается из нестроганных или строганных досок по ГОСТ 2991-69 («Ящики дощатые неразборные для грузов до 200 кг»). Внутренние поверхности стенок, дна и крышки ящика выстилаются водонепроницаемой бумагой (ГОСТ 515-56 или ГОСТ 8828-61). Свободный объем в транспортном ящике плотно заполняется древесной стружкой или другим амортизирующим материалом. Крышка ящика закрепляется гвоздями, ящик по торцам плотно обтягивается стальной упаковочной лентой и пломбируется.

13.1.3. На двух боковых стенках транспортного ящика наносится маркировка в соответствии с требованиями ГОСТ 14192-71.

Нанесение следующих предупредительных знаков и надписей является обязательным:

- знак «Верх, не кантовать»;
- знак «Осторожно, хрупкое»;
- знак «Бойтся сырости»;
- надпись «НЕТТО — кг»
- надпись «БРУТТО — кг».

13.2. Условия транспортирования

13.2.1. Транспортирование прибора может осуществляться в крытых железнодорожных вагонах, крытых автомашинах и в трюмах судов. Упаковка должна удовлетворять требованиям, указанным в разделе 12. При транспортировании морским транспортом внутренняя (барьерная) упаковка должна быть герметичной (прибор перед укладкой в укладочный ящик помещается в чехол из пленки, который герметично заваривается).

13.2.2. Транспортирование может производиться при температуре окружающей среды от -30°C до $+30^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98% при температуре 25°C .

13.2.3. Сохранность прибора при транспортировании гарантируется только при соблюдении правил упаковки, изложенных в разделе 12.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ВНИМАНИЕ!

ТЗ у аты 3.662.023 R4, R5, R6, C4, C5, C6, D7...D11,
я при наличии счетчика времени ИП1.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ 2.248.011 ПЭЗ

Поз. обо- значение	Наименование	Кол.	Примечание
R1, R2	Резистор ОМЛТ-0,125-47 $Ом \pm 5\%$	2	
R3	Резистор ОМЛТ-1-100 $Ом \pm 10\%$	1	
C1, C2	Конденсатор К40У-9-1000-0,015 $\pm 10\%$	2	
C3, C4	Конденсатор КТП-3В-М47-22 $нФ \pm \pm 10\%$	2	
L1, L2	Катушка индуктивности	2	5.777.165
B1	Микротумблер МТ-1	1	
B2...B7	Микротумблер МТ3	6	
D1, D2	Диод полупроводниковый ИИ308К	2	
Др1, Др2	Дроссель в.ч.	2	7.767.729
ПП	Счетчик ЭСВ-2,5-12,6/0	1	
Кл1	Клемма корпусная	1	4.835.038-03
Кл2	Клемма корпусная	1	4.835.040-03
Л1	Лампа СМН10-55-2	1	
ЛЗ1	Линия задержки	1	2.066.042
Пр1	Предохранитель ВП1-1-0,5а	1	
Тр1	Трансформатор	1	4.702.004 СБ
Тр2, Тр3	Трансформатор в.ч.	2	4.770.134
Ш1	Розетка СР-50-272 С	1	3.640.211 Сп
Ш2	Вилка кабельная СР-50-111 Ф	1	
Ш3	Вилка 2РМ14Б4Ш1 В1	1	
Ш4	Вилка кабельная СР-50-111Ф	1	
Ш5	Розетка СР-50-272С	1	3.640.211 Сп
Ш6	Вилка кабельная СР-50-111Ф	1	
Ш7, Ш8	Розетка приборная прямая СР-50-73Ф	2	
Ш9, Ш10	Разъем конструктивный	2	
	Плата 3.662.023		
	Резисторы ОМЛТ		
	Резисторы переменные СП5-14		
R1	ОМЛТ-0,5-390 $Ом \pm 10\%$	1	
R2	СП5-14 3,3 $кОм$	1	
R3	ОМЛТ-1-2,2 $кОм \pm 10\%$	1	
R4	ОМЛТ-0,5-1 $кОм \pm 10\%$	1	
R5	СП5-14 2,2 $кОм$	1	
R6	ОМЛТ-0,5-1 $кОм \pm 10\%$	1	

Поз. обо- значение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы К50-6		
C1	К50-6-25 в-2000 $мкФ$	1	
C2	К50-6-10 в-100 $мкФ$	1	
C3	К50-6-10 в-1000 $мкФ$	1	
C4, C5	К50-6-50 в-50 $мкФ$	2	
C6	К50-6-25 в-50 $мкФ$	1	
	Диоды полупроводниковые		
D1...D4	D237Б	4	
D5	2С168А	1	
D6	D814А	1	
D7, D8	D237Б	2	
D9	D814А	1	
D10, D11	D814Д	2	
	Транзисторы		
T1	МП15	1	
T2	П214А	1	
T3	1Т403А	1	
	Плата 3.662.024		
	Резисторы ОМЛТ		
	Резисторы ППБ-1		
R1, R2	ОМЛТ-0,25-120 $Ом \pm 5\%$	2	
R3	ОМЛТ-0,25-240 $Ом \pm 5\%$	1	
R4, R5	ОМЛТ-0,25-120 $Ом \pm 5\%$	2	
R6	ОМЛТ-0,25-51 $Ом \pm 5\%$	1	
R7, R8	ОМЛТ-1-100 $Ом \pm 10\%$	2	
R9	ППБ-1Б-100 $Ом \pm 10\%$	1	
R10, R11	ОМЛТ-0,25-1 $кОм \pm 10\%$	2	
R12	ППБ-1Б-100 $Ом \pm 10\%$	1	
R13	ОМЛТ-1-56 $Ом \pm 10\%$	1	
R14	ОМЛТ-1-56 $Ом \pm 10\%$	1	
R15, R16	МОН-0,5-3 $Ом \pm 5\%$	2	
	Конденсаторы КМ-4		
C1, C2	КМ-46-М47-47 $нФ \pm 5\%$	2	
C3	КМ-46-Н30-0,01 $мкФ \pm 50\%$	2	соединены параллельно
L1, L2	Катушка	2	5.777.162
D1	Диод полупроводниковый 2Д514А	1	
Тр.1	Трансформатор в.ч.	1	4.770.131

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Плата 3.662.025		
	Резисторы ОМЛТ,		
	Резисторы СП4-1		
R1	ОМЛТ-0,25-47 $Ом \pm 5\%$	1	
R2	СП4-1 в-220 $Ом-А$	1	
R3	ОМЛТ-0,25-360 $Ом \pm 5\%$	1	
R4	ОМЛТ-0,25-68 $Ом \pm 5\%$	1	
R5	ОМЛТ-0,25-27 $Ом \pm 5\%$	1	
R6	ОМЛТ-0,25-56 $Ом \pm 5\%$	1	
R7	СП4-1 в-100 $Ом-А$	1	
R8	ОМЛТ-0,25-27 $Ом \pm 5\%$	1	
R9	ОМЛТ-0,25-68 $Ом \pm 5\%$	1	
R10	ОМЛТ-0,25-470 $Ом \pm 5\%$	1	
R11	СП4-1 а-470 $Ом-А-25$	1	
R12	ОМЛТ-0,25-1,2 $кОм \pm 5\%$	1	
R13	ОМЛТ-0,25-27 $Ом \pm 5\%$	1	
R14	СП4-1 а-470 $Ом-А-25$	1	
R15	ОМЛТ-0,25-56 $Ом \pm 5\%$	1	
R16	ОМЛТ-0,25-47 $Ом \pm 5\%$	1	
R17	ОМЛТ-0,25-390 $Ом \pm 5\%$	1	
R18	ОМЛТ-0,25-56 $Ом \pm 5\%$	1	
R19	ОМЛТ-0,25-220 $Ом \pm 5\%$	1	
	Конденсаторы КМ-4,		
	Конденсаторы КМ-6		
C1	КМ-46-М47-39 $нФ \pm 10\%$	1	
C2, C3	КМ-6-П190-0,1 $мкФ$	2	
C4*	КМ-46-М47-120 $нФ \pm 5\%$	1	100 ÷ 150 $нФ$
C5	КМ-46-М47-39 $нФ \pm 5\%$	1	
L1, L2	Катушка индуктивности	2	5.775.498
L3	Катушка индуктивности	1	5.775.497
	Диоды полупроводниковые		
D1	2Д514А	1	
D2	1П308В	1	
	Транзисторы		
T1, T2	2Т603В	2	
T3	1Т311А	1	
T4	1Т313А	1	
Ш1...Ш3	Розетка приборная СР-50-112Ф	3	

ТАБЛИЦА НАПРЯЖЕНИЙ
Плата источника питания (3.662.023)

Таблица 1

Обозначение элементов по схеме	Тип элементов	Напряжение в вольтах на выводах транзисторов		
		К	Б	Э
T1	МП15	12	6,6	6,4
T2	П214А	12	6,4	6,3
T3	1Т403А	25	12,7	12,6

Плата синхронизатора СВЧ (3.662.025)

Таблица 2

Обозначение элементов по схеме	Тип элементов	Напряжение в вольтах на выводах транзисторов		
		К	Б	Э
T1	2Т603В	6,3	2,45*	1,9*
T2	2Т603В	6,3	1,2	2,45*
T3	1Т311А	1,2	0,38	0
T4	1Т313А	1*	6,3	6,3

Примечания: 1. Напряжения измерены прибором ВК7-9 (В7-15).

2. Допустимое отклонение указанных величин $\pm 15\%$.

3. Измерения проводились относительно корпуса (для платы 3.662.023 относительно плюсовой шины). Ручки ГРУБО, ПЛАВНО — в левом крайнем положении.

4.* Режимы транзисторов Т1, Т4 зависят от частоты следования выходных импульсов и могут отличаться от указанных величин более чем на $\pm 15\%$.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Намоточные данные трансформатора Тр1

Черт. 4.702.004 СБ

ШЛ12×20 (сталь Э310)

Таблица 1

Номер вывода	Порядок намотки	Тип намотки	Марка провода	Число витков	Диаметр провода, мм	Изоляция	
						между рядами	сверху обмотки
1—2	1	рядовая	ПЭВ-2	3080	0,15	КТ-0,5×29×1	КТ-0,3×3
3—4	2	рядовая	ПЭВ-2	156	0,47	КТ-0,5×29×1	КТ-0,3×2

Намоточные данные катушек L1, L2

(черт. 5.777.165)

Катушки индуктивности наматываются на ферритовое кольцо М2000, НМ-1-15 К10×6×3 по 15 витков проводом ПЭВ-2-0,51.

Генератор перепадов (плата 3.662.024)

Трансформатор Тр1 (черт. 4.770.131) намотан на ферритовом кольце М2000, НМ-1-15 К10×6×3. Обе обмотки трансформатора содержат по 10 витков провода ПЭВ-2 0,41. Индуктивности L1, L2 (черт. 5.777.162) наматываются на ферритовое кольцо М1000, НМ-1-15, К7×4×2 по 4 витка проводом ПЭВ-2 0,2.

Синхронизатор СВЧ (плата 3.662.025)

Катушки L1, L2 (черт. 5.775.498) намотаны на резисторах ОМЛТ-0,25-910 кОм ±10% по 7 витков проводом ПЭВ-2 0,2, а катушка L3 (черт. 5.775.497) намотана на резистор ОМЛТ-0,125-36 Ом ±5% проводом ПЭВ-2 0,2 14 витков.

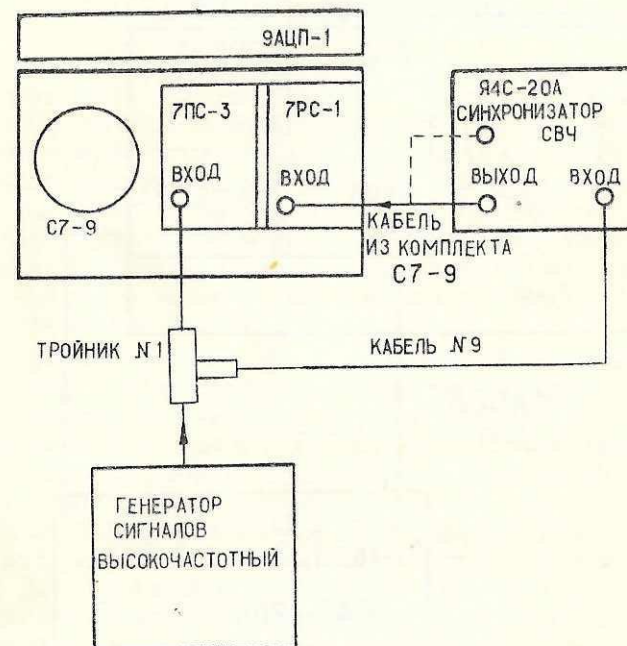


Рис. 1. Структурная схема включения приборов при работе Я4С-20А в режиме синхронизатора СВЧ

Применение осциллографа С7-12 с генератором Я4С-20А для определения неоднородностей устройств с распределенными параметрами методом импульсной рефлектометрии

1. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

Определение расположения, оценка характера и величины неоднородностей в коаксиальных и полосковых линиях передачи и в различных узлах, построенных на их основе (разъемы, коаксиальные переходы для трактов различного сечения, различного волнового сопротивления, переходы от коаксиальных к полосковым линиям, нагрузки, аттенюаторы и др.), наиболее удобно производится методом импульсной рефлектометрии. Этот метод незаменим при локации нескольких неоднородностей в недоступных сечениях сложных устройств с распределенными параметрами.

Структурная схема рефлектометрической установки показана на рис. 1. Она состоит из генератора зондирующего сигнала (перепада напряжения с крутым фронтом), стробоскопического осциллографа и исследуемого устройства. Зондирующий сигнал, пройдя через согласованный на входе и выходе смеситель осциллографа, поступает на исследуемое устройство. Отраженный от неоднородностей сигнал проходит через распределенную систему смесителя в обратном направлении. Зондирующий и отраженный сигналы считываются в смесителе и после преобразования в виде аналогового сигнала регистрируются на экране осциллографа.

Положение неоднородности определяется по времени запаздывания отраженного сигнала относительно фронта зондирующего сигнала по формуле (1)

$$X = \frac{Vt_3}{2}, \quad (1)$$

где X — расстояние неоднородности от считывающих диодов смесителя стробоскопического осциллографа;

V — скорость распространения сигнала в исследуемом тракте.

Характер неоднородности (короткое замыкание, разомкнутая на конце линия, последовательная индуктивность, параллельная емкость, параллельное активное сопротивление и

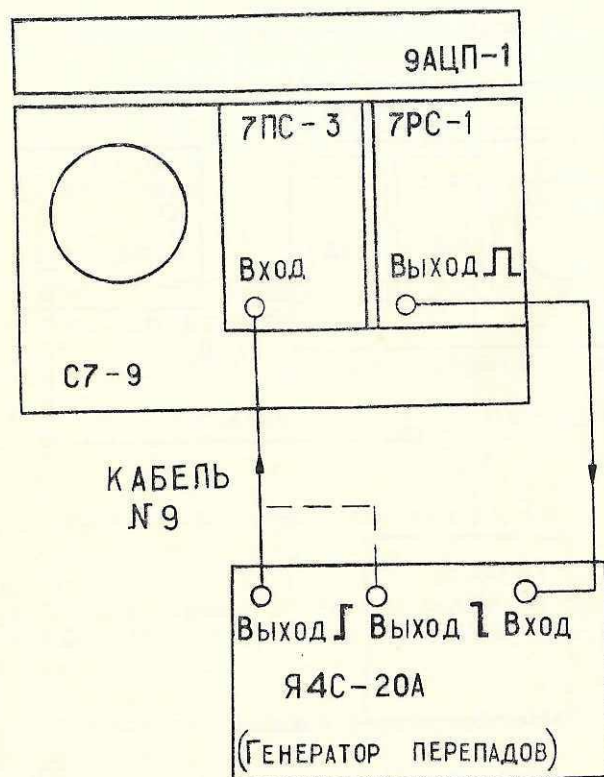


Рис. 2. Структурная схема включения приборов при работе Я4С-20А в режиме генератора перепадов

др.) определяется по форме отраженного сигнала. Для известной формы зондирующего сигнала можно располагать осциллограммами отраженного сигнала (то есть рефлектограммами) для ряда типичных неоднородностей распределенных устройств. Сравнивая с этими осциллограммами сигнал, наблюдаемый на экране осциллографа рефлектометрической установки, можно определить характер неоднородности.

По известным параметрам зондирующего сигнала (длительности фронта, максимальном значении), наблюдаемого на осциллографе, используемом в рефлектометрической установке, и по рефлектограмме с помощью простых формул или графиков можно оценить величину неоднородности.

Ниже приведены типичные рефлектограммы и расчетные формулы для следующих наиболее часто встречающихся неоднородностей в линиях передачи и в других распределенных устройствах:

- 1) активное сопротивление нагрузки, отличное от волнового сопротивления линии;
- 2) параллельное активное сопротивление в линии;
- 3) последовательное активное сопротивление в линии;
- 4) параллельная емкость в линии;
- 5) последовательная индуктивность в линии;
- 6) плавное изменение волнового сопротивления линии (согласующего перехода и др.).

1.1. Несогласованная активная нагрузка

Коэффициент отражения от нагрузки (рис. 2) определяется выражением (2)

$$\Gamma = \frac{\frac{R_n}{W} - 1}{\frac{R_n}{W} + 1}, \quad (2)$$

где W — волновое сопротивление линии.

Отраженный сигнал повторяет форму зондирующего сигнала, причем если $R_n > W$, то полярность отраженного сигнала совпадает с полярностью зондирующего, а если $R_n < W$, то противоположна ей.

Величина сопротивления нагрузки определяется по величине отраженного сигнала U_0 в соответствии с выражением (3)

$$R_n = \frac{1 + \frac{U_0}{E}}{1 - \frac{U_0}{E}} \cdot W, \quad (3)$$

где E — максимальное значение зондирующего сигнала (перепада напряжения).

В этой формуле величина U_0 берется со знаком плюс, если $R_n > W$, и со знаком минус, если $R_n < W$. Если амплитуда зондирующего сигнала (перепада напряжения) $E=1$, то измеряемая величина перепада отраженного сигнала U_0 показывает величину коэффициента отражения от нагрузки. Вертикальная шкала сетки экрана осциллографической трубки, таким образом, может быть проградуирована в величинах коэффициента отражения.

Как видно из рис. 2, по рефлектограмме легко можно определить наличие короткого замыкания ($R_n=0$) или холостого хода ($R_n=\infty$) на конце линии, когда $|U_0|=E$.

1.2. Шунтирующее активное сопротивление

Коэффициент отражения от шунтирующего сопротивления (рис. 3) определяется выражением (4)

$$\Gamma = \frac{-\frac{W}{R}}{2 - \frac{W}{R}}. \quad (4)$$

В этом случае форма отраженного сигнала также совпадает с формой зондирующего, а полярность его всегда противоположна полярности зондирующего.

Величина сопротивления определяется выражением (5)

$$R = W \frac{1 - \frac{U_0}{E}}{2 \frac{U_0}{E}}. \quad (5)$$

1.3. Последовательное активное сопротивление

Коэффициент отражения от последовательного активного сопротивления (рис. 4) вычисляется по формуле (6)

$$\Gamma = \frac{\frac{R}{W}}{2 + \frac{R}{W}} \quad (6)$$

Форма отраженного сигнала и его полярность в этом случае совпадают с формой и полярностью зондирующего сигнала. Величина сопротивления определяется формулой (7)

$$R = W \frac{2 \frac{U_0}{E}}{1 - \frac{U_0}{E}} \quad (7)$$

1.4. Шунтирующая емкость в линии

Коэффициент отражения для неоднородности в виде шунтирующей емкости в линии передачи (рис. 5) находится по формуле (8)

$$\Gamma = \frac{I \omega \tau}{1 + I \omega \tau} \quad (8)$$

$$\text{где } \tau = \frac{C W}{2}$$

Если зондирующий сигнал по форме близок к перепаду напряжения с линейно нарастающим фронтом длительностью t_{ϕ} или близок к экспоненциально нарастающей функции, то для малых емкостей, когда $\tau \ll t_{\phi}$, величина отраженного сигнала (его максимальное значение) может быть приближенно оценена с помощью выражения (9)

$$U_m \cong \frac{E}{t_{\phi}} \tau \quad (9)$$

Откуда получаем приближенное выражение (10) для величины емкости

$$C \cong \frac{2 t_{\phi} U_m}{E W} \quad (10)$$

1.5. Последовательная индуктивность к линии

Выражение для коэффициента отражения от последовательной индуктивности (рис. 6) имеет вид (11)

$$\Gamma = \frac{I \omega \tau}{1 + I \omega \tau} \quad (11)$$

$$\text{где } \tau = \frac{L}{2 W}$$

Форма отраженного сигнала показана на рис. 6. В отличие от случая шунтирующей емкости здесь отраженный сигнал имеет полярность, совпадающую с полярностью зондирующего сигнала.

При малой индуктивности, то есть когда выполняется условие $\tau \ll t_{\phi}$, максимальная величина отраженного сигнала приближенно определяется по формуле (12)

$$U_m = \frac{E}{t_{\phi}} \tau \quad (12)$$

Откуда величина индуктивности определяется выражением (13)

$$L = 2 W t_{\phi} \frac{U_m}{E} \quad (13)$$

1.6. Нагрузка в виде R, C или R, L цепи

Пользуясь рефлектограммами рис. 2, 5, 6 и формулами (3), (10) и (13), можно оценить неоднородность в виде несогласованной нагрузки, состоящей из R, C или R, L цепи. На рис. 7 показана, например, рефлектограмма в случае нагрузки, состоящей из последовательного соединения индуктивности L и активного сопротивления R, величина которого меньше волнового сопротивления линии.

Величина индуктивности приближенно определяется с помощью формулы (13), а сопротивление с помощью формулы (5).

1.7. Плавное изменение волнового сопротивления линии

Известно, что плавное изменение волнового сопротивления линии (рис. 8) приводит к появлению отражений от участка неоднородности, и отраженный сигнал (если не учитывать конечную длительность фронта зондирующего сигнала) приближенно определяется выражением (14)

$$U_0(t) \cong \ln \frac{W(x)/x}{W} = \frac{V t}{2} \quad (14)$$

где W — волновое сопротивление однородной линии,
 $W(x)$ — волновое сопротивление на участке неоднородности, изменяющейся вдоль линии.

Если отраженный сигнал не превышает 0,4 значения зондирующего сигнала, то с точностью не менее 10% логарифмический масштаб может быть заменен линейным масштабом в соответствии с выражением (15)

$$W(x) = W_0 e^{U_0(t) \cdot \frac{2x}{V}} \cong W \left[1 + U_0(t) / t = \frac{2x}{V} \right]. \quad (15)$$

Учет конечной длительности фронта зондирующего сигнала приводит к увеличению погрешности определения величины неоднородности и положения ее максимума вдоль линии. Чем больше длительность фронта зондирующего сигнала, тем меньше величина отраженного сигнала и его максимум смещается в сторону возрастания координаты X (рис. 8).

1.8. Разрешающая способность

Если в линии имеется две неоднородности, расположенные на расстоянии ΔX друг от друга, то при малом расстоянии ΔX отраженные от них сигналы наложатся друг на друга. Две неоднородности наблюдаются раздельно на экране осциллографа рефлектометрической установки, если

$$\Delta X > \frac{V t_{\Phi}}{2}, \quad (16)$$

где V — скорость распространения сигнала вдоль линии,
 t_{Φ} — длительность фронта зондирующего сигнала.

Аналогично при плавном изменении волнового сопротивления линии на экране осциллографа не будут заметны участки неоднородности, на которых волновое сопротивление изменяется существенно на расстоянии равном или меньше ΔX .

При определении разрешающей способности рефлектометрической установки учитывается конечная длительность фронта зондирующего сигнала t_{Φ} , фактически разрешающая способность определяется некоторой эффективной длительностью фронта зондирующего сигнала $t_{\Phi\text{эф}}$, которая определяется собственно длительностью фронта зондирующего сигнала и временем установления переходной характеристики t_y используемого в рефлектометрической установке осциллографа, то есть приближенно (для зондирующего сигнала гладкой формы) можно найти

$$t_{\Phi\text{эф}} = \sqrt{t_{\Phi}^2 + t_y^2}. \quad (17)$$

Для получения более точных рефлектограмм и увеличения разрешающей способности установки необходимо использовать генератор зондирующего сигнала с возможно меньшей длительностью фронта и стробоскопический осциллограф, имеющий большую широкую полосу и высокую чувствительность.

На качество рефлектограммы и точность оценки неоднородностей по ним влияет форма зондирующего сигнала. Желательно, чтобы величина выбросов и неравномерность плоской вершины зондирующего сигнала были весьма малы (менее 2—5%).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ НА РЕФЛЕКТОМЕТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКЕ

2.1. Аппаратура и порядок измерений

В качестве генератора зондирующего сигнала используется генератор типа Я4С-20А, с выхода которого снимается перепад напряжения с фронтом длительностью $t_{\Phi} = 0,15 \text{ нс}$ и максимальным значением $U_c = 0,35 \text{ В}$. В качестве регистрирующего прибора используется стробоскопический осциллограф С7-12 с блоком преобразователя 12ПС-1. Время установления аппаратурной функции рефлектометрической установки $t_{\Phi\text{э}} = 0,5 \text{ нс}$.

Согласно формуле (16) разрешающая способность установки для тракта с воздушным заполнением равна $\Delta X = 52 \text{ мм}$. Осциллограмма переходной характеристики (аппаратурной функции) установки показана на рис. 9. Особенно интересно является то, что при наличии в исследуемом тракте короткого замыкания рефлектограмма на экране осциллографа не наблюдается, так как генератор Я4С-20А в этом случае не генерирует зондирующего сигнала (нарушается режим работы туннельного диода). Все остальные рассмотренные в главе I неоднородности могут быть зарегистрированы и измерены.

Так как в начальной части вершины зондирующего сигнала имеется неравномерность, то для удобства наблюдения сигналов, отраженных от начальных участков исследуемой системы, между смесителем (выходной разъем смесителя на панели осциллографа) и исследуемой системой необходимо

поместить однородный отрезок линии передачи с воздушным заполнением (или отрезок коаксиального кабеля) с волновым сопротивлением 50 Ом и длиной 25—30 см.

При проведении измерений следует руководствоваться следующим порядком операций:

а) Подключить коаксиальным кабелем генератор Я4С-20А к входному разъему У — канала осциллографа.

б) Включив осциллограф и генератор, наблюдать зондирующий сигнал на экране при чувствительности 100 мВ/см и развертке 1 нс/см при наличии согласованной нагрузки на выходе смесителя рабочего канала осциллографа. Убедившись в нормальной работе генератора Я4С-20А (осциллограмма имеет вид, приведенный на рис. 9), далее в процессе работы никакие регулировки генератора не производить, ибо длительность его фронта t_{ϕ} и максимальное значение E , измеренные по осциллограмме рис. 9, должны сохраняться неизменными при наблюдении и измерении рефлектограмм.

в) К выходному разъему смесителя рабочего канала осциллографа подключается отрезок однородной линии (эталонной) или кабеля и при разомкнутом втором конце наблюдается рефлектограмма для случая (рис. 10) при чувствительности 100 мВ/см и развертке 2 нс/см.

г) Ко второму концу отрезка однородной линии подключается вход исследуемой системы. С помощью регулировки ЗАДЕРЖКА осциллограмма смещается к началу развертки так, что неравномерность вершины начального участка зондирующего сигнала оказывается слева за экраном трубки.

В зависимости от величины отраженного сигнала и положения неоднородности (длины исследуемого тракта) выбирается чувствительность (100, 50 и 20 мВ/см) и развертка (1, 2 нс/см). При чувствительности в 50 и 20 мВ/см наблюдается только плоская часть вершины зондирующего сигнала и отраженный сигнал на ней, то есть фактически наблюдается рефлектограмма.

д) Определив по осциллограмме зондирующего сигнала (рис. 9) его максимальное значение E (в данном случае $E = 370$ мВ) и измерив величину отраженного сигнала, можно определить коэффициент отражения. В случае неоднородности в виде активного сопротивления коэффициент отражения находится непосредственно $\Gamma = \frac{U_0}{E}$. В случае неоднородностей

емкостного или индуктивного характера коэффициент отражения рассматривается на интересующей частоте с помощью формул для емкости (8) и (10), а для индуктивности с помощью формул (11) и (13).

2.2. Примеры рефлектограмм

На рис. 11 приведена рефлектограмма для случая, когда отрезок однородной линии нагружен на активное сопротивление, соединенное последовательно с емкостью. Активным сопротивлением явилась некачественная стандартная нагрузка канала 10/4; как видно из рефлектограммы, ее сопротивление $R_n \cong 58$ Ом. Емкость принадлежит некачественному стандартному коаксиальному переходу (типа гнездо — гнездо) тракта с $W = 50$ Ом.

На рефлектограмме обозначено буквой «а» место емкостной неоднородности, величина которой, определенная по рефлектограмме с помощью формулы (10), равна $C \cong 0,2$ пФ. На частоте 1 ГГц это соответствует, согласно (8), коэффициенту отражения.

$$|\Gamma| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}} \cong 0,031. \quad (18)$$

Буквой «в» на рефлектограмме отмечена величина скачка активного сопротивления $R_n > W$.

На рис. 12 приведена рефлектограмма, полученная от нагрузки, представляющей собой последовательное соединение активного сопротивления $R_n = 52$ Ом и индуктивности L . Буквой «а» показано место положения индуктивной неоднородности, величина индуктивности, определенная по рефлектограмме, равна 1,4 нГ.

На рис. 13 показана рефлектограмма, соответствующая протяженному перепаду волнового сопротивления от 50 до 75 Ом, полученная при измерении стандартного коаксиального ступенчатого перехода Э1-19Г. На рефлектограмме буквами отмечены места ступенек (изменение сечения центрального проводника перехода). В местах ступенек, кроме скачка волнового сопротивления, наблюдаются небольшие неоднородности реактивного характера.

На рис. 14 и 15 показаны рефлектограммы, полученные при исследовании макета в виде коаксиальной линии с воздушным заполнением, в некоторых сечениях которой (пу-

тем введения специальных штырей) создаются неоднородности емкостного характера. Осциллограммы иллюстрируют влияние разрешающей способности рефлектометра.

Рефлектограмма (рис. 14) показывает отраженные сигналы («а» и «в») от неоднородностей, расположенных на расстоянии $l < \Delta X$, когда неоднородности не разделены. На рис. 15 при $l > \Delta X = \frac{Vt_{фз}}{2}$ неоднородности уже наблюдаются раздельно.

Кроме исследования неоднородностей коаксиальных и плосковых линий и различных узлов, созданных на их основе, с помощью данной рефлектометрической установки можно проверять качество согласования входных устройств антенн, антенных ответвителей и др. Рефлектометрическая установка позволяет удобно и быстро контролировать качество компенсации различных неоднородностей при разработке широкополосных распределенных систем и СВЧ узлов, содержащих активные элементы.

На рис. 16 и 17 приведены рефлектограммы смесителя стробоскопического осциллографа, выполненного в виде симметричной полосковой системы с встроенными диодами. На рис. 16 показана рефлектограмма смесителя без диодов. Здесь симметричные выточки во внутреннем проводнике, предназначенные для крепления двух диодов, создают неоднородность индуктивного характера ($L \cong 1 \text{ нГ}$). На рис. 17 показана рефлектограмма того же смесителя с встроенными диодами, емкость которых, как видно, скомпенсирована индуктивной неоднородностью выточки в проводнике смесителя.

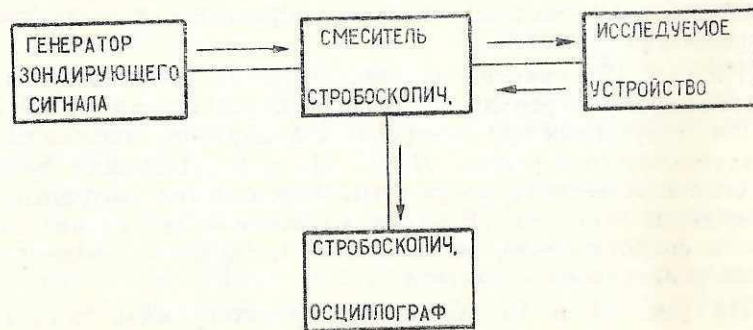
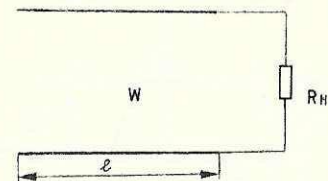
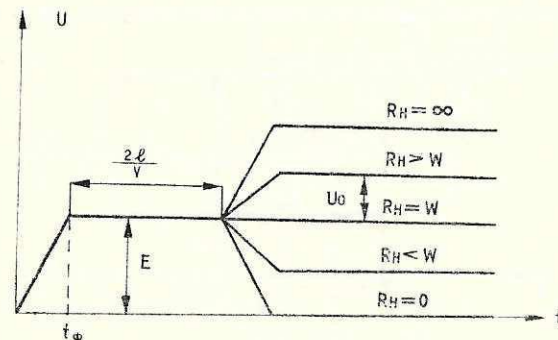


Рис. 1

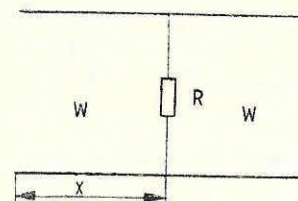


а)



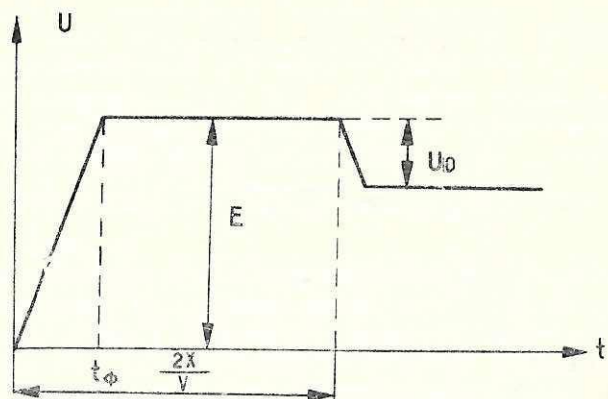
б)

Рис. 2



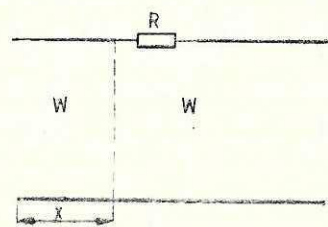
а)

Рис. 3

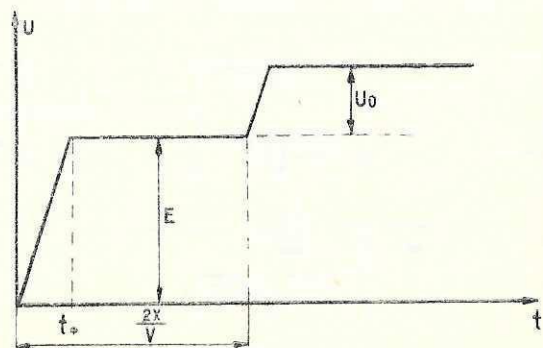


б)

Рис. 3

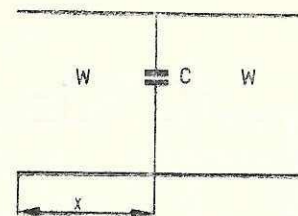


а)

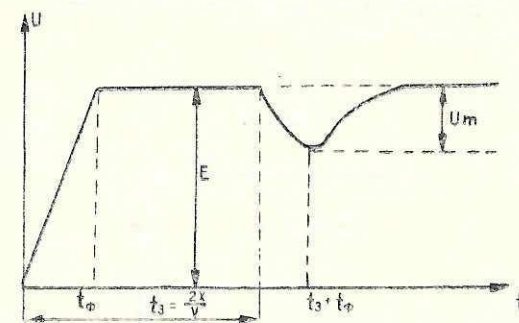


б)

Рис. 4

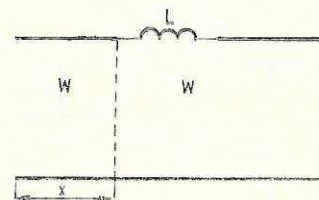


а)



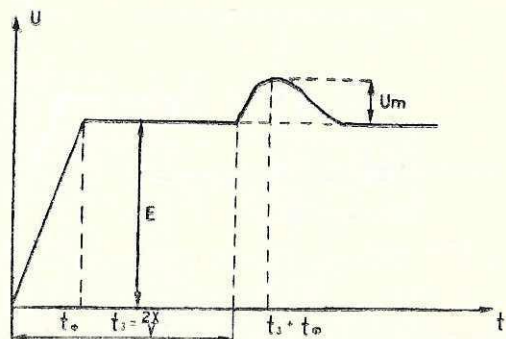
б)

Рис. 5



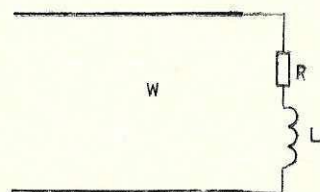
а)

Рис. 6

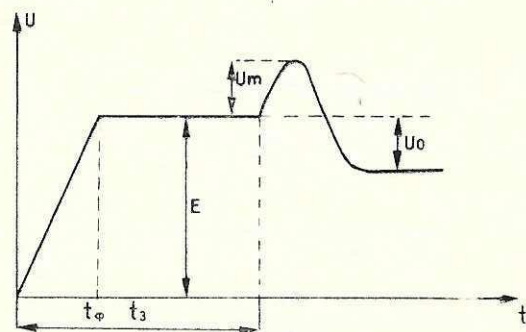


б)

Рис. 6

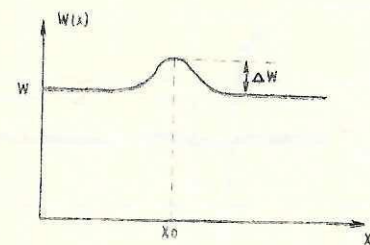


а)

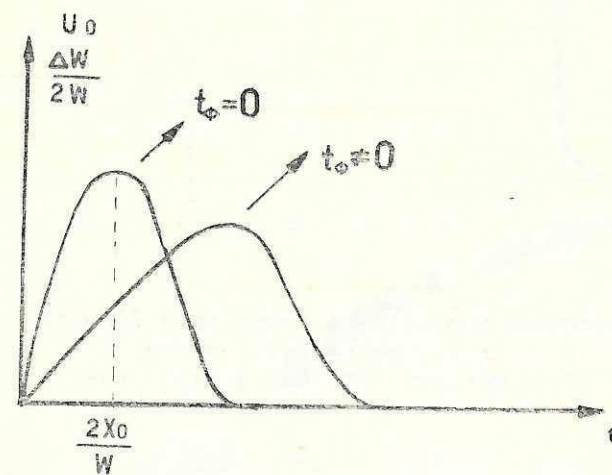


б)

Рис. 7



а)



б)

Рис. 8

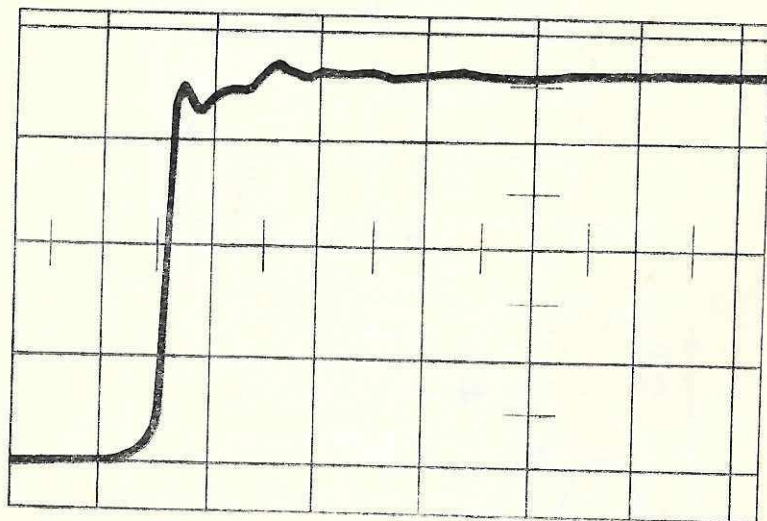


Рис. 9. Переходная характеристика (аппаратурная функция) рефлектометрической установки.
Чувствительность 100 мВ/см , развертка 1 нс/см

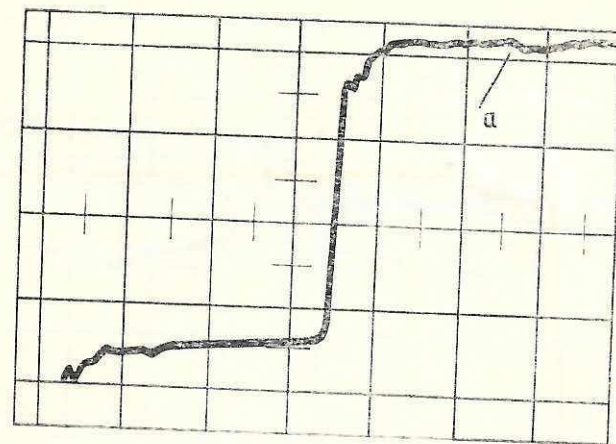


Рис. 10а. Рефлектограмма отрезка кабеля, разомкнутого на конце.
Чувствительность 20 мВ/см , развертка 2 нс/см

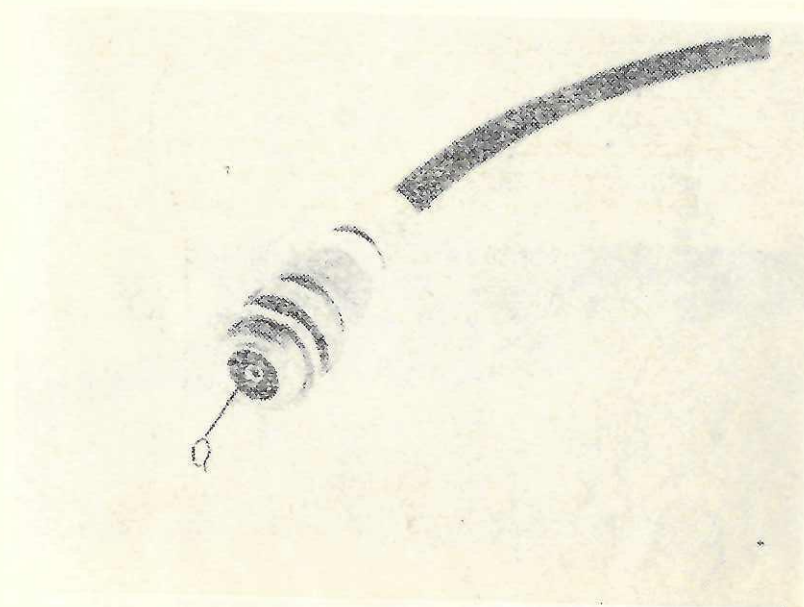


Рис. 10б. Кабель разомкнутый на конце

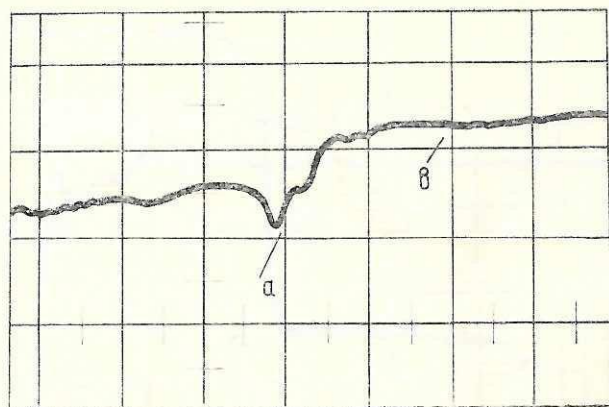


Рис. 11а. Рефлектограмма в случае нагрузки в виде активного сопротивления, последовательно соединенного с емкостью.
Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

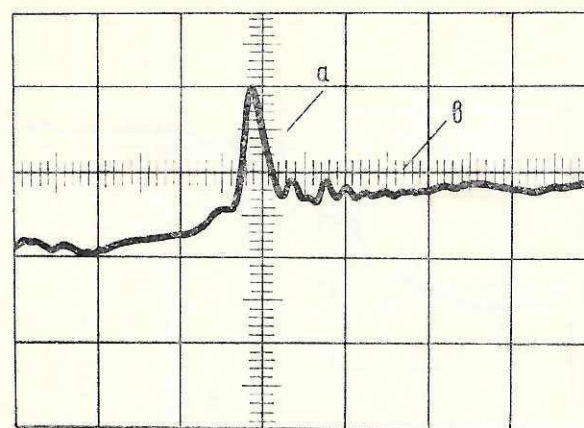


Рис. 12а. Рефлектограмма от нагрузки в виде последовательного соединения активного сопротивления и индуктивности.
Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

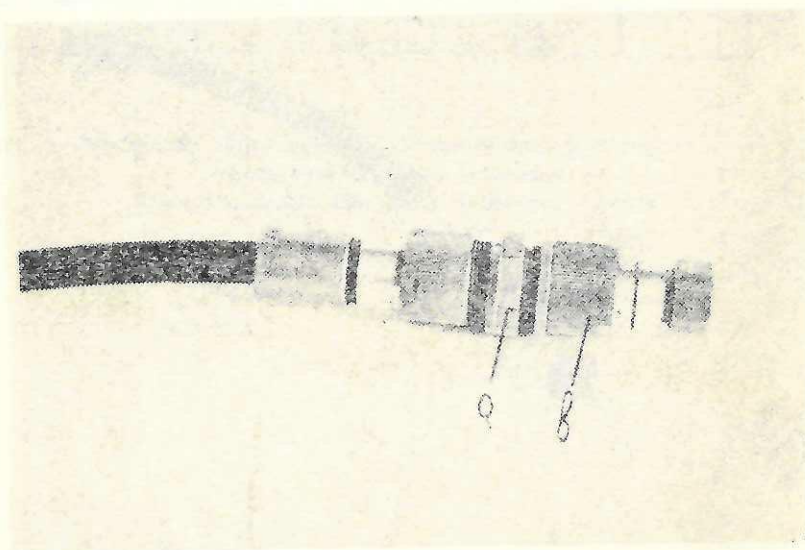


Рис. 11б. Фото нагрузки «а» — коаксиальный переход, имеющий емкость 0,2 пФ, «в» — коаксиальная нагрузка величиной 53 Ом

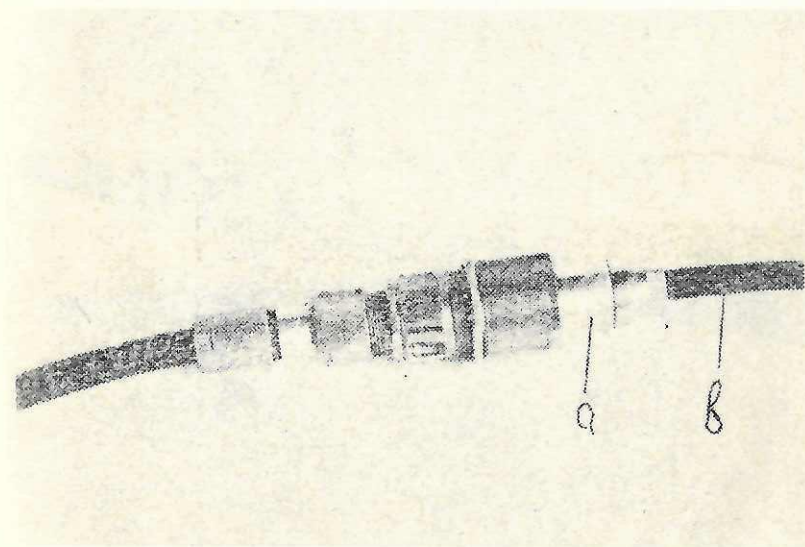


Рис. 12б. Фото нагрузки «а» — место заделки кабеля (индуктивность 1,4 нГ), «в» — отрезок кабеля с волновым сопротивлением 52 Ом

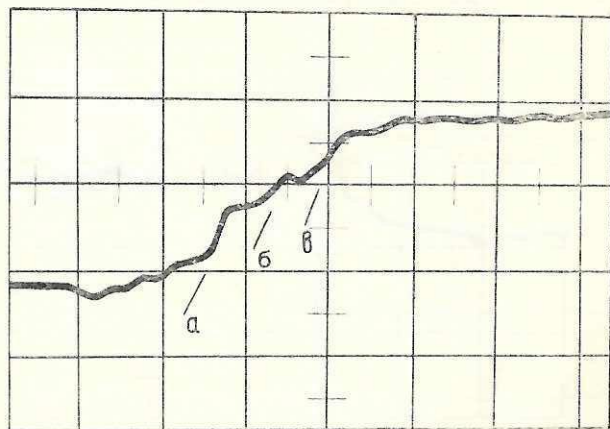


Рис. 13а. Рефлектограмма ступенчатого перехода «а», «б», «в» — места положения ступенек. Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

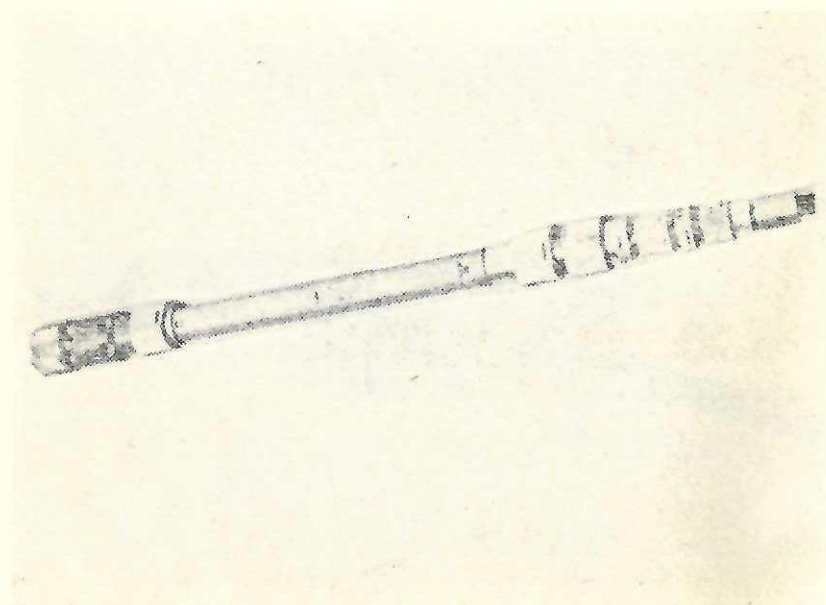


Рис. 13б. Фотография коаксиального перехода Э1-19Г от волнового сопротивления 50 Ом к 75 Ом

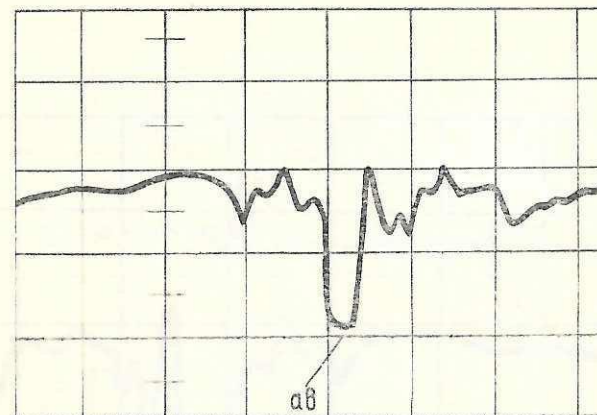


Рис. 14а. Рефлектограмма от двух емкостных неоднородностей, расположенных на расстоянии $l < \Delta X$ друг от друга. Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

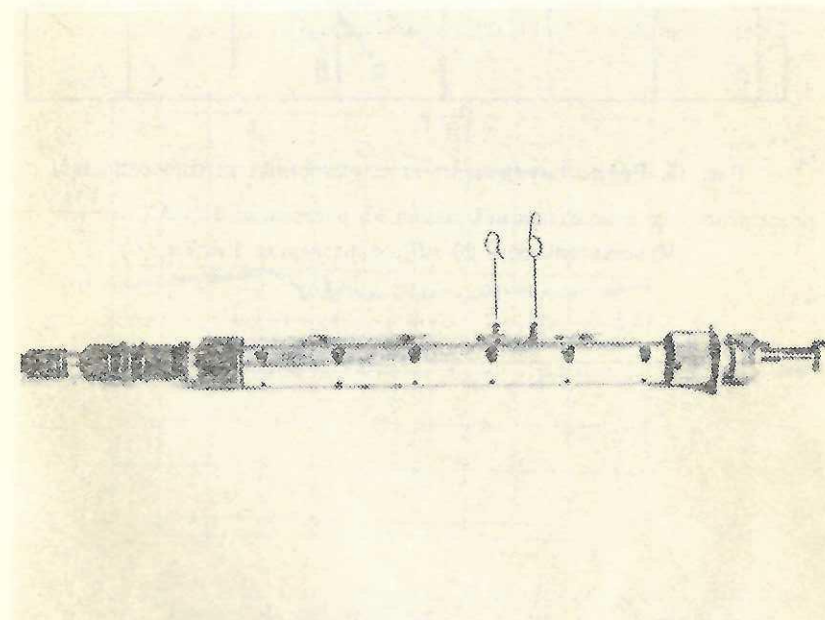


Рис. 14б. Фотография коаксиальной линии с емкостными неоднородностями

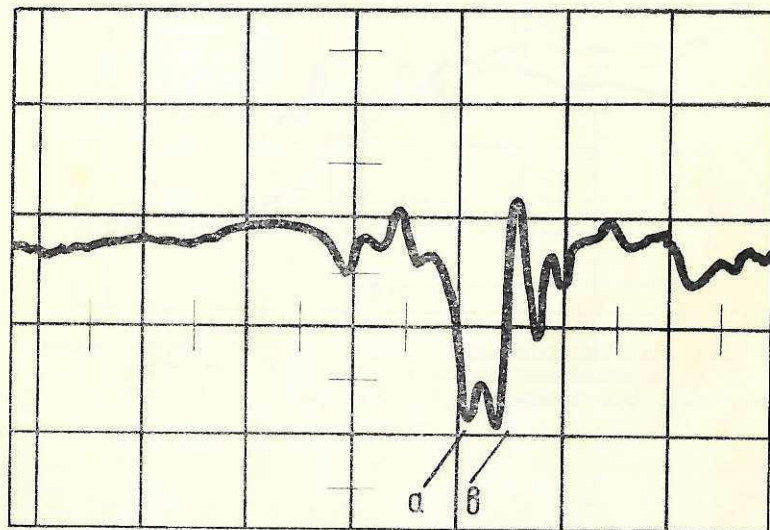


Рис. 15. Рефлектограмма от двух емкостных неоднородностей, расположенных в коаксиальной линии на расстоянии $l > \Delta X = \frac{Vt_{\phi}}{2}$. Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

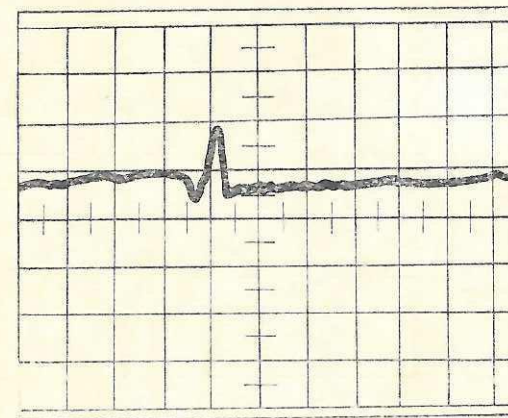


Рис. 16. Рефлектограмма неоднородности в стробоскопическом смесителе при отсутствии диодов. Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см

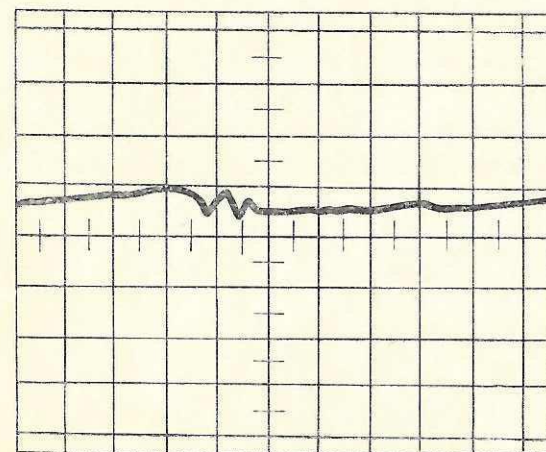


Рис. 17. Рефлектограмма неоднородности в стробоскопическом смесителе при наличии диодов. Чувствительность 20 мВ/см, развертка 1 нс/см