

**P4-37, P4-37/1**

---

*Дан С*

**ИЗМЕРИТЕЛЬ  
КОМПЛЕКСНЫХ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ПЕРЕДАЧИ**



# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОМПЛЕКСНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАЧИ Р4-37, Р4-37/1

---



ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ  
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ЦЮ1.400.245 ТО



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	5
2. Назначение .....	5
3. Технические данные .....	10
4. Состав измерителей .....	15
5. Устройство и работа измерителей и их составных частей .....	18
5. 1. Принцип действия .....	18
5. 2. ГКЧ4 .....	20
5. 3. Преобразователь частоты и выносные смесители .....	43
5. 4. Блок измерительный .....	60
5. 5. Измерительные СВЧ-узлы .....	97
6. Маркирование и пломбирование .....	101
7. Общие указания по эксплуатации .....	102
8. Указания мер безопасности .....	103
9. Подготовка к работе .....	104
10. Порядок работы .....	104
10. 1. Подготовка к проведению измерений .....	104
10. 2. Проведение измерений .....	118
11. Характерные неисправности и методы их устранения .....	130
12. Техническое обслуживание .....	144
13. Поверка измерителей .....	145
13. 1. Операции и средства поверки .....	145
13. 2. Условия поверки и подготовка к ней .....	148
13. 3. Проведение поверки .....	148
13. 4. Оформление результатов поверки .....	154
14. Правила хранения .....	154
15. Транспортирование .....	155
15. 1. Тара, упаковка и маркирование упаковки .....	155
15. 2. Условия транспортирования .....	155
Приложение 1. Перечень сокращений, применяемых в настоящем техническом описании и инструкции по эксплуатации	159
Приложение 2. Карточка отзыва потребителя .....	161÷164
Приложения 3—7 смотрите во второй книге описания.	

Внешний вид измерителя  
комплексных коэффициентов передачи

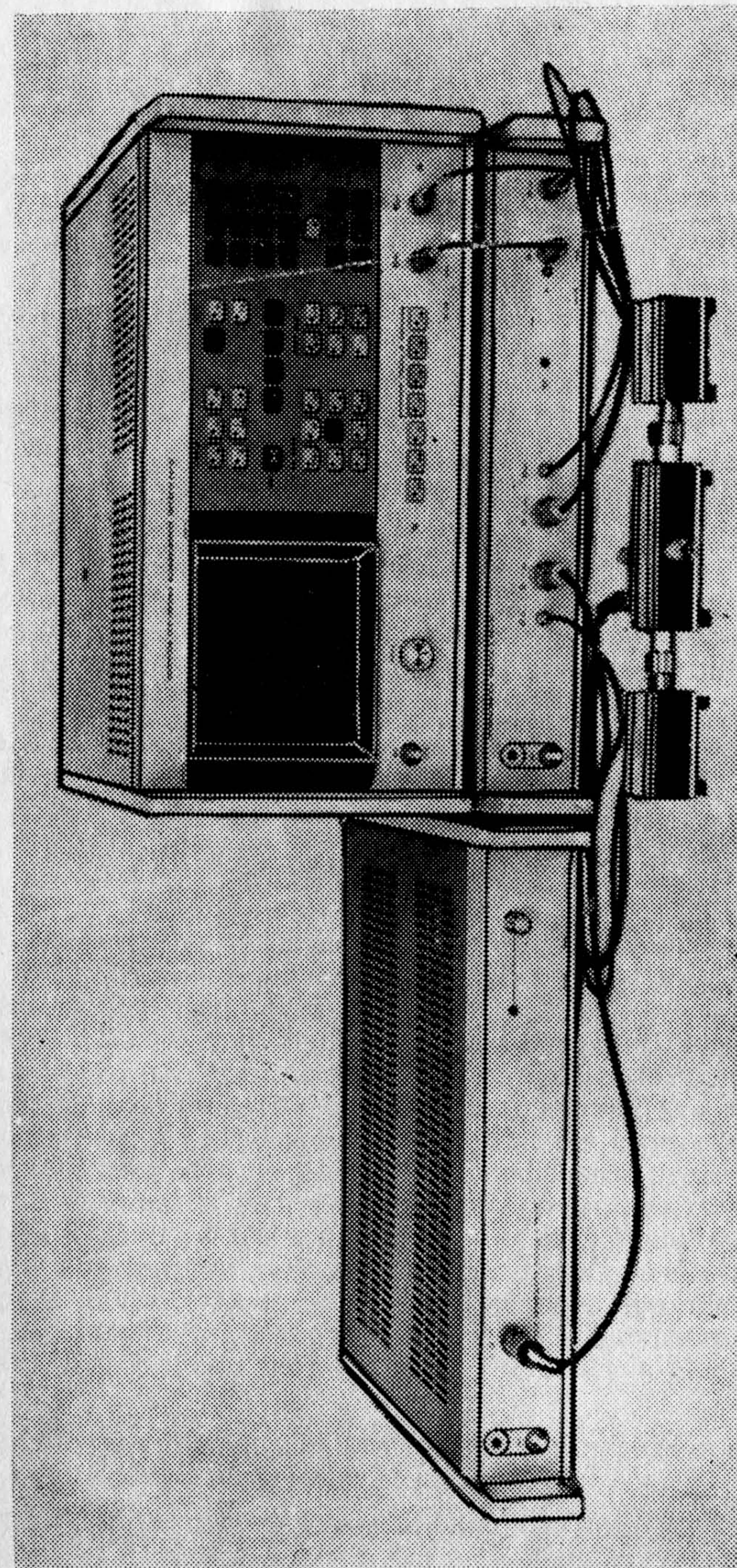


Рис. 1. 1.



## 1. ВВЕДЕНИЕ

1. 1. Настоящее техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) предназначено для пояснения принципа действия измерителей комплексных коэффициентов передачи Р4-37, Р4-37/1 (далее «измерители») и отдельных их узлов и устанавливает порядок пользования и поверки измерителей.

1. 2. В ТО приводится принцип работы измерителей в целом и основных узлов, порядок подготовки измерителей к работе и порядок работы с ними.

1. 3. ТО состоит из одной книги и приложений 1.400.245 ТО1, в которых приведены таблицы режимов и намоточных данных трансформаторов, схемы электрические принципиальные узлов, планы расположения элементов на печатных платах и чертежи укладки комплектов комбинированных.

1. 4. Сокращения, принятые в тексте ТО, приведены в приложении 1.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ

2. 1. Измерители комплексных коэффициентов передачи Р4-37 (измерительный тракт 50 Ом, канал 7/3,04 мм), Р4-37/1 (измерительные тракты 50 Ом, каналы 16/6,95 и 7/3,04 мм; 75 Ом канал 16/4,6 мм) предназначены для панорамного измерения частотных зависимостей S-параметров коаксиальных многополюсников (ослабления, модуля коэффициента отражения, КСВН, фазы коэффициентов отражения и передачи) в диапазоне частот от 1 до 1250 МГц с цифровым отсчетом измеряемых величин и воспроизведением их частотных зависимостей на экране ЭЛТ в декартовой и полярной системах координат. Измерители также позволяют измерять активную (R) и реактивную (jX) составляющие полного нормированного входного сопротивления  $Z=R+jX$  и ГВЗ, вычисляемых по известным алгоритмам из результатов измерения S-параметров.

Измеритель комплексных коэффициентов передачи обеспечивает новые метрологические возможности:

1) исключение погрешности калибровки из результатов измерений;



2) одновременный цифровой отсчет полосы частот, частоты измерения и измеряемой величины на этой частоте;

3) запоминание исследуемой характеристики и проведение измерений относительно нее;

4) измерение ГВЗ и места неисправности в линии передачи;

5) диалоговый режим работы с измерителями позволяет произвести обнаружение ошибок и неверные действия оператора при измерениях.

2. 2. Рабочие условия эксплуатации измерителей:

1) температура окружающей среды от 5 до 40°C;

2) относительная влажность воздуха не более 80% при температуре 25°C;

3) напряжение питающей сети  $(220 \pm 22)$  В, частотой 50 Гц.

Примечание. Не допускается подвергать измерители воздействию циклических изменений температур.

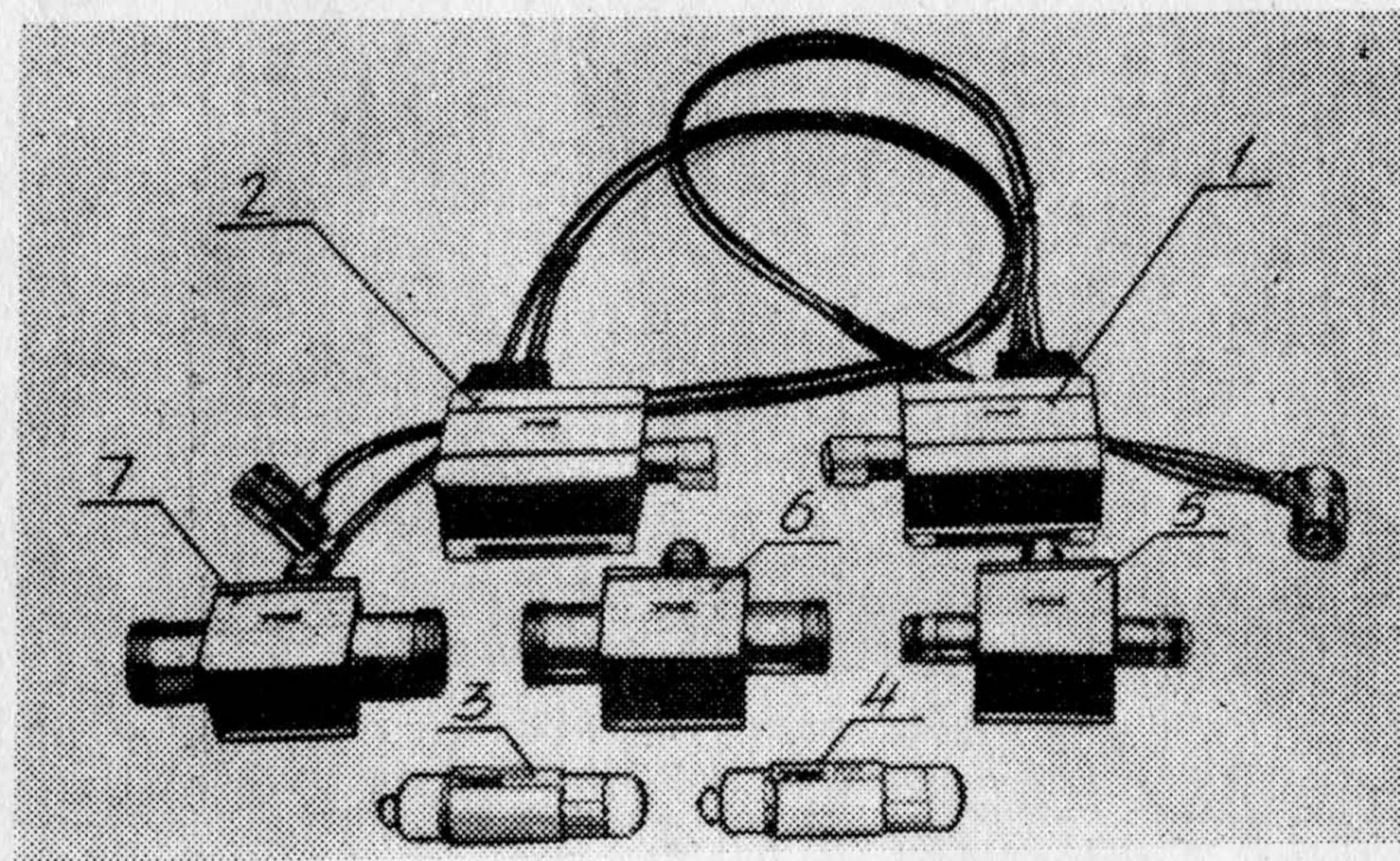
2. 3. ВНИМАНИЕ! При нарушении правил эксплуатации приборы Р4-37 часто выходят из строя из-за поломки разъемов БЛОК ГЕНЕР., БЛОК ИЗМЕР., УПРАВЛ. на задних панелях блоков.

Для исключения подобных случаев необходимо при сборке рабочего места визуально контролировать отсутствие перекосов кабельной вилки относительно розетки на задней панели.

Конструкция разъема «Z<sub>x</sub>» рефлектометра обеспечивает контакт с разъемом измеряемого устройства за счет применения специальной торцевой цанги. В случае отсутствия контакта при измерениях необходимо проверить присоединительные размеры разъема измеряемого устройства. Обжимать цангу разъема «Z<sub>x</sub>» рефлектометра категорически запрещается, а сам рефлектометр необходимо защищать от толчков и ударов.

Изменение фазы при воздействии на СВЧ-кабели внешних смесителей крутящего момента не нормируется, поэтому для уменьшения погрешности измерения фазы коэффициента передачи рекомендуется при сборке рабочего места уложить СВЧ-кабели (они имеют большее сечение) в одной горизонтальной плоскости. Для исключения появления крутящего момента при подключении этих кабелей к разъемам на лицевой панели блока ПЧ необходимо придерживать рукой корпус разъема кабеля, не давая ему вращаться.

## Выносные узлы

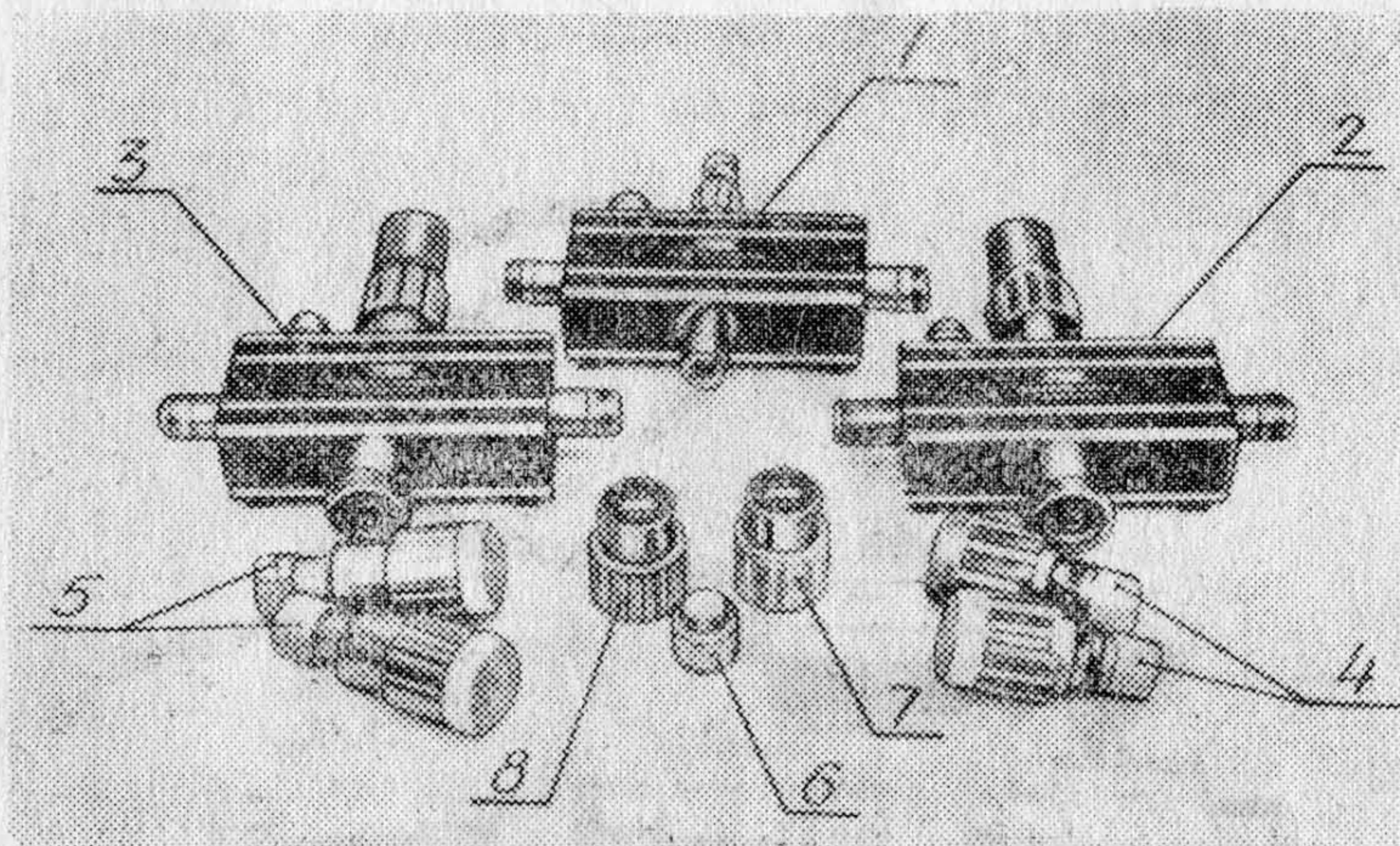


- 1 — смеситель 5.436.077;
- 2 — смеситель 5.436.077-01;
- 3 — аттенюатор 2.243.016;
- 4 — аттенюатор 2.243.016-06;
- 5 — тройник измерительный 5.436.214;
- 6 — тройник измерительный 5.436.214-01;
- 7 — тройник измерительный 5.436.214-02.

Рис. 2. 1.



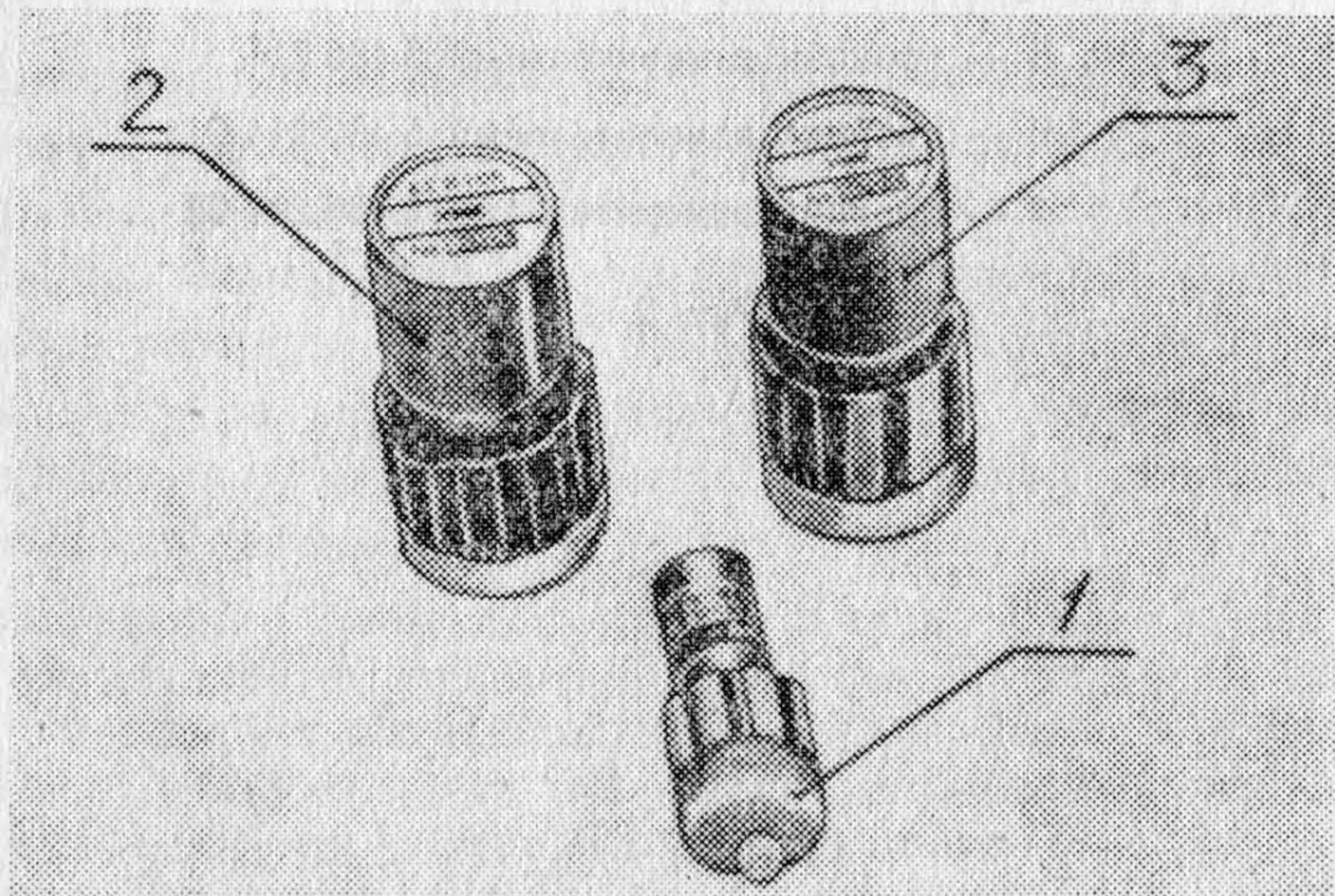
## Выносные узлы



- 1 — рефлектометр 2.744.125;
- 2 — рефлектометр 2.744.125-01;
- 3 — рефлектометр 2.744.125-02;
- 4 — аттенюатор-переход 2.727.134;
- 5 — переход 5.433.165;
- 6 — короткозамыкатель 5.437.000;
- 7 — короткозамыкатель 5.437.009;
- 8 — короткозамыкатель 5.437.009-01.

Рис. 2. 2.

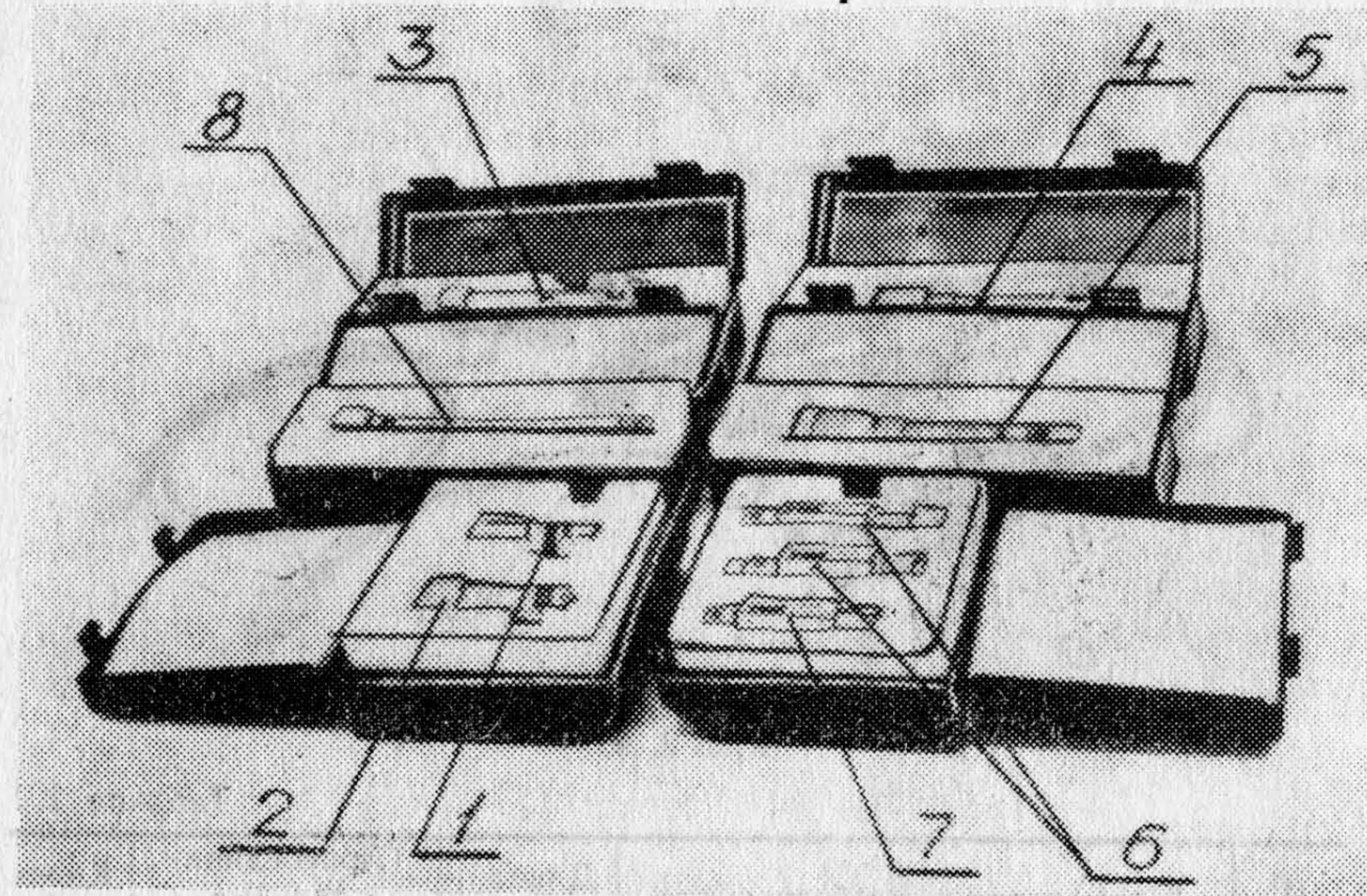
## Выносные узлы



- 1 — нагрузка коаксиальная 2.243.329-01;
- 2 — нагрузка коаксиальная 2.240.057;
- 3 — нагрузка коаксиальная 2.240.057-04.

Рис. 2. 3.

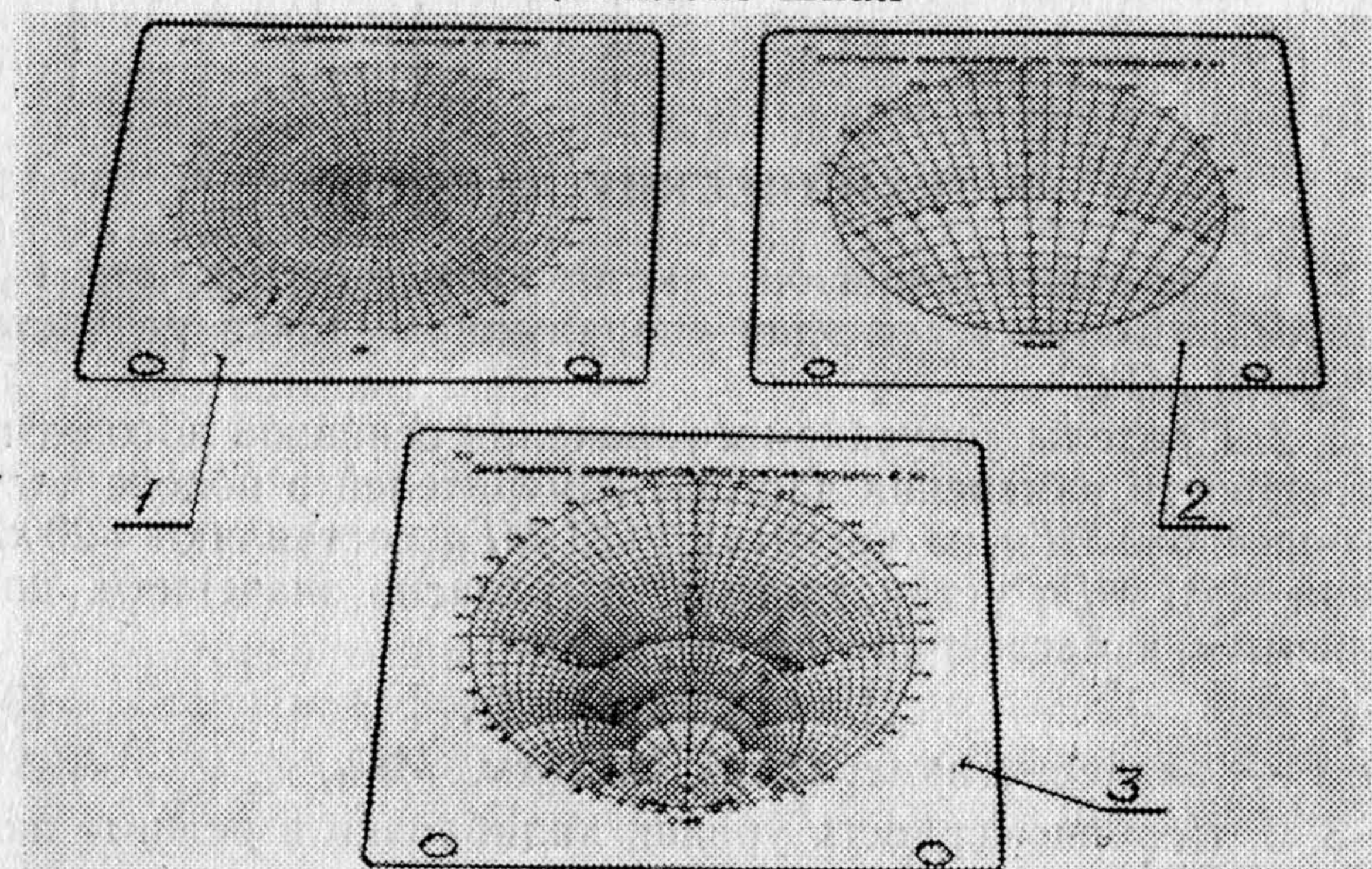
## Комплект мер



- 1 — нагрузка коаксиальная 2.243.329-01;
- 2 — нагрузка коаксиальная 2.240.056-03;
- 3 — линия короткозамкнутая 2.266.004;
- 4 — линия короткозамкнутая 2.266.004-01;
- 5 — линия короткозамкнутая 2.266.004-02;
- 6 — аттенюатор 2.243.016-09;
- 7 — аттенюатор 2.243.016-06;
- 8 — линия коаксиальная 5.433.058.

Рис. 2. 4.

## Комплект шкал



- 1 — шкала 7.021.182; 2 — шкала 7.021.173; 3 — шкала 7.021.174.

Рис. 2. 5.



## Комплект кабелей

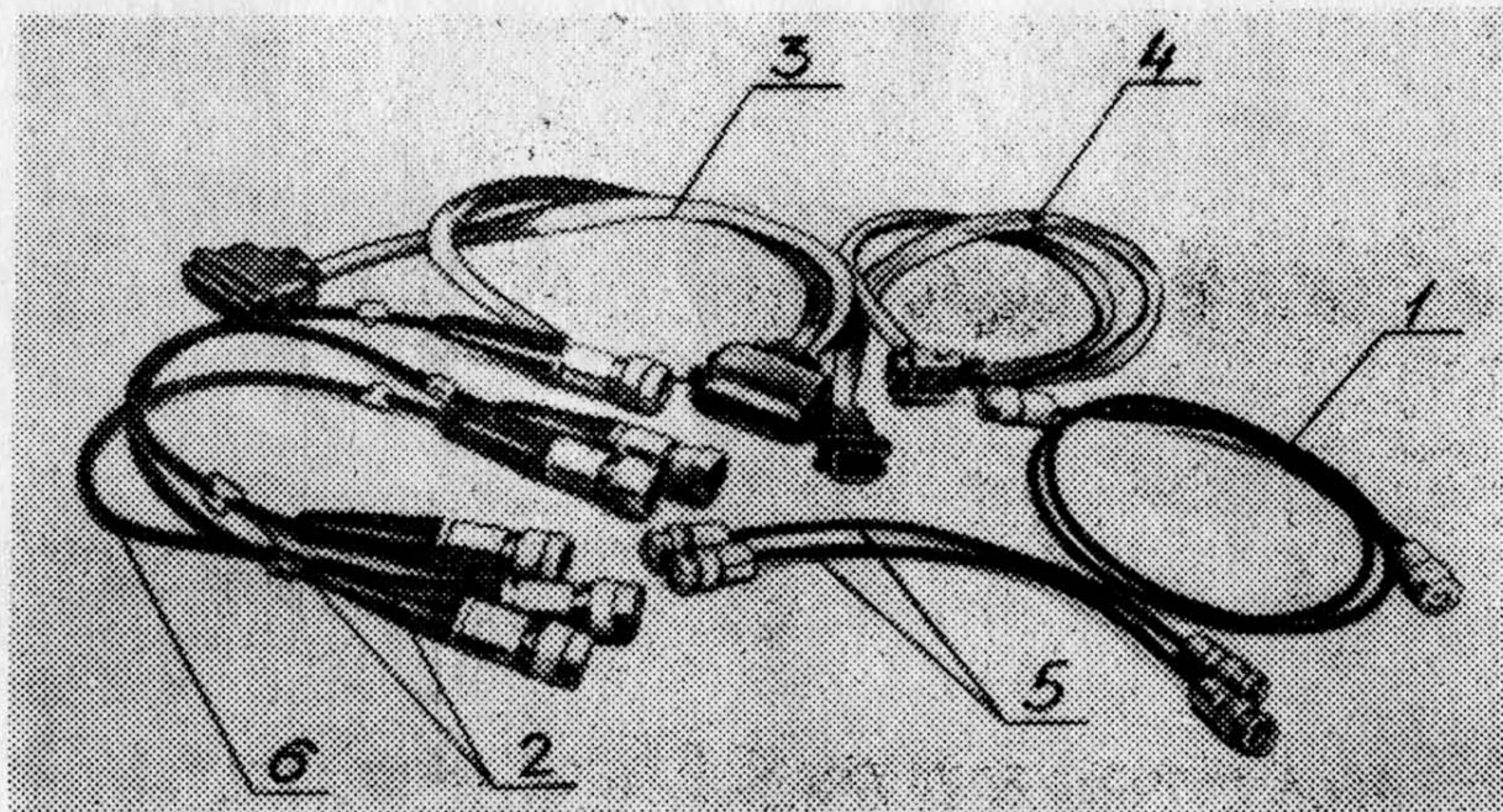


Рис. 2. 6.

Таблица 2. 1

№ поз.	Наименование и обозначение	Длина, мм	Присоединительные разъемы	Количество
1	Кабель соединительный В. Ч. 4.852.517-08	1000	СР-50-74ПВ	1
2	Кабель соединительный В. Ч. 4.850.369-03	800	3.640.020-01	3
3	Кабель 4.853.369	1000	РПМ7-36ШКП	1
4	Кабель 4.853.373	1000	РПМ7-8ШКП	1
5	Кабель соединительный В. Ч. 4.852.517-02	250	СР-50-74ПВ	2

### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3. 1. Рабочий диапазон частот измерителей от 1 до 1250 МГц. Допускается одна «пораженная» точка на частоте (1090±3) МГц.

3. 2. Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения частоты измерителей в полосе частот не более 650 МГц на частотах  $f \leq 31$  МГц составляют  $\pm 20$  кГц, а при  $f \geq 31$  МГц устанавливаются согласно значениям, определяемым в мегагерцах по формуле

$$\Delta f = \pm (0,1 + 0,001 f), \quad (3. 1)$$

где  $f$  — значение измеряемой частоты, МГц.

3. 3. Неравномерность уровня калибровки в режиме измерения КСВН и фазы коэффициента отражения в полосе час-

тот не более 650 МГц, не более 0,5 дБ по амплитуде и 5° по фазе.

3. 4. Диапазон измерения КСВН от 1,03 до 2,0, диапазон индикации КСВН — от 1 до  $\infty$ . Диапазон измерения модуля коэффициента отражения от 0,02 до 1. Диапазон измерения фазы коэффициента отражения от 0 до  $\pm 180^\circ \cdot n^*$  при КСВН от 1,2 до 2,0.

Примечание. Вместо знака « $\infty$ » на экране может высвечиваться любое трехзначное число  $C, |C| \geq 100$ .

3. 5. Пределы допускаемого значения основной относительной погрешности измерения КСВН или модуля коэффициента отражения при калибровке в полосе частот не более 650 МГц устанавливаются согласно значениям, определяемым в процентах по формуле (3. 2) или (3. 3) соответственно:

$$\delta K_{стU} = \pm 2,4 K_{стU} \text{ при } 1,03 \leq K_{стU} \leq 2; \quad (3. 2)$$

$$\delta \Gamma_x = \pm (1 + 5 |\Gamma_x| + \frac{1,2}{|\Gamma_x|}) \text{ при } 0,02 \leq |\Gamma_x| \leq 1, \quad (3. 3)$$

где  $K_{стU}$  — значение измеряемого КСВН;

$\Gamma_x$  — значение измеряемого коэффициента отражения.

3. 6. Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения фазы коэффициента отражения при калибровке в полосе частот не более 650 МГц устанавливаются согласно значениям, определяемым в градусах по формуле (3. 4) или (3. 5) соответственно:

$$\Delta \varphi \Gamma_x = \pm (\frac{4}{K_{стU}} + 3) \text{ при } 1,2 \leq K_{стU} \leq 2; \quad (3. 4)$$

$$\Delta \varphi \Gamma_x = \pm (1,5 + 4 |\Gamma_x| + \frac{0,5}{|\Gamma_x|}) \text{ при } 0,05 \leq |\Gamma_x| \leq 1. \quad (3. 5)$$

3. 7. Пределы допускаемого значения относительной погрешности измерения КСВН или модуля коэффициента отражения при калибровке в полосе частот не более 650 МГц при воздействии влияющих факторов устанавливаются согласно значениям, определяемым в процентах по формуле (3. 6) или (3. 7) соответственно:

$$\delta K'_{стU} = \pm (2,4 K_{стU} + 2); \quad (3. 6)$$

$$\delta \Gamma'_x = \pm (4 + 5 |\Gamma_x| + \frac{1,2}{|\Gamma_x|}). \quad (3. 7)$$

3. 8. Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения фазы коэффициента отражения при калибровке в полосе частот не более 650 МГц при воздействии влияющих факторов устанавливаются согласно значениям, опре-

\*  $n$  — число целых перепадов набега фазы в измеряемой полосе,  $n \leq 10$ .



деляемым в градусах по формуле (3.8) или (3.9) соответственно:

$$\Delta \varphi \Gamma_x' = \pm \left( \frac{4}{K_{стU}} + 5 \right); \quad (3.8)$$

$$\Delta \varphi \Gamma_x' = \pm \left( 4,5 + 4|\Gamma_x'| + \frac{0,5}{|\Gamma_x|} \right). \quad (3.9)$$

3. 9. Диапазон измерения модуля коэффициента передачи от плюс 30 до минус 80 дБ при калибровке в полосе частот не более 650 МГц.

Диапазон измерения фазы коэффициента передачи в декартовой системе координат от 0 до  $\pm 180^\circ$  при коэффициенте передачи от плюс 30 до минус 60 дБ.

3. 10. Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения модуля коэффициента передачи при калибровке в полосе частот не более 650 МГц устанавливаются согласно значениям, определяемым в децибелах по формуле

$$\Delta A_x = \pm (0,01 |A_x| + 0,3), \quad (3.10)$$

где  $A_x$  — значение измеряемого модуля коэффициента передачи при КСВН входа и выхода устройств не более 1,3 дБ.

3. 11. Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения фазы коэффициента передачи при калибровке в полосе частот не более 650 МГц (при измерении  $A_x$  от плюс 30 до минус 60 дБ) устанавливаются согласно значениям, определяемым в градусах по формуле

$$\Delta \varphi A_x = \pm (2 + 0,05 |A_x|). \quad (3.11)$$

3. 12. Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения модуля коэффициента передачи при калибровке в полосе частот не более 650 МГц при воздействии влияющих факторов устанавливаются согласно значениям, определяемым в децибелах по формуле

$$\Delta A'_x = \pm (0,015 |A_x| + 0,4). \quad (3.12)$$

3. 13. Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения фазы коэффициента передачи при калибровке в полосе частот не более 650 МГц при воздействии влияющих факторов устанавливаются согласно значениям, определяемым в градусах по формуле

$$\Delta \varphi' A_x = \pm (3 + 0,05 |A_x|). \quad (3.13)$$

3. 14. Диапазон измерения ГВЗ должен быть от 0 до  $\frac{10^4}{F}$  нс,

где  $F$  — полоса частот, в которой производится индикация ГВЗ на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), МГц;

$F \geq 10$  МГц при  $f_b \leq 31$  МГц и  $F \geq 50$  МГц при  $f_b \geq 31$  МГц.

3. 15. Пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения ГВЗ в полосе частот от 0,02  $F$  до 0,96  $F$  при измерении  $A_x$  от 0 до минус 60 дБ устанавливаются согласно значениям, определяемым в наносекундах по формуле

$$\Delta \tau = \pm \left( \frac{300}{F} + 0,03 |A_x| \right). \quad (3.14)$$

3. 16. Пределы допускаемого значения абсолютной погрешности измерения ГВЗ при измерении  $A_x$  от 0 до минус 60 дБ при воздействии влияющих факторов устанавливаются согласно значениям, определяемым в наносекундах по формуле

$$\Delta \tau' = \pm \left( \frac{400}{F} + 0,03 |A_x| \right). \quad (3.15)$$

3. 17. Нестабильность уровня калибровки измерителей после 15-минутного прогрева за 15 мин. в нормальных условиях не более  $\pm 0,2$  дБ по модулю и  $\pm 1^\circ$  по фазе.

3. 18. Уровень мощности на входе измеряемого устройства во всех режимах измерения за исключением измерения ослабления от 40 до 80 дБ не более  $1 \cdot 10^{-6}$  Вт.

3. 19. Напряжение на контактах 5 разъема САМОПИ-СЕЦ не менее 1 В постоянного тока и на 3 пилообразное напряжение с размахом не менее 2 В.

3. 20. Волновое сопротивление измерительного тракта 50 Ом и 75 Ом (соединители — тип III, вариант 1; тип II и тип VIII по ГОСТ 13317-80 соответственно).

3. 21. Пределы допускаемого значения дополнительной абсолютной погрешности измерения модуля коэффициента передачи при КСВН входа и выхода устройств более 1,3 устанавливаются согласно значениям, определяемым в децибелах по формуле

$$\Delta A = \pm 10 \sqrt{|S_{11}\Gamma_1|^2 + |S_{22}\Gamma_2|^2 + |\Gamma_1\Gamma_2|^2 \cdot |S_{11}S_{22}|^2}, \quad (3.16)$$

где  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$  — коэффициенты отражения выхода тройника и входа аттенюатора 6 дБ, нагруженного на смеситель измерительного канала, не превышающие величин  $|\Gamma_1| \leq 0,1$ ;  $|\Gamma_2| \leq 0,1$ ;

$S_{11}, S_{22}, S_{12}, S_{21}$  — элементы матрицы рассеяния измеряемого устройства.



3. 22. Пределы допускаемого значения дополнительной абсолютной погрешности измерения фазы коэффициента передачи при КСВН входа и выхода устройств более 1,3 устанавливаются согласно значениям, определяемым в градусах по формуле

$$\Delta \varphi = \pm 100 \sqrt{|S_{11}\Gamma_1|^2 + |S_{22}\Gamma_2|^2 + |\Gamma_1\Gamma_2|^2 \cdot |S_{11}S_{22}|^2}. \quad (3.17)$$

3. 23. Электрическая изоляция цепи «вход сетевого разъема — корпус» измерителей выдерживает без пробоя испытательное напряжение переменного тока 1500 В в нормальных условиях и 1000 В при повышенной влажности.

Сопротивление изоляции указанной цепи измерителей относительно корпуса, МОм, не менее:

- 1) в нормальных условиях 20;
- 2) при повышенной относительной влажности 2;
- 3) при повышенной температуре 5.

3. 24. Измерители обеспечивают свои технические характеристики в пределах норм, установленных техническими условиями, по истечении времени установления рабочего режима, равного 15 мин.

3. 25. Измерители сохраняют свои технические характеристики в пределах норм, установленных ТУ при питании их от сети переменного тока напряжением  $(220 \pm 22)$  В, частотой  $(50 \pm 0,4)$  Гц.

3. 26. Мощность, потребляемая каждым измерителем от сети при номинальном напряжении, не превышает 480 В·А.

3. 27. Измерители допускают непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 8 ч. при сохранении своих технических характеристик в пределах норм.

3. 28. Нарботка на отказ  $T_0$  измерителей не менее 3000 ч.

3. 29. Гамма-процентный ресурс при  $\gamma=90\%$  не менее 7000 ч.

3. 30. Гамма-процентный срок службы при  $\gamma=90\%$  не менее 10 лет.

3. 31. Гамма-процентный срок сохраняемости при  $\gamma=80\%$  не менее 10 лет.

3. 32. Габаритные размеры измерителей, мм, не более:

- 1) блока измерительного 488×536×253;
- 2) ГКЧ4 488×495×93;
- 3) преобразователя частоты 488×495×93;
- 4) комплектов комбинированных 483×375×170.

Габаритные размеры измерителей в транспортной таре, мм, не более:

- 1) блока измерительного 760×795×445;
- 2) ГКЧ4 760×765×295;

3) преобразователя частоты с комплектом комбинированным 760×765×485;

4) ГКЧ4 с комплектом комбинированным 760×765×485 для Р4-37/1.

3. 33. Масса отдельных блоков измерителей, кг, не более:

- 1) блока измерительного 28;
- 2) ГКЧ4 17;
- 3) преобразователя частоты 12;
- 4) комплекта комбинированного № 4 14;
- 5) комплекта комбинированного № 5 15.

Масса отдельных блоков измерителей с транспортной тарой, кг, не более:

- 1) блока измерительного 68;
- 2) ГКЧ4 58;
- 3) ГКЧ4 с комплектом комбинированным 78;
- 4) преобразователя частоты с комплектом комбинированным 75.

#### 4. СОСТАВ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

4. 1. Состав измерителей приведен в табл. 4. 1.

Таблица 4. 1

Наименование	Обозначение	Количество для измерителя		Примечание
		Р4-37	Р4-37/1	
Блок измерительный	2.043.050-01	1	1	
Ящик	4.161.538-05	1	1	№ 1 для блока измерительного
Генератор качающейся частоты (ГКЧ 4)	3.261.016	1	1	
Ящик	4.161.532-15	1	1	№ 3 для ГКЧ4
Преобразователь частоты	2.206.251	1	1	
Ящик	4.161.532-10	1	1	№ 2 для преобразователя частоты
Ящик	4.161.515-02	1	1	№ 4 для ЗИП
Ящик	4.161.515-01	—	1*	№ 5 для ЗИП
В ящики входят:				
Аттенюатор	2.243.016	1	1	6 дБ, канал 7/3,04 мм
Аттенюатор	2.243.016-06	1	1	20 дБ, канал 7/3,04 мм



Продолжение табл. 4.1

Наименование	Обозначение	Количество для измерителя		Примечание
		P4-37	P4-37/1	
Нагрузка коакси- альная	2.243.329-01	1	1	$K_{CTU} \leq 1,05$ , канал 7/3,04 мм
Нагрузка коакси- альная	2.240.057	—	1*	$K_{CTU} \leq 1,05$ , канал 16/4,6 мм
Нагрузка коакси- альная	2.240.057-04	—	1*	$K_{CTU} \leq 1,05$ , канал 16/6,95 мм
Аттенюатор-пере- ход	2.727.134	—	2*	Канал 16/4,6— 7/3,04 мм
Переход	5.433.165	—	2*	Канал 16/6,95— 7/3,04 мм
Смеситель	5.436.077	1	1	Маркировка ИН
Смеситель	5.436.077-01	1	1	Маркировка ОН
Рефлектометр	2.744.125	1	1	Канал 7/3,04 мм
Рефлектометр	2.744.125-01	—	1*	Канал 16/6,95 мм
Рефлектометр	2.744.125-02	—	1*	Канал 16/4,6 мм
Тройник измери- тельный	5.436.214	1	1	Канал 7/3,04 мм
Тройник измери- тельный	5.436.214-01	—	1*	Канал 16/4,6 мм
Тройник измери- тельный	5.436.214-02	—	1*	Канал 16/6,95 мм
Короткозамыка- тель	5.437.000	1	1	Канал 7/3,04 мм
Короткозамыка- тель	5.437.009	—	1*	Канал 16/4,6 мм
Короткозамыка- тель	5.437.009-01	—	1*	Канал 16/6,95 мм
Коробка, в ней: аттенюатор	4.180.087-01	1	1	
	2.243.016-06	1	1	20 дБ, канал 7/3,04 мм
аттенюатор	2.243.016-09	2	2	30 дБ, канал 7/3,04 мм
Таблица периоди- ческой поверки	8.820.115	1	1	
то же	8.820.109	2	2	
Коробка, в ней: линия коротко- замкнутая**	4.180.089	—	1*	
	2.266.004	—	1*	Канал 16/6,95 мм
паспорт	2.266.004 ПС	—	1*	
Коробка, в ней: линия коротко- замкнутая**	4.180.089-01	—	1*	
	2.266.004-01	—	1*	Канал 16/4,6 мм
паспорт	2.266.004-01 ПС	—	1	

Продолжение табл. 4.1

Наименование	Обозначение	Количество для измерителя		Примечание
		P4-37	P4-37/1	
Коробка, в ней: линия коротко- замкнутая**	4.180.089-02	1	1	
	2.266.004-02	1	1	Канал 7/3,04 мм
паспорт	2.266.004-02 ПС	1	1	
Коробка, в ней: линия коаксиаль- ная**	4.180.090	1	1	
	5.433.058	1	1	Канал 7/3,04 мм
паспорт	5.433.058 ПС	1	1	
Коробка, в ней: нагрузка коакси- альная**	4.180.091	1	1	
	2.240.056-03	1	1	$K_{CTU} = 2,0$ ; канал 7/3,04 мм
нагрузка коакси- альная**	2.243.329-01	1	1	$K_{CTU} \leq 1,05$ , канал 7/3,04 мм
Паспорт	2.240.056-03 ПС	1	1	
То же	2.243.329-01 ПС	1	1	
Кабель	4.853.369	1	1	
Кабель	4.853.373	1	1	
Кабель соедини- тельный в. ч.	4.852.517-08	1	1	
Кабель соедини- тельный в. ч.	4.852.517-02	2	2	
Кабель соедини- тельный в. ч.	4.850.369-03	3	3	
Узел печатный	6.121.997	1	1	
Шкала	7.021.182	1	1	Маркировка XIII
Шкала	7.021.173	1	1	Маркировка XI
Шкала	7.021.174	1	1	Маркировка XII
Отвертка 7810-0903 М30.Н18.X1	ГОСТ 17991-71	1	1	
Техническое описа- ние и инструкция по эксплуатации	1.400.245 ТО	1	1	
То же	1.400.245 ТО 1	1	1	
Приложения 3-7				
Формуляр	1.400.245 ФО	1	1	

Примечания: 1. Элементы измерителя P4-37/1, отмеченные \*, на-  
ходятся в ящике 4.161.515-01 (комплект комбинированный № 5 4.068.339).

2. Элементы, отмеченные \*\*, аттестованные при выпуске, аттенюаторы  
2.243.016-09, 2.243.016-06 подлежат аттестации в органах Госстандарта и  
используются только в качестве образцовых средств.

3. Элементы измерителя P4-37 находятся в ящике 4.161.515-02 (ком-  
плект комбинированный № 4 4.068.341).



## 5. УСТРОЙСТВО И РАБОТА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ И ИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

### 5. 1. Принцип действия

5. 1. 1. Принцип действия измерителей основан на направленном ответвлении падающей на измеряемое устройство и отраженной (или прошедшей) волн сверхвысокочастотного (СВЧ) сигнала, распространяющихся в измерительном тракте измерителей, селективном преобразовании их в опорный ( $U_{оп}$ ) и измеряемый ( $U_{изм}$ ) сигналы промежуточной частоты с помощью следающего гетеродина и формировании трех напряжений, пропорциональных  $U_{оп}$ ,  $U_{изм} \cdot \cos\varphi$  и  $U_{изм} \cdot \sin\varphi$ . На рис. 5. 1. приведена упрощенная структурная схема измерителя. Измерители состоят из трех блоков — блока измерительного, ГКЧ4 и преобразователя частоты. ГКЧ4 представляет собой программно-управляемый источник СВЧ-сигнала. Он состоит из непосредственного источника СВЧ-сигнала (генераторного устройства) и схемы управления, стабилизации и измерения частоты (устройства управления частотой).

Команды управления частотой в цифровой форме поступают из микропроцессора блока измерительного.

Выходной сигнал ГКЧ4 поступает на измерительную СВЧ-головку, выделяющую информацию об измеряемом параметре в виде двух сигналов, которые поступают на входы преобразователя частоты. Постоянство промежуточной частоты выходных сигналов преобразователя частоты обеспечивается автоматическим слежением частоты гетеродина за частотой измерительного сигнала с помощью системы фазовой автоподстройки (ФАП).

Промежуточная частота 100 кГц поступает на блок измерительный, принцип действия которого основан на программном осуществлении всех управляющих и вычислительных операций, совокупность которых обеспечивает получение и представление в графической (на экране ЭЛТ) и цифровой форме информации о разности фаз и отношении амплитуд входных сигналов, а также производных величин, получаемых функциональным преобразованием. Работа блока измерительного основана на пошаговом управлении частотой ГКЧ4 кодовыми числами, получения на каждом шаге отклика СВЧ измерительной схемы, оценке уровней сигналов отклика, их нормировании в преобразователе аналого-измерительном (ПАИ) и передачи через аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в вычислительное устройство для обработки. Обработанная информация в виде частотной зависимости требуемого параметра выводится на экран ЭЛТ с частотой

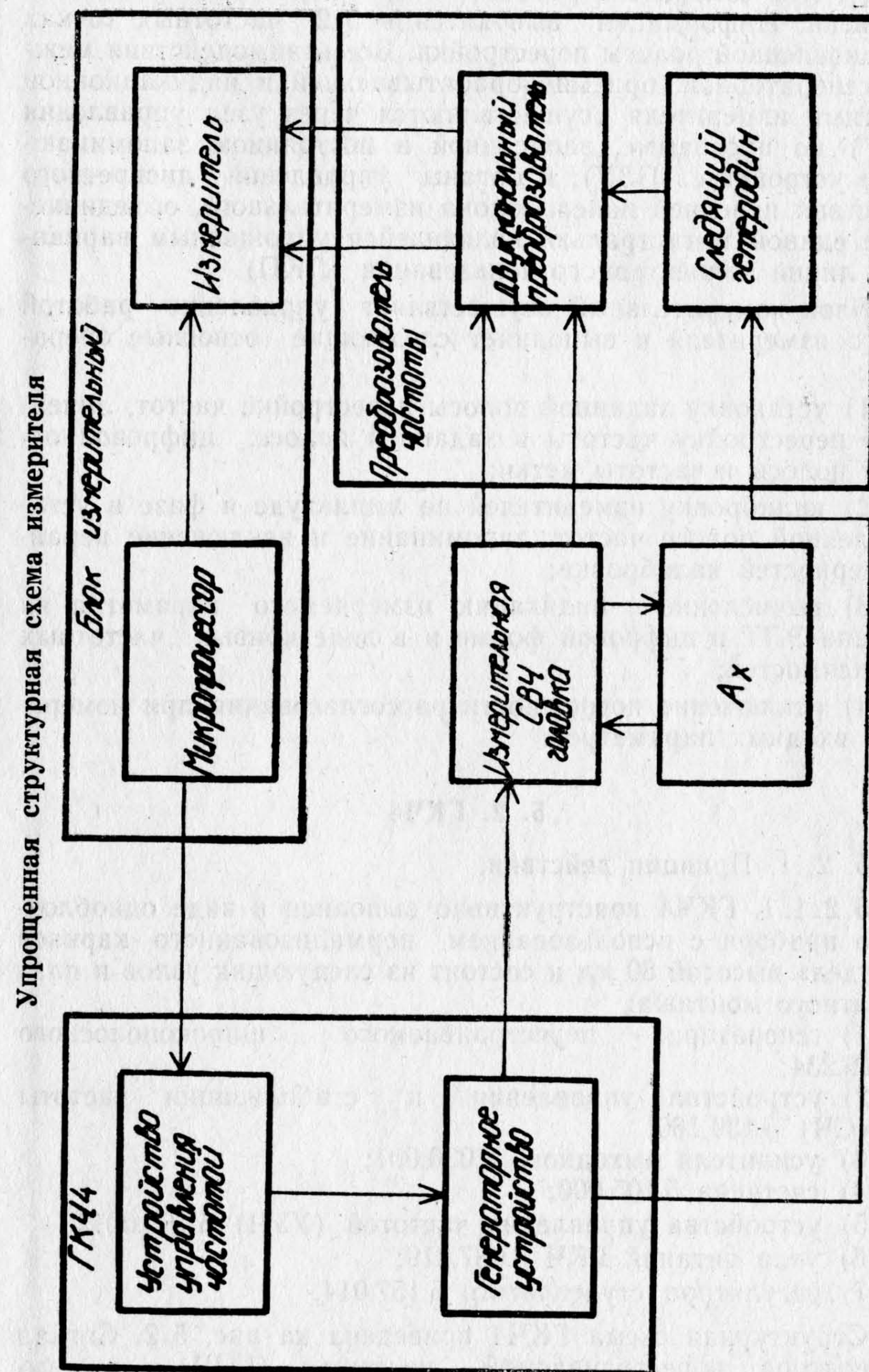


Рис. 5. 1.



перестройки 50 Гц (при перестройке ГКЧ4 с частотой около 3 Гц), т. е. измеритель работает в псевдо-реальном масштабе времени. Информация выводится в 512 частотных точках установленной полосы перестройки. Все взаимодействия между генераторной, приемнообрабатывающей и индикационной частями измерителя осуществляются через узел управления (УУ) по программе, записанной в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ), и органы управления дискретного действия передней панели блока измерительного, объединяемые единой магистралью, являющейся упрощенным вариантом линии коллективного пользования (ЛКП).

Блок измерительный осуществляет управление работой всего измерителя и выполняет следующие основные операции:

1) установку заданной полосы перестройки частот, линейную перестройку частоты в заданной полосе, цифровой отсчет полосы и частоты метки;

2) калибровку измерителей по амплитуде и фазе в установленной полосе частот, запоминание и исключение неравномерностей калибровки;

3) вычисление и индикацию измеряемого параметра на экране ЭЛТ в цифровой форме и в виде кривых частотных зависимостей;

4) исключение погрешности рассогласования при измерении входных параметров.

## 5. 2. ГКЧ4

### 5. 2. 1. Принцип действия.

5. 2. 1. 1. ГКЧ4 конструктивно выполнен в виде одноблочного прибора с использованием нормализованного каркаса «Надел» высотой 80 мм и состоит из следующих узлов и плат печатного монтажа:

1) генератора перестраиваемого широкополосного 5.126.234;

2) устройства управления и стабилизации частоты (УУСЧ) 5.139.160;


3) усилителя выходного 5.030.001;

4) счетчика 5.105.000;

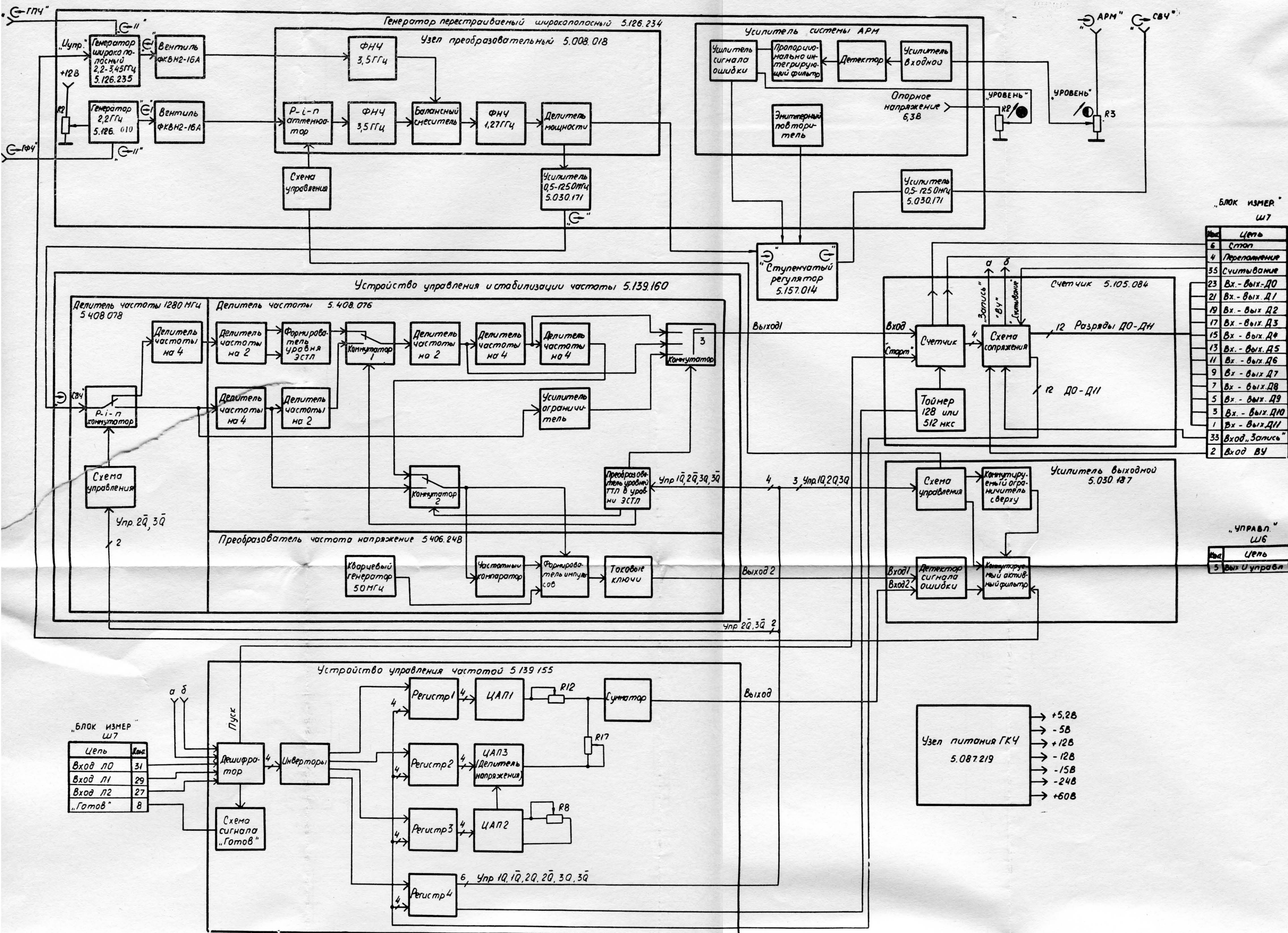
5) устройства управления частотой (УУЧ) 5.105.001;

6) узла питания ГКЧ 5.087.219;


7) регулятора ступенчатого 5.157.014.




Структурная схема ГКЧ4 приведена на рис. 5.2. Сигнал генератора перестраиваемой частоты (ГПЧ) с выхода «» (см. генератор широкополосный 2,2—3,45 ГГц),







через вентиль и фильтр нижних частот (ФНЧ) 3,5 ГГц поступает на балансный смеситель. На другой вход балансного смесителя через вентиль, р-и-п аттенюатор и ФНЧ 3,5 ГГц поступает сигнал генератора фиксированной частоты (ГФЧ) 2,2 ГГц. На выходе смесителя с помощью ФНЧ 1,27 ГГц выделяется разностный сигнал частотой 0,5—1250 МГц. Для устранения искажений выходного сигнала в нижней части частотного диапазона ГКЧ4 из-за эффекта затягивания частоты последовательно входам балансного смесителя включены вентили. Для уменьшения уровня комбинационных частот сигналы генератора поступают на балансный смеситель через фильтры. Сигнал ГФЧ используется в балансном смесителе в качестве сигнального. Использование сигнала ГПЧ в качестве гетеродинного позволяет уменьшить неравномерность уровня выходного сигнала, т. к. при этом неравномерность сигнала ГПЧ менее сказывается. Р-и-п аттенюатор на входе балансного смесителя включен для регулировки уровня сигнала ГФЧ при настройке ГКЧ4. В делителе мощности сигнал делится на два канала. Уровень сигнала одного канала через устройство управления мощностью поступает на усилитель 0,5—1250 МГц. Усиленный сигнал поступает на выход «» СВЧ ГКЧ4.

Сигнал с другого канала усиливается усилителем 0,5—1250 МГц и поступает на вход «» СВЧ УУСЧ. На выходе 2 УУСЧ вырабатывается напряжение, пропорциональное частоте на входе УУСЧ «» СВЧ, с выхода 1 УУСЧ сигнал поступает на вход счетчика. В усилителе выходном с помощью детектора сигнала ошибки производится сравнение управляющего напряжения, снимаемого с выхода УУЧ с напряжением, пропорциональным частоте на выходе «» СВЧ ГКЧ4. Через коммутируемый активный фильтр замыкается петля частотой синхронизации, содержащая коммутируемый делитель частоты и линейный преобразователь частоты в напряжение.


Управление ГКЧ4 осуществляется через разъем Ш17 БЛОК ИЗМЕР. сигналами с ТТЛ уровнями по трем шинам:

- 1) информационной шине, содержащей 12 разрядов (Д0—Д11);
- 2) адресной шине, содержащей 3 разряда (А0, А1, А2);
- 3) шине управления, содержащей 6 разрядов («Запись», «ВУ», «Считывание», «Готов», «Стоп», «Переполнение»).

С помощью схемы сопряжения на плате счетчика происходит переключение информационной шины с приема на



передачу и наоборот. Прием информации осуществляется при наличии сигналов «Запись» и «ВУ» на шине управления, а передача при наличии сигналов «Считывание» и «ВУ». При приеме информации через схему сопряжения информация с микропроцессора поступает на УУЧ. При передаче кода частоты в цифровой форме с счетчика сигнал через схему сопряжения поступает на микропроцессор для обработки.

Стабилизация выходного уровня ГКЧ4 осуществляется с помощью усилителя системы АРМ, которая управляет переходным ослаблением ступенчатого резистора 5.157.014, с помощью которого производится установка ослабления СВЧ-сигнала на выходе «» СВЧ ГКЧ4.

## 5. 2. 2. Схема электрическая принципиальная

5. 2. 2. 1. ГКЧ4 (3.261.016 ЭЗ рис. 1) состоит из узлов, электрические принципиальные схемы которых описываются ниже.

Схемы электрические принципиальные приведены в приложении 6 (см. 1.400.245 ТО 1). В нижеследующем тексте ссылки даются на десятичные номера схем и рисунков данного приложения.

5. 2. 2. 2. Генератор перестраиваемый широкополосный (5.126.234 ЭЗ рис. 2) вырабатывает СВЧ-сигналы синхронно изменяющейся частоты в пределах от 2200 до 3450 и от 0,5 до 1250 МГц, а также сигнал фиксированной частоты 2,2 ГГц. Функциональная взаимосвязь узлов перестраиваемого генератора понятна из структурной схемы, приведенной на рис. 5.2.

В генератор перестраиваемый широкополосный входят следующие узлы:

- 1) генератор широкополосный 2,2—3,45 ГГц 5.126.235, вырабатывающий сигнал в диапазоне частот 2,2—3,45 ГГц;
- 2) вентили ФКВН2-16А, обеспечивающие развязку между отдельными узлами;
- 3) генератор 2,2 ГГц 5.126.010, используемый в качестве источника фиксированной частоты 2,2 ГГц;
- 4) узел преобразовательный 5.008.018, обеспечивающий преобразование и выделение сигнала частотой от 0,5 до 1250 МГц по двум каналам;
- 5) усилитель 0,5—1250 МГц 5.030.171, служащий для усиления преобразованного сигнала до необходимого уровня;
- 6) узел соединительный 5.282.275, служащий для обеспечения питающими напряжениями СВЧ-узлов и управляющими напряжениями р-и-п аттенюаторы.

Генератор широкополосный 2,2—3,45 ГГц (5.126.235 ЭЗ рис. 3) состоит из задающего генератора 1,7—3,6 ГГц 6.126.207, двухкаскадного балансного усилителя 5.030.131 фильтра питания 5.129.046 и ответвителя 5.435.513.

Задающий генератор 1,7—3,6 ГГц (5.126.207 ЭЗ рис. 4) представляет собой автогенератор, выполненный на транзисторе Т по схеме с общей базой (по СВЧ с общим коллектором). Перестройка частоты осуществляется варикапами Д1, Д2, встречно включенными в цепь база—корпус (коллектор).

Управляющее частотой напряжение  $U_{упр}$  поступает через разъем Ш1 на фильтр питания (5.129.046 ЭЗ рис. 5), состоящего из ФНЧ, предотвращающего прохождение СВЧ-сигнала генератора в цепи управления, и управляемого стабилизатора коллекторного напряжения  $U_k$ , величина которого является функцией управляющего частотой напряжения  $U_{упр}$  и изменяется в диапазоне частот в пределах от  $(6,5 \pm 0,5)$  до  $(10 \pm 1)$  В. Резистором R3 устанавливаются пределы изменения коллекторного напряжения.

Усилитель балансный (5.030.131 ЭЗ рис. 6) состоит из двухкаскадных усилителей, собранных на транзисторах Т1-Т4 по схеме с общим эмиттером и объединенных в балансную схему. Для повышения усиления в верхнем конце диапазона осуществлено согласование импедансов транзисторов и волнового тракта при помощи отрезков микрополосковой линии и конденсаторов С1, С2, С5, С8.

Ответвитель 5.435.513 предназначен для ответвления сигнала в рабочем диапазоне частот генератора и обеспечивает согласование с волновым трактом по обоим каналам.

Генератор 2,2 ГГц (5.126.010 ЭЗ рис. 7) состоит из задающего генератора 2,1—2,3 ГГц 5.126.008, усилителя балансного 5.030.170, фильтра питания 5.129.002 и ответвителя 5.435.512.

Задающий генератор 2,1—2,3 ГГц (5.126.208 ЭЗ рис. 8) представляет собой автогенератор, выполненный на транзисторе Т по схеме с общей базой (по СВЧ с общим коллектором).

Перестройка частоты осуществляется варикапом Д, включенным в цепь база—корпус (коллектор) последовательно с двухпроводной линией.

Управляющее частотой напряжение  $U_{упр}$  поступает через разъем Ш2 на фильтр питания (5.129.047 ЭЗ рис. 9), состоящий из схемы термокомпенсации на транзисторе Т и RC фильтра на его выходе.

Сигнал задающего генератора 2,1—2,3 ГГц усиливается широкополосным балансным усилителем (5.030.170 ЭЗ рис. 10), обеспечивающим хорошее согласование выхода генератора с нагрузкой. Балансный усилитель собран по схеме с общим эмиттером.



Ответвитель 5.435.512 предназначен для ответвления сигнала частотой 2,2 ГГц и обеспечивает согласование с волновым трактом по обоим каналам.

Узел преобразовательный (5.008.018 ЭЗ рис. 11) состоит из двух плат: смесителя 5.436.086 и делителя мощности 5.407.019.

Узел преобразовательный предназначен для формирования сигнала в диапазоне частот от 0,5 до 1250 МГц, который получается путем смешивания сигналов ГФЧ и гетеродина ГПЧ.

Узел преобразовательный выполнен на керамических платах по толстопленочной технологии.

Для обеспечения подавления паразитных сигналов на входах и выходе преобразователя включены фильтры, а преобразователь выполнен по двойной балансной схеме на диодах ДЗ-Д6 (5.436.086 ЭЗ рис. 12). Для регулировки уровня сигнала ГФЧ включены р-і-п диоды Д1, Д2.

Усилитель 0,5—1250 МГц (5.030.171 ЭЗ рис. 14) состоит из усилителя предварительного 0,5—1250 МГц 5.030.172, усилителя оконечного 0,5—1250 МГц 5.030.173 и ФНЧ (плата полосковая 7.100.164).

Усилитель предварительный 0,5—1250 МГц (5.030.172 ЭЗ рис. 15) выполнен на транзисторах Т1—Т4 по схеме с общим эмиттером. Три первые каскада однотипные. Для выравнивания АХЧ каждый каскад усилителя охвачен частотно-зависимой обратной связью, состоящей из параллельной RC-цепочки в цепи эмиттера и последовательной RC-цепочки в цепи коллектор—база. Последний каскад собран по однотипной схеме, но для уменьшения нелинейных искажений используется более мощный транзистор. Для коррекции усиления в области верхних частот в цепь включены короткозамкнутые четвертьволновые полосковые линии.

Усилитель оконечный 0,5—1250 МГц (5.030.173 ЭЗ рис. 16) собран на двух параллельно соединенных транзисторах Т1 и Т2 по схеме с общим эмиттером. Выравнивание АЧХ усилителя осуществляется при помощи двухканальной частотно-зависимой обратной связи. Параллельная обратная связь осуществляется через элементы С10, R7, а последовательная обратная связь с помощью элементов R2, R3, R4, R6, С4—С9. Этот способ отличается хорошим согласованием усилителя с нагрузкой.

ФНЧ (плата полосковая 7.100.164) с частотой среза 1250 МГц построен по принципу фильтров Кауэра, имеющих наибольшую крутизну перехода от полосы пропускания к полосе заграждения. Фильтр реализован в гибридно-интегральном исполнении в виде отрезков несимметричной микрополосковой линии, выполненных по толстопленочной технологии на керамической подложке 22ХС.


Узел соединительный (5.282.275 ЭЗ рис. 17) состоит из фильтров питания, схемы управления (У1) р-і-п аттенюатором, регулирующим уровень ГФЧ-сигнала, подаваемого на балансный смеситель, и усилителя системы АРМ.

Фильтры питания состоят из LC-цепочки. Резистором R1 регулируется частота генератора 2,2 ГГц.

Схема управления построена на транзисторах Т1 и Т2, работающих в ключевом режиме. В диапазоне частот 128—1250 МГц на вход  $U_{\text{коммут}}$  подается сигнал логической «1», при этом транзистор Т1 открывается, а транзистор Т2 закрывается, на выход схемы (контакт 14) через резистор R10 подается отрицательное напряжение, величина которого определяет ослабление р-і-п аттенюатора в узле преобразовательном. Необходимое ослабление в диапазоне частот 128—1250 МГц при настройке ГКЧ4 устанавливается с помощью резистора R11. Диод Д4 включен для термостабилизации выходного напряжения схемы управления. В диапазоне частот 0,5—128 МГц на вход  $U_{\text{коммут}}$  подается сигнал логического «0», при этом транзистор Т1 закрывается, а транзистор Т2 открывается, на выход схемы через резистор R9 подается положительное напряжение, которое увеличивает ослабление р-і-п аттенюатора. Необходимое ослабление в данном диапазоне частот при настройке ГКЧ4 устанавливается с помощью резистора R6. Диоды Д1, Д2 включены для термостабилизации.

Усилитель системы АРМ предназначен для стабилизации выходного уровня ГКЧ4.

С резистора R3 УРОВЕНЬ (см. 3.261.016 ЭЗ) на вход АРМ 100 кГц поступает сигнал с частотой 100 кГц, уровень

которого пропорционален мощности на выходе «» СВЧ

ГКЧ4. На микросхеме МС1 построен входной усилитель сигнала с частотой 100 кГц, детектирование усиленного сигнала производится с помощью двухполупериодного выпрямителя (диоды Д5, Д8, Д11, Д12) и пропорционально интегрирующего фильтра (элементы R17, С50, R18). Далее продетектированный сигнал подается на инвертирующий вход микросхемы МС2. С резистора R2 (см. 3.261.016 ЭЗ) на вход УРОВЕНЬ подается опорное напряжение, снимаемое с выхода УРОВЕНЬ. С помощью микросхемы МС2 производится сравнение опорного напряжения с продетектированным сигналом 100 кГц и усиление сигнала ошибки АРМ. На транзисторах Т3 и Т4 построен усилитель тока. С выхода усилителя (контрольное гнездо Гн9) снимается напряжение, управляющее р-і-п аттенюатором АРМ, который находится в ступенчатом регуляторе 5.157.014. С эмиттерного повторителя, построенного на транзисторе Т5, снимается опорное напряжение для



р-і-п аттенюатора АРМ. С помощью резисторов R17 и R18 при настройке ГКЧ4 добиваются отсутствия генерации петли АРМ.

5. 2. 2. 3. Устройство управления и стабилизации частоты (5.139.160 ЭЗ рис. 18) состоит из делителя частоты 1280 МГц 5.408.000, делителя частоты 5.408.001 и преобразователя частота—напряжение (ПНЧ) 5.406.000, которые помещены в одном алюминиевом корпусе.

УУСЧ предназначено для делителя частоты входного СВЧ-сигнала, причем коэффициент деления в соответствующих поддиапазонах зависит от логических ТТЛ уровней сигналов управления «Упр 1 $\bar{Q}$ », «Упр 2 $\bar{Q}$ », «Упр 3 $\bar{Q}$ », Упр 3 $\bar{Q}$ . Поделенный сигнал с выхода 1 УУСЧ подается на вход счетчика, а с выхода 2 делителя частоты — на вход ПЧН. ПЧН линейно преобразует частоту сигнала, поступающего на его вход, в соответствующее выходное напряжение.

Зависимость коэффициента деления от логических уровней сигналов управления приведена в табл. 5. 1.

Таблица 5. 1

Входная частота, МГц	Логический уровень на входах управления				Коэффициент деления	
	Упр 1 $\bar{Q}$	Упр 2 $\bar{Q}$	Упр 3 $\bar{Q}$	Упр 3 $\bar{Q}$	на входе ПЧН	на УУСЧ выходе I
1280—512	0	0	0	1	256	64
512—128	1	0	0	1	256	16
128—32	1	0	1	0	256	16
32—8	1	1	0	1	4	1
8—0,5	1	1	0	1	4	1

Делитель частоты 1280 МГц (5.408.078 ЭЗ рис. 19) состоит из СВЧ-ограничителя (диоды Д1, Д2), р-і-п коммутатора (диоды Д4, Д5), схемы управления коммутатором (микросхема МС1, транзистор Т1), собственно СВЧ-делителя частоты на 4 (микросхема МС2) и схемы питания СВЧ-делителя (транзистор Т2).

При подаче на выводы 1, 2 и 4, 5 микросхемы МС1 уровней логического «0» в поддиапазоне 128—1250 МГц, на выходе микросхемы МС1 (вывод 11) появляется уровень логической «1», который открывает транзистор Т1. Это приводит к тому, что диод Д5 открывается, а Д4 закрывается. При этом СВЧ-сигнал, поступающий на вход СВЧ, проходит входной

аттенюатор — ограничитель (Д1, Д2), через открытый диод Д5 и аттенюатор (R19—R21) и поступает на вход СВЧ-делителя (вывод 4 микросхемы МС2). На выходах микросхемы МС2 (выводы 11, 14) получается парафазный сигнал, частота которого в 4 раза меньше входной. Напряжение питания (6,8±0,68) В микросхема МС2 получает с выхода эмиттерного повторителя, выполненного на транзисторе Т2. При поступлении на выводы 1, 2 и 4, 5 микросхемы МС1 хотя бы одного уровня логической «1», на выходе микросхемы (вывод 11) появляется уровень логического «0» и транзистор Т1 закрывается. Это приводит к переключению р-і-п коммутатора, закрывается диод Д5 и открывается Д4. В этом случае входной СВЧ-сигнал через аттенюаторы поступает на выход ВЧ 1 и выход ВЧ 2. Диод Д9 предназначен для температурной компенсации выходного напряжения эмиттерного повторителя.

Делитель частоты (5.408.076 ЭЗ рис. 20) состоит из делителя частоты на 2 (микросхема МС1), формирователя уровня ЭСЛ (микросхема МС3), коммутатора (микросхема МС8), делителей частоты на 2, 4 (микросхемы МС7 верхний триггер, МС9, МС11), коммутатора (микросхемы МС4.2, МС4.3, МС10), делителей частоты на 4, 2 (микросхемы МС5, МС7 нижний триггер), коммутатора (микросхемы МС6, МС4.1) и формирователя (микросхема МС2). Все коммутаторы выполнены на логических элементах ИЛИ—НЕ. Логика работы коммутатора, выполненного на микросхеме МС8 и приведенного на рис. 5. 3, ясна из табл. 5. 2.

Согласно табл. 5. 2 в зависимости от логических уровней сигналов «Упр 3 $\bar{Q}$ » и «Упр 3 $\bar{Q}$ » на выход коммутатора (контакт 14) проходит либо входной сигнал «А», либо входной сигнал «В».

Логика работы коммутатора, выполненного на микросхемах МС6, МС4.1 и приведенного на рис. 5. 4, ясна из табл. 5. 3.

Согласно табл. 5. 3 в зависимости от логического уровня сигнала «Упр. 2 $\bar{Q}$ » на выходе коммутатора (контакт 14 микросхемы МС6) проходит либо сигнал «А», либо «В». Далее с выхода коммутатора сигнал поступает на вход преобразователя частота—напряжение 5.406.000.

Логика работы коммутатора, выполненного на микросхемах МС4.2, МС4.3, МС10 и приведенного на рис. 5. 5, ясна из табл. 5. 4.

Согласно табл. 5. 4 в зависимости от логических уровней сигналов управления на выходе коммутатора (вывод 6 микросхемы МС10) проходит либо сигнал «А», либо «В», либо «С».



Далее с выхода коммутатора сигнал поступает на вход счетчика 5.105.000.

В диапазоне частот от 0,5 до 32 МГц сигнал, поступающий на вход ВЧ 1, попадает на вход формирователя, собранного на микросхеме МС2. На выходе формирователя (вывод 7) получают сформированные из входного синусоидального сигнала прямоугольные импульсы, уровни которых соответствуют логическим уровням ЭСЛ логики (рис. 5.6).

Делители частоты построены на D триггерах.

Коммутатор 1

Таблица 5.2

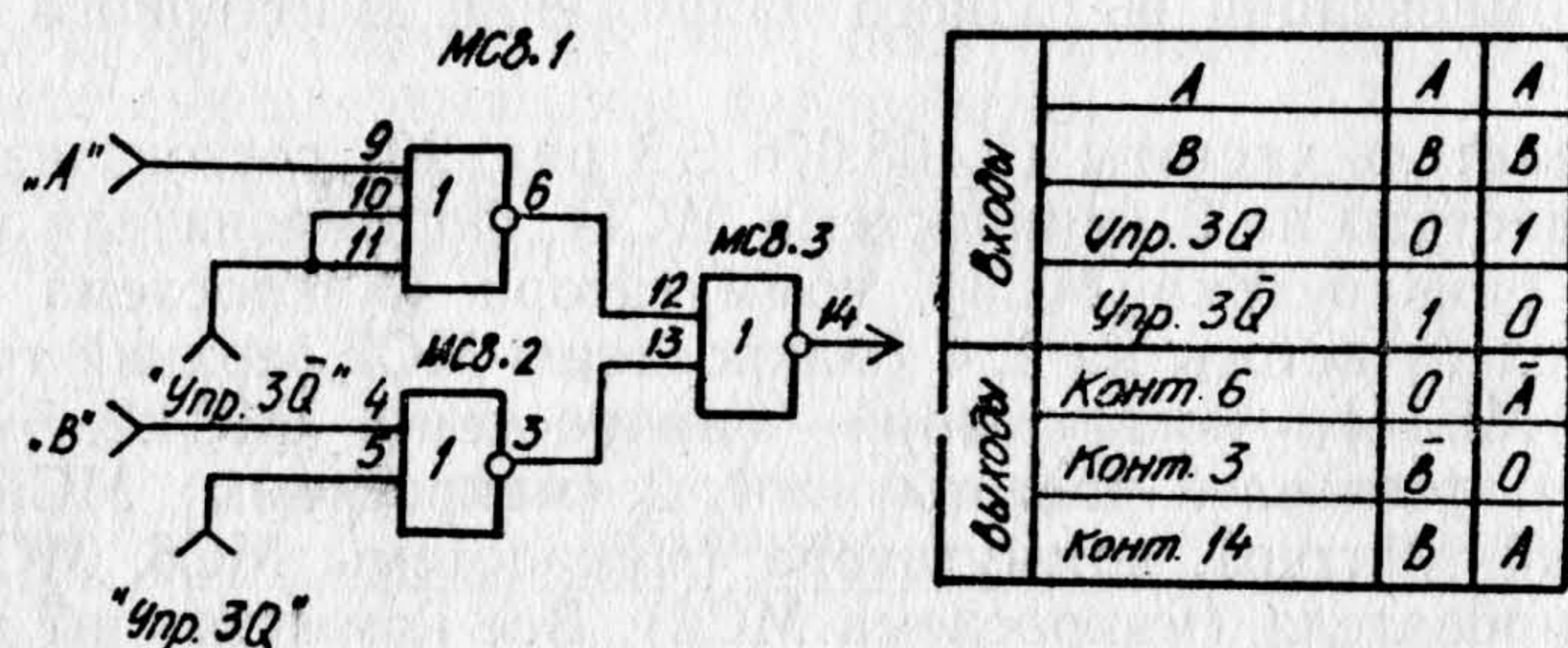


Рис. 5.3.

Коммутатор 2

Таблица 5.3

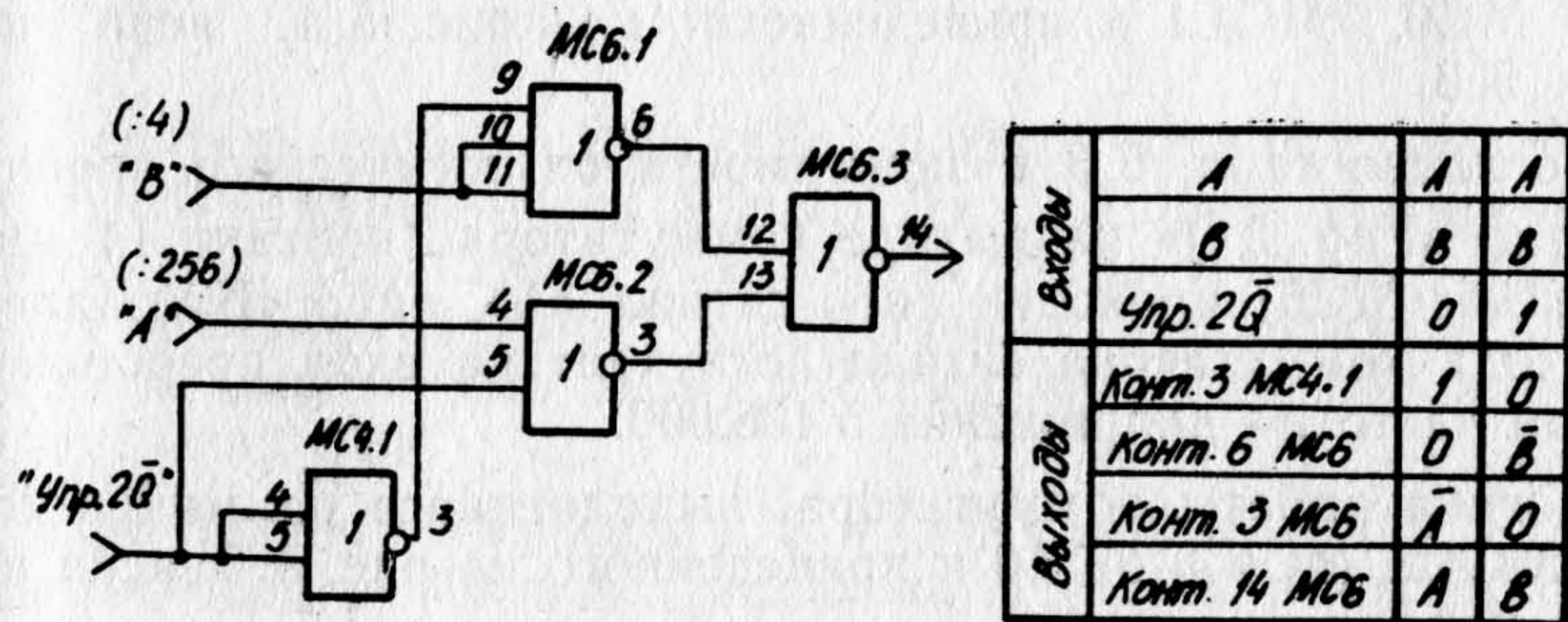


Рис. 5.4.

Коммутатор 3

Таблица 5.4

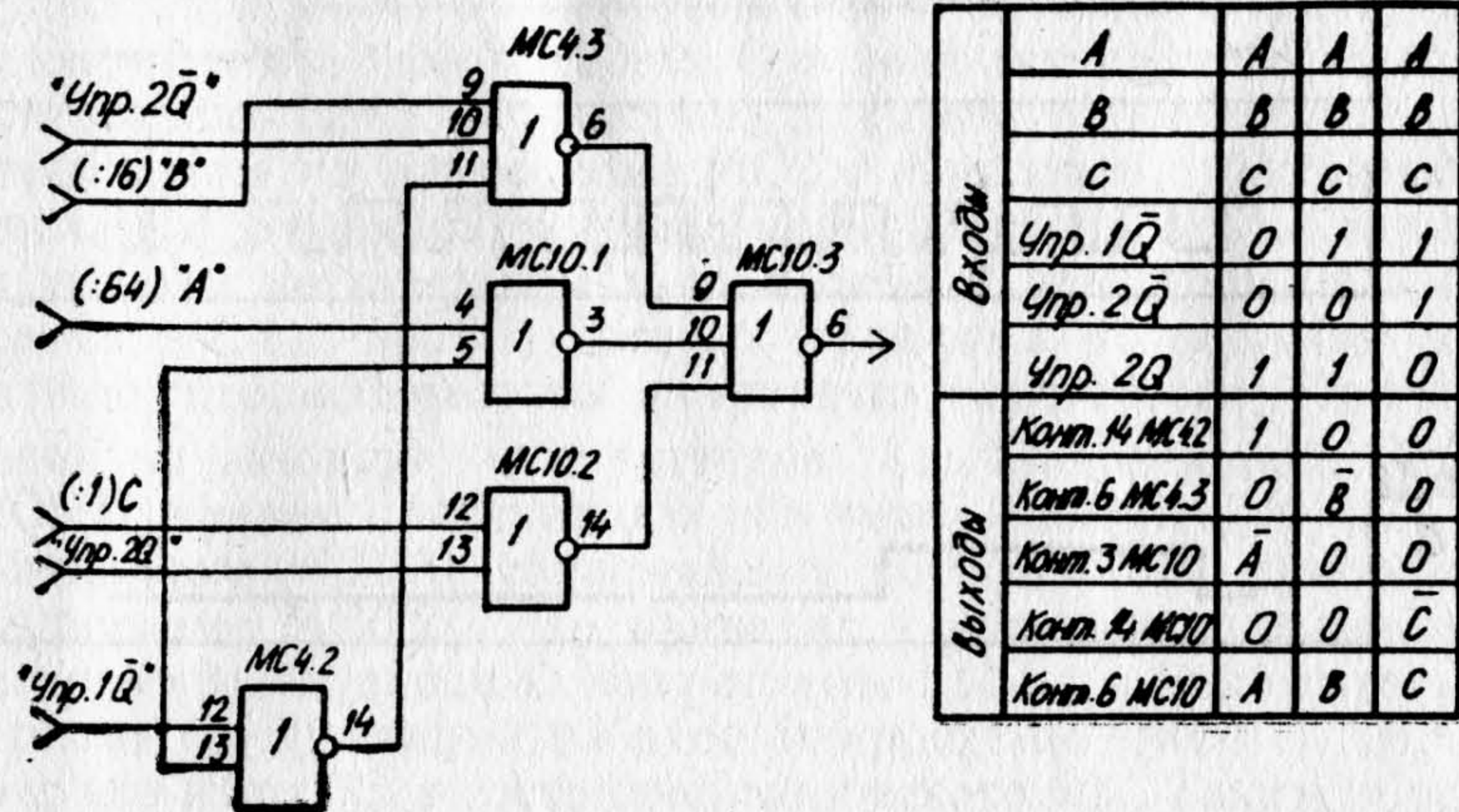


Рис. 5.5.

Выходной сигнал формирователя

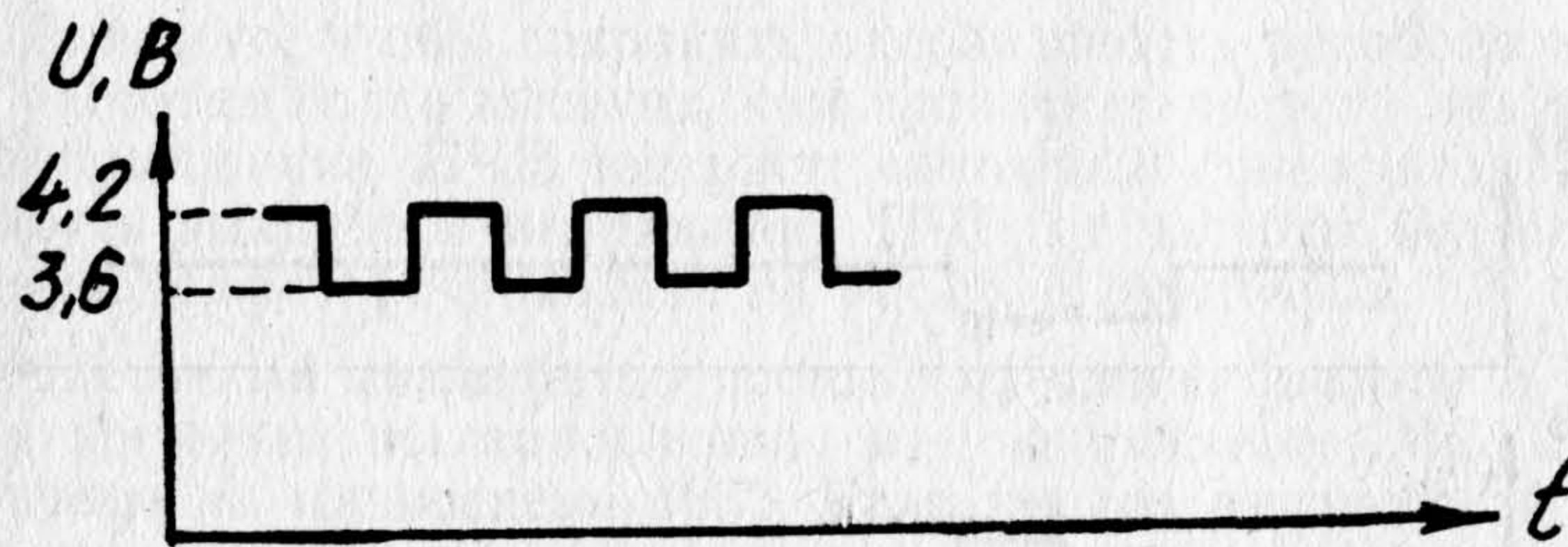


Рис. 5.6.

Преобразователь частота—напряжение (5.406.248 ЭЗ рис. 21) состоит из частотного компаратора (микросхемы МС1.1, МС1.2, МС3), кварцевого генератора (микросхема МС2), формирователя импульса кварцовой длительности (микросхемы МС4, МС5, МС1.3) и токовых ключей (транзисторы Т1, Т2). Временные диаграммы, поясняющие работу формирователя импульсов, приведены на рис. 5.7.



### Временные диаграммы формирователя импульсов

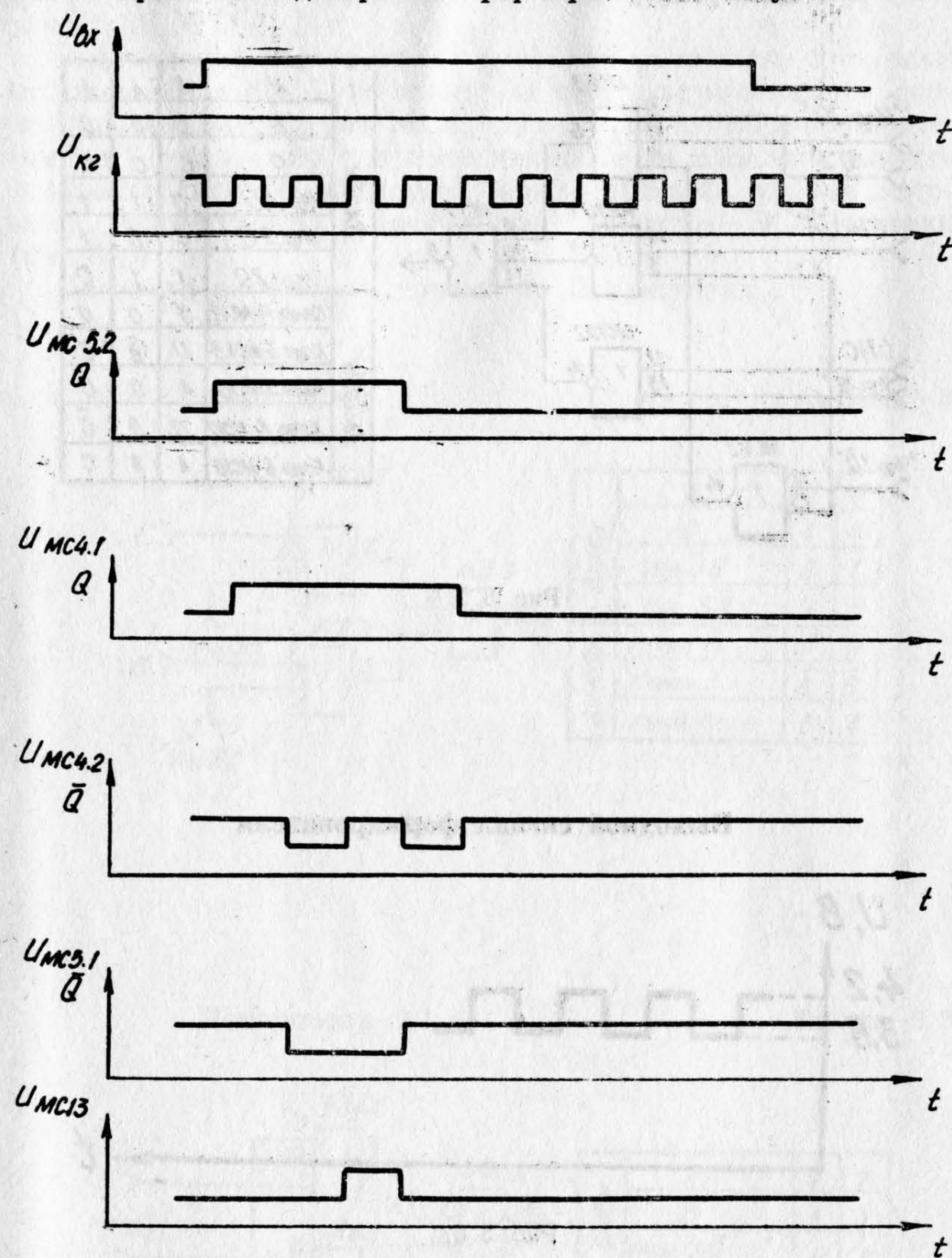


Рис. 5.7.

### Зависимость выходного напряжения ПЧН от частоты

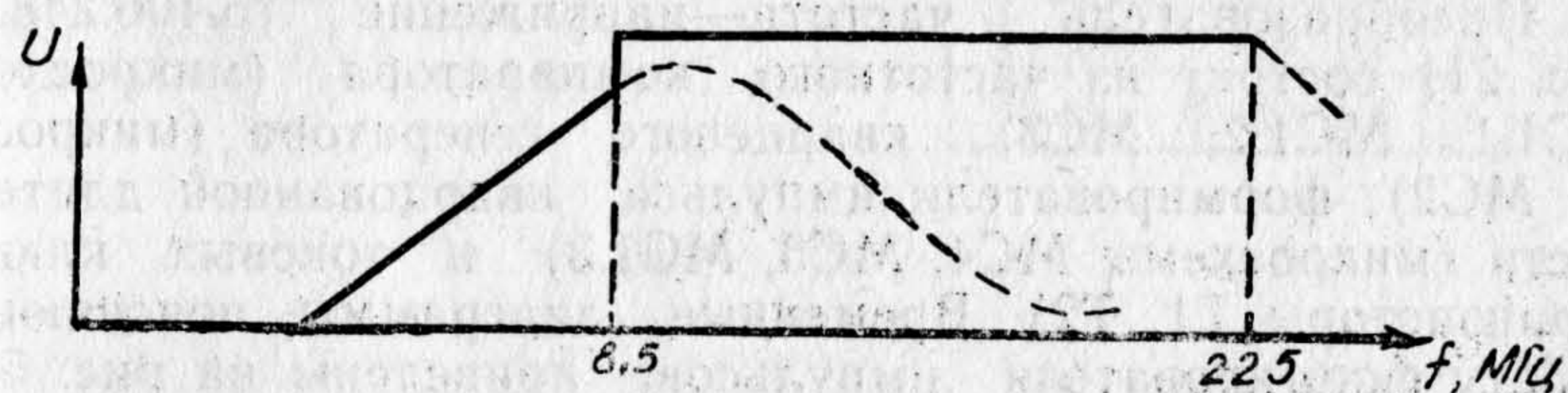


Рис. 5.8.

Триггер на микросхеме МС5.2 срабатывает от положительного фронта входного сигнала и подготавливает триггер на микросхеме МС4.1 к срабатыванию от положительного фронта сигнала опорной частоты. Опорный генератор с периодом повторителя  $T_0 = 20 \text{ нс}$  построен по схеме симметричного мультивибратора на микросхеме МС2 с кварцевой стабилизацией. После срабатывания триггера на микросхеме МС4.1 снимается уровень логической «1» со входов R триггеров на микросхемах МС4.2, МС5.1, которые включены по обычной схеме деления входной частоты кварцевого генератора. При появлении на выходах  $\bar{Q}$  триггеров (на микросхемах МС4.2, МС5.1) уровня логического «0» через схему ИЛИ—НЕ (на микросхеме МС1.3) сбрасывается по входу R триггер (на микросхеме МС5.2). Это приводит к установке уровня логического «0» на входе D микросхемы МС4.1. Положительный перепад, поступивший на вход микросхемы МС4.1, сбрасывает его выход Q в состояние логического «0». Таким образом на выходах триггера на микросхеме МС4.1 формируются противофазные импульсы с кварцовой длительностью  $\tau = 4 T_0 = 80 \text{ нс}$ . Сформированные импульсы подаются на базы токовых ключей на транзисторах Т1, Т2. Во время действия импульса конденсатор С7 заряжается через открытый транзистор Т2, через 80 нс транзистор Т2 закрывается и начинается разряд конденсатора С7 через внешнее R нагрузки. Так как длительность импульсов постоянна, а частота повторения импульсов равна частоте входного сигнала, то выходное напряжение пропорционально частоте входного сигнала.

Для того, чтобы сохранить однозначность преобразования на частотах более высоких, чем граничная частота линейного преобразования, ПЧН содержит частотный компаратор. Зависимость выходного напряжения ПЧН от частоты без частотного компаратора показана на рис. 5, 8 пунктиром.

Частотный компаратор состоит из одновибратора с нулевым временем восстановления на микросхеме МС1.2 и D триггера на микросхеме МС3. Если период входного сигнала меньше длительности импульса, вырабатываемого одновибратором, то на входе D микросхемы МС3 будет постоянно присутствовать уровень логической «1». При этом единичный уровень на выходе Q триггера на микросхеме МС3 устанавливает триггер на микросхеме МС4.1 по входу S в положение, открывающее токовый ключ на транзисторе Т2. На выходе ПЧН устанавливается постоянное максимальное напряжение. Длительность импульса одновибратора зависит от величины элементов С3, R4, R5. Когда период входного сигнала больше длительности импульсов одновибратора, D триггер на микросхеме МС3 переключается в нулевое состояние и не влияет на работу ПЧН.



5. 2. 2. 4. Усилитель выходной (5.030.187 ЭЗ рис. 22) состоит из детектора сигнала ошибки, коммутируемого активно-го фильтра, коммутируемого ограничителя напряжения сверху и схемы управления коммутируемым активным фильтром и коммутируемым ограничителем напряжения сверху. На вход 1 платы поступает напряжение с выхода ПЧН, на вход 2 поступает выходное напряжение с платы УУЧ. На микросхеме МС1, включенной по схеме неинвертирующего операционного усилителя, построен детектор сигнала ошибки между напряжениями, поступающими на вход 1 и вход 2 платы. С помощью резисторов R1 и R5 осуществляется привязка выходной частоты ГКЧ4 к выходному напряжению устройства управления частотой и соответственно к управляющим кодам, поступающим на разъем Ш12 ГКЧ4. Коммутируемый активный фильтр построен по схеме активного интегратора с коммутируемым сопротивлением заряда на микросхеме МС5, транзисторах Т1 и Т2. Микросхема МС5 включена по схеме инвертирующего операционного усилителя, транзисторы Т1 и Т2 включены соответственно по схеме с общей базой и общим эмиттером. С помощью резистора R22 устанавливается максимально возможное напряжение на выходе 1 платы, соответствующее максимальной частоте на выходе ГКЧ4. Коммутация коэффициента передачи активного фильтра осуществляется с помощью ключей, построенных на микросхемах МС2 и МС4. В диапазоне частот от 512 до 1250 МГц с помощью ключей МС2 и МС4 резисторы R10, R11 и R12 закорочены, в диапазоне частот от 128 до 512 МГц закорочены резисторы R10 и R11, в диапазоне частот от 32 до 128 МГц закорочен резистор R10. На микросхемах МС3 и МС6 построена схема управления ключами и коммутируемым ограничителем напряжения сверху, построенного на транзисторе Т3 и стабилизаторе Д5. В диапазоне частот менее 128 МГц открывается транзистор Т3, т. е. включается ограничитель напряжения сверху. С помощью резистора R24 устанавливается максимально возможное напряжение на выходе 1 платы, соответствующее максимальной частоте на выходе ГКЧ4 при включенном коммутируемом ограничителе напряжения.

5. 2. 2. 5. Счетчик (5.105.064 ЭЗ рис. 23) состоит из схемы сопряжения, выполненной на микросхемах МС1—МС5, МС18, МС19 и собственно счетчика (остальная часть).

Схема сопряжения представляет собой устройство, предназначенное для приема информации, поступающей от БИ по 12-информационным шинам и для передачи информации по тем же 12-информационным шинам, поступающей от счетчика. Режим работы схемы сопряжения (прием или передача) определяется командными сигналами, поступающими по шинам «ВУ», «Запись», «Считывание». При совпадении по времени сигналов «ВУ» (логический «0») и «Запись» (логиче-

ский «0») или «Считывание» (логический «0»), которые поступают на выводы 4, 12, 13 микросхемы МС4 соответственно, на выводе 3 микросхемы МС4 появляется уровень логического «0», который подается на вход «Выбора кристалла» (ВК) МС1—МС3 и схема сопряжения подготавливается к работе на прием или передачу.

На микросхеме МС5 собран RS триггер, состоянием выхода которого (контакт 11) также управляют сигналы «Запись» и «Считывание». При приходе сигнала «Запись» на выходе RS триггера появляется сигнал логической «1» и происходит прием информации со входов—выходов В на выходы С МС1—МС3. При приходе сигнала «Считывание» на выходе RS триггера появляется сигнал логического «0» и происходит передача информации со входов А на входы—выходы В МС1-МС3.

На микросхемах МС18, МС19 собраны ждущие мультивибраторы. Они вырабатывают задержанный и укороченный сигнал «Запись», который далее поступает на плату ЦАП.

Собственно счетчик предназначен для отсчета текущей частоты выходного сигнала генератора перестраиваемого. Он состоит из кварцевого опорного генератора 1 МГц, собранного на микросхеме МС6. Схемы получения переключаемого времени измерения (микросхемы МС10, МС11, МС12, МС7), схемы организации старт-стопного режима работы (микросхемы МС8, МС9) и 13-разрядного делителя частоты (микросхемы МС20, МС13, МС14, МС15, МС16, МС17, транзисторы Т1, Т2). Двенадцать разрядов делителя предназначены для измерения частоты входного сигнала, а тринадцатый разряд предназначен для индикации переполнения делителя.

Опорный генератор собран по схеме автоколебательного мультивибратора, стабилизированного кварцем. Время измерения, равное 128 или 512 мкс, вырабатывают делители с предустановкой начального состояния микросхем МС10, МС11, МС12. В зависимости от уровня напряжения на шине «Время измерения» на входы D поступают логические уровни, приведенные в табл. 5.5.

Таблица 5.5

Время измерения, мкс	Л о г и ч е с к и е    у р о в н и											
	МС10				МС11				МС12			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
128 (логический «0»)	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
512 (логическая «1»)	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0



Уровень логического «0», поступающий на шину «Старт» и прошедший через микросхему МС9 (выводы 4, 5), устанавливает делитель на микросхемах МС13, МС14, МС15, МС16 в нулевое начальное состояние, а также устанавливает на выводе 8 RS триггера микросхемы МС9 уровень логической «1», на выводе 6 микросхемы МС8 уровень логического «0» и, проходя через выводы 13, 11, 1, 2, 3 микросхемы МС9, попадает на входы записи (выводы 11 микросхем МС10, МС11, МС12), производя начальную установку разрядов делителей в соответствии с установленной информацией на входах D1—D4. При поступлении уровня логической «1» на шину «Старт» снимается сигнал записи с контактов 11 микросхем МС10, МС11, МС12. Делитель начинает реагировать на импульсы, поступающие от опорного генератора. Если на шине «Время измерения» уровень логического «0», тогда третий импульс, пришедший на вывод 5 микросхемы МС10 установит на выводе 7 микросхемы МС11 уровень логической «1». После прохождения еще 128 входных импульсов на выводе 7 микросхемы МС11 вновь установится уровень логического «0». Так как входная частота равна 1 МГц, т. е. период 1 мкс, то на контакте 7 вырабатывается импульс положительной полярности длительностью 128 мкс. Если на шине «Время измерения» уровень логической «1», то, аналогично вышесказанному, на выводе 2 микросхемы МС12 вырабатывается положительный импульс длительностью 512 мкс.

На микросхеме МС7 собран переключатель импульсов времени измерения в один канал (вывод 8 микросхемы МС7). Выработанный импульс времени измерения открывает ключ, собранный на микросхеме МС20, и начинает заполняться делитель на микросхемах МС13, МС14, МС15, МС16, измеряя частоту входного сигнала. Импульс времени измерения (вывод 3 микросхемы МС7) подается на схему, вырабатывающую короткий импульс из заднего фронта импульса времени измерения (микросхема МС8). Выработанный короткий импульс устанавливает RS триггер (микросхема МС8 выводы 4, 5, 6) в исходное состояние, т. е. уровень логической «1» на выводе 6 микросхемы МС8 и уровень логического «0» на выводе 8 микросхемы МС9. Появление уровня логической «1» на выводе 6 микросхемы МС8 свидетельствует об окончании времени измерения и подается на шину «Стоп». Уровень логического «0» на выводе 3 микросхемы МС9 поступает на входы записи делителя времени измерения (выводы 11 микросхем МС10, МС11, МС12), тем самым делая предустановку и запрещая выработку импульса времени измерения до прихода очередного «Старт-импульса». Транзисторы Т1 и Т2 преобразуют уровень ЭСЛ логики на микросхеме МС12 в уровень ТТЛ логики. Микросхема МС17 необходима

для повышения нагрузочной способности преобразователей уровня.

5.2.2.6. Устройство управления частотой (5.139.155 ЭЗ рис. 24) обеспечивает распределение цифровых сигналов, поступающих на входы D0—D11 в виде цифровых слов, в ряд параллельных выходов и обеспечивает преобразование цифровых сигналов для управления частотой в аналоговую форму.

УУЧ содержит дешифратор, 4 регистра, 3 цифро-аналоговых преобразователя (ЦАП), сумматор и схему сигнала «Готов».

Дешифратор, построенный на микросхеме МС1, в соответствии с кодом адреса, подаваемым на входы A0, A1, A2, и по команде управляющих сигналов, подаваемых на входы ВУ, Запись, выдает сигнал записи информации, находящейся на входах D0—D11, на соответствующие регистры.

Регистр 1 построен на триггерах типа D (микросхемы МС9—МС11), на выходах которых имеется информация в параллельном виде (12-разрядное слово) для управления ЦАП 1, построенного на микросхемах МС15, МС17.

Регистр 2 построен на микросхемах МС12—МС14 и управляет ЦАП 2, построенным на микросхемах МС16 и МС18.

Регистр 3 построен на микросхемах МС20—МС21, 10-разрядная информация, записанная в регистр 3, управляет ЦАП 3 (делителем напряжения).

Регистр 4 построен на микросхеме МС8.

Сумматор напряжения построен на микросхеме инвертирующего усилителя на микросхеме МС19.

С помощью регистра R12 на выходе УУЧ устанавливается размах выходного напряжения ЦАП 1.

С помощью резистора R8 на выходе ЦАП 2 устанавливается нулевое напряжение, когда в регистр 2 записаны все логические «0».

С помощью резистора R17 производится привязка выходного напряжения ЦАП 1 с выходным напряжением ЦАП 2.

Схема сигнала «Готов» построена на микросхемах МС3 и МС4 и выдает сигнал «Готов» через 500 мкс после прихода сигнала «Запись».

5.2.2.7. Ступенчатый регулятор мощности 5.157.014 состоит из семи р-і-п диодов и служит для регулировки мощности в СВЧ-тракте ГКЧ. На вход « $U_{\text{опорн}}$ » подается постоянное напряжение смещения (около 1 В), а на вход «УСТ dB» изменяющееся напряжение с выхода усилителя



АРМ в узле соединительном 5.282.275, которое управляет переходным ослаблением в полосе частот 0,5—1250 МГц. Максимальный диапазон регулировки мощности не более 50 дБ.

5.2.2.8. Узел питания ГКЧ (5.087.219 ЭЗ рис. 27) обеспечивает ГКЧ4 выходными напряжениями, приведенными в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Номер контакта разъема Ш4	Выходное напряжение, В	Пульсация (амплитудная), мВ	Нестабильность от изменения напряжения сети на ±10%, В
A4-A3	+60±3	25	±1,200
B4-A3	+12±0,1	2	±0,024
A5-A3	+5,2±0,05	2	±0,005
B5-A3	-5±0,05	2	±0,005
A6-A3	-12±0,1	2	±0,024
B6-A3	-15±0,7	2	±0,110
A7-A3	-24±1	5	±0,580

Стабилизатор 12 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора. Выпрямитель двухполупериодный — на диодах Д3, Д4 (см. 5.087.219 ЭЗ, У1). Регулирующий элемент — составной транзистор. В качестве УПТ использована микросхема МС1, питание которой осуществляется с выхода стабилизатора при помощи диода Д17. В момент включения микросхема питается от основного выпрямителя через резистор R16. Источник опорного напряжения — стабилитрон Д18.

Стабилизатор 5,2 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора. Основной выпрямитель двухполупериодный на диодах Д6, Д7 (см. 5.087.219 ЭЗ, У1), вспомогательный — однополупериодный на диоде Д5. Регулирующий элемент — составной транзистор. В качестве УПТ использована микросхема МС2. Источник опорного напряжения — стабилитрон Д19.

Стабилизатор 60 В выполнен по схеме параметрического стабилизатора на стабилитронах Д9...Д15 (см. 5.087.219 ЭЗ У1). Вместо балансного сопротивления использован стабилизатор тока на транзисторе Т1.

Стабилизатор минус 5 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора, основной выпрямитель двухполупериодный на диодах Д2, Д3 (см. 5.087.219 ЭЗ, У2), вспомогательный — однополупериодный на диоде Д1. Регулирующий элемент — составной транзистор. В качестве УПТ использо-

Трансформаторы

Стабилизатор напряжения  
5.123.001

Устройство управления  
татой 5.105.000

Устройство управления  
стабилизации частоты  
5.139.160

КЧ4. Вид снизу

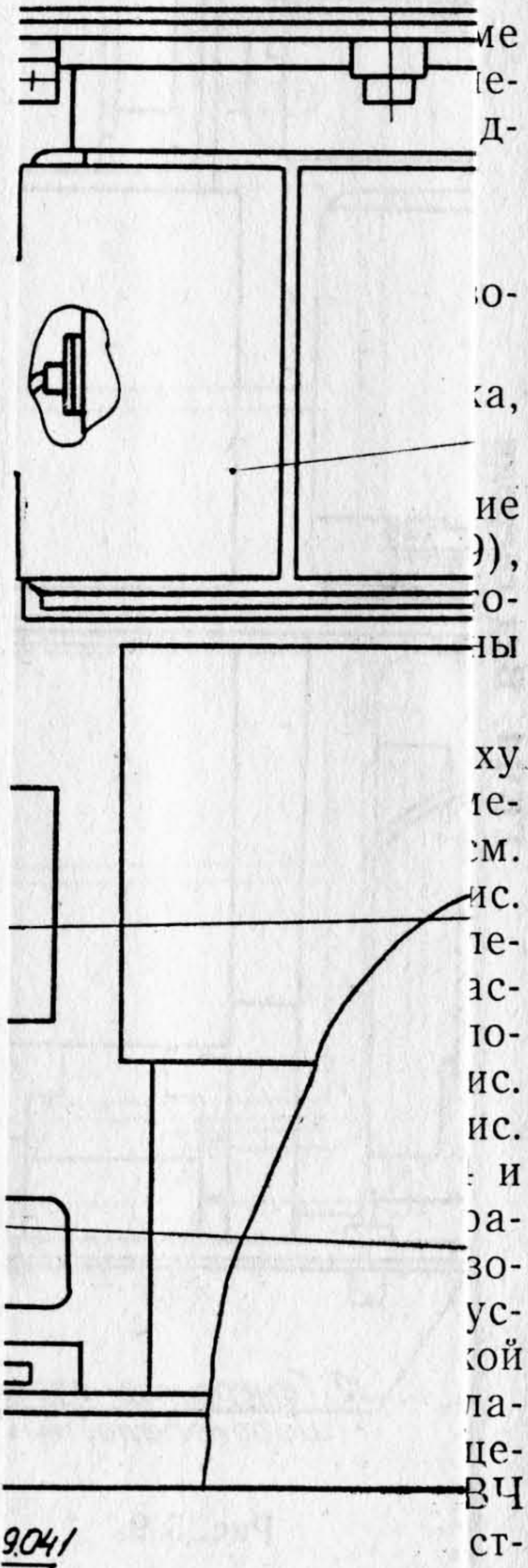


Рис. 5. 10.



ГКЧ4. Вид сверху

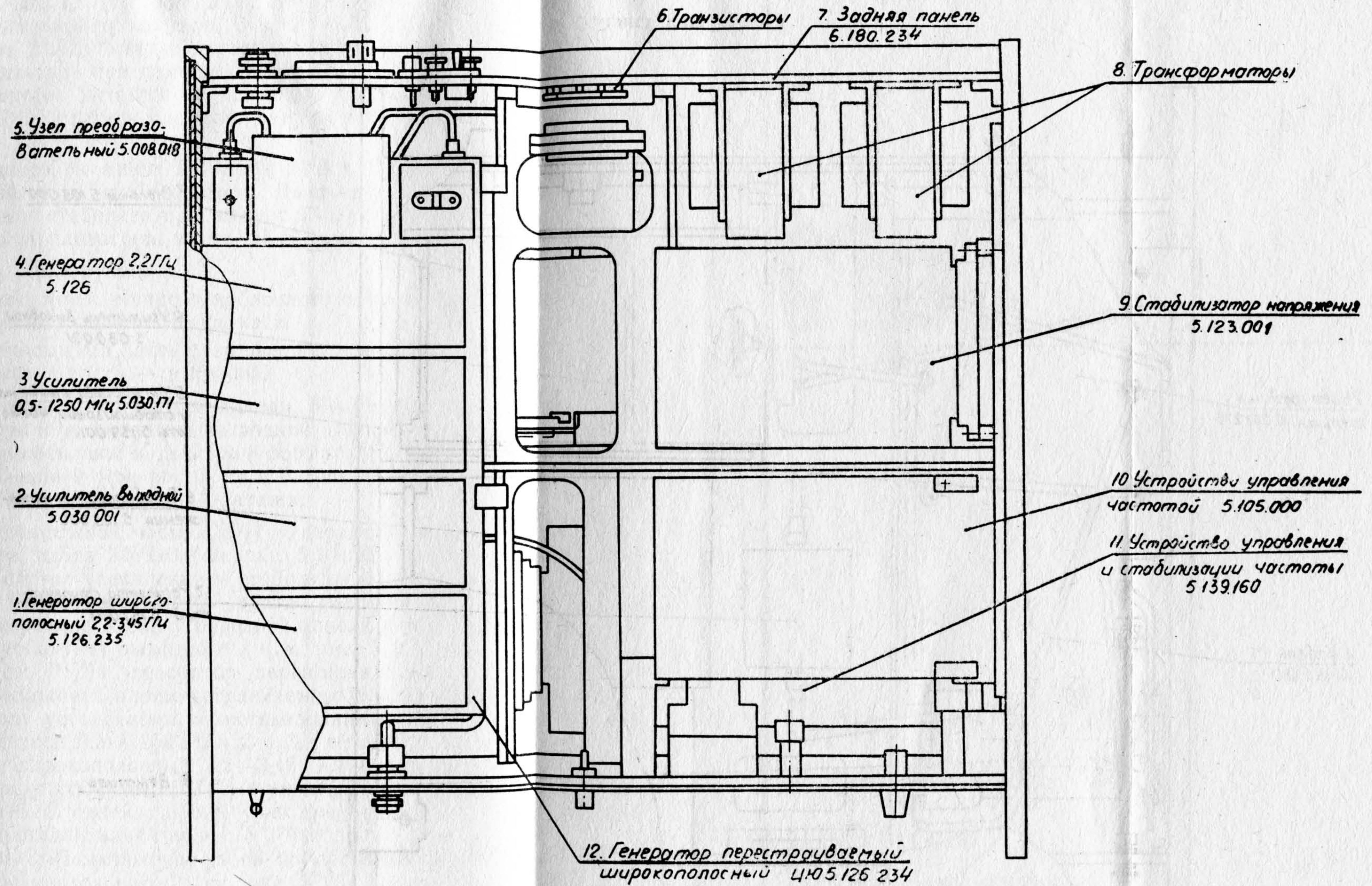


Рис. 5.9.



ГКЧ4. Вид снизу

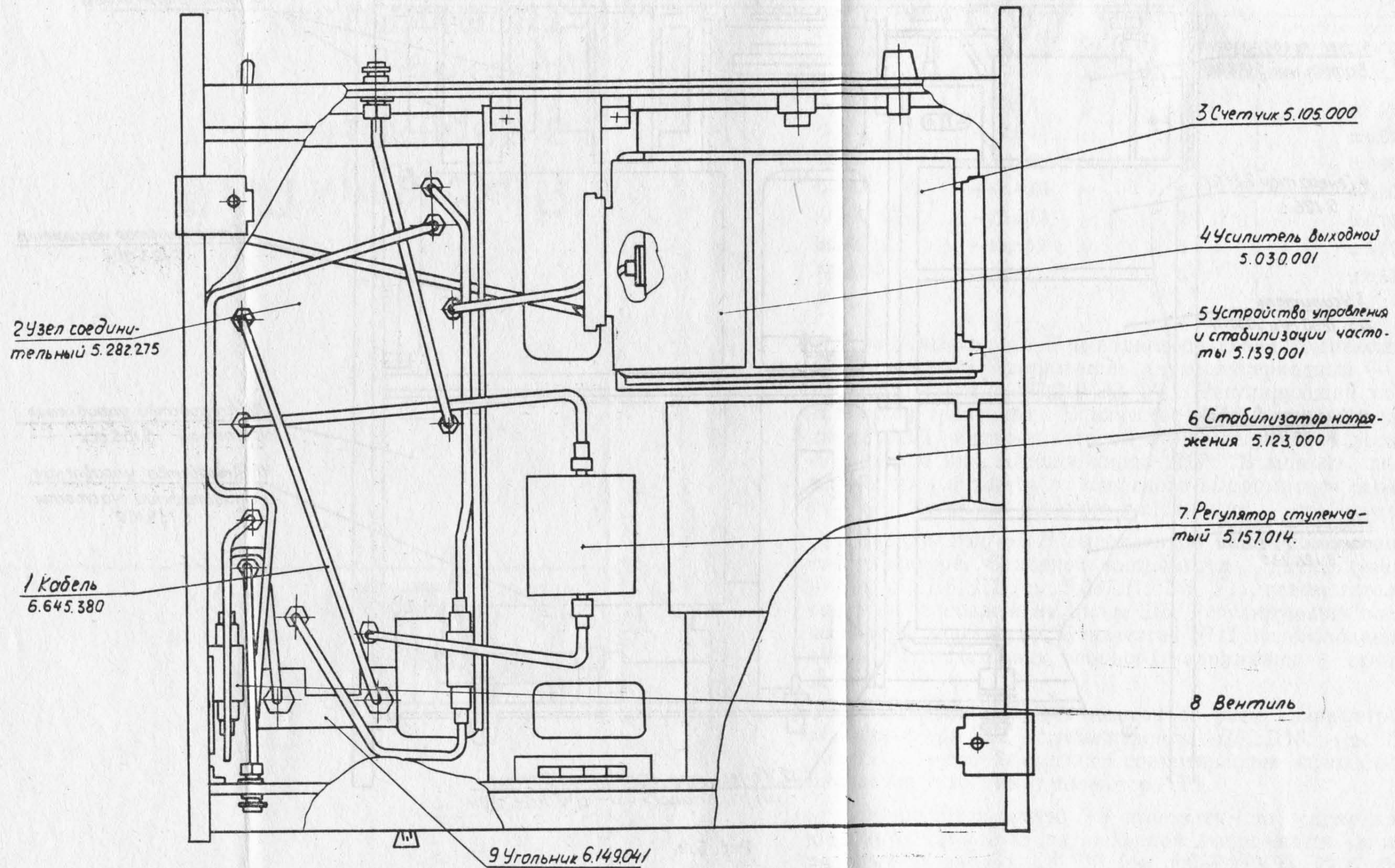
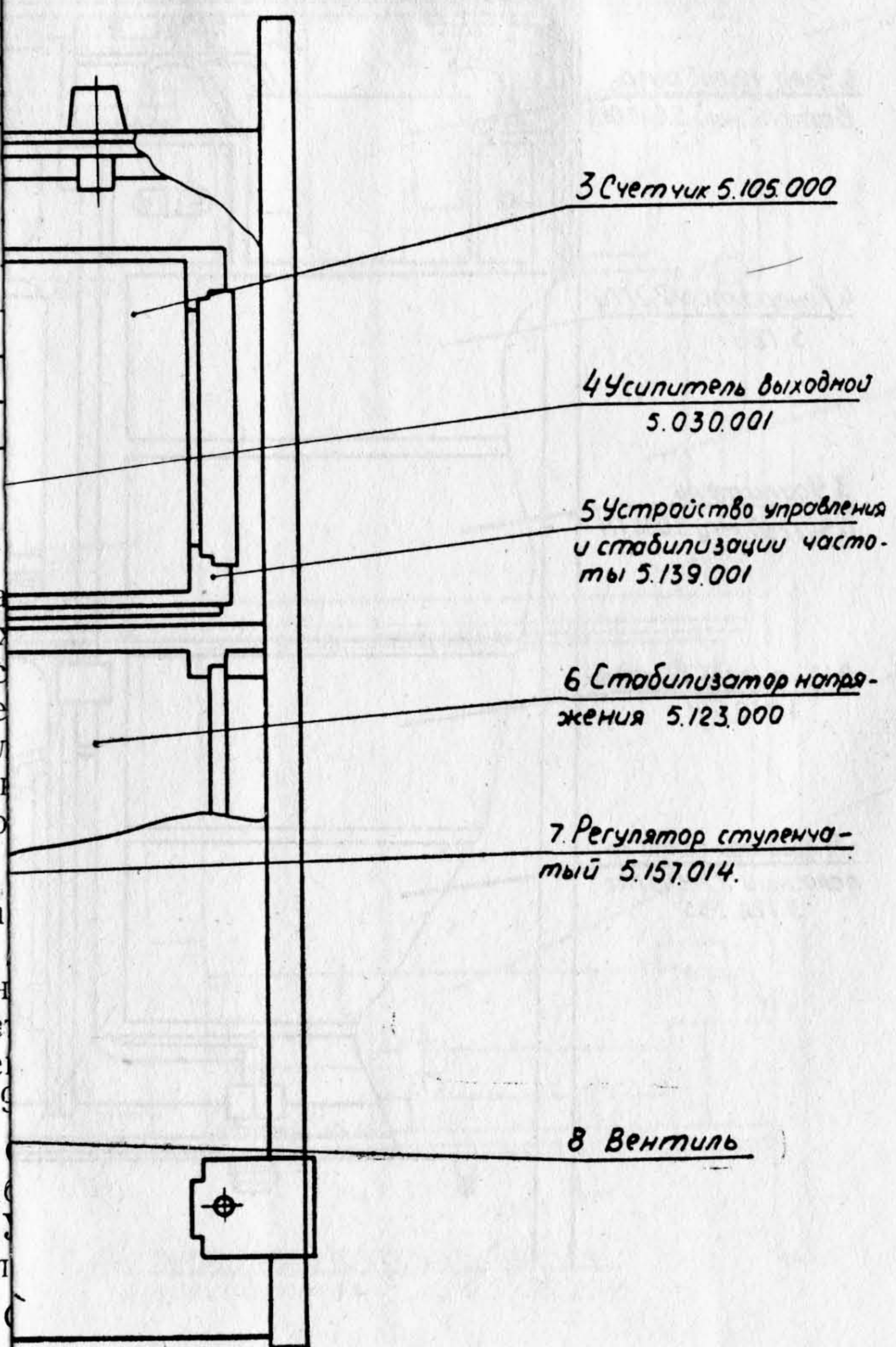


Рис. 5. 10.





вана микросхема МС1. Источник опорного напряжения — стабилитрон Д13.

Стабилизатор минус 12 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора. Выпрямитель двухполупериодный на диодах Д4, Д5 (см. 5.087.219 ЭЗ, У2). Регулирующий элемент — составной транзистор. В качестве УПТ использована микросхема МС2, питание которой осуществляется от выхода стабилизатора при помощи диода Д11. В момент включения микросхема питается от основного выпрямителя через резистор R8. Источник опорного напряжения — стабилитрон Д14.

Стабилизаторы минус 15, минус 24 В выполнены по схеме параметрического стабилизатора. Выпрямитель двухполупериодный для стабилизатора минус 24 В и однополупериодный для стабилизатора минус 15 В.

### 5. 2. 3. Конструкция.

ГКЧ4 выполнен в виде одноблочного прибора с использованием нормализованного каркаса.

Высокочастотная часть размещена в левой стороне блока, низкочастотная часть — в правой.

Узел питания — у задней панели. Мощные регулирующие транзисторы 6 установлены на задней панели 7 (рис. 5. 9), там же прикреплены и два трансформатора 8. Стабилизаторы напряжения 9 (см. рис. 5. 9) и 6 (рис. 5. 10) выполнены на двух платах печатного монтажа.

В низкочастотной части ГКЧ4 у передней панели сверху установлена плата УУЧ10 (см. рис. 5. 9). Посередине размещено устройство управления и стабилизации частоты 11 (см. рис. 5. 9). Снизу установлена плата счетчика 3 (см. рис. 5. 10). Посередине блока у передней панели снизу установлена плата усилителя выходного 4 (см. рис. 5. 10). Высокочастотная часть ГКЧ4 (генератор перестраиваемый широкополосный) выполнена в виде встраиваемого блока 12 (см. рис. 5. 9). Сверху установлены герметизированные узлы (см. рис. 5. 9): усилители 0,5—1250 МГц 2 и 3, генератор 2,2 ГГц 4 и генератор широкополосный 2,2—3,45 ГГц 1, рядом с генератором широкополосным 2,2 ГГц 4 установлен узел преобразовательный 5. С одной стороны узла преобразовательного установлен один вентиль 8 (см. рис. 5. 10), с другой стороны такой же вентиль 8. Подключение узлов осуществляется через плату узла соединительного 2 (см. рис. 5. 10), которая размещена посередине узла генераторного. Соединение между СВЧ узлами и выход СВЧ на переднюю панель выполнены жестким кабелем РК-50-2-25 с применением малогабаритных разъемов 3,5/1,52 мм, выход на переднюю панель через разъем 7/3,04 мм.



ГКЧ4. Вид спереди

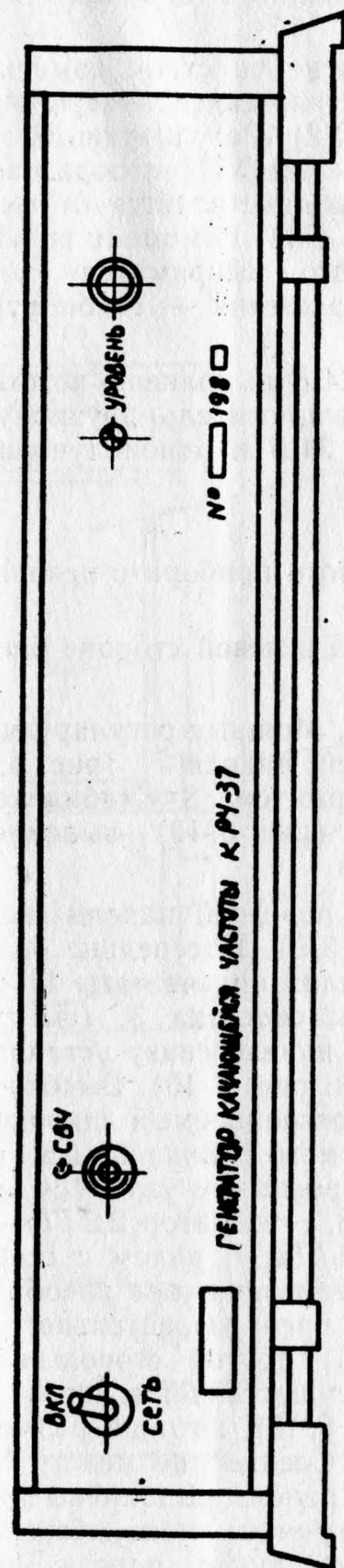


Рис. 5.11.

ГКЧ4. Вид сзади

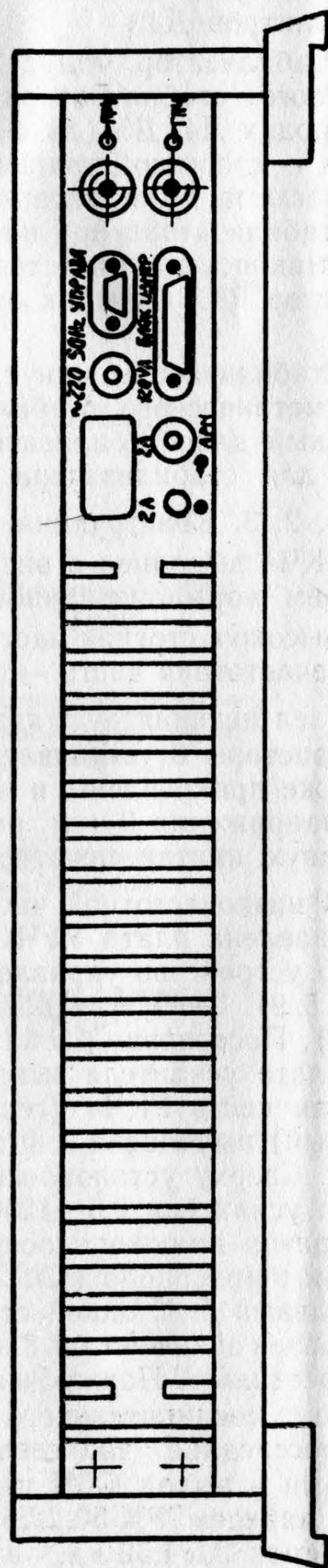







Рис. 5.12.

Обозначение и назначение органов управления и присоединения приведены в табл. 5.7 (см. рис. 5.11, 5.12).

Таблица 5.7

Обозначение	Назначение
«  » СВЧ	НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ Выход сигнала СВЧ с частотой от 1 до 1250 МГц
УРОВЕНЬ	Регулировка усиления (ручкой) и уровня сравнения (осью под шлиц) системы авторегулирования мощности сигнала СВЧ
ВКЛ. СЕТЬ	Тумблер для подключения ГКЧ4 к питающей сети
«  » АРМ	НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ Вход сигнала с частотой 100 кГц системы авторегулирования мощности сигнала СВЧ
«  » ГПЧ	Выход сигнала ГПЧ
«  » ГФЧ	Выход фиксированной частоты 2,2 ГГц
УПРАВЛ.	Разъем для внешних соединений
БЛОК ИЗМЕР.	Разъем для соединения с БИ
«220 V 50 Hz»	Вилка для подключения к питающей сети
«2 А»	Предохранители
«  »	Клемма защитного заземления

### 5. 3. Преобразователь частоты и выносные смесители

#### 5. 3. 1. Принцип действия


Преобразователь частоты (ПЧ) 2.206.251 и выносные смесители 5.436.077 (рис. 5.13) служат для переноса информации об измеряемой величине с СВЧ измерительного сигнала на постоянную промежуточную частоту 100 кГц.

Сигнальные входы (ИН и ОН) смесителей 5.436.077 подключаются к выходам измеряемого и опорного СВЧ сигналов измерительной головки, на гетеродинные входы подается сигнал, смещенный относительно СВЧ измерительного сигнала на промежуточную частоту. Гетеродинный сигнал получается путем смешивания частот генератора широкополосного 1,7—3,6 ГГц 5.126.203 и генератора 2,2 ГГц 5.126.009 в узле преобразовательном 5.008.017 с последующим усилением в усилителе двухканальном 5.030.186. Вентили ФКВН2-16А обеспечивают развязку меж-



ду генераторами и малую величину КСВН нагрузки СВЧ-трактов.

Частоты генераторов синхронизируются с помощью ФАП с аналогичными генераторами ГКЧ4 3.261.016, при этом разность частот соответствующих широкополосных генераторов становится постоянной и равной частотам генераторов опорных 5.418.011, находящихся в устройствах синхронизации частот 5.075.016-01 и 5.075.016-02.

Сигналы ошибки автоматической синхронизации частоты (АСЧ) с выходов устройств синхронизации частот подаются на узел управления 5.139.163, который обеспечивает дальнейшую обработку сигналов. После чего они подаются на управление частотой соответствующих генераторов. На вход «» УПРАВЛ. от ГКЧ4 подается управляющее частотой широкополосного генератора напряжение, которое после усиления в усилителе постоянного тока подается на узел управления и суммируется с сигналом ошибки АСЧ синхронизируемого широкополосного генератора 1,7—3,6 ГГц.

Делитель частоты обеспечивает разность частот между опорными генераторами, равную 100 кГц. На его входы поступают сигналы опорных генераторов, которые в смесителе стробоскопическом 5.436.060 смешиваются. Сигнал смешанной частоты усиливается и поступает на узел фазовой подстройки 5.172.126, на выходе которого получается напряжение подстройки частоты опорного генератора устройства синхронизации частоты 5.075.016-02.

Частоты опорного генератора устройства синхронизации частоты 5.075.016-01 регулируются при помощи резистора R, ось которого выведена на переднюю панель под шлиц.

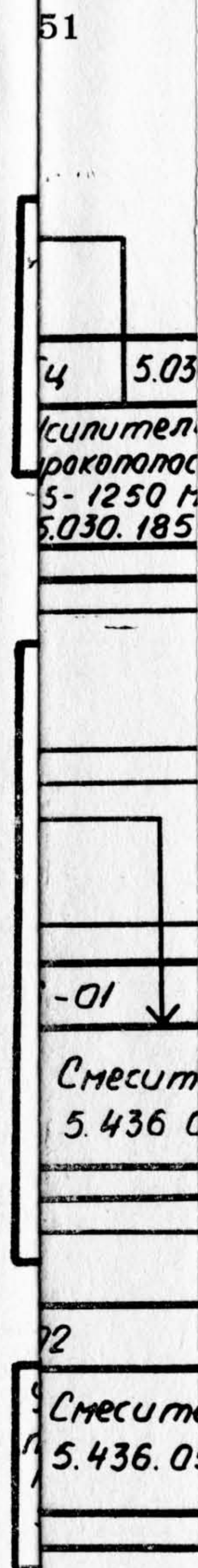
Усилитель двухканальный 5.030.090-01 обеспечивает усиление сигналов промежуточной частоты до уровня, необходимого для работы блока измерительного 2.043.050-01.

Узел питания 5.087.220-01 обеспечивает узлы ПЧ напряжениями питания плюс 5, плюс 12, плюс 80, минус 5 и минус 12 В.

### 5. 3. 2. Схема электрическая принципиальная

5. 3. 2. 1. Преобразователь частоты (2.206.251 ЭЗ рис.28) состоит из узлов, схемы электрические принципиальные которых описываются ниже. Назначение вентиля ФКВН2-16А приведено в подразделе 5.2.

5. 3. 2. 2. Устройство синхронизации частоты (5.075.016 ЭЗ рис. 29) состоит из генератора опорного 5.418.011, дискрими-





Структурная схема преобразователя частоты 2.206.251

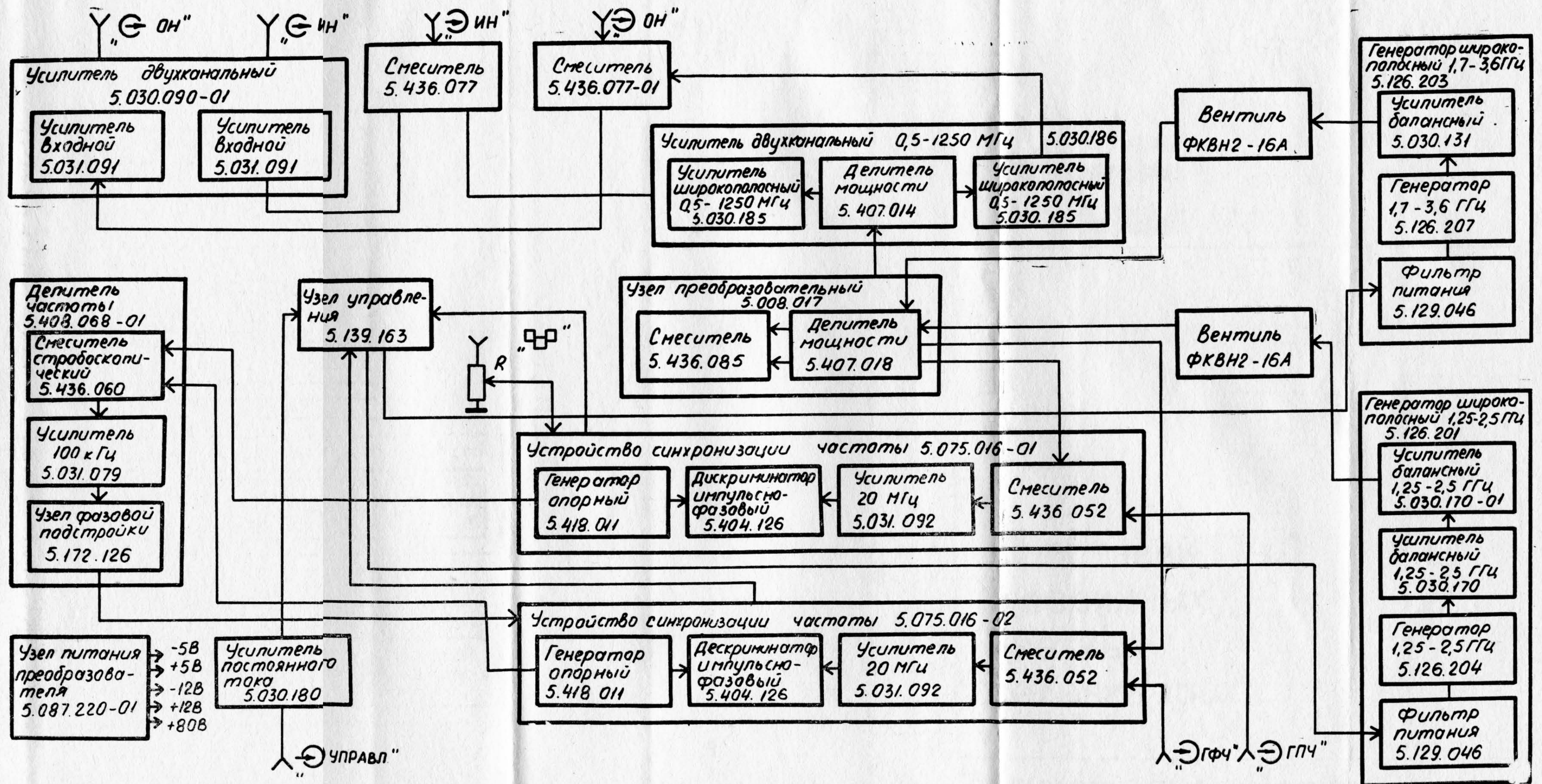


Рис. 5.13.



ду  
 тр  
 мо  
 3.2  
 по  
 то  
 ст  
 (А  
 на  
 шу  
 ся  
 ро  
 ют  
 то  
 ся  
 АО  
 1,  
 оп  
 ст  
 ст  
 но  
 ст  
 ни  
 хр  
 ча  
 ос  
 ле  
 ди  
 же  
 ну  
 со  
 ры  
 пр  
 ри  
 44

Упрощенная принципиальная схема импульсно-фазового дискриминатора 5.404.126

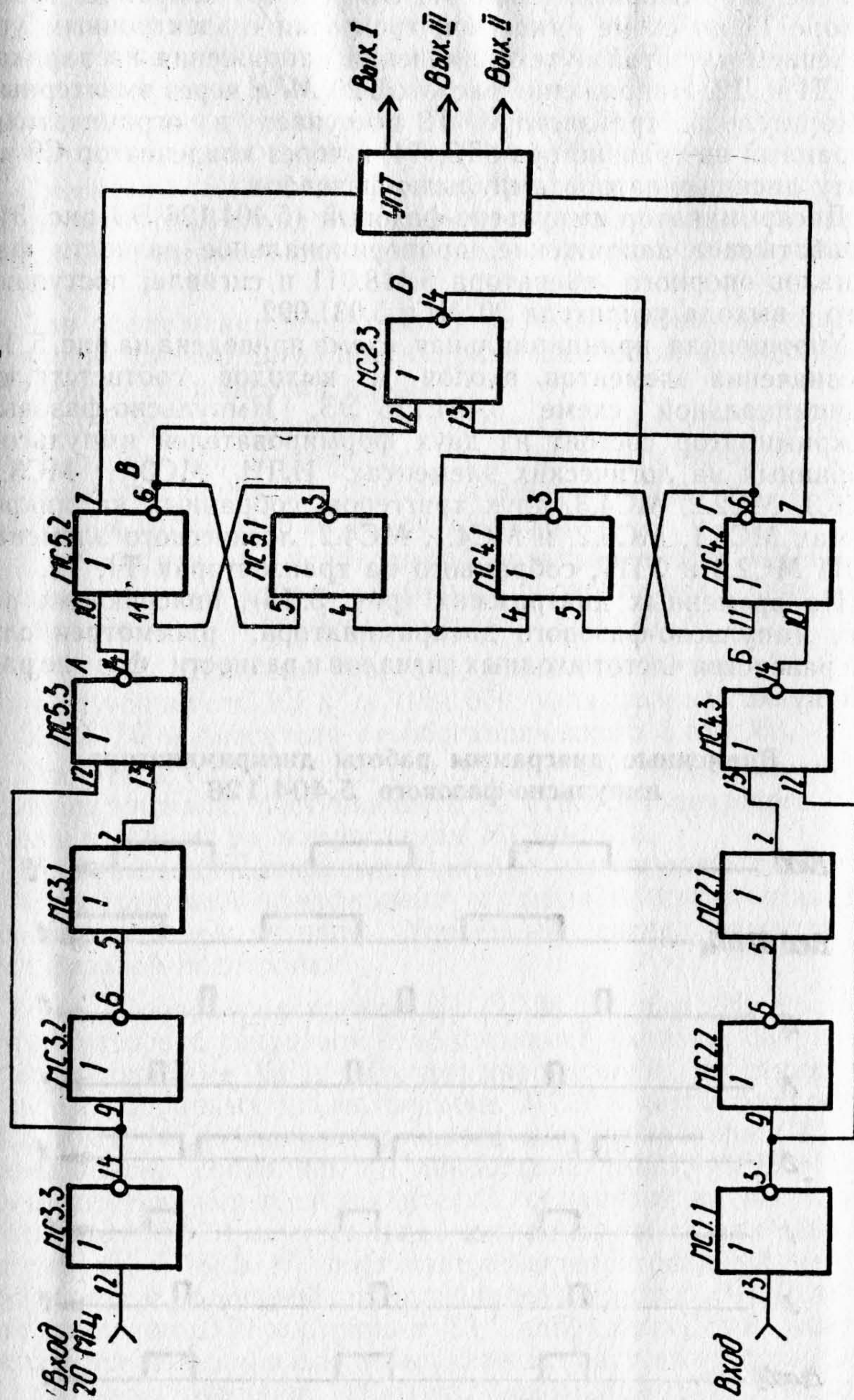


Рис. 5.14.



натора импульсно-фазового 5.404.126, усилителя 20 МГц 5.031.092 и смесителя 5.436.052.

Генератор опорный (5.418.011 ЭЗ рис. 30) собран на транзисторе Т1 по схеме емкостной трехточки с электронным управлением частотой путем изменения напряжения на варикапах Д1 и Д2. Напряжение частотой 20 МГц через эмиттерный повторитель на транзисторе Т2 поступает в ограничитель, собранный на транзисторах Т3, Т4, и через конденсатор С9 на плату дискриминатора импульсно-фазового.

Дискриминатор импульсно-фазовый (5.404.126 ЭЗ рис. 31) вырабатывает напряжение, пропорциональное разности фаз сигналов опорного генератора 5.418.011 и сигнала, поступающего с выхода усилителя 20 МГц 5.031.092.

Упрощенная принципиальная схема приведена на рис. 5. 14. Обозначения элементов, входов и выходов соответствуют принципиальной схеме 5.404.126 ЭЗ. Импульсно-фазовый дискриминатор состоит из двух формирователей импульсов, собранных на логических элементах ИЛИ МС3.1, МС3.2, МС5.3, МС2.2, МС4.3, двух триггеров, собранных на микросхемах МС5.1, МС5.2, и МС4.1, МС4.2, логического элемента ИЛИ МС2.3 и УПТ, собранного на транзисторах Т1, Т2.

На временных диаграммах (рис. 5.15), поясняющих работу импульсно-фазового дискриминатора, рассмотрен случай равенства частот входных сигналов и разности фаз не равной нулю.

Временные диаграммы работы дискриминатора импульсно-фазового 5.404.126

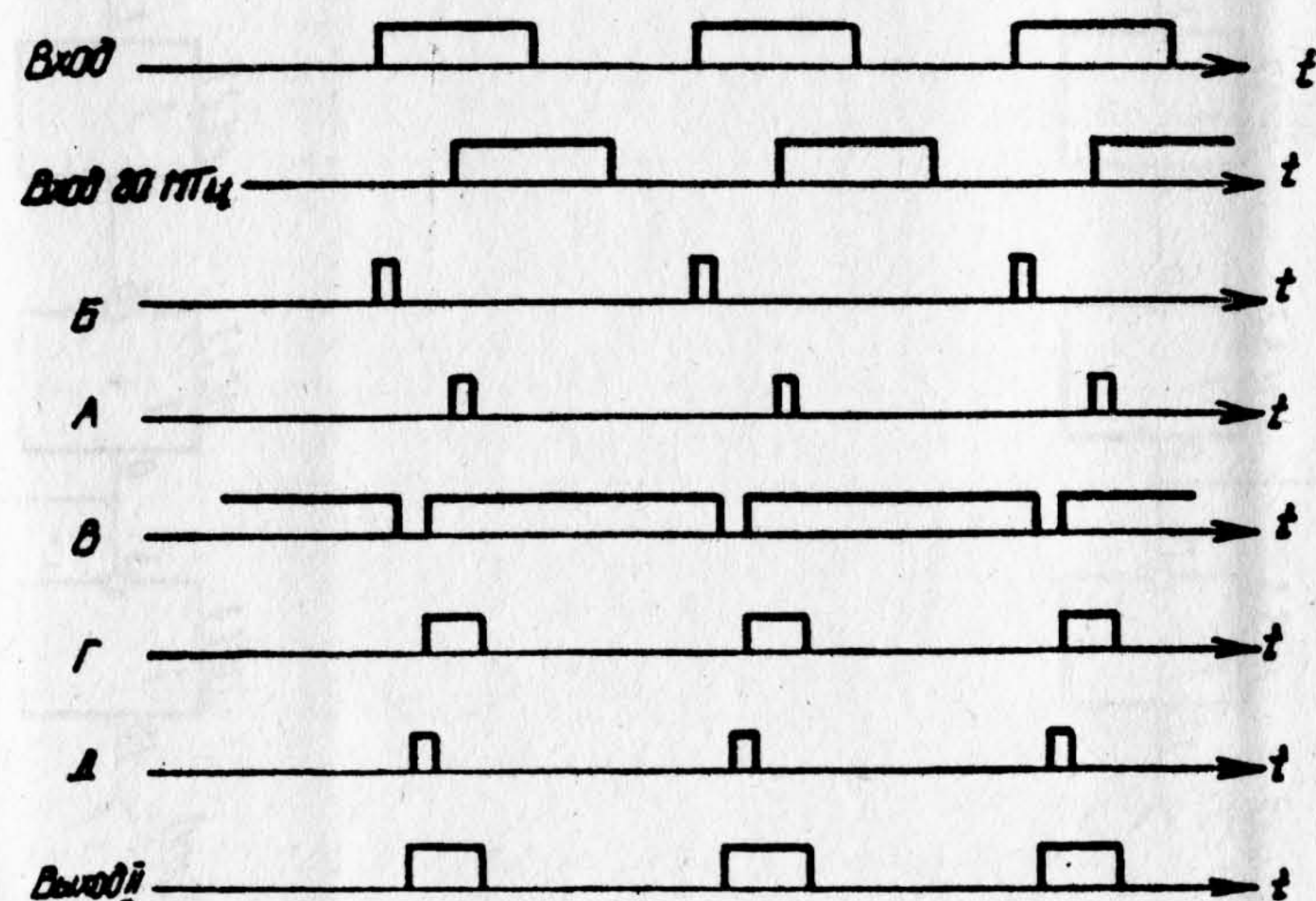


Рис. 5. 15.

Усилитель 20 МГц (5.031.092 ЭЗ рис. 32) предназначен для усиления сигнала, поступающего из смесителя 5.436.052.

Первый каскад усилителя 20 МГц собран на транзисторе Т по схеме с общим эмиттером. С транзистора Т сигнал поступает на усилитель-ограничитель, собранный на логических элементах МС1.1—МС1.3 и МС2.1—МС2.3 с эмиттерной связью для обеспечения надежной работы логических элементов импульсно-фазового дискриминатора.

Смеситель (5.436.052 ЭЗ рис. 33) собран на диодах Д1 и Д2 по балансной схеме на керамической подложке. Резисторы и трансформаторы выполнены по толстопленочной технологии.

Для обеспечения необходимой развязки между сигналами на входах смесителя включены развязывающие аттенюаторы и заведено смещение на диоды.

Устройство синхронизации частоты выполнено в отдельном корпусе, обеспечивающем хорошую экранировку. Для исключения наводок по цепям питания напряжения питания подведены через фильтрующие LC цепи.

Для обеспечения необходимой развязки между СВЧ сигналами применен кабель с внешним проводником в виде медной цельнотянутой трубки с разъемом типа ОСМ.

5. 3. 2. 3. Делитель частоты (5.408.068 ЭЗ рис. 34) состоит из усилителя 100 кГц 5.031.079, узла фазовой подстройки 5.172.126 и смесителя стробоскопического 5.436.060.

Усилитель 100 кГц (5.031.079 ЭЗ рис. 35) предназначен для усиления сигнала, поступающего со стробоскопического смесителя и собран на микросхемах МС1—МС3.

Использование дифференциальных усилителей обеспечивает необходимый коэффициент усиления и ограничение при большом входном сигнале. Усиленный сигнал подается на узел фазовой подстройки.

Узел фазовой подстройки (5.172.126 ЭЗ рис. 36) состоит из генератора с кварцевой стабилизацией частоты, собранного на микросхеме МС1, двух формирователей коротких импульсов, собранных на микросхеме МС3 и части микросхем МС5, МС2, МС4, частотно-фазового дискриминатора (ЧФД), схемы поиска, собранной на микросхемах МС7, МС8, а также дифференциального усилителя, собранного на части микросхемы МС7. В случае, когда сигнал от усилителя 100 кГц ( $f_c$  см. рис. 5. 16, 5. 17) поступает с частотой большей, чем от генератора с кварцевой стабилизацией частоты, ЧФД запирает транзистор Т2 и отпирает Т3, напряжение на выходе становится минимальным и переключает триггер, работающий от уровня напряжения. Отрицательное напряжение с выхода триггера запирает транзистор Т4 и отпирает Т5.



# Упрощенная принципиальная схема ЧФД

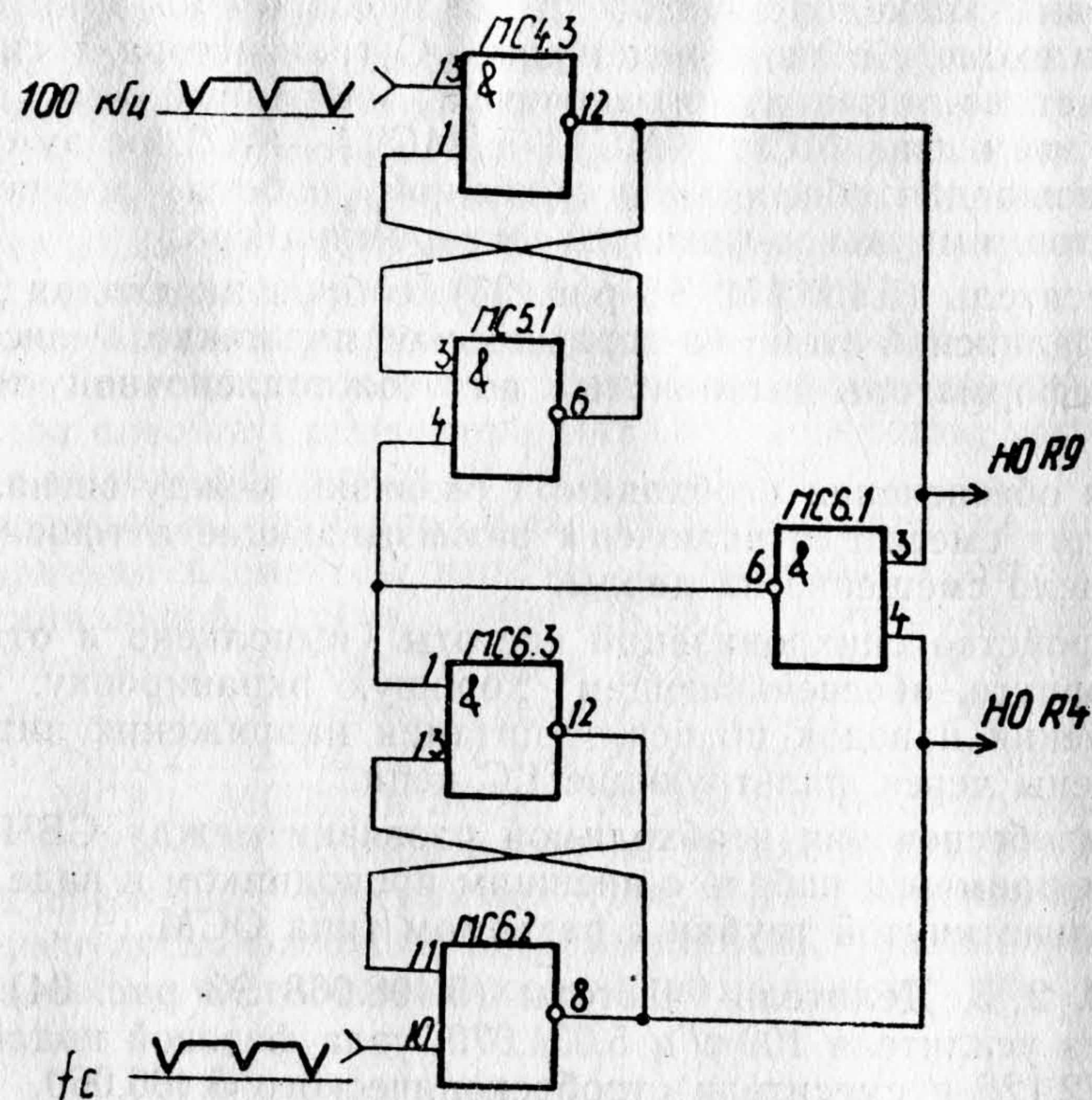


Рис. 5. 16.

С эмиттера транзистора Т5 поступает на вход 1 микросхемы МС5 логический «0» и, независимо от сигналов на входах 2 и 13, на выходе 12 микросхемы МС5 будет логическая «1», ЧФД отпирает транзистор Т2 и запирает транзистор Т3 — происходит заряд конденсатора С9. На входе триггера напряжение будет расти до достижения уровня переключения. Положительное напряжение с выхода триггера отпирает транзистор Т4 и запирает транзистор Т5. С запертого транзистора Т5 на вход 1 микросхемы МС5 подается логическая «1». Напряжение на контакте 6 узла фазовой подстройки зависит от частоты и фазы сигнала, поступающего на контакт 4.

В случае, когда на контакте 4 частота сигнала остается больше 100 кГц, поиск происходит непрерывно — напряжение на контакте 6 качается. Остановка качания напряжения происходит лишь в случае совпадения частот сигналов на входах ЧФД. В этом случае напряжение на контакте 6 зависит от разности фаз сигналов. Сигнал на контакт 4 поступает из стробоскопического смесителя.

## Упрощенная принципиальная схема ЧФД с дифференциальным усилителем и схемой поиска

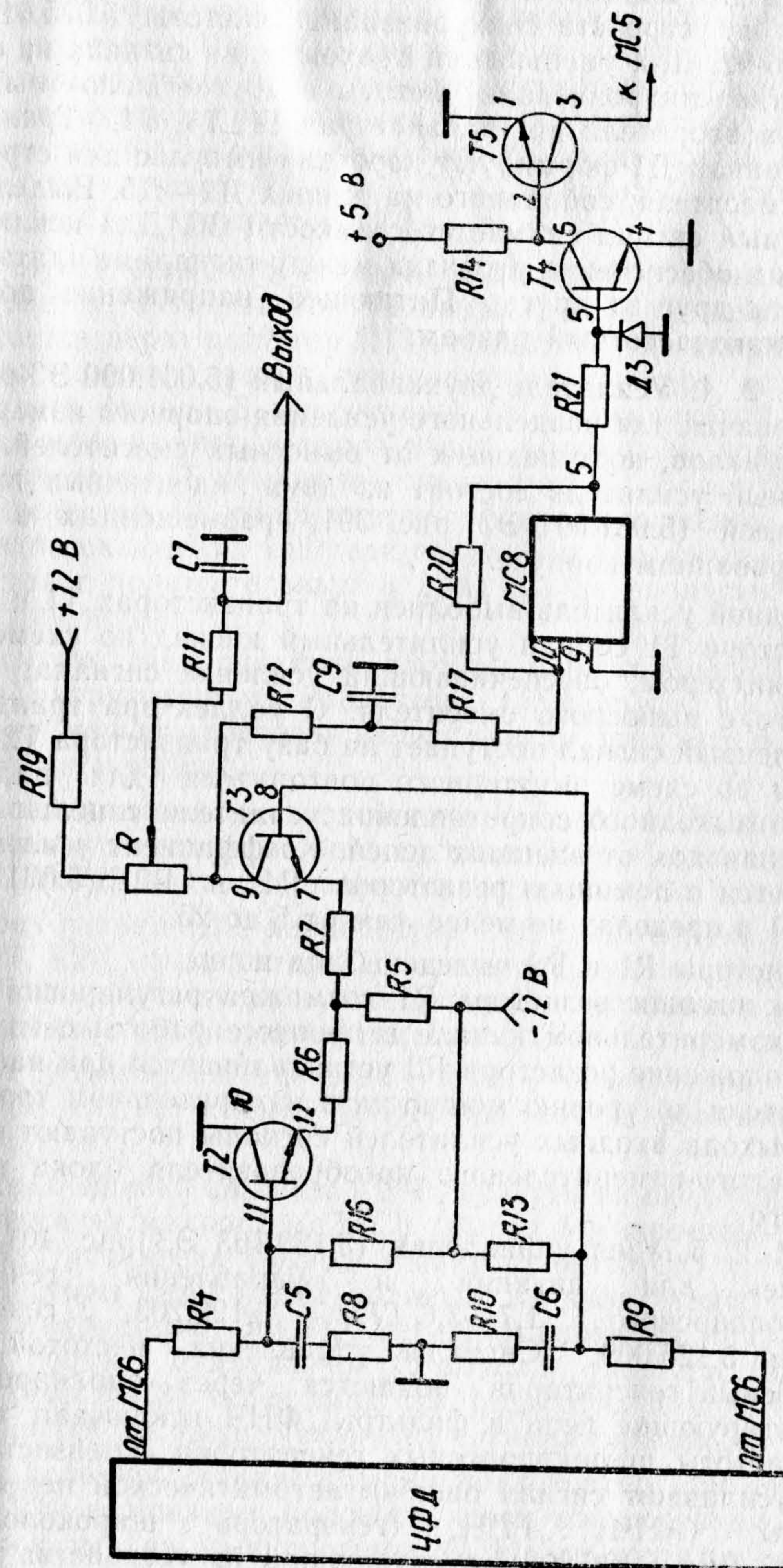


Рис. 5. 17.



Стробоскопический смеситель (5.436.060 ЭЗ рис. 37) предназначен для выделения разностной частоты сигналов, поступающих из устройств синхронизации частоты 5.075.016-01 и 5.075.016-02. Для уменьшения прохождения сигнала из одного устройства синхронизации частоты в другое включены эмиттерные повторители на транзисторах Т1, Т3, Т4. Транзистор Т2 и варикап Д1 формируют короткий импульс для стробирования смесителя, собранного на диодах Д2—Д5. Выделенный разностный сигнал снимается с емкости С6. Для исключения наводок и обеспечения развязки между сигналами платы экранированы друг от друга. Питательное напряжение подается через низкочастотный разъем.

5. 3. 2. 4. Усилитель двухканальный (5.031.090 ЭЗ рис. 38) предназначен для раздельного усиления опорного измерительного сигналов, поступающих от выносных смесителей. Двухканальный усилитель состоит из двух идентичных входных усилителей (5.031.091 ЭЗ рис. 39), размещенных в одном экранированном корпусе.

Входной усилитель выполнен на транзисторах Т1 и Т2. На транзисторе Т1 собран усилительный каскад по схеме с общим эмиттером, обеспечивающий усиление сигнала, поступающего с выносного смесителя. С коллектора транзистора Т1 усиленный сигнал поступает на базу транзистора Т2, включенного по схеме эмиттерного повторителя для получения низкого выходного сопротивления усилителя с целью уменьшения наводок от внешних цепей. Коэффициент усиления регулируется с помощью резисторов R1 и R2 (5.031.090 ЭЗ рис. 38) в пределах не менее чем от 5 до 25.

Резисторы R1 и R2 выведены под шлиц.

При помощи резистора R1 возможна регулировка усиления в измерительном канале в процессе работы с измерителем. Положение резистора R2 устанавливается при настройке измерителя по уровню мощности в измерительном тракте.

С выхода входных усилителей сигналы поступают на входы аналого-измерительного преобразователя блока измерительного.

5. 3. 2. 5. Узел управления (5.139.163 ЭЗ рис. 40) предназначен для питания и управления генератора широкополосного 1,7—3,6 ГГц 5.126.203, генератора 2,2 ГГц 5.126.009. Сигналы управления частотой широкополосных генераторов подаются через экранированные корректирующие цепи и фильтры. ФНЧ исключают модуляцию частоты широкополосных генераторов. Транзисторы Т1 и Т2 усиливают сигнал ошибки автоматической перестройки частоты (АПЧ) ГПЧ (генератора широкополосного 1,7—3,6 ГГц 5.126.203), поступающий из устройства синхронизации частоты. С коллектора транзистора Т2 усиленный

сигнал через выходной каскад на транзисторах Т3, Т4 и ФНЧ поступает на вход управления частотой широкополосного генератора. Кроме того, сигнал с коллектора транзистора Т2 через резисторы R13, R14 поступает на вход триггера (вывод 11 микросхемы МС1), переключающегося определенными уровнями входного напряжения. С выхода триггера (вывод 5 микросхемы МС1) через резистор R21, эмиттерный повторитель на транзисторе Т5, диод Д3 и резистор R28 сигнал подается на базу транзистора Т2.

В случае большого сигнала ошибки АПЧ транзистор Т1 открывается, а транзистор Т2 закрывается. Конденсатор С3 заряжается через резистор R13 отрицательным напряжением. При достижении уровня переключения триггера на выходе последнего (вывод 5 микросхемы МС1) появляется отрицательное напряжение, которое через эмиттерный повторитель на транзисторе Т5 открывает транзистор Т2. Вследствие этого конденсатор С3 разряжается. При достижении второго уровня переключения триггера напряжение на выходе последнего станет положительным и диод Д3 не пропустит его на базу транзистора Т2.

В случае синхронизации частоты широкополосного генератора напряжение на коллекторе транзистора Т2 устанавливается между уровнями переключения триггера и состояние его не меняется.

Для повышения быстродействия системы АПЧ на коллекторы транзисторов выходного каскада Т3 и Т4 через резисторы R22 и R23 подается напряжение перестройки генератора.

Через разъем Ш3, конденсатор С16, делитель на резисторах R27, R29, конденсатор С11 поступает сигнал с устройства синхронизации частоты, суммирующийся с сигналом ошибки, что повышает стабильность системы АПЧ.

Для управления частотой ГФЧ (генератора 2,2 ГГц 5.126.009) служит схема, собранная на микросхемах МС2 и МС3.

Сигнал ошибки системы АПЧ подается на вход усилителя, собранного на микросхеме МС2 (вывод 8 микросхемы МС2). С выхода усилителя (вывод 5 микросхемы МС2) сигнал через резисторы R49 и R51 подается на вход триггера (вывод 11 микросхемы МС3), переключающегося при определенных уровнях напряжения. С выхода триггера (вывод 5 микросхемы МС3) через диод Д9, резисторы R40 и R37 сигнал подается ко входу усилителя сигнала ошибок.

При большом сигнале ошибки конденсатор С30 через резистор R49 заряжается положительным напряжением, поступающим с вывода 5 микросхемы МС2. При достижении уровня переключения триггера на его выходе (вывод 5 микросхе-



мы МС3) появится положительное напряжение, которое через диод Д9 и резисторы R40, R37 поступит на вход микросхемы МС2, что вызовет уменьшение напряжения на ее выходе (вывод 5). Это вызовет разряд конденсатора и, при определенном уровне напряжения, переключение триггера. В данном состоянии диод Д9 не пропустит отрицательное напряжение на вход микросхемы МС2.

Сигнал управления через ФНЧ подается на вход управления частотой генератора 2,2 ГГц 5.126.009. С помощью переменного резистора R45 устанавливается необходимый уровень управляющего напряжения. Питающие напряжения на узел управления подводятся через низкочастотный разъем.

Напряжение питания на генераторы подается через контакты с цангами, допускающие снятие узлов при ремонте.

5.3.2.6. Усилитель постоянного тока (5.030.180 ЭЗ рис. 41) предназначен для усиления сигнала управления частотой широкополосного генератора 1,7—3,6 ГГц. Сигнал через разъем III подается на резистор R1, определяющий входное сопротивление УПТ. Микросхема МС обеспечивает необходимое усиление и малый дрейф выходного сигнала. С выхода МС (вывод 5) через резистор R7 сигнал подается на эмиттер транзистора Т1, коллектор которого соединен с базой транзистора Т3. Транзисторы Т2 и Т3 выполняют функции оконечного каскада УПТ. Данная схема выходного каскада обеспечивает малое выходное сопротивление при больших пределах изменения выходного напряжения и экономный режим использования питающего напряжения. При помощи резисторов R10 и R11 весь усилитель охвачен отрицательной обратной связью, глубина которой регулируется при помощи резистора R11. Резистор R9 позволяет регулировать уровень выходного напряжения, что необходимо при настройке системы АСЧ.

5.3.2.7. Генератор широкополосный 1,7—3,6 ГГц (5.126.203 ЭЗ рис. 42) и генератор 2,2 ГГц (5.126.009 ЭЗ рис. 43) аналогичны генератору широкополосному 2,2—3,45 ГГц (5.126.235 ЭЗ рис. 3) и генератору 2,2 ГГц (5.126.009 ЭЗ рис. 2) соответственно. Отличаются конструктивным исполнением. Описание входящих узлов приведено в подразделе 5.2.

5.3.2.8. Узел преобразовательный (5.008.017 ЭЗ рис. 44) состоит из двух плат: смесителя (5.436.085 ЭЗ рис. 45) и делителя мощности (5.407.018 ЭЗ рис. 46).

Узел преобразовательный предназначен для формирования сигнала в диапазоне частот от 0,5 до 1250 МГц, который

получается путем смешивания сигналов ГФЧ и гетеродина ГПЧ.

Узел преобразовательный выполнен на керамических платах по толсто пленочной технологии.

Для обеспечения подавления паразитных сигналов на входах и выходе смесителя включены фильтры. Смеситель выполнен по двойной балансной схеме на диодах ДЗ—Д6 (5.436.085 ЭЗ рис. 45). Для регулировки уровня сигнала ГФЧ включены р-и-п диоды Д1, Д2 (5.436.085 см. рис. 45). Узел преобразовательный обеспечивает ответвление сигналов ГФЧ и ГПЧ для устройств синхронизации частоты.

5.3.2.9. Усилитель двухканальный 0,5—1250 МГц (5.030.186 ЭЗ рис. 47) состоит из усилителей широкополосных 0,5—1250 МГц (5.030.185) и делителя мощности 5.407.014.

Усилитель широкополосный 0,5—1250 МГц (5.030.185 ЭЗ рис. 48) состоит из трех каскадов, собранных по схеме с общим эмиттером. Два первых каскада, собранных на транзисторах Т1 и Т2, однотипные. Для выравнивания АЧХ каждый из каскадов усилителя охвачен частотно-зависимой обратной связью, состоящей из параллельной RC цепочки в цепи эмиттера и последовательной RC цепочки в цепи коллектор—база. Каскад на транзисторе Т3 собран по аналогичной схеме, что и предыдущие, но для уменьшения нелинейных искажений используется более мощный транзистор (2Т640А). Для обеспечения оптимального режима используется напряжение питания плюс 12 и минус 5 В. Для повышения коэффициента усиления на верхних частотах в цепи питания 12 В используются короткозамкнутые четвертьволновые отрезки линий. Сигнал на усилители широкополосные подается через делитель мощности (5.407.014 ЭЗ рис. 49), собранный на линии с ферритом Э1. На выходах расположены Т-образные делители (2, 4, 6 дБ), которые подключаются при настройке и обеспечивают требуемый коэффициент усиления.

5.3.2.10. Смесители (5.436.077 ЭЗ рис. 50) предназначены для преобразования частоты входных сигналов в сигнал частотой 100 кГц. Смесители опорного канала (ОН) и измерительного канала (ИН) идентичны. Смеситель выполнен по балансной схеме на двух туннельных обращенных диодах Д1, Д2.

Для обеспечения хорошего согласования во всей полосе частот сигнал генератора подается на диоды в противофазе с помощью трансформатора Э3. Трансформатор Э5 обеспечивает требуемый баланс схемы. Для выравнивания уровня мощности гетеродина, поступающего на диоды, на входе установлена корректирующая цепь R3, R4, R5 и С4, С5.



Сигнал разностной частоты 100 кГц выделяется с помощью фильтра С2, Э5, С3.

Фильтр верхних частот Э1, С1, Э2 не пропускает сигналы частот 100 кГц и ниже в измерительную СВЧ головку для уменьшения влияния сигналов одного канала на другой.

Резисторы выполнены по толстопленочной технологии. В качестве подложки применен материал 22ХС.

5. 3. 2. 11. Узел питания преобразователя (5.087.220 ЭЗ рис. 51) обеспечивает электрические цепи преобразователя частоты стабилизированными напряжениями, приведенными в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Номер контакта разъема	Выходное напряжение, В	Пульсация (амплитудное значение), мВ	Нестабильность от изменения напряжения сети на $\pm 10\%$ , В
Ш5/В-1	$+12 \pm 0,2$	1	$\pm 0,25$
Ш5/Г-1	$-12 \pm 0,2$	1	$\pm 0,25$
Ш5/А-1	$+5 \pm 0,05$	1	$\pm 0,15$
Ш5/З-1	$-5 \pm 0,05$	1	$\pm 0,15$
Ш5/Б-1	$+80 \pm 5$	8	$\pm 0,8$
Ш1/А3-Б3	$+3,2 \pm 0,05$	—	—

Стабилизатор 12 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора с двухполупериодным выпрямителем на диодах Д1, Д2 (см. 5.087.220 ЭЗ, У1). Регулирующий элемент — составной транзистор Т1 (см. 5.087.220 ЭЗ), Т1 (см. 5.087.220 ЭЗ, У1). В качестве УПТ использована микросхема МС1.

Стабилизатор минус 12 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора с двухполупериодным выпрямителем на диодах Д3, Д4 (см. 5.087.220 ЭЗ, У1). Регулирующий элемент — составной транзистор Т2 (см. 5.087.220 ЭЗ), Т2 (см. 5.087.220 ЭЗ, У1). В качестве УПТ использована микросхема МС2.

Стабилизатор 5 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора. Основной выпрямитель двухполупериодный на диодах Д2, Д3 (см. 5.087.220 ЭЗ, У2), вспомогательный — однополупериодный на диоде Д1. Регулирующий элемент — составной транзистор Т3 (см. 5.087.220 ЭЗ), Т3, Т1 (см. 5.087.220 ЭЗ, У2). В качестве УПТ использована микросхема МС1.

2. Узел питания преобразователя 5.087.220-01

Узел управления 5.139.163

Детектор частоты 5.408.068-01

Усилитель постоянного тока 5.030.180

Усилитель двухканальный 5.031.090-01

а-  
у-  
у-  
о-  
,  
а-  
а-  
н-

В  
П-  
ГО  
С-  
Ж-  
ИХ  
ИЗ

И  
И-  
И-  
ОМ  
ИЯ.

Т,  
че-

ля  
ЮД  
ка-

Ч,

тур

ое-



Преобразователь частоты 2.206.251. Вид сверху

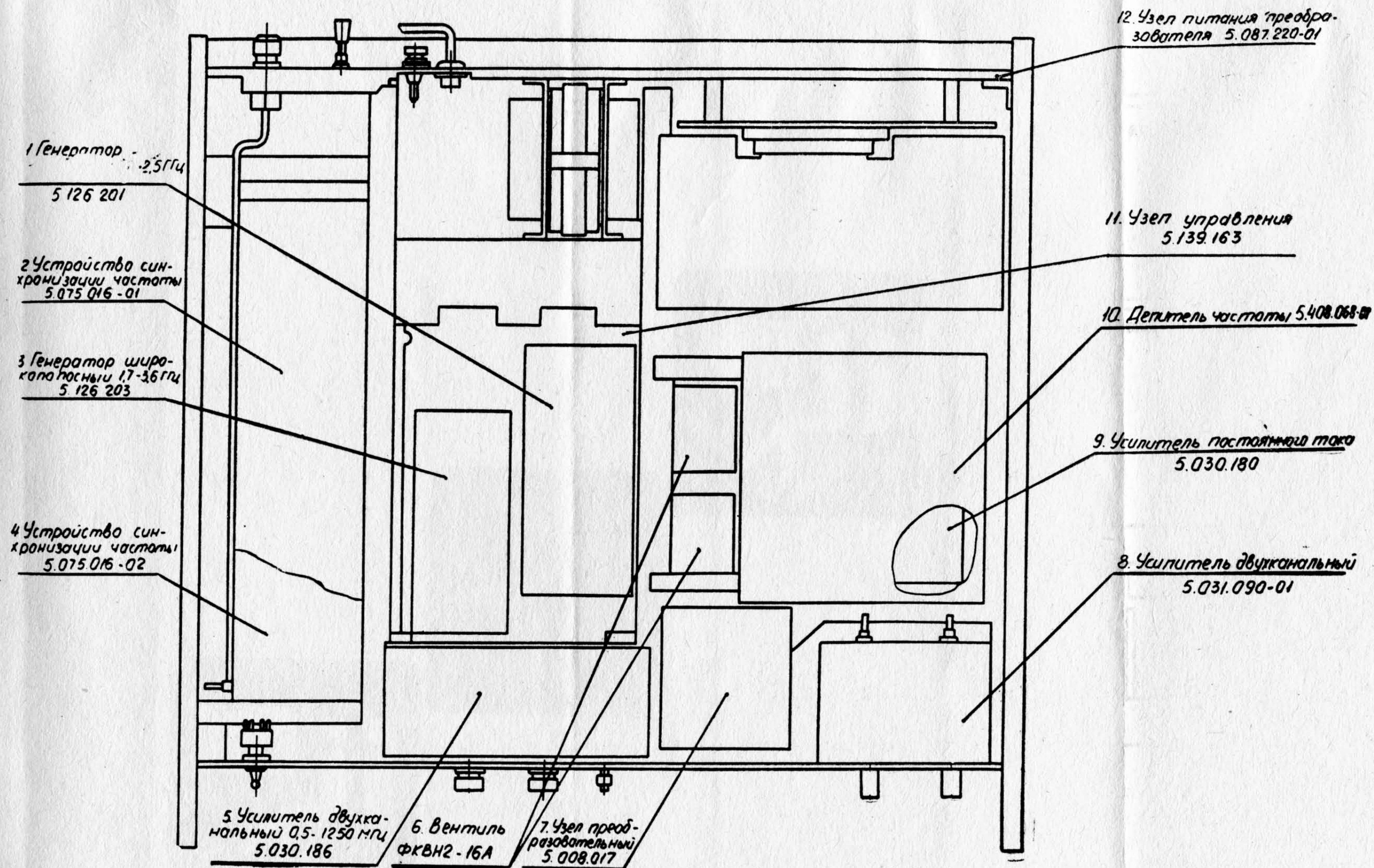










Рис. 5.18.







Стабилизатор минус 5 В выполнен по схеме компенсационного стабилизатора. Основной выпрямитель — двухполупериодный на диодах Д5, Д6, вспомогательный — однополупериодный на диоде Д4 (см. 5.087.220 ЭЗ, У2). Регулирующий элемент — составной транзистор Т4 (см. 5.087.220 ЭЗ), Т4, Т2 (см. 5.087.220 ЭЗ, У2). В качестве УПТ использована микросхема МС2. Стабилизатор 80 В выполнен по схеме параметрического стабилизатора со стабилизатором тока на транзисторе Т5 (см. 5.087.220 ЭЗ).

### 5. 3. 3. Конструкция

Конструктивно преобразователь частоты скомпонован в корпусе типа «Надел» высотой 80 мм (рис. 5.18). Для крепления узлов в блоке применены угольники из стандартного уголкового профиля. Компановка узлов в блоке — двухъярусная. Взаимное расположение узлов обуславливается возможно наименьшей длиной межузловых кабелей, отсутствием их пересечений и возможностью извлечения любого узла из блока.





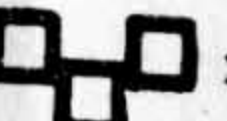







Узел питания смонтирован на задней панели. Радио- и электроэлементы узла питания смонтированы на двух горизонтальных платах, установленных на специальном кронштейне, закрепленном на задней панели. Под кронштейном на задней панели установлены транзисторы узла питания. На передней панели имеются разъемы «» ИН ГЕТ, «» ОН ГЕТ, «» ОН, «» ИН для подключения внешних смесителей, «» ОН, «» ИН — для связи с блоком измерительным, а также резисторы подшлиц «», «», тумблер СЕТЬ и светодиод индикации включения сети.

На задней панели расположены разъемы «» ГФЧ, «» ГПЧ, «» УПРАВЛ, предохранители 2 А, шнур питания сети и клемма защитного заземления «».

Обозначение и назначение органов управления и присоединения приведены в табл. 5.9 (см. рис. 5.19, 5.20).



Таблица 5.9

Обозначение	Назначение
«  » ГЕТ ОН,	НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ Выходы гетеродинных сигналов для внешних смесителей
«  » ГЕТ ИН	
«  » ОН, «  » ИН	Входы ПЧ опорного и измерительного каналов
«  »	Подстройка частоты опорного генератора
«  »	Регулировка усиления измерительного канала
«  » ОН, «  » ИН	Выходы ПЧ 100 кГц
СЕТЬ	Тумблер включения сети
«  » ГПЧ	НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ Вход сигнала СВЧ от 2,2 до 3,5 ГГц
«  » ГФЧ	
«  » УПРАВЛ	Вход управляющего напряжения
«2 А»	Предохранители 2 А
«220 V, 50 Hz»	Шнур питания преобразователя частоты от сети
«  »	Клемма защитного заземления.

## 5. 4. БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ

### 5. 4. 1. Принцип действия

5.4.1.1. БИ предназначен для усиления сигналов частотой 100 кГц, их детектирования, преобразования в цифровую форму, цифровой обработки и вывода на экран ЭЛТ в виде частотных характеристик и цифро-знаковых символов.

Структурная схема БИ показана на рис. 5.21. В нее входит:

- 1) преобразователь аналого-измерительный (ПАИ) 5.008.016;
- 2) микропроцессор (МП);

Структурная схема блока измерительного 2.043.050-01

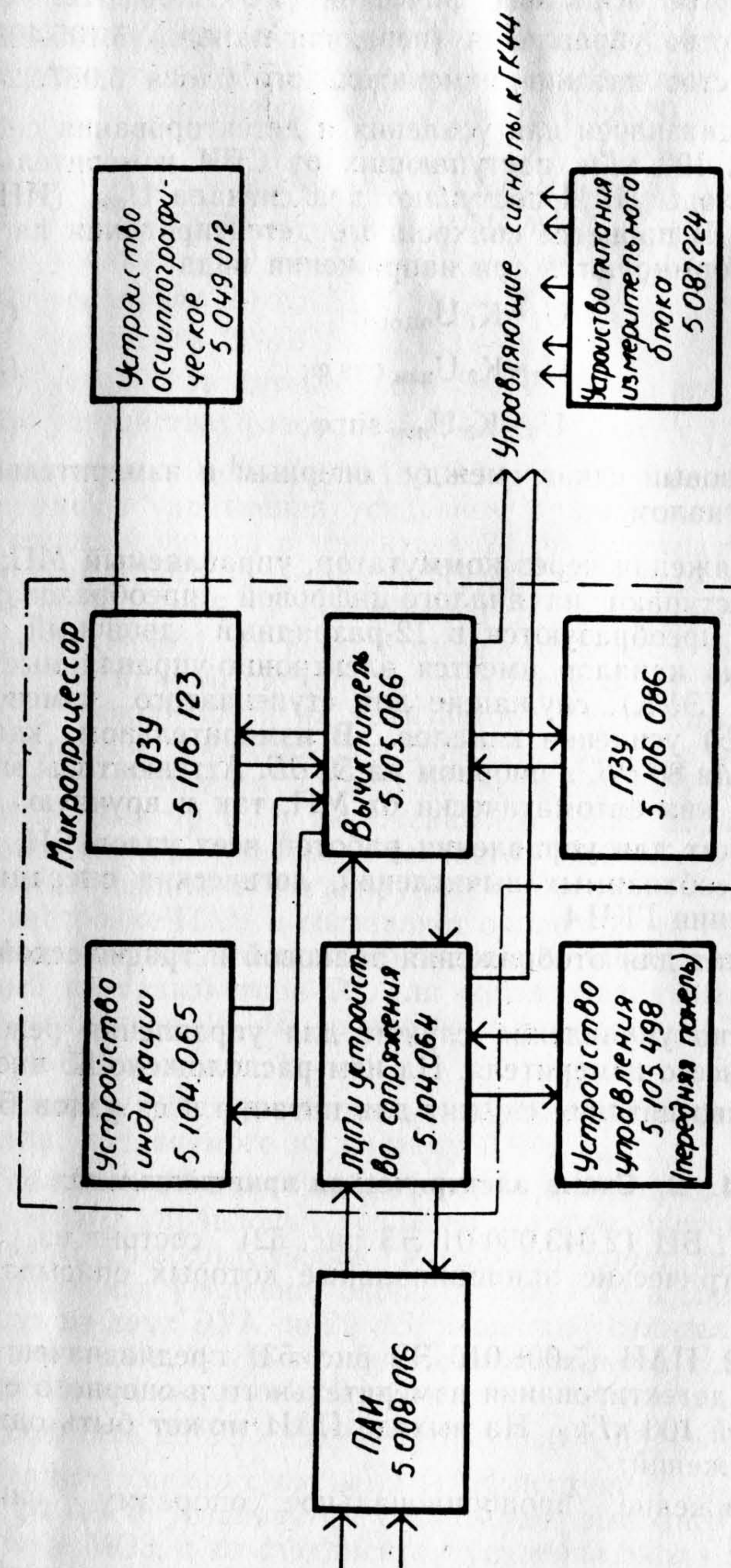


Рис. 5.21.



- 3) устройство осциллографическое (УО) 5.049.012;
- 4) устройство управления (передняя панель) 5.105.498;
- 5) устройство питания измерительного блока 5.087.224.

ПАИ предназначен для усиления и детектирования сигналов частотой 100 кГц, поступающих от СВЧ измерительной схемы. На входы ПАИ поступают два сигнала  $U_{изм}$  (ИН) и  $U_{опорн}$  (ОН). В процессе синхронного детектирования на выходе ПАИ формируются три напряжения вида

$$U_1 = K_1 U_{опорн}; \quad (5.1)$$

$$U_2 = K_2 U_{изм} \cos \varphi; \quad (5.2)$$

$$U_3 = K_3 U_{изм} \sin \varphi, \quad (5.3)$$

где  $\varphi$  — фазовый сдвиг между опорным и измерительным сигналами.

Эти напряжения через коммутатор, управляемый МП, поочередно поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП), где преобразуются в 12-разрядный двоичный код. В каждом из каналов имеется электронно-управляемые аттенюаторы (ЭУА), служащие для ступенчатого изменения (через 10 дБ) усиления каналов. В измерительном канале аттенюатор на 80 дБ, в опорном на 50 дБ. Аттенюаторы могут управляться как автоматически от МП, так и вручную.

МП служит для управления работой всех узлов БИ, производства необходимых вычислений, логических операций и для управления ГКЧ 4.

УО служит для отображения знаковой и графической информации.

Устройство управления служит для управления режимами работы всего измерителя. На нем расположено 55 кнопок.

Устройство питания служит для питания всех узлов БИ.

#### 5. 4. 2. Схема электрическая принципиальная

5. 4. 2. 1. БИ (2.043.050-01 ЭЗ рис. 52) состоит из узлов, схемы электрические принципиальные которых описываются ниже.

5. 4. 2. 2. ПАИ (5.008.016 ЭЗ рис. 53) предназначен для усиления и детектирования измерительного и опорного сигналов частотой 100 кГц. На выходе ПАИ может быть одно из трех напряжений:

- 1) напряжение, пропорциональное опорному сигналу ( $K_1 U_{опорн}$ );
- 2) напряжение, пропорциональное косинус составляющей модуля измерительного сигнала ( $K_2 U_{изм} \cos \varphi$ );

3) напряжение, пропорциональное синус составляющей модуля измерительного сигнала ( $K_3 U_{изм} \sin \varphi$ ).

Кроме того, ПАИ содержит в опорном канале ЭУА на 50 дБ, а в измерительном канале ЭУА на 80 дБ с дискретностью 10 дБ.

Максимальное выходное напряжение ПАИ составляет  $\pm 5$  В. ПАИ состоит из следующих узлов:

- 1) усилителя 10 дБ 5.030.183 — 1 шт.;
- 2) усилителя 20 дБ 5.030.181 — 2 шт.;
- 3) усилителя 30 дБ 5.030.182 — 1 шт.;
- 4) устройства детекторного 5.404.222 — 1 шт.;
- 5) устройства фазового 5.404.223 — 1 шт.

Усилитель 10 дБ (5.030.183 ЭЗ рис. 54) предназначен для дискретного управления усилением опорного сигнала. Входной опорный сигнал с усилителя 20 дБ поступает через вход усилителя 10 дБ на делитель R2/R3, имеющий коэффициент ослабления 10 дБ. В зависимости от положения ключей на микросхеме МС1, на выходе микросхемы МС1 (выводы 4, 5) бывает то прямой сигнал, то ослабленный на 10 дБ. Повторитель, выполненный на транзисторе Т1, предназначен для согласования резистивного делителя R2/R3 с низким входным сопротивлением усилителя, выполненного на микросхеме МС3. Контур LC8, включенный в цепи обратной связи микросхемы МС3, настроен на частоту 100 кГц. Коэффициент усиления усилителя регулируется с помощью резистора R9 при настройке ПАИ и составляет около 10—15 раз. С выхода микросхемы МС3 сигнал поступает на повторитель, выполненный на транзисторе Т2, для согласования выходного сигнала усилителя 10 дБ со входом детекторного устройства 5.404.222.

Резистор R7 служит для установки необходимого уровня сигнала, подаваемого на систему АРМ.

Усилитель 20 дБ (5.030.181 ЭЗ рис. 55) предназначен для дискретного управления усиления сигнала частотой 100 кГц (опорного и измерительного). Усилитель имеет три состояния коэффициента усиления: около 0, минус 20 и минус 40 дБ и состоит из двух ЭУА по 20 дБ, входного усилителя с коэффициентом около 10 дБ и усилителя выходного с коэффициентом усиления около 40 дБ.

Усилитель 20 дБ работает следующим образом.

Входной сигнал с разъема ПАИ поступает на вход усилителя 20 дБ и усиливается усилителем, выполненным на микросхеме МС3, с коэффициентом усиления около 10 дБ. С выхода микросхемы МС3 сигнал поступает на повторитель, выполненный на транзисторе Т1, предназначенный для согла-



сования выходного сопротивления микросхемы МС3 с низким входным сопротивлением делителя, выполненный на резисторах R1/R2 с коэффициентом деления 20 дБ. С помощью управления интегральных ключей, выполненных на микросхеме МС1, сигнал то прямой, то ослабленный на 20 дБ поступает через согласующий повторитель, выполненный на транзисторе Т2, на аналогичный делитель R7/R8 с коэффициентом деления 20 дБ. С выхода интегральных ключей сигнал через повторитель, выполненный на транзисторе Т3, поступает на усилитель, выполненный на микросхеме МС5, с коэффициентом усиления около 40 дБ. С выхода микросхемы МС5 через согласующий повторитель (Т4) сигнал поступает на выход усилителя 20 дБ. В измерительном и опорном каналах применены одинаковые усилители на 20 дБ.

Усилитель 30 дБ (5.030.182 ЭЗ рис. 56) предназначен для дискретного управления коэффициентом усиления измерительного сигнала. Усилитель 30 дБ может иметь один из следующих постоянных коэффициентов усиления: около 0, минус 10, минус 30 или минус 40 дБ.

С выхода усилителя 20 дБ измерительный сигнал поступает на резистивный делитель R1/R2 с коэффициентом деления минус 10 дБ, затем через ключи (МС1) и повторитель (Т1) на резистивный делитель R7/R8 с коэффициентом деления минус 30 дБ. В зависимости от кода, поступающего на контакты 10 и 30 дБ, на выходе ключей (МС3) будет сигнал, ослабленный на 0, минус 10, минус 30 или минус 40 дБ. Этот сигнал через согласующий повторитель, выполненный на транзисторе Т2, поступает на усилитель с коэффициентом усиления 40 дБ, выполненный на микросхеме МС4. В цепи обратной связи микросхемы МС4 включен резонансный контур LC9, настроенный на частоту 100 кГц. Усиленный сигнал через повторитель, выполненный на транзисторе Т3, поступает на выход усилителя 30 дБ и далее на фазовое устройство 5.404.223.

Детекторное устройство (5.404.222 ЭЗ рис. 57) предназначено для синхронного детектирования опорного сигнала и формирования управляющего сигнала для синхронного детектора измерительного канала, размещенного на плате фазового устройства 5.404.223.

Опорный сигнал с усилителя 10 дБ через контакты входа детекторного устройства поступает на ключевой синхронный двухполупериодный детектор, выполненный на транзисторах Т1—Т4 и микросхеме МС3. Одновременно этот же сигнал поступает на ограничитель, выполненный на компараторе (микросхема МС1). Резистор R5 служит для установки симметричного ограничения синусоидального входного сигнала компаратора. С выхода компаратора ограниченный сигнал

поступает на контур LC14, настроенный на частоту 100 кГц. Контур необходим для уменьшения шумов на фронтах ограниченного сигнала при малых уровнях опорного сигнала. Этот же синусоидальный сигнал используется для 90-градусного фазовращателя, находящегося в фазовом устройстве 5.404.223. С повторителя, выполненного на транзисторе Т5, синусоидальный сигнал вновь поступает на аналогичный ограничитель, выполненный на микросхеме МС5. Резистор R26 служит для установки симметричного ограничения синусоидального сигнала. Ограниченный прямоугольный сигнал через согласующие элементы МС6.1 и МС6.2 поступает на базы транзисторов Т1 и Т4. Таким образом на выходе дифференциального усилителя, выполненного на микросхеме МС3, получается напряжение  $U_{\text{опорн}}$ , пропорциональное опорному входному сигналу. С помощью ключа, выполненного на микросхеме МС4, к емкости C16 фильтра R23 C16 может подключаться емкость C20 для сужения полосы пропускания синхронного детектора опорного канала. Напряжение  $U_{\text{опорн}}$  подается на выход детекторного устройства и далее на фазовое устройство 5.404.223.

Устройство фазовое (5.404.223 ЭЗ рис. 58) предназначено для:

- 1) синхронного квадратного детектирования измерительного сигнала;
- 2) сопряжения ПАИ с микропроцессором БИ;
- 3) коммутации выходных сигналов ПАИ.

Фазовое устройство работает следующим образом. На микросхеме МС1 выполнен дешифратор импульсов записи. В зависимости от кода на выводах 3, 13 микросхемы МС1 на выходе дешифратора получается импульс записи для регистра ЭУА измерительного канала, выполненного на микросхеме МС10, для регистра опорного канала, выполненного на микросхеме МС11 или для регистра коммутатора, выполненного на микросхеме МС2. Информационные сигналы от МП поступают через разъем на контакты Б, 4, 1 и 2, а с них на инвертор, выполненный на микросхеме МС4. С выводов 3, 6, 8, 11 микросхемы МС4 информационные сигналы от МП поступают: на регистр коммутатора, на регистр ЭУА измерительного сигнала или на регистр ЭУА опорного канала. Микросхемы МС12 и МС13 служат для индикации состояния ЭУА на передней панели БИ. С регистра коммутатора (МС2) через дешифратор, выполненный на микросхемах МС6, МС8, снимается напряжение для управления ключей коммутатора ПАИ, выполненных на микросхемах МС17, МС18. На вывод 2 микросхемы МС17 поступает напряжение  $U_{\text{изм}} \sin \varphi$ , на вывод 8 микросхемы МС17 — напряжение  $U_{\text{изм}} \cos \varphi$ , а на вывод 2 микросхемы МС18 напряжение  $U_{\text{опорн}}$  с детекторного



устройства 5.404.222. Выводы 5,4 микросхемы МС17 соединяются с выводом 4 микросхемы МС18. И таким образом, на вход повторителя, выполненного на микросхеме МС19, поступает один из сигналов ПАИ. Повторитель необходим для согласования коммутатора с АЦП БИ.

На транзисторе Т1, трансформаторе Тр и элементах R6, R7, С13 выполнен 90-градусный фазовращатель синусоидального сигнала частотой 100 кГц, поступающего от детекторного устройства 5.404.222, для получения синус составляющей измерительного сигнала. Резистор R7 служит для точной установки 90-градусного фазового сдвига. С выхода 90-градусного фазовращателя через повторитель, выполненный на транзисторе Т2, синусоидальный сигнал поступает на ограничитель, выполненный на микросхеме МС5. Резистор R12 служит для установки симметричного ограничения. Ограниченный сигнал через согласующие элементы на микросхеме МС17 поступает на базы транзисторов синхронного детектора Т4, Т10. Синхронный детектор с синус составляющей (Т4, Т6, Т8, Т10 и МС14) и синхронный детектор с косинус составляющей (Т5, Т7, Т9, Т11 и МС15) модуля измерительного сигнала выполнены аналогично синхронному детектору детекторного устройства 5.404.222. Резистор R54 служит для выравнивания коэффициентов передач синус и косинус канала. Емкости С40 и С42 служат для сужения полосы пропускания синхронных детекторов измерительного сигнала.

5. 4. 2. 3. Микропроцессор предназначен для обработки результатов измерений, а также проведения логических операций по управлению процессом измерения. Функционально микропроцессор состоит из пяти основных узлов (см. рис. 5.21):

- 1) вычислителя 5.105.066;
- 2) оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) 5.106.123;
- 3) устройства постоянного запоминающего (ПЗУ) 5.106.086;
- 4) устройства сопряжения 5.104.064;
- 5) устройства индикации 5.104.065.

Аналоговое напряжение, соответствующее сигналу одного из измеряемых каналов, поступает на вход аналого-цифрового преобразователя в устройстве сопряжения и преобразуется в 12-разрядный двоичный код, который далее поступает на вход вычислителя для обработки. Коды выполняемых вычислителем операций хранятся в ПЗУ и поступают на вычислитель по шине микрокоманд. Вычислитель имеет две цифровые шины выдачи информации: шину адресов и шину данных. По шине данных выдается необходимая информация в

ЗУ для хранения, а также другие внешние, относительно микропроцессора, устройства (ПАИ, ГКЧ4 и др.). С помощью шины адресов происходит адресация основной оперативной памяти и через устройство сопряжения — других внешних устройств (т. е. устройства управления ПАИ, ГКЧ4 и др.). Шина данных для связи с внешними устройствами является двунаправленной.

Под термином «микропроцессор» понимается совокупность отдельных самостоятельных функциональных узлов. Таким образом, все указанные узлы составляют 12-разрядный микропроцессор, имеющий ПЗУ микрокоманд 4К слов и ЗУ на 8К 12-разрядных слов.

Структурная схема вычислителя (5.105.066 ЭЗ рис. 59) приведена на рис. 5.22.

В качестве центрального процессорного элемента используются микросхемы серии 589 с диодами Шоттки. Разрядность микрокомандного слова составляет 32.

Состав микрокомандного (МК) слова приведен в табл. 5.11.

Как видно из табл. 5.11 8 разрядов микрокомандного слова поступают на центральный процессорный элемент и определяют тип выполняемой арифметической или логической операции.

В отдельных операциях, когда в разряде МК31 микрокомандного слова присутствуют логическая «1» и логический «0» в разряде МК30 8 разрядов микрокомандного слова (МК8—МК11 и МК26—МК29) поступают на шину «М» для приема во внутренние регистры процессора. Совместно с разрядами МК23—МК25 такой вид приема констант используется при косвенной адресации памяти, а также внешних устройств. Прием констант также используется для формирования данных, необходимых для арифметических операций. В ПЗУ констант хранятся коды выводимых на экран ЭЛТ символов, а также некоторые константы, необходимые при вычислениях различных функций.

Схема микропрограммного управления под действием МК12—МК18 формирует следующий адрес для адресации микрокомандной ПЗУ и в отдельных микрокомандах загружается с шины данных при формировании адреса возврата из подпрограмм.

Устройство синхронизации и управления предназначено для формирования:

- 1) основного синхросигнала;
- 2) сигнала выборки ПЗУ констант;



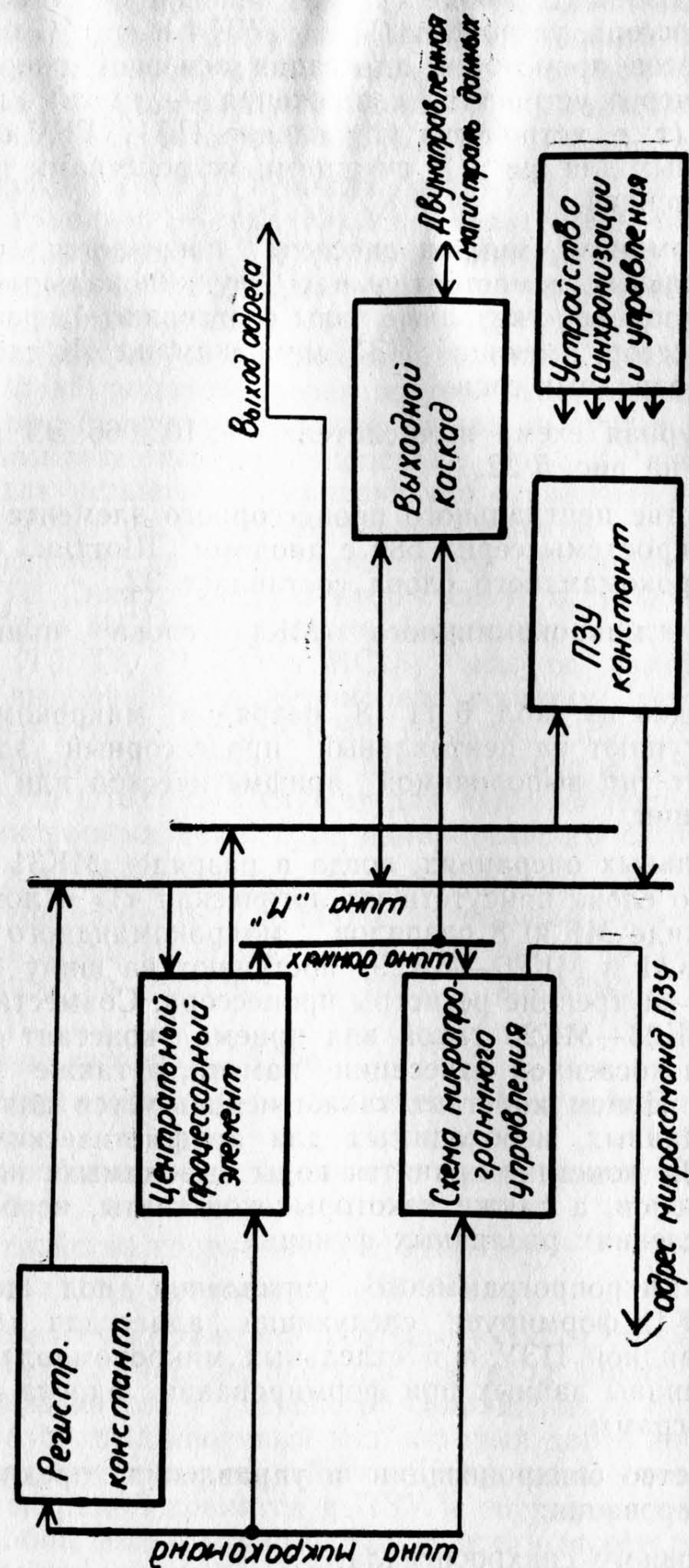


Рис. 5.22.

3) сигналов управления двунаправленной магистралью данных;

4) сигналов управления выдачи константы на шину «М» и управления логикой флажков блока микрокомандного управления (БМУ) при наличии в коде микрокоманды признака константы;

5) сигнала выборки внешнего ОЗУ динамического типа;

6) сигнала загрузки начального адреса в БМУ;

7) сигналов адреса расширенной адресации ОЗУ и внешних устройств;

8) сигналов управления старт-стопным режимом формирования основного синхросигнала (для режима настройки).

Схема формирования основного синхросигнала состоит из кварцевого генератора (частота 5 МГц) и программируемого делителя частоты. Кварцевый генератор построен на микросхемах МС24.2 и МС24.3, резисторах R4 и R9 и конденсаторе С1. Выходной сигнал кварцевого генератора через микросхему МС24.4 поступает на счетчик-делитель частоты с программируемым коэффициентом деления МС38. Управление коэффициентом деления производится с помощью микросхемы МС23.2 и МС27. Выходной сигнал счетчика-делителя с выхода 6 микросхемы через схему задержки на элементах МС27.3, R24 и С7 поступает на микросхему МС29.2 для окончательного формирования с целью улучшения фронтов синхросигнала. С выхода 6 микросхемы МС29.2 синхросигнал поступает на входы синхронизации центральных процессорных элементов и БМУ, а также используется для формирования сигналов управления оперативной памятью. С выхода 3 микросхемы МС29.2 синхросигнал поступает на выход вычислителя для синхронизации работы устройства сопряжения (5.104.064) и ПЗУ (5.106.086).

На микросхемах МС5 и МС6 построен регистр расширения адресации ОЗУ МС5.2, МС6.1 и МС6.2), а также регистр фиксации признака режима запись-считывание, указанного в одном из разрядов кода микрокоманды (см. табл. 5.10).

Выходные сигналы триггеров расширенной адресации используются для формирования сигналов выборки ОЗУ и ПЗУ констант, а также сигнала обращения к внешним устройствам и сигналов управления выдачей содержимого регистра адреса и данных центральных процессорных элементов.

С помощью микросхемы МС16.1 вырабатывается сигнал записи. На входы этой микросхемы поступают основной и дополнительный синхросигналы (дополнительный синхросигнал с выхода 5 микросхемы МС28 и имеет временное опережение основного синхросигнала около 50 нс), а также



Таблица 5.10

МК31	МК30	МК26—МК29	МК23—МК25	МК19—МК22	МК12—МК18	МК8—МК11	МК0—МК7
Константа	Режим 3—е	Дополнитель- ное служебное поле микро- команды	Расширение адресации ОЗУ	Расширение адресации ПЗУ	Управление логикой сле- дующего адре- са микроко- манды	Управление логикой прие- ма и выдачи флажков	Управление микро- операциями центрального процессорного элемента
→	→	→	→	→	→	→	→
1 разряд	1 разряд	4 разряда	3 разряда	4 разряда	7 разрядов	4 разряда	8 разрядов

сигнал «Запись-считывание» с выхода триггера (вывод 5 микросхемы МС5.1) и сигнал выборки с выхода 8 микросхемы МС10 (запись кода «000» в триггеры расширенной адресации равносильно отсутствию выборки любого внешнего устройства, а также ОЗУ, ПЗУ и т. д.). Сигнал отсутствия выборки вырабатывается микросхемой МС10 (МС10.8). Сигнал управления двунаправленной магистралью выдачи и приема данных (микросхемы МС8, МС14 и МС17) формируется микросхемой МС16.2. Сигналы выборки ПЗУ констант и установки начального адреса БМУ блокируют выборку двунаправленной магистрали данных. Сигнал выборки ПЗУ констант вырабатывается микросхемой МС12.2, на входы которой поступают сигналы с выходов триггеров на микросхемах МС5.2 и МС6. ПЗУ констант являются микросхемы У1, У2, У3.

Прием 12-разрядной константы в центральный процессорный элемент осуществляется при наличии в разрядах МК31 и МК30 (см. табл. 5.10) кода микрокоманды логической «1» и логического «0» соответственно. Сигнал выдачи константы на шину «М» МП через регистр констант (микросхемы МС20 и МС25) вырабатывается микросхемой МС2.1, МС2.2. Прием информации в регистр констант имеет 2 случая:

- 1) прием старших четырех разрядов константы;
- 2) прием восьми младших разрядов и выдача.

Прием четырех старших разрядов осуществляется со служебного поля микрокоманды (см. табл. 5.10) при наличии в разряде МК31 и МК30 логической «1». Сигнал записи в регистр константы (МС33) формируется с помощью микросхем МС12.1 и МС13.3.

Арифметико-логическое устройство построено на микросхемах МС1, МС4, МС9, МС11, МС15, МС18 и МС21, параллельная и синхронная работа которых и составляет основу 12-разрядного быстродействующего МП.

БМУ является микросхема МС26, с помощью которой вырабатывается адрес следующей микрокоманды, а также прием, хранение и выдача признаков (флажков) на арифметико-логическое устройство. Логика управления приемом и выдачей признаков при приеме констант с шины микрокоманды модифицируется с помощью микросхем МС3 и МС7.1 и является:

- 1) по выдаче — выдача логического «0»;
- 2) по приему — хранение флажков.

Установочные командные входы «К» БМУ подключены к магистрали данных МП и служат для начальной установки адреса при запуске программы (после включения БИ с помощью



кнопки управления ОБЩ «X» и для установки определенного адреса возврата из подпрограмм, что осуществляется через функцию загрузки БМУ с помощью микросхем МС24.1, МС23.1 и МС19.1 (микросхема МС19.1 вырабатывает сигнал загрузки только при нажатии кнопки ОБЩ «X» на передней панели).

Устройство запоминающее (5.106.123 ЭЗ рис. 60) предназначено для хранения результатов обработки данных измерений, промежуточных данных вычисления, а также данных, выводимых на экран ЭЛТ (коды символов и графическая информация в цифровом виде). Структурная схема приведена на рис. 5. 23.

Как основной элемент памяти применены микросхемы динамического типа 565РУ1А, требующие постоянной регенерации хранимой информации. Ввиду особенностей измерителя, содержащего панорамный индикатор отображения графической информации, роль устройства регенерации в данном случае выполняет устройство индикации (УИ) 5.104.065, которое в процессе считывания данных регулярно обращается к ЗУ по определенным адресам. В связи с этим имеется мультиплексер адреса, который коммутирует код адреса от УИ и от вычислителя в один канал. Канал обмена данными с вычислителем является двунаправленным. Выходные данные на вычислитель поступают через буферный регистр и сопровождаются ответным сигналом, вырабатываемым схемой управления. При обращениях к памяти от УИ происходит только считывание и выходные данные через выходной каскад по отдельному каналу поступают на УИ. Готовность данных также сопровождается ответным сигналом.

Обращением к памяти от УИ является приход сигнала «Запуск ТС» с уровнем логического «0», который запускает ряд формирователей (ждущих мультивибраторов) на микросхемах МС28, МС27 и МС26, которые вырабатывают последовательность управляющих импульсов (рис. 5.24). Длительность импульса формирования на микросхеме МС28 должна быть равной или несколько превышать сумму длительностей всех последующих формирователей. В течение этого времени блокируются обращения к памяти от вычислителя. Поступивший сигнал выборки фиксируется триггером на микросхеме МС36.1 и обращение выполняется после выполнения обращения от УИ, что обозначается появлением логической «1» на выходе 9 микросхемы МС36.2. Тогда сигнал выборки через микросхемы МС8.3, МС38 и МС5.2 запускает формирователи на микросхемах МС27 и МС26.

Обращение, поступившее до прихода сигнала «ТС», выполняется в течение времени, определяемого длительностью

Структурная схема устройства запоминающего 5.106.123

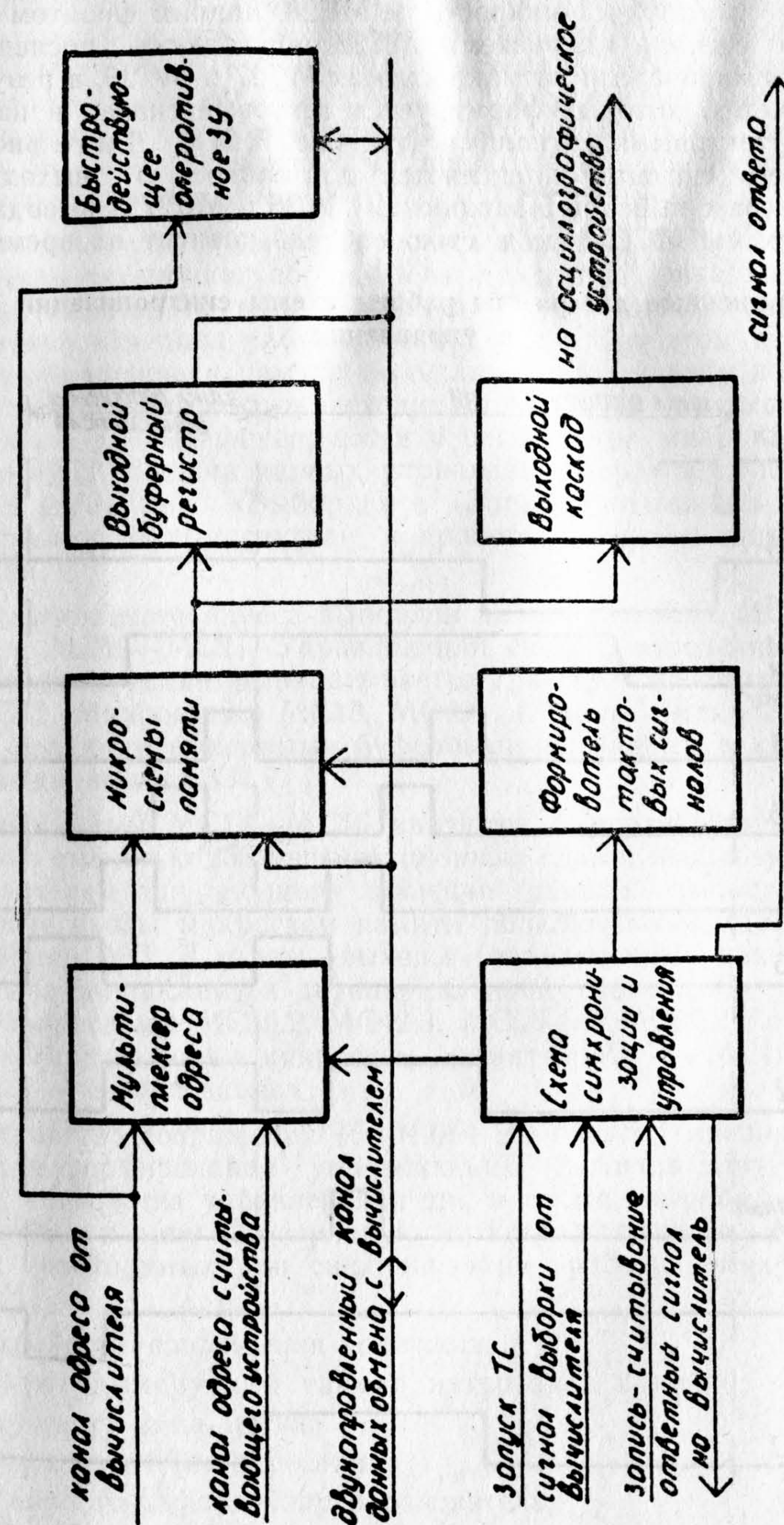


Рис. 5.23.



выходного импульса микросхемы МС28. Задним фронтом выходного сигнала микросхемы МС28 запускаются последующие формирователи на микросхемах МС27 и МС26, в результате работы которых формируется тактовый сигнал и пауза между тактовыми сигналами (см. рис. 5.24). Длительность тактового сигнала определяется длительностью выходных импульсов с выводов 5 микросхем МС26 и МС27 и вывода 13 микросхемы МС27, что в свою очередь зависит от времяза-

Временные диаграммы работы схемы синхронизации и управления

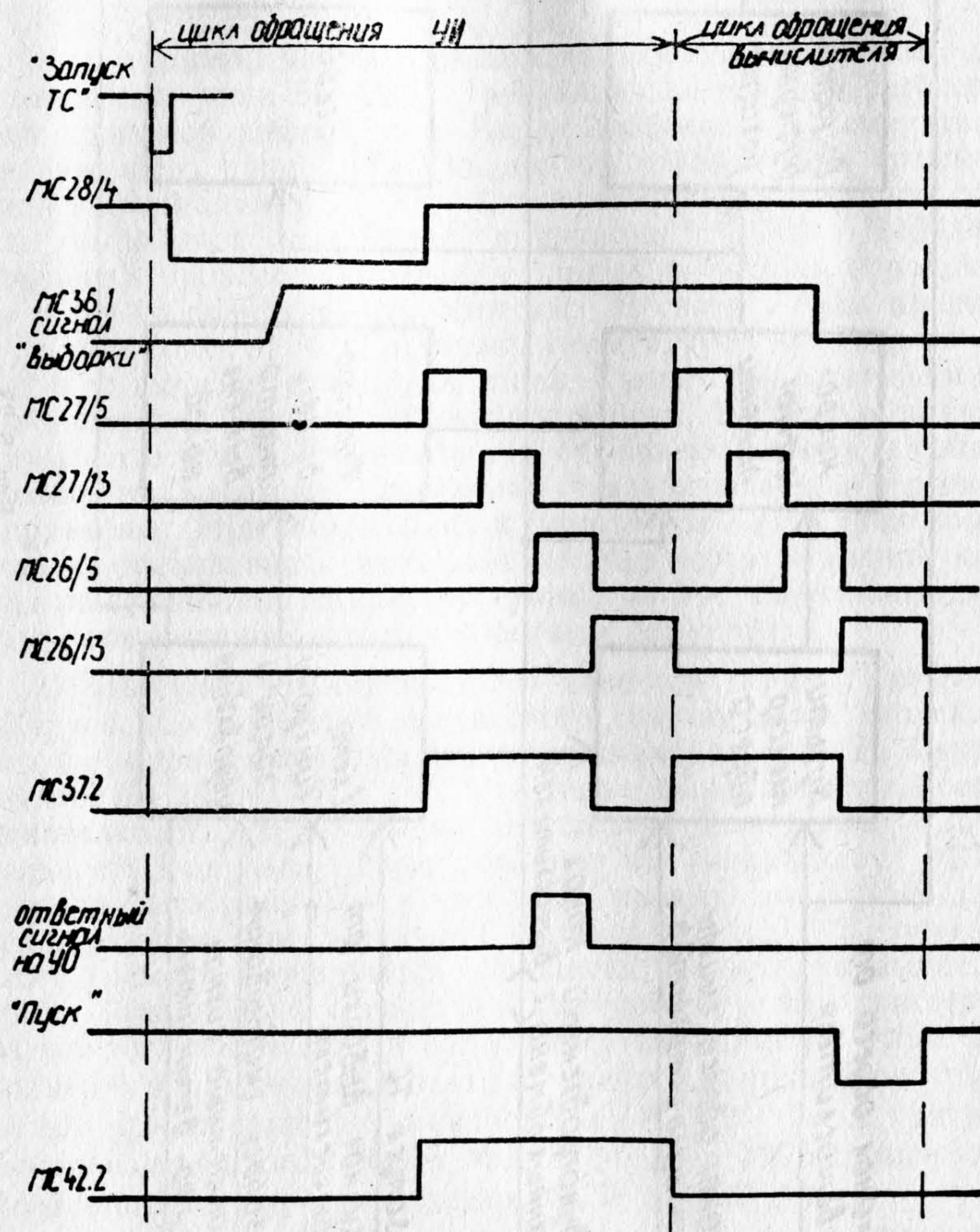


Рис. 5.24.

дающих цепочек на элементах R19, C21, R18, C20, R17, C19. Длительность тактового сигнала формируется триггером на микросхемах МС37.1 и МС37.2. Выходной сигнал триггера через микросхемы МС37.3 и МС37.4 поступает на оконечные формирователи тактового сигнала на транзисторах Т1, Т2 и Т3, Т4. Выходы формирователей подключены к соответствующим входам микросхем памяти.

Длительность паузы определяется цепочкой R16, C18. По окончании паузы цикл обращения к памяти УИ заканчивается. При наличии на выходе триггера на микросхеме МС36.1 логической «1» цикл работы повторяется. При этом выполняется обращение к памяти вычислителя по сигналу выборки, в течение которого происходит запись или считывание. Считанные данные фиксируются в регистре на микросхемах МС6 и МС7. Выдача данных управляется через микросхему МС33.1 сигналами «Выборка» и «Запись-считывание», поступающими от вычислителя, и происходит только при считывании.

Мультиплексер адреса выполнен на микросхемах МС14—МС16 и МС19—МС21. Управляющий сигнал, определяющий момент коммутации, вырабатывается триггером на микросхеме МС42. Микросхемы МС48, МС49 и часть микросхемы МС47 являются выходными буферными каскадами в канале выдачи данных на УИ.

Микросхемы МС14—МС16 являются быстродействующей памятью емкостью 256 информационных слов и используются вычислителем для текущего хранения данных вычислений. Адресные входы микросхем памяти подключены к адресной магистрали МП, а входы—выходы (объединенные для данного типа микросхем) к двунаправленной магистрали данных. Микросхемы МС39.2, МС42.3, МС50-1 и МС50.2 формируют сигнал выборки микросхем памяти МС14—МС16, а МС50.3 — сигнал записи.

Устройство сопряжения (5.104.064 ЭЗ рис. 61) предназначено для формирования управляющих сигналов для ПАИ, ГКЧ4, устройства управления и др., а также выработки и коммутации в одну 12-разрядную магистраль данных и признаков, необходимых для синхронизации работы всех узлов БИ.

Устройство сопряжения содержит:

- 1) программируемый таймер интервалов времени;
- 2) регистр кода метки;
- 3) дешифраторы адресации;
- 4) аналого-цифровой преобразователь;
- 5) компаратор и таймер импульса метки.



Дешифраторами адресации являются микросхемы МС5, МС16 и МС33. С помощью микросхемы МС5 адресуются приемники информации, а с помощью микросхемы МС33 — источники информации внутри устройства сопряжения. Микросхема МС16 осуществляет выборку внешних устройств МП (ПАИ, ГКЧ 4, устройства управления и т. д.).

Программируемый таймер построен на микросхемах МС20, МС23, МС24, МС25 и МС44.2.

Необходимая длительность импульса таймера задается кодом, записываемым в регистр на микросхемах МС23—МС25. Затем производится запуск таймера через микросхемы МС5/3 и МС27.1. Выходной сигнал таймера снимается с триггера на микросхеме МС44/5. Микросхема МС20 является задающим генератором таймера.

Регистр кода метки построен на микросхемах МС17, МС18 и МС19. Код метки и импульс записи в регистр поступают с устройства индикации. Записанный код метки в определенный момент по команде вычислителя считывается через микросхемы МС12, МС13 и МС14.1 в магистраль данных от внешних устройств. Через микросхемы МС46, МС47 и МС48 считываются признаки и сигналы готовности внешних устройств и устройства сопряжения.

Компаратор кода метки построен на микросхемах МС6, МС7, МС8.1, МС15, МС8.2 и МС9.2. При равенстве поступающих с устройства индикации сигналов АИ0—АИ8 и записанного в регистр кодов происходит запуск ждущего мульти-вibratorа на МС21. Вреязадающей цепочкой является R13 и С7.

Преобразователь аналого-цифровой служит для преобразования аналогового сигнала, поступающего с ПАИ, в 12-разрядный цифровой код.

Работа АЦП основана на известном принципе поразрядного уравнивания. Основными элементами АЦП являются: 12-разрядный ЦАП, выполненный на микросхеме МС41, регистр последовательного приближения, выполненный на микросхеме МС35, и компаратор, выполненный на микросхеме МС30.

Измеренный сигнал поступает на инвертирующий повторитель напряжения, собранный на операционном усилителе (микросхема МС36). С выхода усилителя сигнал поступает на один из входов усилителя тока (вывод 4 микросхемы МС42). Генератор тактовых импульсов, выполненный на микросхеме МС34, запускается сигналом логического «0», поступающим от МП на вывод 2.

Далее выработанные генератором импульсы поступают на вывод 13 микросхемы МС35. Цифровой код с микросхемы

МС35 поступает на ЦАП. С выхода ЦАП (вывод 3 микросхемы МС41) соответствующий коду аналоговый сигнал поступает на другой вход тактового усилителя (вывод 6 микросхемы МС42), а с усилителя тока (МС42, МС37) измеряемый сигнал и сигнал с ЦАП поступают на входы компаратора на микросхеме МС30, который сравнивает их и в зависимости от их соотношения выдает логическую «1» или логический «0». Этот логический сигнал поступает на информационный вход регистра (вывод 11 микросхемы МС35), где в определенный разряд записывается информация. Таким же образом за 13 тактовых импульсов тактового генератора (МС34) информация записывается во все 12 разрядов регистра. Генератор останавливается и на выводе 3 микросхемы МС35 устанавливается уровень логического «0» (конец преобразования).

12-разрядный цифровой код с микросхемы МС35 поступает на входы микросхем МС38, МС39, МС40. Код считывается подачей сигнала выборки на эти микросхемы.

Устройство постоянное запоминающее (ПЗУ) (5.106.086 ЭЗ рис. 62) предназначено для хранения кодов микрокоманд. Для хранения кодов микрокоманд применены программируемые микросхемы типа 596РЕ1 (микросхемы У1-У4). Адрес выборки определенной микрокоманды вырабатывается в БМУ вычислителя (9 разрядов). Расширенная адресация производится с помощью поля расширения адресации самой микрокоманды. Дополнительный код адреса фиксируется в регистрах на микросхемах МС4 и МС6 положительным фронтом синхроимпульса. При запуске программы после включения БИ триггеры устанавливаются в исходное состояние с помощью кнопки ОБЩ «X». В отдельных микрокомандах при возврате из подпрограмм код адреса расширения задается по шине данных. Микросхемы МС5 и МС7 являются коммутаторами кода адреса расширения с шины данных или с шины микрокоманд.

Устройство индикации (5.104.065 ЭЗ рис. 63) обеспечивает вывод на экран ЭЛТ графической (в декартовых и полярных координатах) информации, а также буквенно-цифровой информации в виде двух строк по 32 символа в каждой строке. Структурная схема приведена на рис. 5.25. Входная информация на устройство индикации поступает от запоминающего устройства в двоичном коде и сопровождается импульсом записи, который, проходя схему управления, заносит поступивший код либо в регистр кода символа, либо в регистры каналов X, Y в зависимости от выдаваемого кода адреса и координат (полярных или декартовых). Код адреса определяет ячейки памяти, в которые МП посылает коды графической или символьной информации. Считывание информации с памяти с постоянным периодом обращения одно-



# Структурная схема устройства индикации 5.104.065

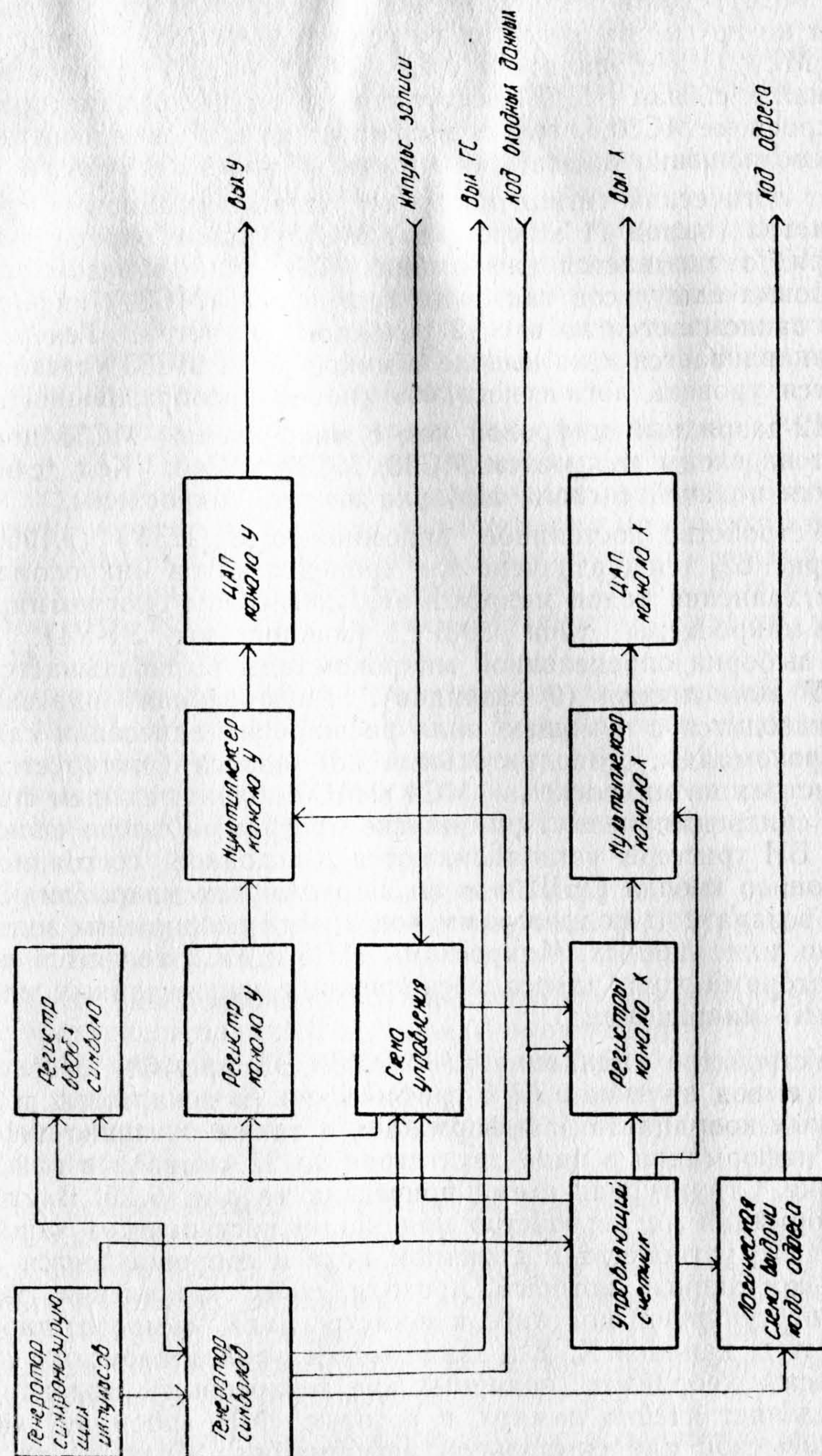


Рис. 5.25.

временно служит для регенерации динамической памяти. Записанная в регистре информация через мультиплексеры поступает на цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП) и далее на осциллографическое устройство для развертки луча по координатным осям X и Y соответственно.

Образование контура символа на экране ЭЛТ происходит с помощью ступенчато-пилообразного напряжения, поступающего на УО по тем же каналам, как и графическая информация с подсветкой электронного луча в необходимые моменты времени, определяемого кодом ПЗУ генератора символов. Подсветка производится сигналом «Выход ГС».

Упрощенная диаграмма напряжений по осям X и Y приведена на рис. 5.26.

Работа всего устройства индикации синхронизируется с помощью генератора синхроимпульсов, построенного на транзисторе Т1, микросхеме МС1.2, конденсаторе С1 и резисторах R1, R2. Выходной сигнал генератора через делитель на 2 (МС10.1) и микросхему МС5.2 поступает на вход управляющего счетчика (микросхемы МС21, МС22, МС18). С другого выхода генератора синхронизирующий сигнал поступает на счетчик ступенек микрораstra (МС11) генератора символов, который является счетчиком-делителем на 7. Выходной сигнал счетчика через микросхемы МС13.2 и МС5.2 поступает на управляющий счетчик в течение времени вывода символьной информации для смещения луча ЭЛТ по горизонтали. Выходные сигналы управляемого счетчика через микросхемы МС28, МС29, МС20.2 и МС30 выдаются на выход платы, образуя канал адресации оперативного запоминающего устройства. Одновременно выходной код счетчика через мультиплексер канала X (микросхемы МС50—МС54) подается на ЦАП канала X (микросхемы МС45 и МС49) для преобразования в аналоговый сигнал развертки.

Считанная с ОЗУ информация канала вертикальной развертки записывается в регистр канала Y (микросхемы МС15.2, МС33, МС34). Далее через мультиплексер (микросхемы МС36—МС40) поступает на ЦАП канала Y (МС41, МС46) для преобразования в аналоговый сигнал. При выводе символьной информации на мультиплексер канала Y также поступает код со счетчика ступенек генератора символов (МС11).

Подробная структурная схема генератора символов приведена на рис. 5.27, а основные диаграммы напряжений, поясняющих его работу, на рис. 5.28.

Сигнал с генератора синхроимпульсов поступает на счетчик ступенек микрораstra (МС11), который имеет коэффициент деления, равный 7 (7 ступенек). Сигнал переноса через



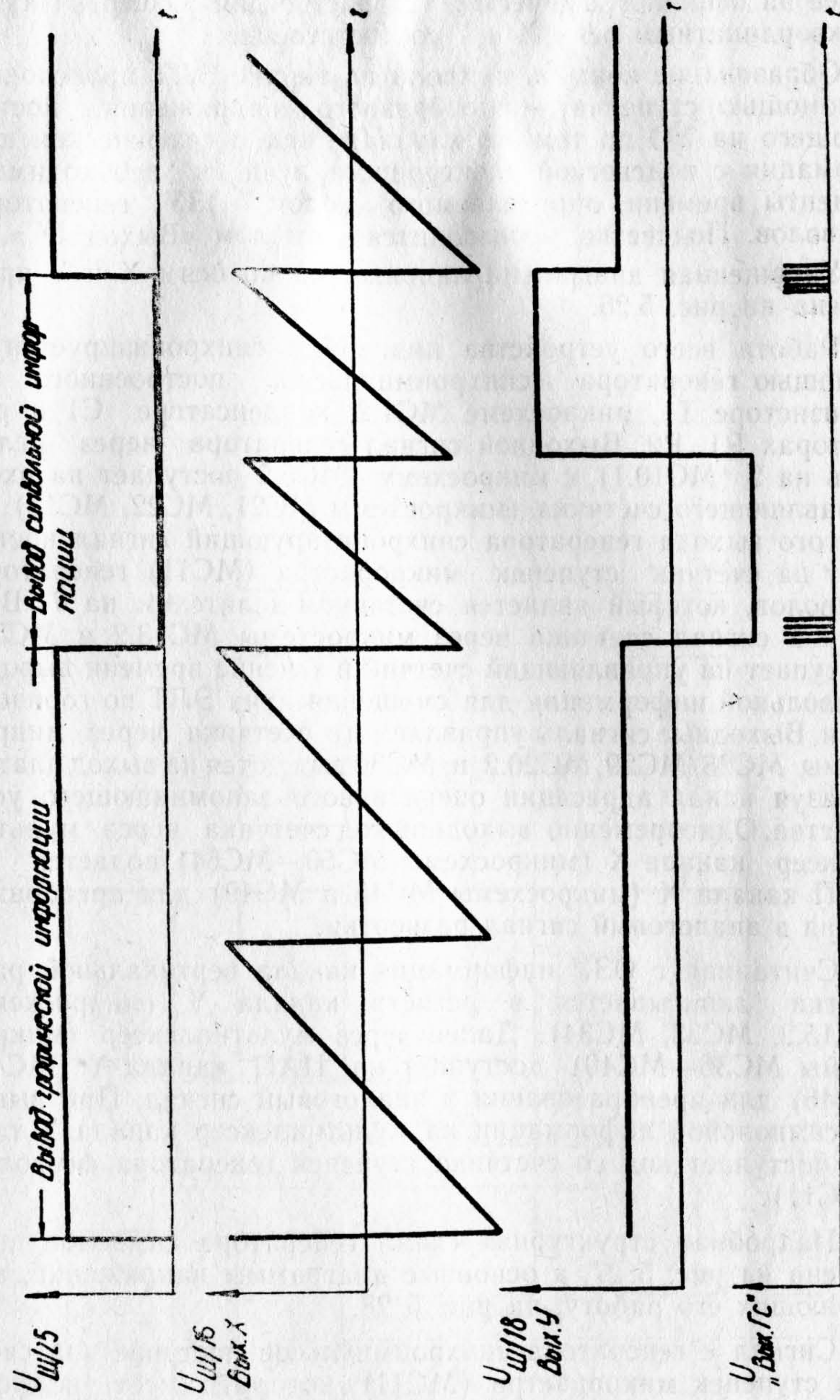


Рис. 5.26.

Структурная схема генератора символов.

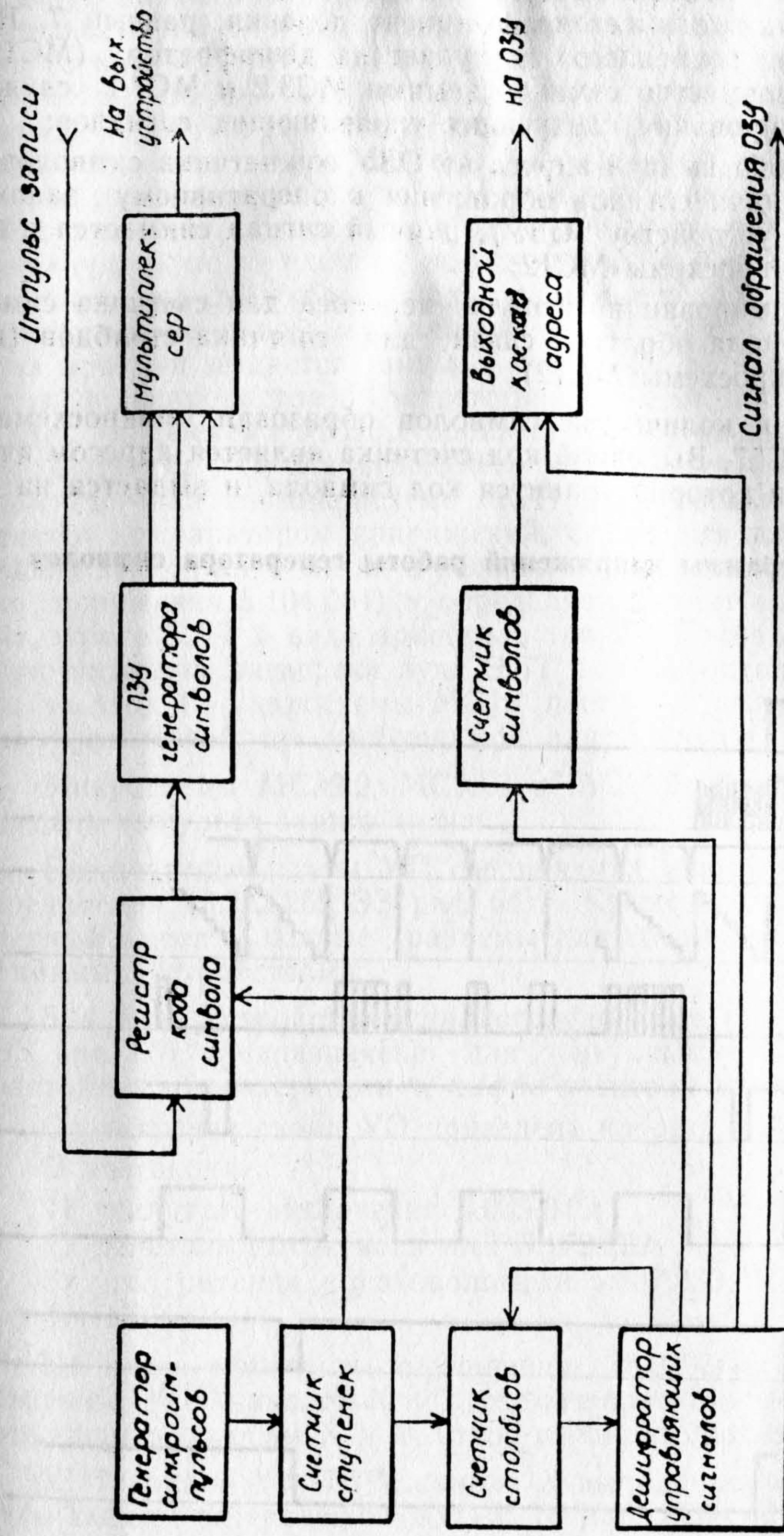


Рис. 5.27.



микросхему MC13.2 поступает на счетчик столбцов (MC6), который также имеет коэффициент деления, равный 7. Выходной код последнего поступает на дешифратор (MC12), который совместно с микросхемами MC3.2 и MC7.1 служит для формирования следующих управляющих сигналов:

1) строка выдачи адреса на ОЗУ со счетчика символов, а также выдачи сигнала обращения к оперативному запоминающему устройству (ОЗУ); данный сигнал снимается с вывода 9 микросхемы MC12;

2) формирования сигнала переноса для счетчика символов и сигнала обратной связи для счетчика столбцов (вывод 4 микросхемы MC12).

Счетчик количества символов образован микросхемами MC56, MC57. Выходной код счетчика является адресом ячейки ОЗУ, в которой хранится код символа, и выдается на ад-

Диаграммы напряжений работы генератора символов

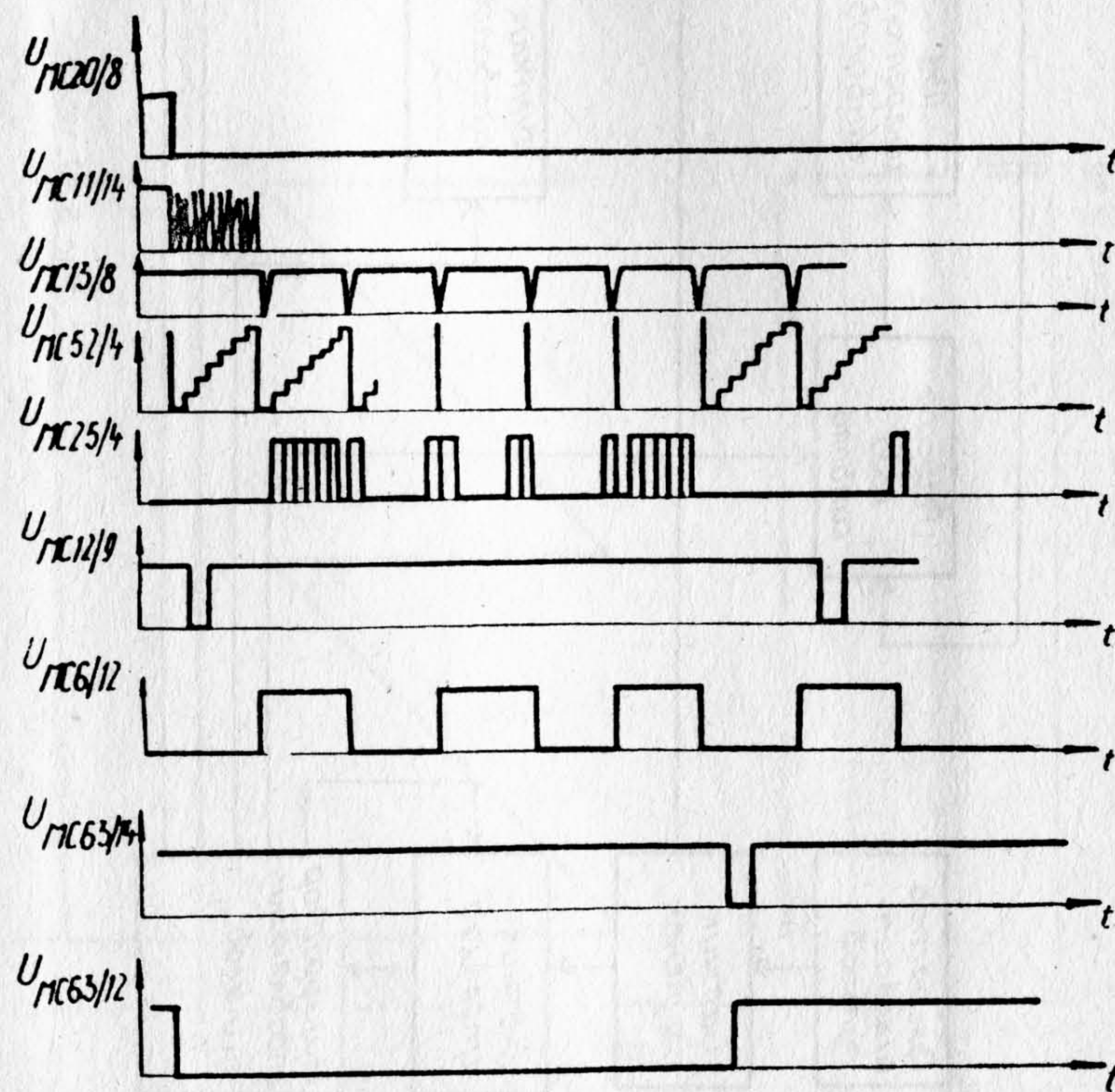


Рис. 5. 28.

ресную магистраль через микросхемы MC59, MC60 с помощью строб-сигнала, поступающего с дешифратора MC12 через инвертор MC3.3. Считанный с ОЗУ код символа через регистры (MC14, MC8 и MC15.1) поступает на адресные входы ПЗУ генератора символов (MC17), с которой в течение генерации одного символа считывается пять кодовых слов, соответствующих пяти столбцам символа. Для этого, после вывода каждого столбца, содержимое регистра MC14 увеличивается на единицу по отношению к начальному занесенному коду. Выходной код каждого столбца параллельно поступает на входы мультиплексера подсветки (MC16), через который выдается импульс подсветки в течение каждой ступени микроадреса в соответствии с кодом, поступающим с ПЗУ. Микросхема MC20.1 образует логику выдачи импульса подсветки на УО. Мультиплексер управляется выходным кодом счетчика на микросхеме MC11. Микросхема MC55 является компаратором напряжений, служащим для формирования записи кода метки в регистр кода метки (на устройстве сопряжения 5.104.064) и определяет момент выдачи метки на экране ЭЛТ в виде яркостной точки. Точка образуется при остановке развертки луча ЭЛТ по горизонтали. Для этого на вход 12 микросхемы MC1.1 поступает импульс с уровнем логической «1» необходимой длительности.

Микросхемы MC32.2, MC58.3 и MC10.2 образуют логику выдачи импульса записи метки.

Все печатные платы МП соединяются между собой узлом соединения (5.282.262 ЭЗ рис. 64). Кроме того, узел соединенный имеет выходные разъемы для соединения с периферийными устройствами.

5. 4. 2. 4. Устройство осциллографическое (УО) (5.049.012 ЭЗ рис. 65) предназначено для визуального наблюдения частотных характеристик и цифро-знаковой информации.

Структурная схема УО приведена на рис. 5. 29.

В нее входят:

- 1) усилитель отклонения 5.039.045;
- 2) делитель высоковольтный 5.172.222;
- 3) узел питания высоковольтный 5.087.233;
- 4) ЭЛТ.

На плате усилителя отклонения (5.039.045 ЭЗ рис. 66) собраны: УПТ каналов X и Y, схема коррекции нелинейности отклонения по осям X и Y, строб-преобразователь.

УПТ канала Y и УПТ канала X выполнены по аналогичным схемам на транзисторах Т3, Т4 и Т5, Т6 соответственно. Это балансные усилители, на входах обоих плеч которых стоят эмиттерные повторители, собранные на микросхеме



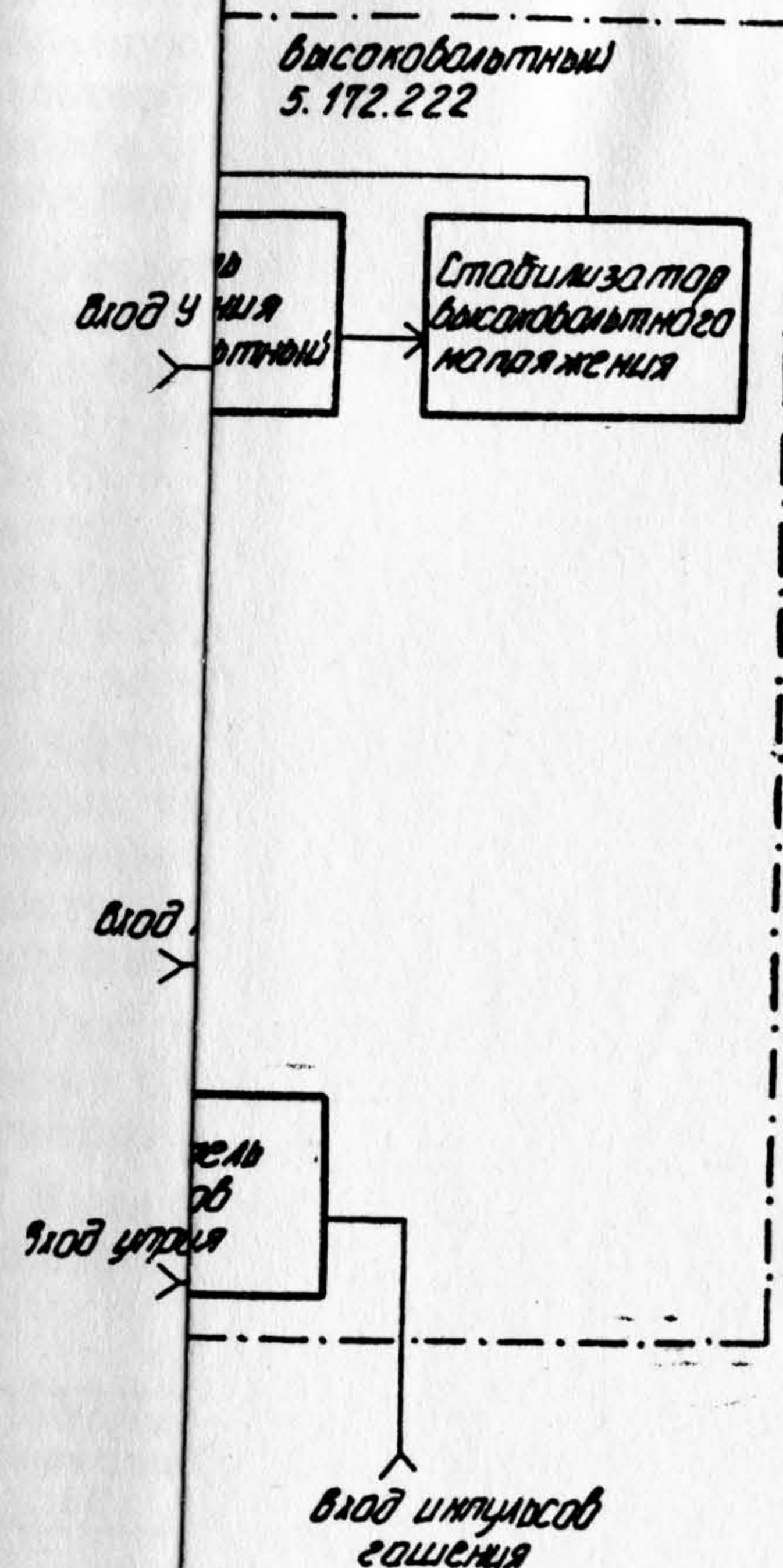
МС1 (транзисторная сборка). Смещение луча по экрану ЭЛТ осуществляется регулировкой напряжения на базах эмиттерных повторителей (МС1) резисторами « $\updownarrow$ » и « $\longleftrightarrow$ », выведенными под шлиц на лицевую панель. С помощью резисторов R3 и R8 осуществляется регулировка усиления каналов X и Y соответственно. Резисторы R19 и R48, установленные на плате, служат для компенсации неортогональности пластин ЭЛТ. Резистор R28 служит для установки среднего потенциала на коллекторах транзисторов Т3, Т4 примерно равного потенциалу ускоряющего электрода ЭЛТ, который определяется напряжением на стабилитроне Д10. Это необходимо для обеспечения правильного режима работы ЭЛТ.

Схема коррекции нелинейности отклонения по оси Y собрана на диодах Д2—Д5 и резисторах R22, R23, R25, R29, R32—R37. Схема коррекции нелинейности отклонения по оси X собрана по аналогичной схеме на диодах Д6—Д9 и резисторах R39—R44, R47, R51, R52.

Строб-преобразователь предназначен для записи частотных характеристик с помощью двухкоординатного самописца без снижения частоты повторения изображения на экране ЭЛТ. Он собран на микросхеме МС2, транзисторах Т1, Т2 в качестве истоковых повторителей и конденсаторах С4, С5, выполняющих роль запоминающих элементов. Импульсы, управляющие аналоговыми ключами, поступают с устройства вычислительного через контакт Б разъема Ш, а преобразованные сигналы X и Y снимают с контактов 1 и 2 того же разъема и далее поступают на разъем САМОПИСЕЦ, находящийся на задней панели БИ.

На плате делителя высоковольтного (5.172.222 ЭЗ рис. 67) собраны: делитель напряжения высоковольтный, стабилизатор высоковольтного напряжения, усилитель импульсов гашения.

Делитель напряжения высоковольтный собран на резисторах R1—R4, R7—R15, стабилитронах Д1—Д4 и совместно с резисторами R20, R21, R25—R28 обеспечивает нормальный режим работы ЭЛТ. С помощью резистора R1 устанавливается предел регулировки яркости, а резистором « $\odot$ », выведенным под шлиц на лицевую панель, осуществляется регулировка яркости. С помощью резисторов « $\odot 1$ », « $\odot 2$ », выведенными также под шлиц на лицевую панель, осуществляется фокусировка изображения на экране ЭЛТ. Резистор R21 служит для установки астигматизма, резистор R25 для коррекции усиления отклонения ЭЛТ, а резистор R27 для компенсации геометрических искажений на краях экрана ЭЛТ.



г для  
се яр-  
итель-  
обра-  
зисто-  
я или  
затор,  
м, на  
ься в  
исоко-  
жима  
наль-

ЭЛТ  
олов.  
нзис-  
нзис-  
с ре-  
ющий  
нциа-  
оряю-

е час-  
В УО  
уча и  
после-

) сов-  
обес-

твуют

а 5.11  
ация,  
дное  
е, В

5 мА.



Структурная схема устройства осциллографического 5.049.012

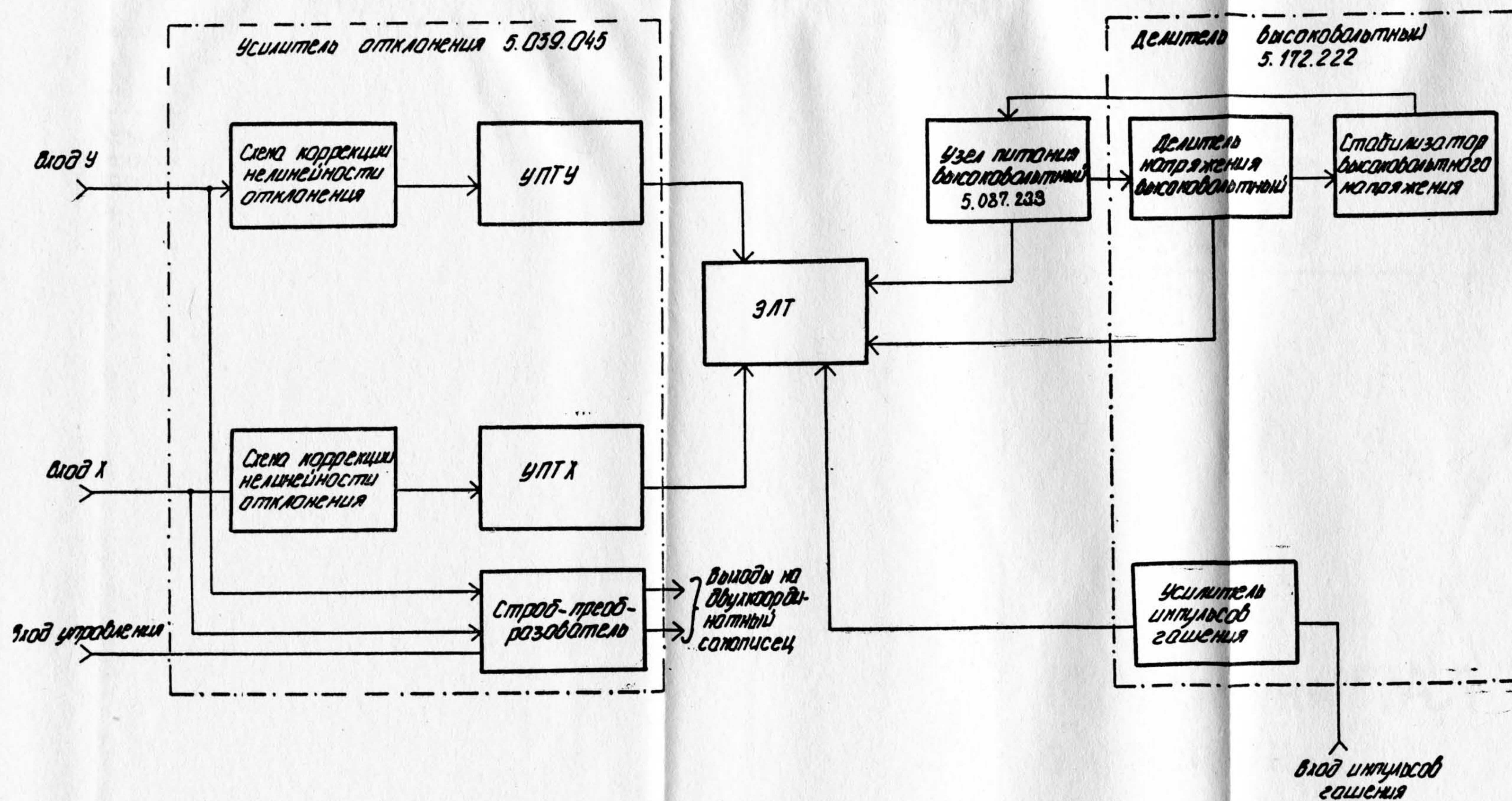


Рис. 5.29.



МС1  
осуше  
ных по  
денны  
ров R  
X и Y  
на пл  
тин Э  
тенци  
ного п  
деляет  
для о  
Сх  
рана  
R32—  
X соб  
торах  
Ст  
ных х  
без сн  
ЭЛТ.  
качест  
выпол  
равля  
вычис  
ные си  
ма и д  
на зад  
На  
собран  
высоко  
Де  
рах R  
резист  
режим  
ся пре  
денны  
лировк  
веденн  
ся фон  
служи  
рекции  
сации

Стабилизатор высоковольтного напряжения служит для стабилизации потенциала катода ЭЛТ при регулировке яркости изображения и, тем самым, стабилизирует чувствительность отклоняющих пластин. При изменении яркости изображения меняется ток катода ЭЛТ, вследствие чего на резисторе R14 напряжение изменится в сторону увеличения или уменьшения. Это напряжение поступает на стабилизатор, собранный на транзисторах T1—T5 и T7. Таким образом, на коллекторе транзистора T5 напряжение будет изменяться в обратную сторону и оно используется для питания высоковольтного узла. Резистор R14 служит для установки режима работы стабилизатора и, тем самым, для установки номинального напряжения на катоде ЭЛТ.

Усилитель импульсов гашения служит для запираания ЭЛТ в момент коммутации луча или при отображении символов. Он собран на микросхеме МС и транзисторах T6, T8. Транзистор T6 выполняет функции электронного ключа, а транзистор T8 — эмиттерного повторителя. Импульсы гашения с резистора R32 через контакт 19 поступают на бланкирующий электрод ЭЛТ. Резистор R30 служит для установки потенциала бланкирующего электрода равного потенциалу ускоряющего электрода.

ЭЛТ служит для визуального наблюдения на экране частотных характеристик и цифрознаковой информации. В УО применена трубка с электростатическим отклонением луча и электростатической фокусировкой, экраном среднего послесвечения типа И.

Узел питания высоковольтный (5.087.233 ЭЗ рис. 68) совместно с платой высоковольтного делителя напряжения обеспечивает нормальный режим работы ЭЛТ.

Выходные напряжения и токи нагрузок соответствуют значениям, указанным в табл. 5.11.

Таблица 5.11

Выходное напряжение, $\kappa B$	Допуск установки, $B$	Ток нагрузки, $mA$	Напряжение питания, $B$	Пульсация, амплитудное значение, $B$
+4	$\pm 200$	0,01	$25 \pm 1$	—
—1,6	$\pm 160$	1,5	$25 \pm 1$	7

Потребляемый ток от источника питания не более 175 мА.

Узел питания состоит из двух основных частей:

- 1) преобразователя напряжения;
- 2) умножителя.



Преобразователь напряжения — это автогенератор прямоугольных импульсов, собранный по двухтактной схеме с самовозбуждением. Он питается от стабилизатора напряжения минус  $(25 \pm 1)$  В. Для уменьшения наводимых пульсаций в цепи питания включен фильтр, состоящий из дросселя Др и конденсатора С1.

Преобразователь напряжения собран на транзисторах Т1, Т2. Конденсатор С4 служит для создания обратной положительной связи и с его помощью можно в некоторых пределах изменять частоту генерации (18—20 кГц).

Для получения напряжения 4 кВ напряжение со вторичной обмотки трансформатора Тр1 умножается в четыре раза, а для источника минус 1,6 кВ — в два раза.

Первый умножитель собран на диодах Д3—Д6 и конденсаторах С7, С8, С13—С14.

Второй умножитель собран на диодах Д1, Д2 и конденсаторах С5, С6.

Для уменьшения пульсации выходного напряжения минус 1,6 кВ применяется фильтр, состоящий из трансформатора Тр2 и конденсаторов С9—С12.

5. 4. 2. 5. Устройство управления (5.105.498 ЭЗ рис. 68) предназначено для управления режимами работы БИ. В состав устройства входит 55 кнопок. В зависимости от электрической схемы, кнопки подразделяются на фиксированные независимые, фиксированные зависимые и нефиксированные. Кнопки с фиксацией имеют подсвет Ку. Электрическая схема обеспечивает также считывание состояния кнопок.

5. 4. 2. 6. Устройство питания измерительного блока (5.087.224 ЭЗ рис. 70) обеспечивает на выходе выходные напряжения, указанные в табл. 5.12.

Таблица 5.12

Номер контакта разъема Ш12	Выходное напряжение, В	Амплитудное значение пульсации, мВ	Нестабильность от изменения напряжения сети на $\pm 10\%$ , В
5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16	$5,3 \pm 0,25$	60	$\pm 0,025$
21, 22	$+12 \pm 0,6$	10	$\pm 0,012$
19, 20	$+15 \pm 0,2$	15	$\pm 0,015$
1, 4	$+80 \pm 10$	40	$\pm 2,0$
2	$+200 \pm 20$	40	$\pm 3,0$
25, 26	$-27 \pm 0,2$	20	$\pm 0,027$
27, 28	$-15 \pm 0,2$	15	$\pm 0,015$

Структурная схема устройства питания показана на рис. 5.30. Устройство питания работает по принципу сеть—выпрямитель—преобразователь—выпрямитель, т. е. напряжение сети выпрямляется и подается на преобразователь, а с преобразователя опять выпрямляется и питает цепи БИ. Так как преобразователь работает на частоте 20 кГц и его напряжение стабилизировано, то при такой схеме повышается коэффициент полезного действия узла питания. Сетевой фильтр (см. 5.087.224 ЭЗ, У1) состоит из дросселей Др1, Др2 и конденсаторов С1, С2, С3. Он не пропускает помех из преобразователя в сеть. Для выпрямления переменного тока сети 220 В применяется выпрямитель (см. 5.087.224 ЭЗ, У2), состоящий из диодов Д1—Д4 и конденсаторов С1—С14.

Преобразователь 5.121.117 собран по полумостовой схеме на транзисторах Т9, Т10 с выходным трансформатором Тр4.

Управление преобразователем осуществляется с помощью генератора 5.411.143, в котором вырабатываются пусковые импульсы для транзисторов Т9, Т10, сдвинутые по фазе на  $180^\circ$ . Для стабилизации выходного напряжения преобразователя регулируется ширина импульсов. Частота следования импульсов 20 кГц.

Выходные напряжения снимаются с трансформатора Тр4 через двухполупериодные выпрямители и LC-фильтр.

Напряжение плюс 5 В подается непосредственно на БИ, напряжения плюс 200, плюс 80 В стабилизируются параметрическими стабилизаторами, напряжения минус 15, плюс 15, минус 27 В дополнительно стабилизируются линейными стабилизаторами.

### 5. 4. 3. Конструкция

Конструктивно БИ выполнен в настольном варианте в унифицированном корпусе.

Размещение узлов в корпусе показано на рис. 5.31.

БИ состоит из следующих основных узлов:

- 1) ПАИ 1;
- 2) УО 2;
- 3) передних панелей с монтажом 9;
- 4) устройства питания;
- 5) каркаса;
- 6) печатных плат микропроцессорной части: устройства индикации 5, устройства сопряжения 4, устройства запоминающего 7, вычислителя 6, устройства постоянного запоминающего 10, узла соединения 8.



ПАИ представляет собой литую алюминиевую раму с гнездами под платы и с укрепленными в них печатными платами. Рама закрыта с двух сторон алюминиевыми крышками. Узел электрически соединен:

1) объемным жгутом через низкочастотные разъемы с узлом соединений (в микропроцессорной части);

2) высокочастотными разъемами с экранированными проводами от передней и задней панелей.

Для подрегулировки ПАИ без его вскрытия нижняя крышка его снабжена отверстиями. Для подхода ко всем элементам на печатных платах достаточно снять крышку. Для выпаивания электрорадиоэлементов ПАИ необходимо снять, отвинтив четыре винта его крепящих, и открыть верхнюю крышку.

УО смонтирован на сваренном точечной сваркой стальном корпусе из гнутых листов. Основными узлами, составляющими УО, является ЭЛТ в магнитном экране, высоковольтный источник питания, плата высоковольтного делителя и плата усилителей отклонения. Для снятия ЭЛТ и высоковольтного источника требуется изъять УО из БИ. Печатные платы можно вынуть без изымания УО из БИ, но для снятия платы усилителей отклонения нужно предварительно вынуть из БИ ПАИ. УО с другими узлами БИ электрически соединяется через один разъем. Механически УО крепится четырьмя винтами снизу и двумя винтами сбоку к левой боковине корпуса блока. УО вынимается из БИ после предварительного снятия верхней планки, скрепляющей передние панели (лицевую и несущую) друг с другом, при этом обрамление ЭЛТ должно быть обязательно поднято.

Передние панели (лицевая и несущая) скреплены друг с другом двумя винтами. Винты обеспечивают надежный заход коротких штифтов несущей панели в неглубокие глухие пазы лицевой панели, что необходимо для центровки отверстий под кнопки с самими кнопками, стоящими на печатной плате, укрепленной на несущей панели. Печатная плата своей розеткой врубается в печатную вилку узла соединения (в микропроцессорной части), когда несущая панель устанавливается в БИ. Для обеспечения полного сочленения этой пары разъемов винты, крепящие розетку на плате и через специальные отверстия в панели и плате, нажимают на бобышки розетки, например, двумя отвертками. Розетка от этого защелкивается на узле соединения (в микропроцессорной части) и оказывается незакрепленной на плате, стоящей на несущей панели. Поэтому перед снятием последней с БИ нужно притянуть розетку обратно и прикрепить ее к печатной плате несущей панели винтами М3 длиной 8 мм. Об этом имеется предупредительная надпись на несущей панели. Кроме ука-

Структурная схема устройства питания БИ 5.087.224

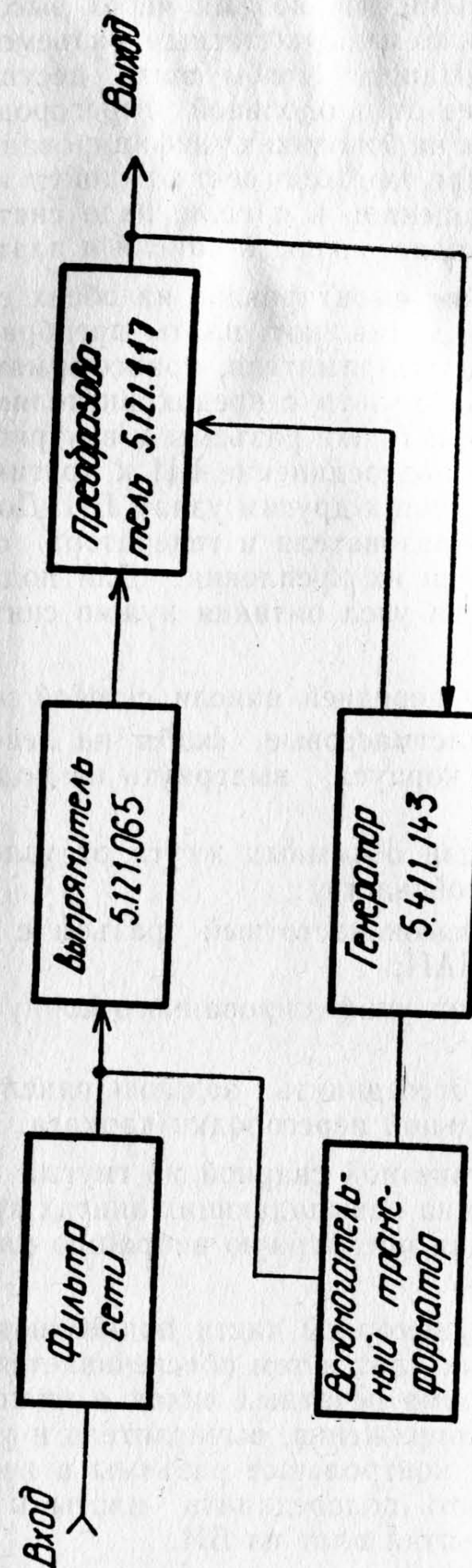


Рис. 5.30.



занного соединения передняя панель электрически соединена двумя экранированными проводами через высокочастотные разъемы ПАИ, а также низкочастотным разъемом с сетевым жгутом источника питания. Чтобы снять несущую панель, нужно отсоединить ее от продольной перегородки каркаса (2 винта) и от планок на боковиках унифицированного корпуса блока (4 винта). При необходимости подойти к стороне печатной платы, обращенной к панели, надо снять 10 винтов, обеспечивающих эквидистантность панели и платы.

Устройство питания смонтировано на обеих сторонах задней панели БИ. Его составляют: платы преобразователя, генератора и входного выпрямителя, трансформатор пусковой и накальный, сетевой фильтр с предохранителями и шнуром питания, вентилятор, а также разъемы и внутриблочные жгуты, обеспечивающие подсоединение БИ к другим блокам измерителя и узла питания к другим узлам БИ. Доступ к обеим сторонам плат преобразователя и генератора обеспечен поворотной конструкцией их крепления. Для подхода к плате входного выпрямителя узел питания нужно снять с БИ. Перед снятием нужно:

- 1) отсоединить у передней панели сетевой разъем;
- 2) приподняв пластмассовые скобы на левой боковине унифицированного корпуса, выдернуть из под них сетевой жгут;
- 3) отсоединить два объемных жгута от узла соединения (в микропроцессорной части);
- 4) отсоединить высокочастотный разъем с экранированным проводом от ПАИ;
- 5) снять с боковин унифицированного корпуса накладные ножки — упоры;
- 6) механически отсоединить заднюю панель от боковин корпуса и от продольной перегородки каркаса.

Каркас сварен точечной сваркой из гнутых алюминиевых листов. Поверх него на невыпадающих винтах крепится планка, предотвращающая чрезмерную вибрацию плат микропроцессорной части.

Платы микропроцессорной части поднимаются над БИ с помощью переходных плат и тем обеспечивается подход к их обеим сторонам. Кроме печатных вилок в нижней части — платы: устройство сопряжения, вычислитель и устройство запоминающее имеют контрольные разъемы в верхней части. Это дает возможность подсоединить платы к проверочным устройствам без изъятия плат из БИ.

Узел соединения представляет собой в основном печатный жгут, но на нем имеются также радиоэлементы, образующие



# Блок измерительный (вид сверху)

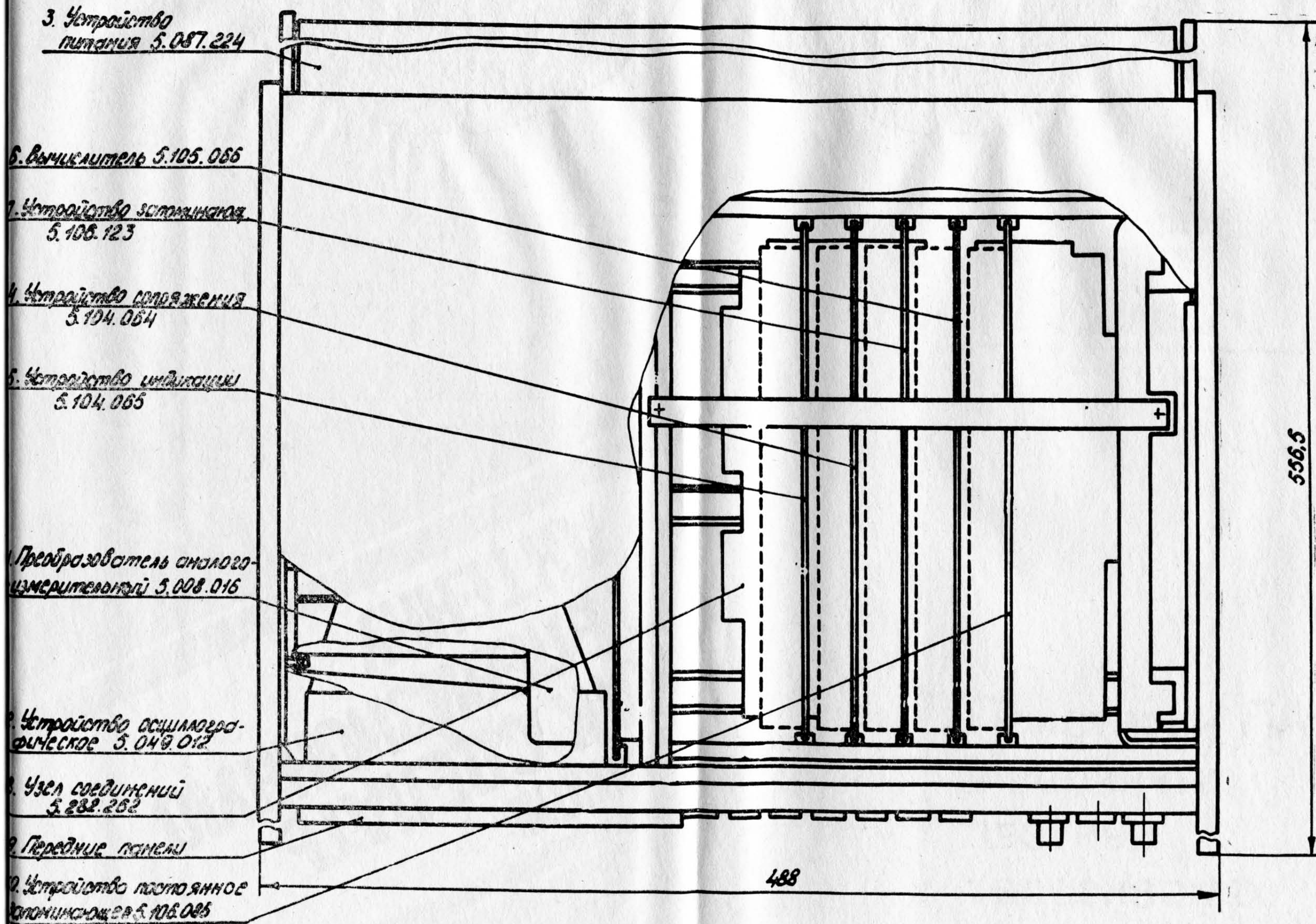


Рис. 5.31.



двухнаправленную магистраль обмена данными измерителя с внешними устройствами, а также объемный жгут из проводов повышенного напряжения питания.

На задней панели БИ установлен электрохимический счетчик времени наработки типа ЭСВ-2,5-12,6/0, с помощью которого осуществляется учет часов работы измерителя. Для замены счетчика достаточно снять нижнюю крышку БИ, отпустить крепежные гайки и отпаять проводники жгута, подходящие к нему.

Примечание. Счетчик времени наработки в измерителе может быть не установлен. В этом случае в формуляре измерителя предприятием-изготовителем делается соответствующая отметка.

Отсчет наработанного времени производится по делению шкалы, против которого находится мениск правого столбика ртути.






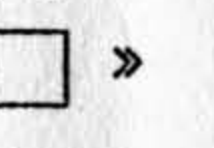

Если зазор между двумя столбиками ртути переместился на 90—95% (не более) всей шкалы, нужно изменить направление отсчета путем смены полярности питания счетчика. При этом отсчет будет производиться в обратном порядке.








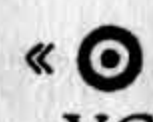
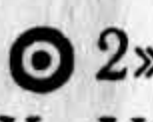

Обозначение и назначение органов управления и присоединения приведены в табл. 5.13 (см. рис. 5.32, 5.33).

Таблица 5.13

Обозначение	Назначение
КАНАЛЫ $\left\{ \begin{array}{l} \langle \Phi \rangle, \\ \langle  S  \rangle \end{array} \right.$	НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ Включение индикации фазовой характеристики
ОН	Включение индикации амплитудной характеристики
$\langle \text{X} \rangle$	Включение индикации величины сигнала на входе опорного канала
$\langle \text{+} \rangle$	Режим измерения модуля и фазы коэффициента отражения
$\langle \blacktriangledown \rangle$	Режим измерения коэффициентов передачи
ОБЩ. $\langle \text{X} \rangle$	Кнопка калибровки измерителя
$\langle \bullet \rangle$	Кнопка стирания информации в ОЗУ
ВИД ИЗМЕР	Кнопка для пуска самописца
КСВН, $\langle  F  \rangle$ , $\langle A_x \rangle$ , $\langle \Phi \rangle$ $\langle R \rangle$ , $\langle X \rangle$ , ГВЗ	Кнопки выбора измеряемой величины



Обозначение	Назначение
«  »	Кнопка для включения автоматического или ручного управления аттенюаторами измерительного и опорного каналов
ИН	Кнопка включения измерительного канала
ОН	Кнопка включения опорного канала
F	Кнопка для управления перестраиваемой частотной меткой
ПРЕДЕЛЫ «dB» «-10», «-20», «-20», «-30»	Кнопки ручного управления аттенюаторами измерительного или опорного каналов
« $\Delta F_{\max}$ »	Кнопка установления полной полосы частот измерителя
«F1», «F2»	Кнопки включения установки начальной и конечной частоты измерителя
«  »	Кнопка внешнего управления измерителем и остановки качания частоты генератора
«K1», «K2»	Кнопки установления и вывода контрольных уровней
РЕЖИМ ИЗМЕР «П»	Кнопка записи индицируемой величины в память
«X—П», «X/П»	Кнопки считывания из регистра памяти
« $\Sigma/N$ »	Кнопка выведения на экран ЭЛТ усредненного значения измеряемой величины
«  »	Кнопка включения узкой полосы пропускания синхродетектора
«Lg»	Кнопка включения логарифмического режима работы
МЕТКА	Ручка для управления перестраиваемой частотной меткой
«0», «1», «2» ..... «9»	Кнопки для ввода числа
«  »	Кнопка записи в регистр
«  »	Сброс содержимого регистра
« , »	Кнопка увеличения масштаба фазы
«  »	Кнопка включения работы БИ в декартовой системе координат
«  »	Кнопка включения работы БИ в полярной системе координат

Обозначение	Назначение
ФАЗА « $\downarrow$ », « $\uparrow$ », «  », «  »	Кнопки для осуществления поворота или сдвига фазы
«  » ИН, «  » ОН	Разъемы для входных сигналов измерительного и опорного каналов
«  », «  »	Резисторы смещения луча ЭЛТ по вертикали и горизонтали
* «  »	Резистор регулировки яркости
«  1 », «  2 » УСИЛ. X, УСИЛ. Y	Резисторы регулировки фокуса
СЕТЬ ВКЛ	Резисторы регулировки усиления каналов X и Y
АРМ	Тумблер для включения БИ в сеть
САМОПИСЕЦ	НА ЗАДНЕЙ ПАНЕЛИ
БЛОК ГЕНЕР	Разъем сигнала АРМ
ЭВМ	Разъем для подключения самописца
«  »	Разъем для подключения ГКЧ5
« $\sim 220\text{ V } 50\text{ Hz}$ »	Разъем для связи БИ с ЭВМ
«4 A»	Клемма защитного заземления
ПИТАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРА	Шнур для подключения БИ к сети
« $\sim 220\text{ V}$ »	Предохранители
« $\sim 110\text{ V}$ »	Тумблер режима работы вентилятора
	Форсированный режим работы
	Режим работы в нормальных условиях




\* Находится под обрамлением ЭЛТ.

## 5. 5. Измерительные СВЧ узлы

5. 5. 1. Тройники измерительные 5.436.214, 5.436.214-01, 5.436.214-02 предназначены для разделения СВЧ мощности на два канала. В комплект измерителей могут входить три измерительных тройника для измерений в каналах 7/3,04 мм (5.436.214), 16/6,96 мм (5.436.214-02) и 16/4,6 мм (5.436.214-01).

Измерительные тройники собраны по схеме двухрезистивного делителя. Для обеспечения КСВН выходов менее 1,2 применяются согласующие аттенюаторы. Настройка измерительных тройников по КСВН осуществляется при помощи



настроечных винтов, расположенных вблизи выходных разъемов. Вносимое ослабление между входом «» и выходами « I», « II» равно  $(12 \pm 2)$  дБ.

5. 5. 2. Атенюаторы 2.243.016, 2.243.016-06, 2.243.016-09 предназначены для использования в качестве развязывающих устройств и образцовых мер ослабления после аттестации их в органах Госстандарта. Основным элементом — поглотитель типа П2-4 на керамических пластинах, обеспечивающий нужную величину ослабления. Настройка аттенюаторов по равномерности частотного хода и величине КСВН осуществляется винтами, расположенными вдоль оси аттенюатора в области поглотителя и переходов.

КСВН аттенюаторов в рабочем диапазоне частот измерителей не более 1,1, а ослабления аттенюаторов 2.243.016, 2.243.016-06, 2.243.016-09  $(6 \pm 1)$ ,  $(20 \pm 2)$ ,  $(30 \pm 2,5)$  дБ соответственно.

5. 5. 3. В зависимости от варианта поставки измерителей в комплект входят рефлектометры 2.744.125 (канал 7/3,04 мм), 2.744.125-01 (канал 16/6,96 мм) и 2.744.125-02 (канал 16/4,6 мм), позволяющие выделить сигналы, пропорциональные падающей и отраженной от измеряемого объекта волн.

Принцип работы всех рефлектометров аналогичен. Подводимая СВЧ мощность поступает в одну из диагоналей моста, образованного резисторами R8, R9 (2.744.126 ЭЗ рис. 71) или R11, R12 (2.744.125-02 ЭЗ рис. 72), внешней нагрузкой Э2 и измеряемого объекта, подключаемого к входу «Z<sub>x</sub>», со второй диагонали моста через согласующие и симметрирующие цепи Э3, Э5 снимается измеряемый сигнал (ИН), пропорциональный отраженной от измеряемого объекта волне.

Сигнал ОН, пропорциональный падающей волне, снимается с делителя R6, R7 (2.744.125) и R9, R10 (2.744.125-02). Для выравнивания амплитуд опорного и измеряемого сигналов дополнительно введен аттенюатор 10 дБ на резисторах R1, R2, R3 (2.744.125) и R4, R5, R6 (2.744.125-02). Для согласования 50-омного входа рефлектометра 2.744.125-02 с 75-омным сопротивлением моста на входе предусмотрен аттенюатор-трансформатор на резисторах R1, R2, R3. Настройка рефлектометра осуществляется при помощи подстроечных винтов, размещенных на верхней крышке и отрезками кабеля типа РД-Э4, Э5, Э7. Направленность рефлектометров не менее 37 дБ, коэффициент отражения входа «Z<sub>x</sub>» не более 0,04.

5. 5. 4. Согласованные 2.243.329, 2.240.057, 2.240.057-04 и рассогласованная 2.240.056-03 коаксиальные нагрузки слу-

лнены  
имею-

в ра-  
и рас-  
Гос-  
ы ко-

змерительный (ботко-  
т для  
отра-

и ко-  
иается  
кате-  
опре-

(5. 4)

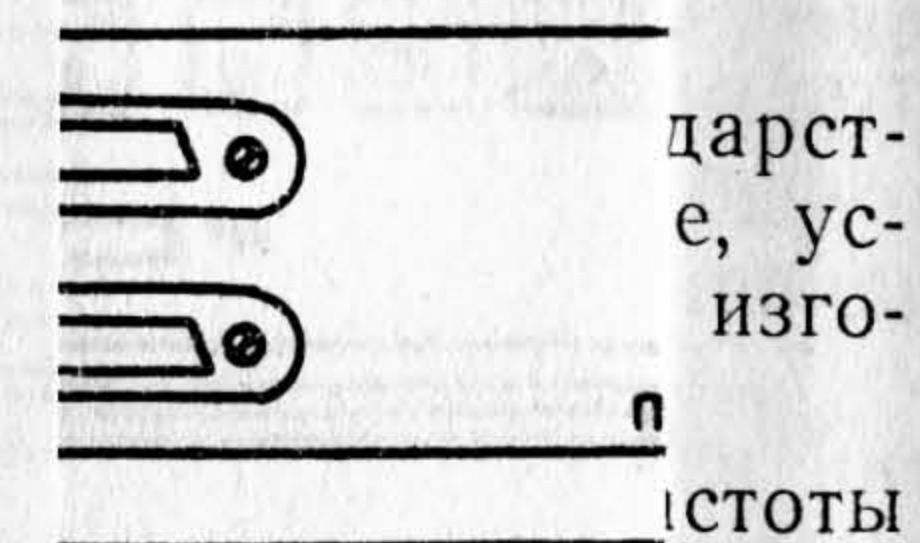
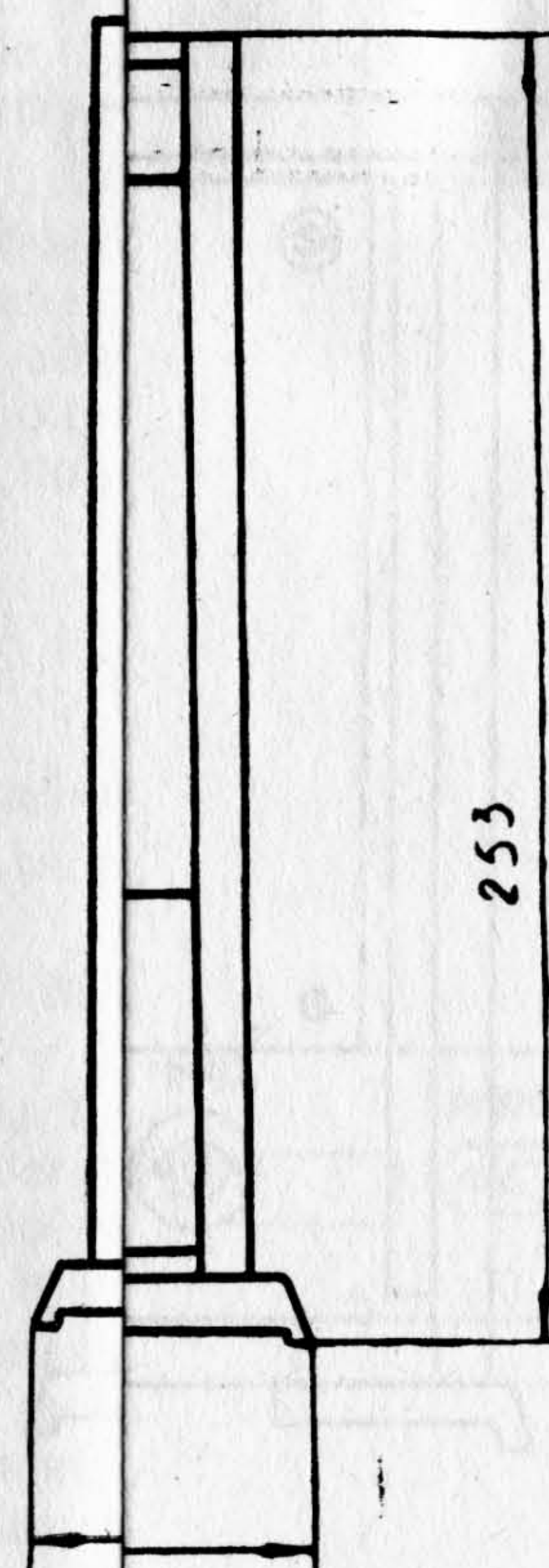


Рис. 5. 33.

дарст-  
е, ус-  
изго-

п  
истоты  
знак,  
я, за-  
ТАНО


несено  
блока,

монта-  
й бли-  
инци-

иощью  
кры-



и выходных разъ-

«  » и ВЫХО-

6-06, 2.243.016-09

стве развязываю-

ия после аттеста-

элемент — погло-

тах, обеспечиваю-

йка аттенуаторов

ине КСВН осу-

оль оси аттенюа-

не частот измери-

торов 2.243.016,

$\pm 2,5$ ) дБ соответ-

авки измерителей

(канал 7/3,04 мм),

(канал 16/4,6 мм),

ональные падаю-

волн.

аналогичен. Под-

из диагоналей

R9 (2.744.126 ЭЗ

ис. 72), внешней

ключаемого к вхо-

в согласующие и

меряемый сигнал

измеряемого объ-

цей волне, сни-

R10(2.744.125-02).

измеряемого сиг-

дБ на резисто-

2.744.125-02). Для

ра 2.744.125-02 с

е предусмотрен

R1, R2, R3. На-

ри помощи под-

ей крышке и от-

ленность рефлек-

тражения входа

57, 2.240.057-04 и

е нагрузки слу-

Блок измерительный (вид спереди)

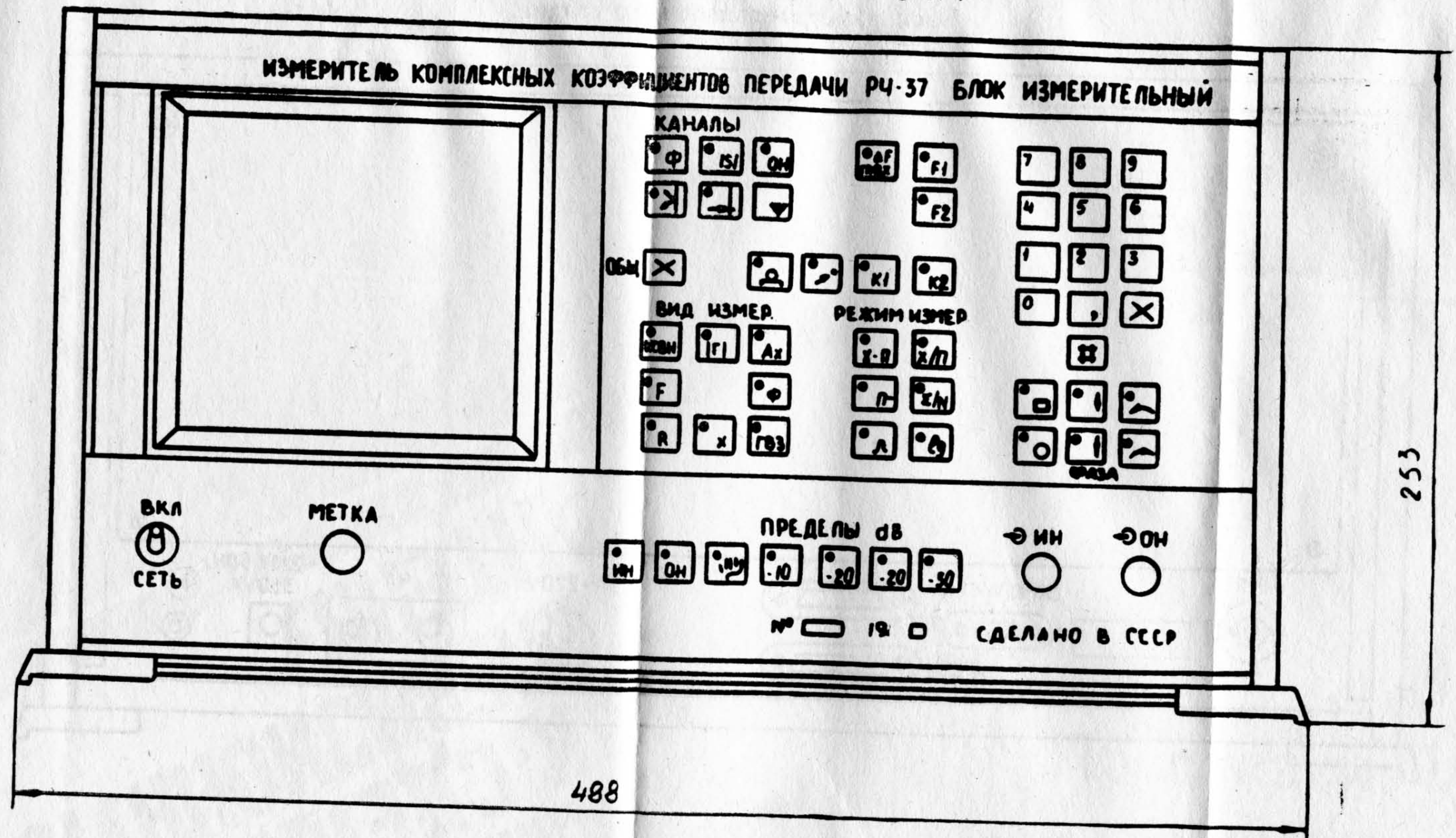


Рис. 5.32.



Блок измерительный (вид сзади)

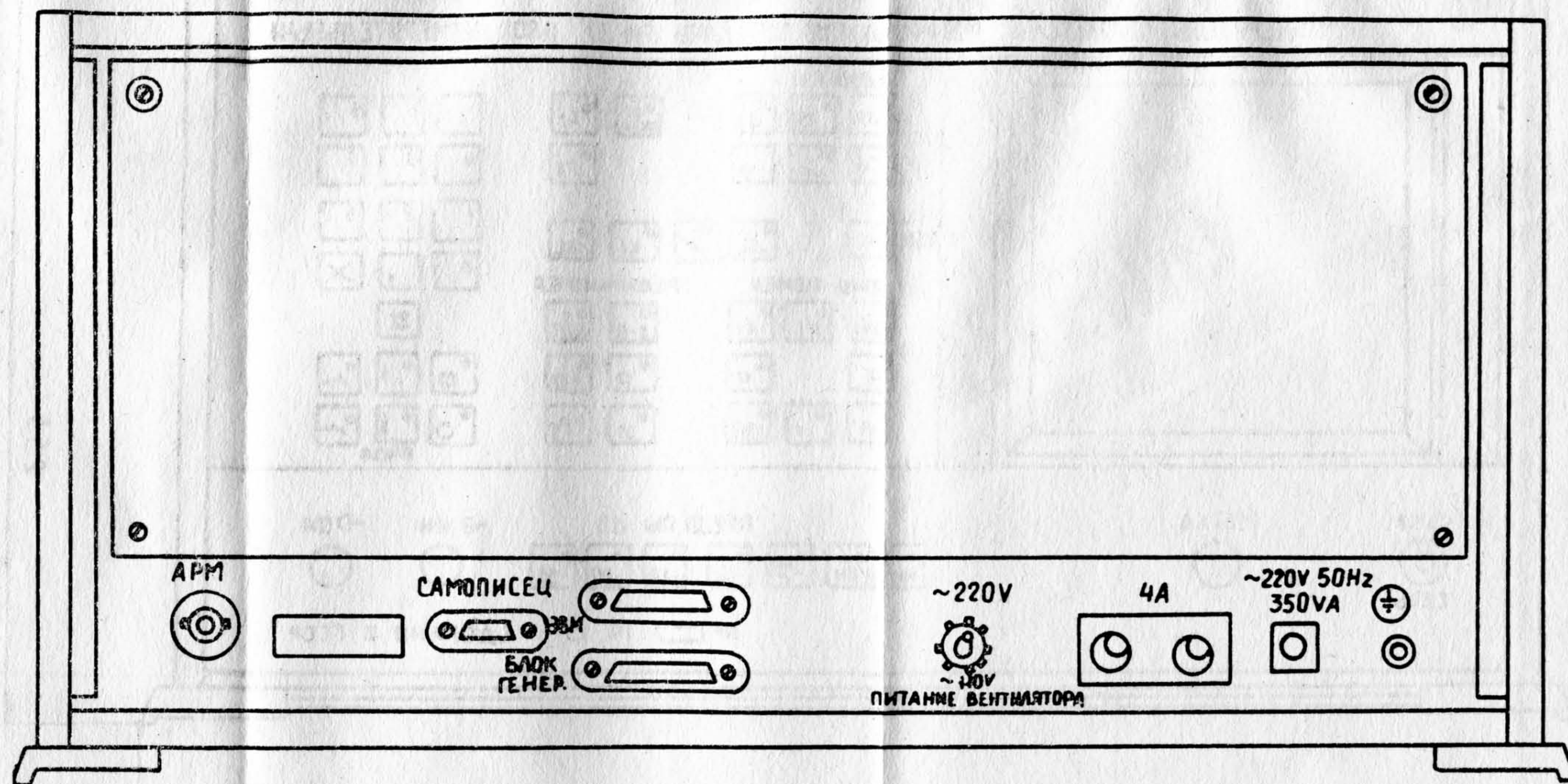
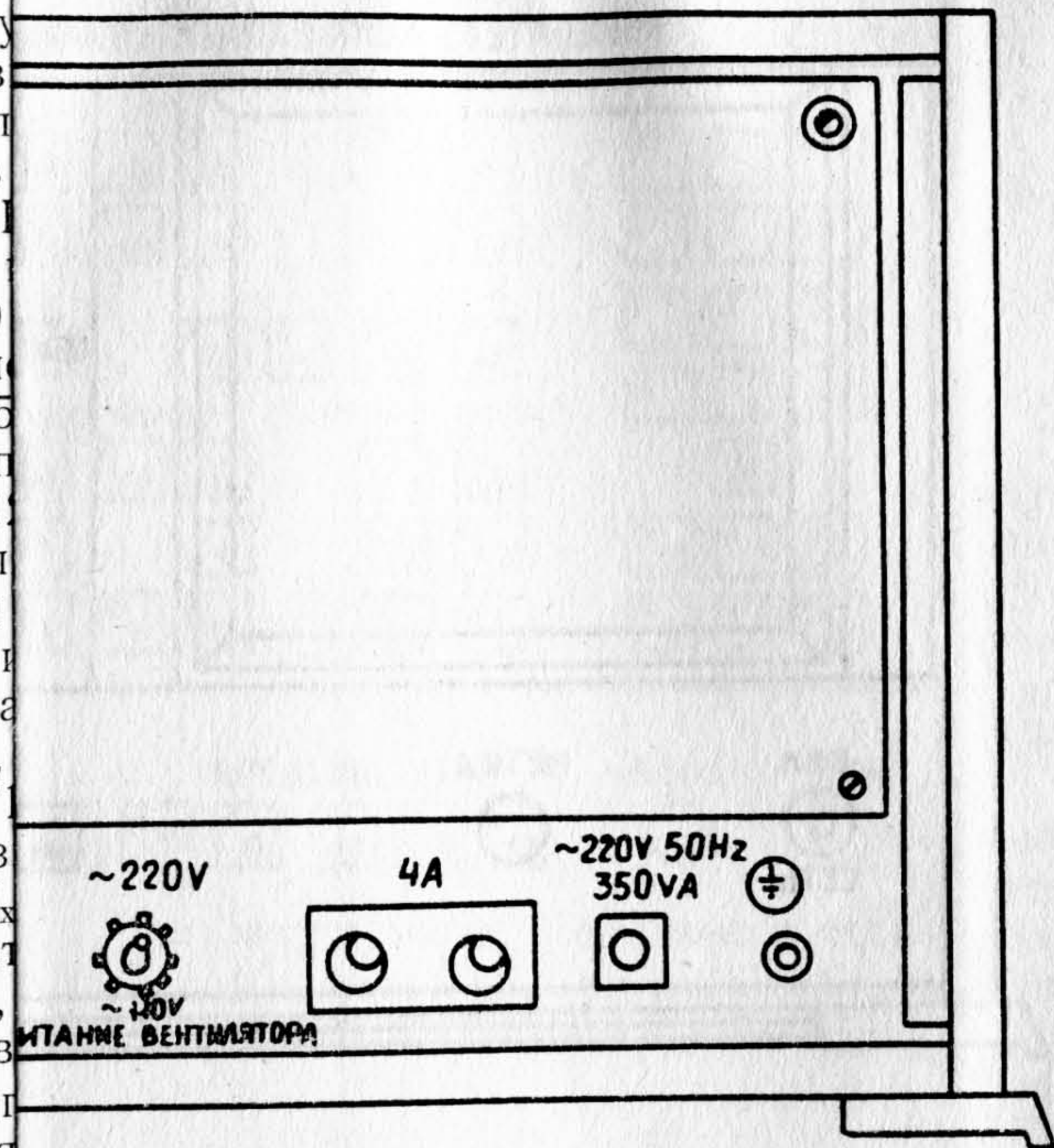


Рис. 5. 33.



настрое  
емов. В  
дами «  
5. 5  
предна  
щих ус  
ции их вид сзади)  
титель  
щий ну  
по рав  
ществл  
тора в  
КСИ  
телей  
2.243.0  
ственн  
5. 5  
в комп  
2.744.1  
позвол  
щей и  
При  
водима  
моста,  
рис. 7  
нагруз  
ду «Z<sub>x</sub>  
симмет  
(ИН),  
екта в  
Сиг  
мается  
Для в  
налов  
рах R  
соглас  
75-омн  
аттеню  
стройк  
строеч  
резкам  
тометр  
«Z<sub>x</sub>» н  
5. 4  
рассог



жат для поглощения СВЧ мощности. Нагрузки выполнены на резисторах, помещенных в цилиндрический экран, имеющий возможность осевого перемещения.

КСВН согласованных нагрузок не превышает 1,05 в рабочем диапазоне частот измерителя. Согласованные и рас- согласованные нагрузки после аттестации органами Гос- стандарта служат образцовыми мерами КСВН и фазы ко- эффициента отражения.

5. 5. 5. Линия коаксиальная 5.433.058 и линии коротко- замкнутые 2.266.004, 2.266.004-01, 2.266.004-02 служат для проверки измерителей по фазе (ГВЗ) и коэффициенту отра- жения.

Определение фазо-частотной характеристики линии ко- аксиальной по фазе (электрической длине) осуществляется методом компарирования с образцовым короткозамыкате- лем, т. е. определения частот  $f_n$ , на которых  $\varphi_x$  отрезка опре- деляется по формуле

$$\varphi_x = \pi + 2\pi n, \quad (5.4)$$

$$\text{где } n = 1, 2 \dots = \frac{2l}{C} f_n;$$

$l$  — длина отрезка, см;

$C$  — скорость света, см/с.

## 6. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

6. 1. На лицевой панели БИ нанесены знак Государст- венного реестра, товарный знак, полное наименование, ус- ловное обозначение измерителя, заводской номер, год изго- товления и надпись «СДЕЛАНО В СССР».

На лицевых панелях ГКЧ и преобразователя частоты нанесены знак Государственного реестра, товарный знак, наименование блока, условное обозначение измерителя, за- водской номер, год изготовления и надпись «СДЕЛАНО В СССР».

Кроме того, условное обозначение измерителя нанесено в левом верхнем углу правой боковой стенки каждого блока, входящего в состав измерителя.

6. 2. Маркирование элементов печатного навесного монта- жа выполнено со стороны элементов в непосредственной бли- зости от элементов согласно схемам электрическим принци- пальным.

6. 3. После приемки ОТК блоки пломбируются с помощью чашек, надетых на винты крепления верхней и нижней кры- шек.



6. 4. Упакованные блоки измерителя пломбируются при помощи проволоки, пропущенной через ушко запора и пломбу.

## 7. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

7. 1. При получении измерителя, после распаковки и извлечения из укладочных ящиков необходимо проверить комплектность, осмотреть на отсутствие внешних повреждений, произвести расконсервацию.

7. 2. Для обеспечения нормальной работы и доступа к органам управления и присоединения, расположенным на задних панелях, рабочее место должно иметь зазор между задними панелями блоков и соседними предметами не менее 100 мм. БИ устанавливается на преобразователь частоты, а ГКЧ4 устанавливается отдельно, СВЧ узлы на рабочем столе могут быть расположены в любом положении, удобном для работы.

7. 3. Возле рабочего места не должно быть источников сильных магнитных полей с магнитной индукцией постоянного магнитного поля, превышающей  $1 \cdot 10^{-6}$ .

Недопустима механическая вибрация рабочего места с амплитудой виброперемещений, превышающей 0,075 мм.

7. 4. Работа измерителя должна происходить в условиях, которые не выходят за пределы рабочих условий эксплуатации. Если температура окружающей среды равна или превышает  $+30^{\circ}\text{C}$ , необходимо переключатель ПИТАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРА на задней панели БИ переключить в положение « $\sim 220\text{ V}$ ». Питающая сеть не должна иметь резких скачков напряжения.

7. 5. Сделайте отметку в формуляре в начале эксплуатации измерителей и запишите показания счетчика наработки времени при его наличии.

7. 6. При многократных подключениях измеряемых объектов к измерителю возможно появление металлических опилок, оседающих на диэлектрических шайбах соединительных разъемов измерителя, что вызывает ухудшение КСВН измерительного тракта и неповторяемость соединений. Поэтому необходимо периодически (через 200—300 подключений) протирать шайбы измерительных разъемов измерителя хлопчатобумажной тканью, отбеленной бязью № 6 по ГОСТ 11680-76, смоченной спиртом этиловым ректифицированным техническим по ГОСТ 18300-72.

7. 7. Нагрузки коаксиальные, линии короткозамкнутые, линии коаксиальные и аттенюаторы, находящиеся в коробках, используются только в качестве образцовых средств для

поверки измерителей. В таблицах периодической поверки (ТБ), также находящихся в коробках, указаны технические характеристики нагрузок, линий короткозамкнутых и линии коаксиальной. ТБ, заверенные поверителем при выпуске на заводе-изготовителе, являются аттестатом для поверителя. Перед проверкой измерителей аттенюаторы должны быть аттестованы в органах Госстандарта с погрешностью, указанной в табл. 13.3; данные аттестации заносятся в ТБ. На аттестацию нагрузки коаксиальные, линии короткозамкнутые, линии коаксиальные и аттенюаторы отсылаются только в своих коробках с ТБ. Порядок аттестации и проверки образцовых средств измерений, входящих в комплект измерителей, указан в табл. 13.2.

7. 8. Запрещается подключение к измерителям объектов с соединителями, не соответствующих требованиям ГОСТ 13317-80.

## 8. УКАЗАНИЯ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ


8. 1. К работе с измерителем допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электро- и радиоизмерительными приборами.

8. 2. Перед включением блоков измерителя должна быть проверена исправность сетевых шнуров питания с вилкой. Корпуса блоков должны быть заземлены.

8. 3. Работая с измерителем, необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ приборами. Открытые концы трактов должны быть нагружены согласованными нагрузками (если противное не оговаривается методикой измерения).

8. 4. Отдельные элементы БИ находятся под высоким напряжением.

В БИ имеются постоянные напряжения плюс 4000, минус 1600 В. На цепях для подключения блоков измерителя в сеть, в обмотках силовых трансформаторов, тумблерах СЕТЬ имеется напряжение сети 220 В. Наиболее опасными являются цепи с напряжением плюс 4000 и минус 1600 В, то есть узел питания высоковольтный, плата высоковольтного делителя, выводы резисторов, регулирующих яркость и фокусировку, вывод анода ЭЛТ, панель ЭЛТ. Поэтому перед ремонтом блоков измерителя необходимо ознакомиться с расположением элементов, находящихся под высоким напряжением. Наиболее опасные элементы защищены экранами с

предупредительным знаком «  ».



8. 5. При ремонте измерителя необходимо соблюдать правила безопасности при работе с высоким напряжением. Вскрытие и ремонт производить только при отключенных от сети блоках.

8. 6. Не допускается отсоединение защитного заземления при включенных в сеть блоках.

8. 7. По требованию к электробезопасности измеритель относится к классу защиты 01 по ОСТ4.275.003-77.

## 9. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

9. 1. Корпуса БИ, ГКЧ 4, преобразователя частоты перед работой должны быть заземлены. Клеммы защитного заземления расположены на задних панелях блоков. ГКЧ 4 установить на рабочий стол. Рядом расположить преобразователь частоты, а на него БИ. Спереди подключить СВЧ узлы.

9. 2. Перед измерениями блоки и СВЧ узлы соединяются по схемам, приведенным на рис. 9. 1, 9. 2, 9. 3, 9. 4.

9. 3. Смесители подключаются к преобразователю частоты, причем смеситель ОН подключается к разъемам « $\odot$ » ГЕТ ОН и « $\odot$ » ОН, а смеситель ИН к разъемам « $\odot$ » ГЕТ ИН и « $\odot$ » ИН.

9. 4. Положения органов управления указаны ниже при описании подготовки к проведению измерений.

9. 5. Любые межблочные соединения и разъединения на задних панелях блоков производить только при отключенных от сети шнурах питания.

## 10. ПОРЯДОК РАБОТЫ

### 10. 1. Подготовка к проведению измерений

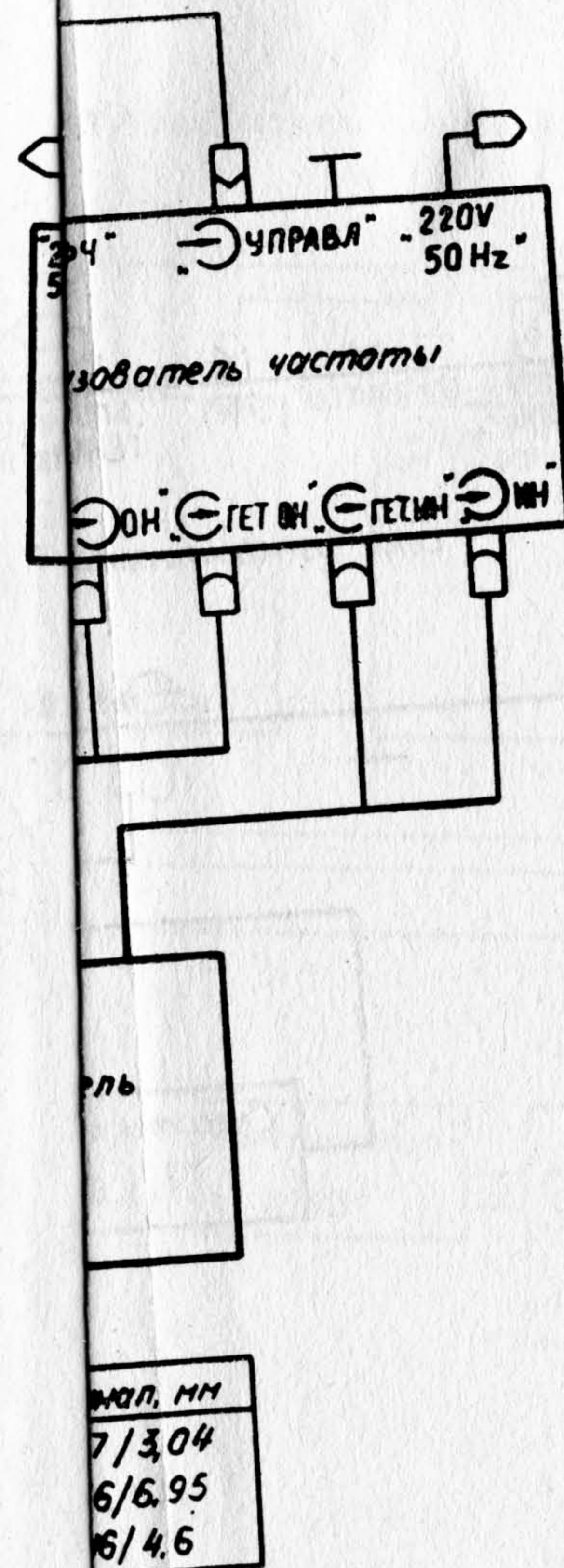
10. 1. 1. В зависимости от схемы соединения СВЧ измерительных узлов возможны следующие режимы измерений:

1) измерения входных параметров [модуля и фазы коэффициента отражения, КСВН, составляющих  $R$  и  $jX$  полного сопротивления ( $Z=R+jX$ )];

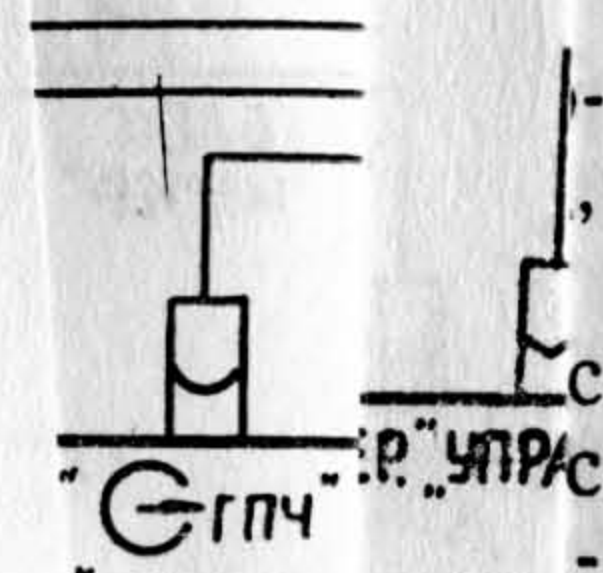
2) измерения проходных параметров (модуля и фазы коэффициента передачи, ослабления и ГВЗ);

3) измерения усиления до 30 дБ;

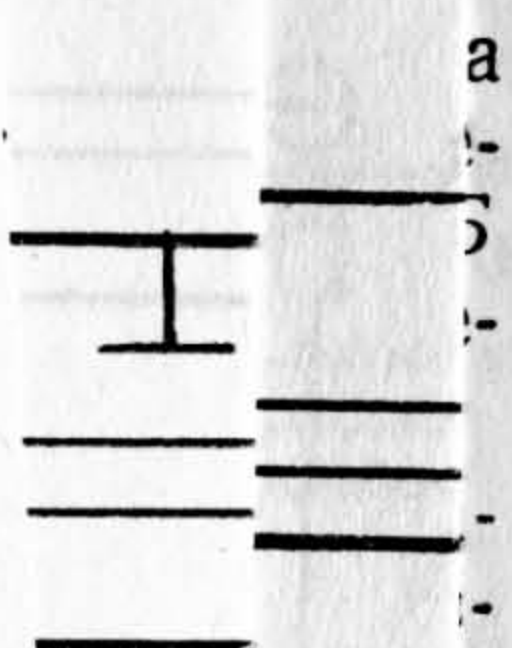
4) имеется возможность записи частотных характеристик на двухкоординатный самописец. Самописец подключается к



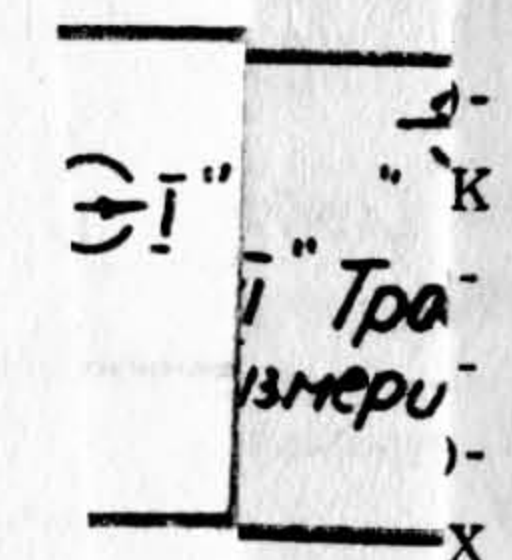
я при из-ателя  
трак



ГКЧ 4



О  
Х  
Х



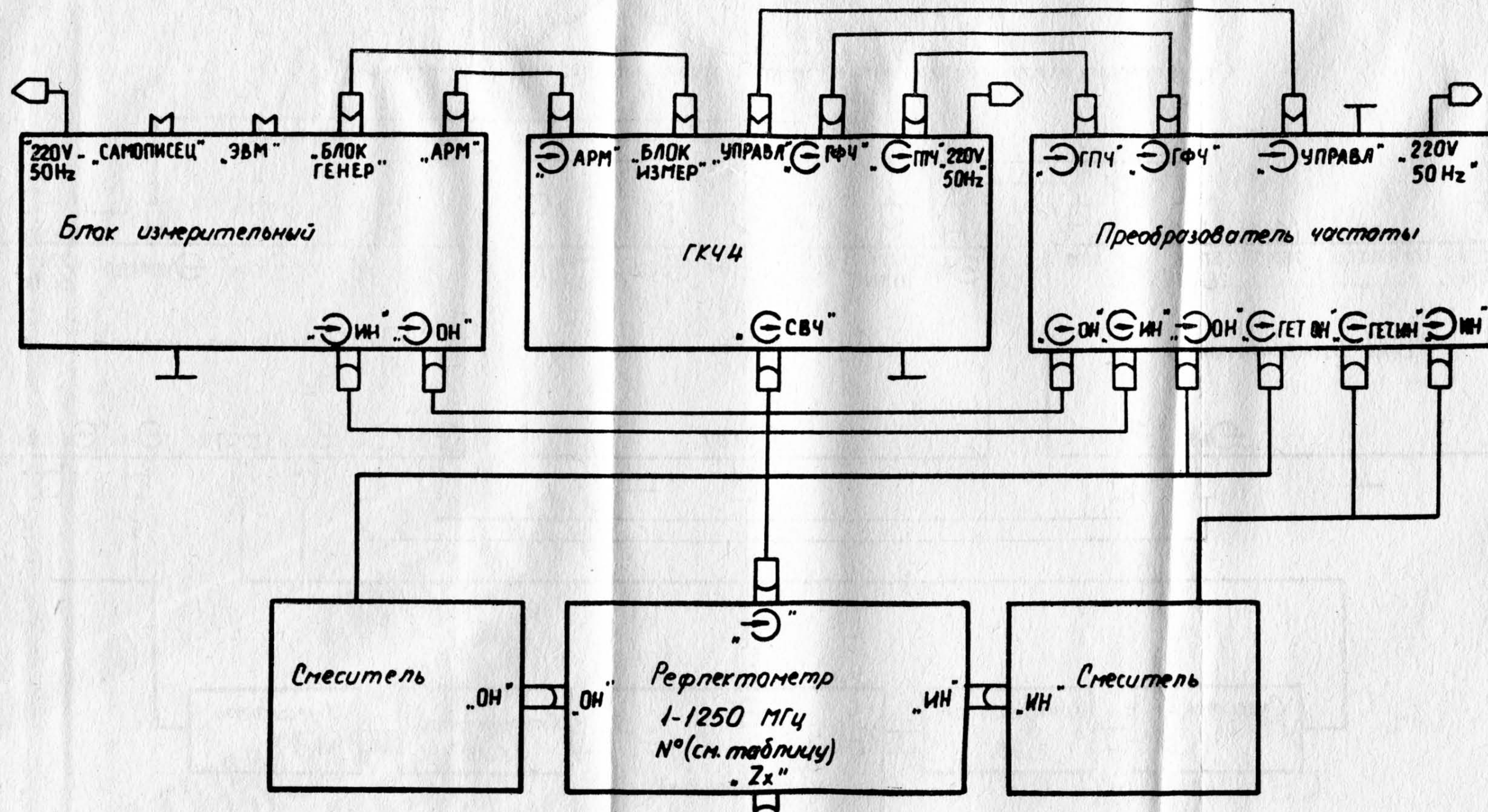
с. 9. 4

О

Г-  
В  
Я



Структурная схема соединений при измерении коэффициентов отражения



№	Компл, мм
1	7/3,04
2	16/6,95
3	16/4,6

Рис. 9. 1.



Структурная схема соединений измерителя при измерении ослабления

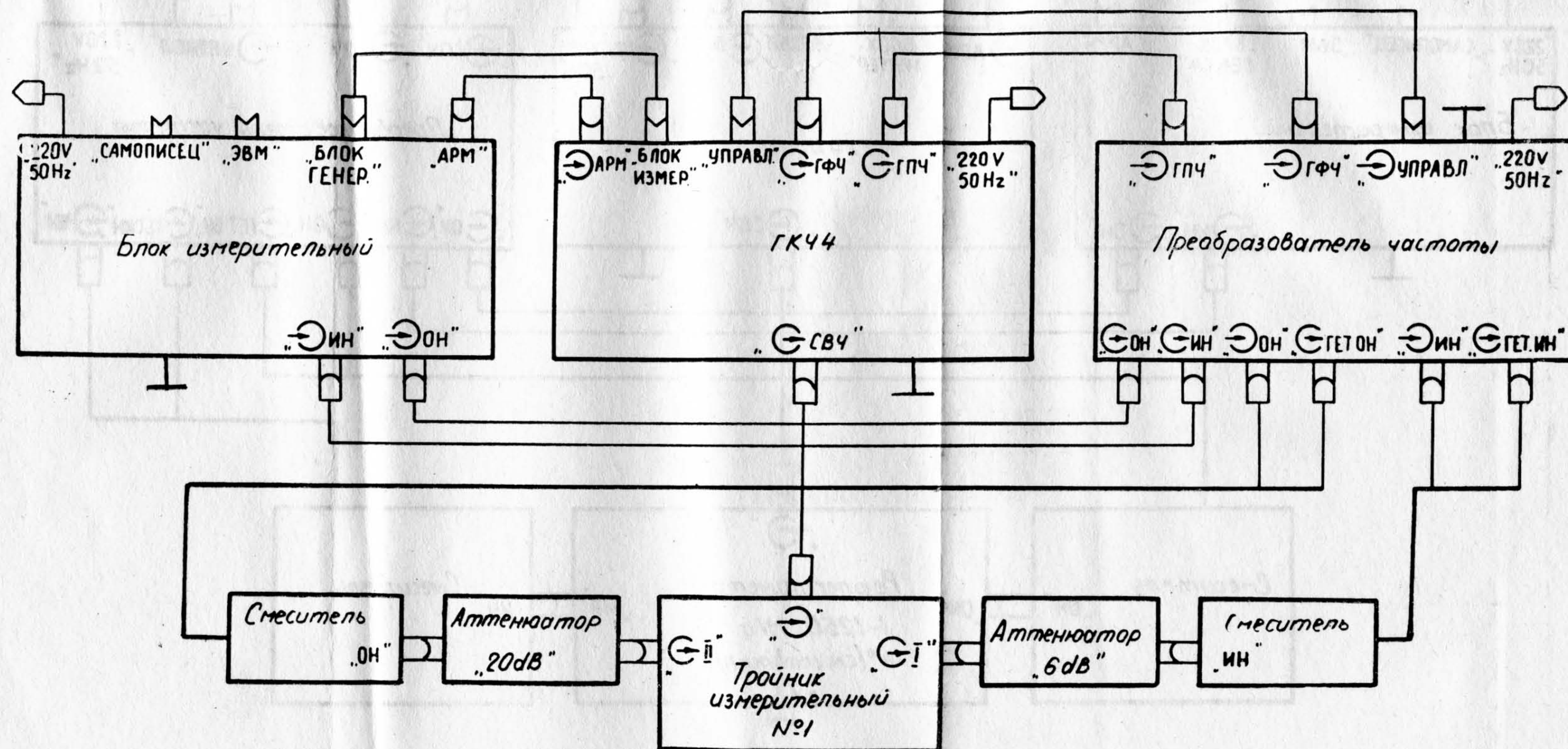


Рис. 9.2.



Структурная схема соединений измерителя при измерении коэффициента передачи четырехполюсников в тракте каналом 16/4,6 мм

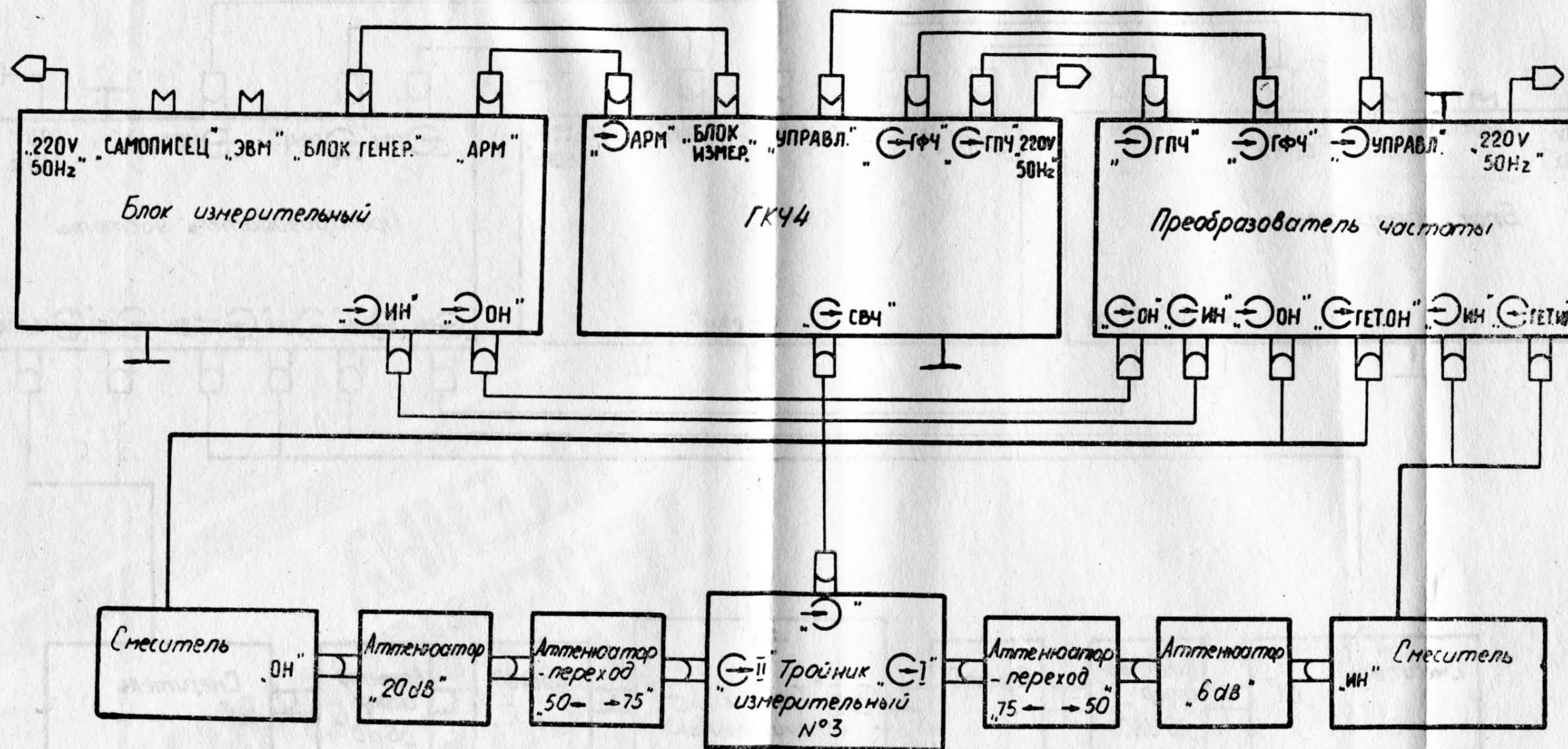


Рис. 9.3.



Структурная схема соединений измерителя при измерении коэффициента передачи  
четырёхполосников в тракте каналом 16/6,95 мм

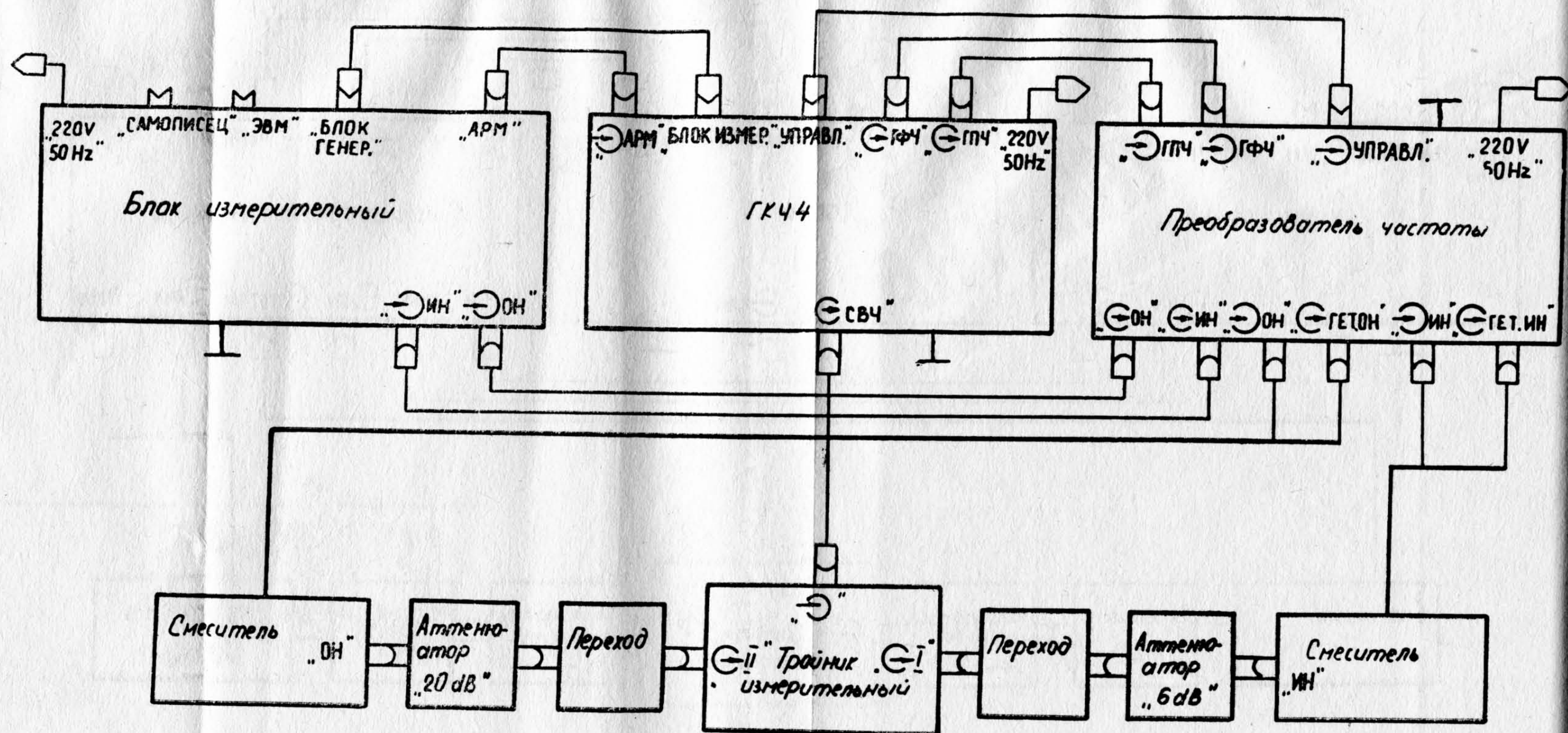
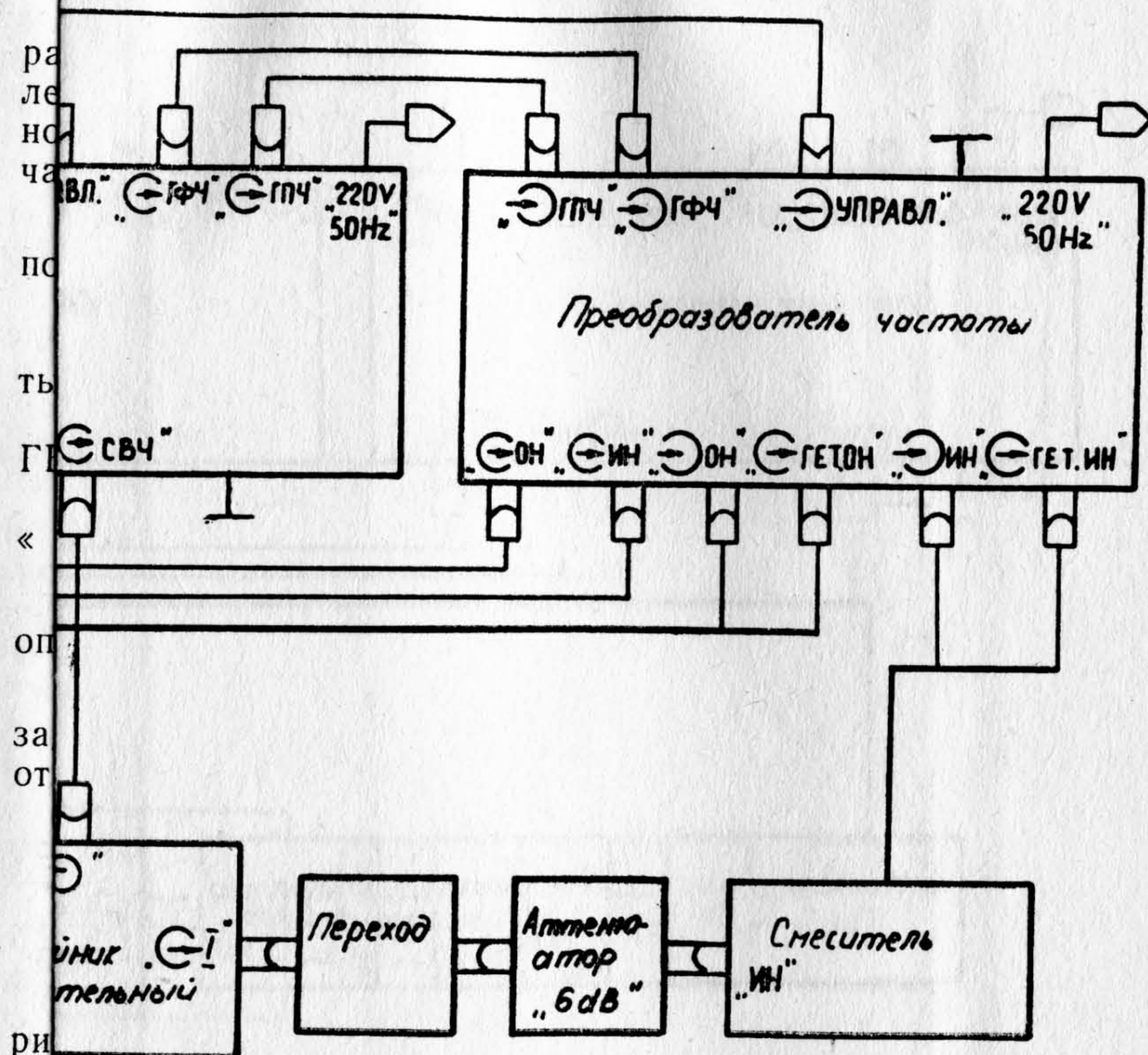



Рис. 9.4.



при измерении коэффициента передачи  
по каналу 16/6,95 мм




разъему САМОПИСЕЦ, расположенному на задней панели БИ. Запись производится нажатием кнопок «» и любой цифровой кнопки, кроме «0» и «1». Цифровую кнопку необходимо держать нажатой 3-4 сек. (пока начнет двигаться частотная метка).

Кроме того, цифровая информация о измеряемых величинах в виде двоичного двенадцатиразрядного кода выводится через разъем ЭВМ (на задней панели). Выходные уровни соответствуют положительной ТТЛ логике:

- 1) логическая «1»  $\geq 2,4 \text{ В}$ ;
- 2) логический «0»  $\leq 0,4 \text{ В}$ .

Информационные сигналы соответствуют обозначению согласно 2.043.050-01 ЭЗ (рис. 52), где Д11 — старший разряд, Д0 — младший разряд.

На контакт 20 разъема ЭВМ поступает синхроимпульс длительностью 10 мс, обеспечивающий возможность работы с внешним частотомером. Работа с ЭВМ возможна после нажатия кнопки «» и любой цифровой кнопки, кроме «0» и «1».

При измерении входных параметров блоки и узлы измерителя соедините в соответствии со схемой, изображенной на рис. 9. 1, а при измерении проходных параметров — по схемам рис. 9. 2.—9. 4. При измерении усиления до 30 дБ соберите схему по рис. 9. 2, включив дополнительно в измерительный канал аттенуатор 20 дБ.

Измерения и наблюдения частотных зависимостей параметров можно проводить в пределах всей полосы частоты измерителя (1—1250 МГц) или в установленной полосе, однако погрешности измерения гарантируются только при измерениях в полосе частот не более 650 МГц (см. раздел 3 настоящих ТО).

Калибровку измерителя необходимо производить в декартовой системе координат. Измерения можно производить как в декартовой, так и в полярной системах координат. Переходить в полярную систему рекомендуется в случаях необходимости (например, при измерении и наблюдении полных сопротивлений с использованием круговых диаграмм полных сопротивлений).

При проведении длительных измерений, особенно в широкой полосе частот, перекалибровку измерителя необходимо проводить не реже, чем через 15 мин.

При измерении фазовых характеристик желательно выбирать такую полосу частот, чтобы измеряемый набег фазы в установленной полосе не превышал  $2\pi$ , особенно это касается измерений в полярной системе координат.



Характеристики передачи кабельных соединений измерителя (а значит и калибровка измерителя по амплитуде и фазе) могут зависеть от механических деформаций кабелей, поэтому старайтесь избегать лишних изгибов кабельных соединений в процессе работы.

Прежде чем приступить к работе, ознакомьтесь с расположением и назначением всех органов управления измерителя, описание которых дано в пп. 5.2.3., 5.3.3., 5.3.4 и 10.1.2.

### 10.1.2. Назначение основных органов управления измерителя

10.1.2.1. Принцип действия измерителя основан на программном осуществлении всех управляющих и вычислительных операций, совокупность которых обеспечивает получение и представление в графическом и цифровом виде на экране ЭЛТ информации о частотных зависимостях измеряемых параметров. Управление режимами работы и видом представляемой информации осуществляется с передней панели измерителя с помощью кнопочных переключателей.

Для исключения ошибок в действиях оператора в измерителе введен диалоговый режим.

Процесс подготовки измерителя к измерениям и проведение измерений автоматизирован путем программной реализации следующих алгоритмов:


- 1) подготовки и калибровки измерителя по частоте;
- 2) калибровки измерителя по амплитуде и фазе;
- 3) измерения отдельных параметров и вывода информации на экран ЭЛТ.


10.1.2.2. После включения тумблера СЕТЬ на блоках измеритель считается подготовленным к работе через 15 мин. прогрева.

При нажатии кнопки « $\Delta F_{\max}$ » включается программа линейаризации и калибровки частотного диапазона в пределах всей рабочей полосы частот измерителя.

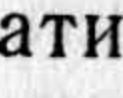
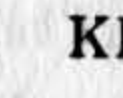

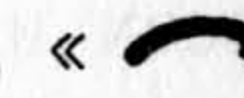
При нажатии кнопки «F1» цифровыми кнопками «0», «1», «2»... «9» набирается нижняя частота требуемой полосы перестройки, аналогично при нажатии кнопки «F2» — верхняя частота. Частоты F1 и F2 индицируются в нижней части экрана ЭЛТ. Программой предусмотрено, чтобы значения набираемых частот F1 и F2 не выходили за пределы рабочих частот измерителя, а калибровочные константы запоминаются в 512 точках установленной полосы перестройки. Ручка МЕТКА предназначена для перемещения метки по кривым частотных зависимостей параметров на экране ЭЛТ. Значение частоты и величина измеряемого параметра на частоте

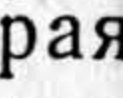
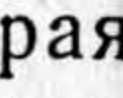
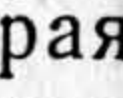
метки индицируются в цифровой форме в верхней части экрана ЭЛТ.

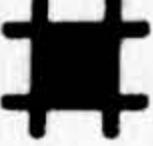
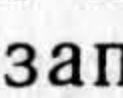
Установку метки на требуемую частоту с погрешностью из-за дискретности перестройки частоты возможно производить и программным путем. Для этого необходимо нажать кнопку «F». В нижней части экрана ЭЛТ появится знак «?». С помощью цифровых кнопок набрать требуемое значение частоты. Нажать кнопку «».


При нажатой кнопке «F» частотная метка не будет управляться ручкой МЕТКА. Для перехода на другую частоту измерения необходимо вернуть кнопку F в исходное положение, затем повторно нажать и повторить цифровой набор новой частоты. Нажать кнопку «».

10.1.2.3. Кнопки «0», «1», «2»... «9» служат не только для выбора нужной частоты F1 или F2, но и управляют цифровым фазовращателем, измеряющим фазовый сдвиг между опорным и измеряемым сигналами и обеспечивают другие необходимые цифровые управления.




При нажатии кнопок «», «», «», «» будет сдвигаться или меняться наклон фазо-частотной характеристики в зависимости от набранных значений на цифровых кнопках. Изменение наклона фазо-частотной характеристики эквивалентно изменению электрической длины опорного канала измерителя.


Кнопка «» одновременно служит для изменения масштаба по фазе на экране ЭЛТ в декартовой системе координат в 2, 4, 8 раз (увеличивается чувствительность по фазе). При нажатии кнопки один раз увеличивается в 2 раза, 2 — 4, 3 — 8 раз. При следующем нажатии чувствительность уменьшается. Если при наборе цифровых значений произошла ошибка, то необходимо нажать кнопку «», которая обеспечивает стирание. Кнопка «» также обеспечивает возврат программы калибровки измерителя в исходное состояние. При нажатии кнопок «K1», «K2» и цифровых кнопок можно устанавливать контрольные уровни для определения допустимости изменения исследуемого параметра.

10.1.2.4. При нажатии кнопки «» осуществляется запись численной величины, набранной при помощи цифровых кнопок. При помощи кнопки «\*» запускаются программы калибровки по модулю и фазе относительно соответствующего калибровочного эталона (холостого хода — мо-



\* Кнопку «\*» необходимо держать нажатой 2—3 с.

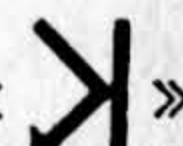






дуль 1 и фаза 0° или короткого замыкания модуль 1 и фаза 180°). При измерении коэффициентов отражения (нажата кнопка «»), калибровка проводится по холостому ходу (ХХ) и короткому замыканию (КЗ), что обеспечит уменьшение погрешности при измерении. Последующее нажатие кнопок «» и «» возвращает программу калибровки измерителя в исходное состояние.

При сбое процесса калибровки по какой-либо причине, появлении на экране записи ОШИБКА необходимо нажать кнопку ОБЩ «» и затем повторить процесс установки полосы перестройки частоты, установления уровня опорного сигнала, выравнивания набег по фазе и калибровке.

Выравнивание линий калибровки по фазе и модулю при измерении проходных параметров или окончание процесса усреднения при измерении параметров отражения (погаснет запись — КЗ «?») означает, что калибровка измерителя закончена и можно приступить к измерениям.

При всех измерениях необходимо учитывать, что переключение аттенюатора в опорном канале возможно при нажатых кнопках «» и ОН (ПРЕДЕЛЫ «dB»), также предусмотрено автоматическое выключение аттенюатора при измерении ослаблений более 60 дБ в автоматическом режиме, а переключение аттенюаторов в измерительном канале возможно производить как в ручном режиме при нажатых кнопках ИН (ПРЕДЕЛЫ «dB»), так и в автоматическом (кнопка «» находится в исходном состоянии — не нажата). В том случае переключение аттенюаторов будет осуществляться программным путем. Так как многие кнопки имеют многоцелевое назначение, то необходимо помнить о строгой последовательности при нажатии кнопок.

После нажатия кнопок «», «», операций с цифровыми кнопками «0», «1», «2»... «9» необходимо нажатие кнопки «». При изменении наклона фазовой характеристики или смещения кривой в пределах экрана ступенями необходимо набрать нужное численное значение, нажать кнопки «», «0», затем повторно нажать «», «0» и т. д. Перемещение будет осуществляться с заданным шагом.

10. 1. 2. 5. Кнопки («R», «X», «|Γ|», КСВН, «Φ», «A<sub>x</sub>», ГВЗ) коммутируют программы вычислений и вывода на экран ЭЛТ значений обозначенных параметров. Исходными при вычислении являются модуль (|Γ|) и фаза (Φ) измеряемого коэффициента отражения (или передачи).

Остальные параметры вычисляются в соответствии со следующими выражениями:

1) активная (R) и реактивная (X) составляющие полного сопротивления

$$Z=R+jX=\frac{1+\Gamma_e^{j\varphi}}{1-\Gamma_e^{j\varphi}}; \quad (10.1)$$

2) КСВН

$$K_{свн}=\frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}; \quad (10.2)$$

3) ослабление A

$$A=20 \lg \Gamma; \quad (10.3)$$

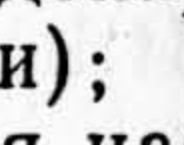
4) ГВЗ

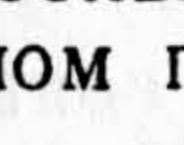
$$\tau_o=\frac{d\varphi}{d\omega}=\frac{1}{2\pi}\frac{d\varphi(f)}{df}, \quad (10.4)$$


где  $\varphi(f)$  — измеряемая частотная зависимость фазы коэффициента отражения (передачи).

При нажатии упомянутых кнопок (за исключением кнопки ГВЗ) на экране будут индцироваться кривые модуля (|Γ|) и фазы (Φ) коэффициента отражения (передачи), а при нажатии кнопки ГВЗ — модуля (|Γ|) и ГВЗ. Значения параметров (R, X, КСВН, A, Γ, Φ, ГВЗ) на частоте метки индцируются в цифровой форме в верхней части экрана ЭЛТ.

10. 1. 2. 6. Для удобства измерения отдельных параметров предусмотрены следующие режимы индикации измеряемых величин:


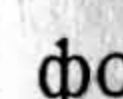
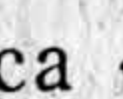

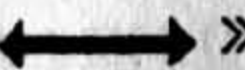
1) линейный масштаб по модулю и фазе в декартовых координатах (кнопка «» в исходном положении);

2) логарифмический масштаб по амплитуде для наблюдения амплитудно-частотных зависимостей с большим перепадом по ослаблению (кнопка «» в исходном положении и нажата кнопка «lg»);

3) линейный масштаб по амплитуде и фазе в полярных координатах Γ и Φ для наблюдения частотных зависимостей R и X по круговым диаграммам полных сопротивлений, имеющимся в комплекте измерителя (нажата кнопка «», кнопка «lg» в исходном положении).

Смена режимов индикации не требует перекалибровки измерителя.




10. 1. 2. 7. Под обрамлением ЭЛТ находятся резисторы регулировки яркости «», фокуса « 1», « 2», смещения по вертикали «» и горизонтали «», при помощи которых перед измерениями установите удобные для наблюдения яркость и фокус луча.


### 10. 1. 3. Подготовка к проведению измерений входных параметров

10. 1. 3. 1. Соберите схему по рис. 9. 1.


10. 1. 3. 2. Установите органы управления БИ и ГКЧ4 в следующие положения: ручку МЕТКА и ручку УРОВЕНЬ в среднее положение.



10. 1. 3. 3. Включите блоки в сеть и прогрейте в течение 15 мин. Нажмите кнопки ОБЩ.\* «», «|S|» (КАНАЛЫ), в верхней части экрана ЭЛТ должна высветиться запись ДИАПАЗОН «?».

10. 1. 3. 4. Нажмите кнопку «F1» — погаснет запись ДИАПАЗОН «?» и появится в нижнем левом углу ЭЛТ знак «?».

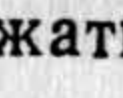
С помощью цифровых кнопок «0», «1», «2»...«9» наберите нужное значение начальной частоты ( $F1 \geq 0,7$  МГц) полосы перестройки и нажмите кнопку «». На экране должна появиться запись «F2=?». Нажмите кнопку «F2» — в правом нижнем углу экрана ЭЛТ должен появиться знак «?».

Полоса перестройки должна быть не менее 10 МГц при  $f_b \leq 31$  МГц и 50 МГц при  $f_b > 31$  МГц.

С помощью цифровых кнопок «0», «1», «2»...«9» наберите нужное значение конечной частоты полосы перестройки\*\* и нажмите кнопку «». Должна загореться надпись


КАЛИБР РЕЖИМ «?». Нажмите кнопки «» (появится знак «ХХ?»), «». Запись КАЛИБР. РЕЖИМ должна погаснуть и появиться запись «К-А» и измеряемая величина в децибелах. Нажмите кнопку ОН (КАНАЛЫ). На экране ЭЛТ должна индицироваться кривая опорного сигнала, а также величина опорного напряжения в милливольтках на частоте метки и частота метки.



Примечание. При необходимости работы во всем диапазоне частот измерителя нажмите кнопку « $\Delta F_{\max}$ ».




\* Кнопку ОБЩ. «» необходимо нажать 2 раза.

\*\* Кроме частот 126—130 МГц и 510—514 МГц.

10. 1. 3. 5. Ручкой УРОВЕНЬ установите напряжение опорного канала равным  $(3,3 \pm 0,1)$  мВ. Если на линии опорного канала наблюдается модуляция или генерация, то устраните методом последовательного приближения при помощи оси резистора, выведенной под шлиц, и ручкой УРОВЕНЬ, после этого уровень должен сохраниться.

Нажмите кнопку «|S|» (КАНАЛЫ). Установите метку при помощи ручки МЕТКА в минимум амплитудно-частотной кривой и с помощью оси резистора «» на преобразователе частоты установите амплитудно-частотную кривую так, чтобы максимальное значение кривой не выходило за пределы второй сверху линии, сама кривая располагалась симметрично относительно 4-й сверху линии шкалы ЭЛТ, а на лицевой панели включились кнопки «—20», «—20» (ПРЕДЕЛЫ dB).



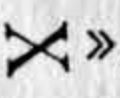
Возможна работа с измерителем в ручном режиме. Для этого нажмите кнопки «» (после нажатия должна появиться в нижней части экрана запись АТ КАНАЛ «?»), ОН (ПРЕДЕЛЫ «dB») (должна погаснуть запись АТ КАНАЛ), «—10», «—20», ОН (КАНАЛЫ) и ручкой УРОВЕНЬ установите напряжение опорного канала, как указывалось ранее. Нажмите кнопку ИН, выключите «—10», дополнительно включите «—20», «|S|» (КАНАЛЫ). Установите с помощью оси резистора «» максимальный уровень в требуемые границы.


10. 1. 3. 6. Нажмите кнопку «Ф» (КАНАЛЫ). При нажатой кнопке «|S|» (КАНАЛЫ) на экране одновременно будут наблюдаться амплитудно- и фазо-частотные кривые. Если кнопку «|S|» (КАНАЛЫ) вернуть в исходное положение (подсветка погаснет), то можно будет наблюдать только фазо-частотную характеристику. Нажмите кнопку «Ф» (ВИД ИЗМЕР), и перемещая ручкой МЕТКА частотную метку по кривой, определите суммарное значение фазы. Если суммарное значение превышает  $3000^\circ$ , то, учитывая направление, в какую сторону необходимо развернуть фазовую характеристику, чтобы выровнять фазовую характеристику и скомпенсировать фазовый сдвиг, нажмите кнопку «» или «». Наберите с помощью цифровых кнопок необходимое значение угла поворота. Нажмите кнопку «», затем кнопку «0» и скомпенсируйте фазовый набег. Если направление враще-



ния или шаг выбран неверно, то нажмите кнопку « » и исправьте ошибку.

Аналогичным образом с помощью кнопок « ↓ », « ↑ » переместите фазо-частотную характеристику к центру экрана ЭЛТ.

Примечание. При компенсации фазового набега после нажатия одной из кнопок «  », «  », « ↓ » « ↑ », набор значений на цифровых кнопках можно начинать с любой цифры за исключением «0» и «1». Если нужно набрать число, начинающееся с 1, то сначала нажать любую кнопку «2», «3»...«9», затем кнопку «  », а потом необходимое число.

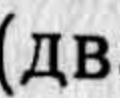


Для последовательного изменения наклона или перемещения повторно нажмите кнопки «  », «0».



10. 1. 3. 7. Нажмите на 2—3 с кнопку « ▼ ». Должна появиться надпись «КЗ-?», при этом амплитудно- и фазо-частотные кривые на экране ЭЛТ должны выровняться в пределах всей установленной полосы с неравномерностью не более  $\pm 2\%$  по амплитуде  $U \pm 1^\circ$  по фазе, что можно проверить, нажав кнопку «|Г|» или «Ф» (ВИД ИЗМЕР) и перемещая ручкой МЕТКА частотную метку вдоль линии на экране.






Подключите к рефлектометру короткозамыкатель (КЗ) и повторно нажмите кнопку « ▼ ». Должна погаснуть запись «КЗ-?». На этом заканчивается подготовка измерителя к измерениям входных параметров в установленной полосе частот.

#### 10. 1. 4. Подготовка к проведению измерений проходных параметров


10. 1. 4. 1. При измерении коэффициентов передачи ( $A_x$ ) от плюс 30 до минус 80 дБ подготовьте измеритель в соответствии со схемами, приведенными на рис. 9. 2, 9. 3, 9. 4.

10. 1. 4. 2. Включите блоки в сеть и после 15-минутного прогрева нажмите кнопки ОБЩ «  » (дважды), «|S|» (КАНАЛЫ). Кнопками «F1», «  », «F2», «  », как указывалось в п. 10. 1. 3. 4, установите требуемую полосу частот.

Нажмите кнопку «  » и после появления надписи КАЛИБР «) — (?)» нажмите кнопку «  ». На экране должна индцироваться амплитудно-частотная кривая коэффициента

передачи. Вместо надписи КАЛИБР «) — (?)» должна быть надпись «К-А) — (?)». Нажмите кнопку ОН (КАНАЛЫ) и при помощи ручки УРОВЕНЬ на ГКЧ 4 установите уровень опорного напряжения  $(3,3 \pm 0,1) \text{ мВ}$ . Нажмите кнопку «|S|» (КАНАЛЫ) и при помощи оси резистора «  » на преобразователе частоты установите амплитудно-частотную кривую так, чтобы максимальное значение кривой не выходило за пределы второй сверху линии, а сама кривая располагалась симметрично относительно 4-й сверху линии шкалы ЭЛТ. Возможна работа с измерителем в ручном режиме. Для работы в ручном режиме нажмите, после установки требуемой полосы частот, кнопки «  », «  », ОН (ПРЕДЕЛЫ «dB»), «  », затем ОН (КАНАЛЫ) «-10», «-20» и установите уровень опорного напряжения  $(3,3 \pm 0,1) \text{ мВ}$ . Нажмите кнопку «|S|» (КАНАЛЫ), ИН (ПРЕДЕЛЫ «dB») и при помощи резистора «  » установите амплитудно-частотную кривую, как указывалось выше.

10. 1. 4. 3. Произведите компенсацию фазового набега, как указывалось в п. 10. 1. 3. 6, и нажмите кнопку « ▼ ». Амплитудно- и фазо-частотные кривые на экране должны выравниваться в пределах всей установленной полосы частот с неравномерностью не более  $\pm 0,2 \text{ дБ}$  по амплитуде и  $\pm 1^\circ$  по фазе (что можно проконтролировать нажатием кнопок « $A_x$ » и «Ф» (ВИД ИЗМЕР) соответственно), а надпись К-А должна погаснуть.

10. 1. 4. 4. При измерении  $A_x$  от минус 40 до минус 80 дБ при нажатой кнопке «  » верните в исходное положение кнопки ОН (ПРЕДЕЛЫ «dB»).

10. 1. 4. 5. Упомянутая выше величина опорного напряжения  $(3,3 \pm 0,1) \text{ мВ}$  (в схеме рис. 9, 1—9, 4) соответствует уровню мощности на входе измеряемого устройства порядка  $(0,1—1) \cdot 10^{-6} \text{ Вт}$  (при измерениях необходимо учитывать, что изменение уровня опорного сигнала в  $n$  раз вызывает изменение уровня мощности на входе измеряемого устройства в  $n^2$  раз).



## 10. 2. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

### 10. 2. 1. Основные режимы измерений


Основными режимами измерений измерителя являются:

1) измерения КСВН и фазы коэффициента отражения при КСВН измеряемых устройств не более 2,0;

2) измерение ослабления от плюс 30 до минус 80 дБ и фазы коэффициента передачи при ослаблении от плюс 30 до минус 60 дБ.

10. 2. 1. 1. Измерение КСВН и фазы коэффициента отражения.

После калибровки в режиме измерения входных параметров (см. п. 10. 1. 3) подключите к рефлектометру вместо муфты короткозамкнутой измеряемое устройство и нажмите кнопку (КСВН или «Ф»). Установите с помощью ручки МЕТКА требуемую частоту и отсчитайте значение измеряемого параметра. Погрешность измерения определите по формулам (3. 2), (3. 4).


При необходимости оперативной оценки частотных зависимостей КСВН наложите на экран ЭЛТ шкалы, имеющиеся в комплекте измерителя. При этом необходимо нажать кнопку «» и одну из кнопок «—10», «—20» ИН (ПРЕДЕЛЫ «dB»), соответствующую пределу используемой шкалы.

10. 2. 1. 2. Измерение фазы коэффициента передачи и ослабления от плюс 10 до минус 40 дБ.

После калибровки в режиме измерения проходных параметров при уровне опорного напряжения  $(3,3 \pm 0,1 \text{ мВ})$  (см. п. 10. 1. 4) включите в измерительный канал на выходе тройника (между тройником и аттенюатором 6 дБ) исследуемое устройство и нажмите нужную кнопку («Ф» (ВИД ИЗМЕР) или «А<sub>x</sub>»). Установите с помощью ручки МЕТКА требуемую частоту и отсчитайте значение измеряемого параметра. Определите погрешность по формулам (3. 10), (3. 11). При работе в ручном режиме введите или верните в исходное положение аттенюатор канала ИН.

В случае измерения устройств с большим перепадом ослаблений можно перейти в логический режим индикации, путем нажатия кнопки «lg». При этом одна большая клетка масштабной сетки на экране ЭЛТ будет ориентировочно соответствовать 10 дБ.

10. 2. 1. 3. Измерение ослаблений свыше 40 дБ проведите в соответствии с методикой, изложенной в п. 10. 1. 4 в режиме измерения больших ослаблений. Включите измеряемое устройство в измерительный канал между тройником и аттенюа-

тором. При размытии кривых на экране из-за шумов нажмите кнопку «», уменьшающую полосу частот индикаторной части измерителя.

При разбросе показаний цифрового индикатора измеряемого ослабления за результат измерения примите значение, усредненное по нескольким показаниям — нажмите кнопку «Σ/N», отсчет показаний произведете спустя  $\sim 10 \text{ с}$ .

10. 2. 1. 4. Измерение усиления до 30 дБ.




Проведите подготовку и калибровку измерителя в соответствии с методикой, изложенной в п. 10. 1. 4. Включите в измерительный канал измеряемое устройство, установите ручкой МЕТКА требуемое значение частоты и переключением кнопок «—10», «—20», «—20» при нажатой кнопке ИН (ПРЕДЕЛЫ «dB») выведите амплитудно-частотную кривую в среднюю часть экрана. Произведите отсчет показаний измерителя.

10. 2. 2. Измерение модуля и фазы коэффициента отражения.

В измерителе введен дополнительный режим измерения входных параметров — модуля ( $|Γ|$ ) и фазы (Φ) коэффициента отражения. Переход от измерения КСВН к измерению модуля  $|Γ|$  осуществляется нажатием соответствующей кнопки (« $|Γ|$ »). На экране будут индцироваться кривые модуля и фазы коэффициента отражения в линейном масштабе. Измерения можно вести в пределах всей комплексной плоскости изменения коэффициента отражения. Погрешности измерения модуля в процентах и фазы в градусах определяются по формулам (3. 3), (3. 5).

### 10. 2. 3. Измерение полных сопротивлений

Измерение и наблюдение полных сопротивлений рекомендуется проводить в полярной системе координат, с использованием диаграмм полных сопротивлений, имеющихся в комплекте измерителя.

Переход в полярную систему координат осуществляется нажатием кнопки «». При наложении на экран диаграмм полных сопротивлений необходимо совместить с помощью резисторов «», «» центр изображения с центром шкал, что можно сделать, отсоединив смеситель измерительного канала и загрузив чувствительность.



Накладываемые шкалы служат для индикации частотной зависимости измеряемых параметров, а точный отсчет производится аналогично отсчету в декартовой системе координат на частоте метки при нажатии соответствующей кнопки (R или X).

Относительные значения погрешностей измерения R и X могут быть оценены по формулам

$$\delta R = \pm \operatorname{Re}(\delta Z) \quad \text{и} \quad (10.5)$$

$$\delta X = \pm \operatorname{Im}(\delta Z), \quad (10.6)$$

$$\text{где } \delta Z = \frac{(0,04 + 0,2 \Gamma^2)}{(1 - |\Gamma|^2 e^{2j\varphi}) e^{-j(\varphi + \frac{\pi}{4})}};$$

$|\Gamma|$  и  $\varphi$  — значения модуля и фазы коэффициента отражения в точке измерения Z, для определения которых необходимо нажать соответствующие кнопки (« $|\Gamma|$ » «Ф» и произвести отсчет.

#### 10. 2. 4. Измерение ГВЗ отраженной волны

При исследовании входных параметров устройств с большой электрической длиной ( $\lambda/2$  и более) дополнительную информацию о характеристиках устройства позволяет получить измерение ГВЗ отраженной волны ( $\tau_0$ ).

Чтобы перейти от измерения КСВН, Ф или Г к измерениям ГВЗ, достаточно нажать соответствующую кнопку (ГВЗ). После чего на экране будут индцироваться кривые Г и  $\tau_0$ , а в верхней части экрана появится индикация значения  $\tau_0$  на частоте метки.

Погрешность измерения  $\tau_0$  в процентах можно оценить по формуле

$$\delta \tau_0 = \pm \sqrt{\delta \tau_1^2 + \delta \tau_2^2 + \delta \tau_3^2} \cdot 100, \quad (10.7)$$

$$\text{где } \delta \tau_1 = \frac{\Delta \tau_1}{\tau_0}; \quad \Delta \tau_1 = \frac{0,02}{\Delta f}; \quad \delta \tau_2 = 0,07 \cdot \Gamma; \quad \delta \tau_3 = 0,03;$$

$\Delta f_1$  — полоса частот, в которой проходит измерение, ГГц;

$\Delta \tau_1$  — чувствительность измерителя по ГВЗ, нс;

$\delta \tau_2$  — погрешность из-за рассогласования;

$\delta \tau_3$  — погрешность преобразования фазо-частотной характеристики в ГВЗ.

Рассмотрим в качестве примера измерение  $\tau_0$  отрезка линии передачи, короткозамкнутого на конце. Выражение для комплексного коэффициента передачи такого отрезка можно записать в виде

$$\Gamma = |\Gamma| \cdot e^{j\varphi} = \frac{jw \operatorname{tg} \Psi - 1}{jw \operatorname{tg} \Psi + 1}, \quad (10.8)$$

где  $|\Gamma|$  — модуль коэффициента отражения;

$w$  — нормированное волновое сопротивление;

$\Psi$  — электрическая длина отрезка линии.

Легко найти, что  $\tau_0$  в этом случае будет равно

$$\tau_0 = \frac{d\varphi}{d\omega} = \frac{2w}{\cos^2 \Psi + w^2 \sin^2 \Psi} \cdot \frac{d\Psi}{d\omega}, \quad (10.9)$$

где  $\frac{d\Psi}{d\omega}$  — ГВЗ в измеряемом отрезке линии передачи при включении его в согласованный тракт, т. е. при  $w=1$ .

Коэффициент 2 в формуле означает, что  $\tau_0$  равно двойному значению ГВЗ измеряемого отрезка.

Если отрезок линии не имеет дисперсии, то

$$\Psi = \frac{2\pi l}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{\text{эфф}}} = \frac{\omega l}{V} \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{эфф}}}, \quad (10.10)$$

где  $L$  — геометрическая длина отрезка линии;

$\epsilon_{\text{эфф}}$  — эффективное значение диэлектрической проницаемости;

$V$  — скорость света в свободном пространстве.

Следовательно,

$$\frac{d\Psi}{d\omega} = \frac{l}{V} \cdot \sqrt{\epsilon_{\text{эфф}}} = \text{const.} \quad (10.11)$$

В этом случае  $\tau_0$  будет периодической функцией от частоты, среднее значение которой равно

$$\tau_{0\text{ср}} = 2 \frac{e}{V} \sqrt{\epsilon_{\text{эфф}}}, \quad (10.12)$$

а отношение минимального значения к максимальному равно

$$\frac{\tau_{0\text{ max}}}{\tau_{0\text{ min}}} = W^2. \quad (10.13)$$

При наличии дисперсии в измеряемом отрезке линии частотная зависимость  $\tau_0$  сохранит свой периодический характер, а измерение среднего значения  $\tau_{0\text{ср}}$  будет определять величину дисперсии.



Следовательно, из результатов измерения  $\tau_0$  короткозамкнутого отрезка линии передачи можно определить все основные его параметры: электрическую длину ( $L \cdot \sqrt{\epsilon_{эфф}}$ ), волновое сопротивление  $W$  и наличие дисперсии по формулам (10.9) — (10.13).

Следует отметить, что формулы (10.9) — (10.13) справедливы также для разомкнутого отрезка линии передачи.

На основании рассмотренного примера нетрудно установить вторую область применения режима измерения  $\tau_0$  — отыскания мест повреждения в линиях передачи путем измерения задержки волны, отраженной от неоднородности, вызванной повреждением линии.

10. 2. 5. Измерение неидентичности характеристик двух устройств.

Если требуется измерить неидентичность двух устройств, то необходимо произвести калибровку измерителя в режиме измерения входных или проходных параметров в зависимости от объекта измерения, затем подключить эталонное устройство и одновременно индицировать кривые модуля и фазы (кнопки «Ф» и «|S|» (КАНАЛЫ) нажаты). Нажмите кнопки «П» и «Х-П» или «Х/П» в зависимости от того, какую кривую (фазы или модуля) необходимо запомнить. На экране ЭЛТ должна остаться кривая фазы или модуля эталонного устройства. Отключите эталонное устройство и подключите измеряемый объект. На экране будут индицироваться кривые эталонного и измеряемого устройств. Нажмите кнопку «Ф» (ВИД ИЗМЕР.) при нажатой кнопке «Х-П» и, перемещая частотную метку, определите разность фаз между измеряемым и эталонным устройствами. Аналогично, при нажатой кнопке «Х/П» нажмите кнопку «А<sub>х</sub>» и произведите сравнение амплитудных характеристик в децибелах.

#### 10. 2. 6. Измерение ГВЗ четырехполюсников

При выборе полосы частот  $\Delta f$ , в которой будет проходить измерение ГВЗ, необходимо учитывать, что принцип измерения ГВЗ основан на измерении сдвига фазы  $\Delta \varphi$  при изменении частоты на  $\Delta F$  и последующем вычислении величины

$$\tau = \frac{\Delta \varphi}{2\pi \cdot \Delta F}, \quad (10.14)$$

где  $\Delta F$  — 1/512 часть установленной полосы измерения  $\Delta f$ . При этом максимальное значение измеряемого ГВЗ ( $\tau_{пр}$ ) в наносекундах не должно превышать величины

$$\tau_{пр} = \frac{300}{\Delta f}, \quad (10.15)$$

а чувствительность измерителя по ГВЗ в наносекундах будет равна

$$\Delta \tau_1 = \frac{0,02}{\Delta f}. \quad (10.16)$$

После выбора значения  $\Delta f$  подготовьте и откалибруйте измеритель в режиме измерения ослабления и фазы (п. 10.1.4), при этом полоса частот, в которой производят индикацию ГВЗ, по краям должна быть шире полосы частот  $\Delta f$  не менее, чем на 2%. Включите измеряемое устройство и нажмите кнопку ГВЗ. На экране будете наблюдать кривые коэффициента передачи и ГВЗ измеряемого четырехполюсника.

Погрешность измерения ГВЗ согласованных четырехполюсников (КСВН входа и выхода не более 1,2) в процентах можно оценить по формуле (3.14).

Дополнительная погрешность от рассогласования (при КСВН измеряемого устройства более 1,2) в процентах приближенно равна

$$\delta \tau_p = \pm \frac{0,1}{\tau} \sqrt{(|\Gamma_1| \cdot \tau_{01})^2 + (|\Gamma_2| \cdot \tau_{02})^2} \cdot 100, \quad (10.17)$$

где  $\tau$  — измеряемое ГВЗ;

$|\Gamma_1|$  и  $\tau_{01}$  — модуль коэффициента отражения и ГВЗ отраженной волны (см. п. 10.2.4) измеряемого четырехполюсника со стороны входа соответственно;

$|\Gamma_2|$  и  $\tau_{02}$  — модуль коэффициента отражения и ГВЗ отраженной волны измеряемого четырехполюсника со стороны выхода соответственно.

Имеется в виду, что параметры  $\Gamma$  и  $\tau_0$  измеряются при нагрузке четырехполюсника на согласованную нагрузку.

10. 2. 7. При всех режимах измерения на экране ЭЛТ допускаются выбросы отдельных (не более 5 точек) кривой амплитудно-частотной характеристики, высвечивание переходных процессов при работе АЦП, а также процессов перекалибровки.

Не разрешается одновременное использование контрольных уровней и памяти. Если в процессе работы с измерителем был введен фазовый набег при помощи кнопок «↑», «↓», «↶», или «↷», то нажатие кнопки «✕» не производит стирание этого набега, что необходимо учитывать при проведении повторной калибровки, т. е. установить фазовую кривую в положение, равное 0°.

#### 10. 2. 8. Работа с контрольными уровнями

Контрольные уровни предназначены для оперативной оценки по экрану ЭЛТ отклонения параметров исследуемого устройства от допустимых величин. Контрольные уровни



можно выводить на экран ЭЛТ при одновременно нажатых кнопках «Ф» и «|S|» (КАНАЛЫ).

Для установки контрольных уровней произведите калибровку измерителя в требуемом режиме. Подключите измеряемое устройство. Нажмите кнопку требуемого вида измерения («А<sub>x</sub>», «|Г|», «КСВН», «Ф», «R», «X», «ГВЗ»). Установите частотную метку на нижнее значение амплитуды (или фазы при нажатой кнопке «Ф» (ВИД ИЗМЕР), не выходящее за пределы допустимой величины. Нажмите кнопку «K1» и любую цифровую кнопку от «2» до «9». На экране ЭЛТ должна появиться горизонтальная линия контрольного уровня, а внизу экрана его численная величина.

Установите частотную метку на верхнее значение амплитуды (или фазы), не выходящее за пределы допустимой величины, нажмите кнопку «K2» и любую цифровую кнопку от «2» до «9». На экране должна появиться вторая горизонтальная линия контрольного уровня и его значение.

После введения контрольных уровней кнопки «K1» и «K2» можно выключить. Контрольные уровни погаснут. Для их кратковременного выведения на экран ЭЛТ нажмите цифровую кнопку «0». Для введения новых значений контрольных уровней кнопки «K1» и «K2» выключите и нажмите любую цифровую кнопку от 2 до 9. Показания значений контрольных уровней внизу экрана ЭЛТ должны погаснуть.



Если установленные контрольные уровни не совпадают с допустимыми предельными значениями, т. е. установлен более жесткий предел допусков, и характеристика последующих измеряемых устройств выходит за пределы контрольных уровней, то повторите установку контрольных уровней, как указывалось выше.

**ВНИМАНИЕ!** Цифровую кнопку необходимо держать нажатой 3-4 секунды (пока не исполнится функция, указанная в тексте, при нажатой кнопке).

### 10. 2. 9. Работа с ЭВМ

Измеритель имеет возможность выдачи цифровой информации на ЭВМ для дальнейшей обработки. Информация выводится в исходном виде, т. е. без обработки данных АЦП опорного и измерительного каналов. Внешнее ЭВМ может обрабатывать информацию согласно требующимся алгоритмам или использовать ее для накопления. Сигналы, выходящие на разъем ЭВМ, приведены на рис. 10. 1.

Для перевода измерителя в режим работы с ЭВМ откалибруйте его в установленном частотном диапазоне и включите режим ВНЕШ., для чего поставьте яркостную метку в середи-

ну экрана ЭЛТ, нажмите кнопку «5» и, не отпуская ее, включите кнопку «». В нижней части экрана ЭЛТ должна появиться надпись ВНЕШ. Если в течение примерно 2 с надпись не появляется, кнопку «» выключите и включите повторно (не отпуская кнопки «5»). Измеритель ожидает сигнала готовности от внешнего устройства (в данном случае — ЭВМ) и получив его (высокий\* уровень на контакте 2 разъема ЭВМ), выдает данные на выводы разъема ЭВМ (D0—D11), где D0 — младший разряд). Данные на выводах D0—D11 сопровождаются двумя сигналами готовности «ВУЗ» (высокий уровень) и «Зап. внешн.» (низкий\*\* уровень) (см. рис. 10. 1). Для согласования скоростей обмена данными измерителя и ЭВМ выданные на выводы D0—D11 данные должны быть зафиксированы во внешнем регистре с помощью сигналов «ВУЗ» и «Зап. внешн.». Сигнал готовности ЭВМ, поступающий на измеритель, должен быть снят не более чем через 0,8 мкс после появления заднего фронта (переход в низкий уровень сигнала «ВУЗ», что должно обеспечиваться внешними интерфейсными схемами. ЭВМ должна считать зафиксированные во внешнем регистре данные и выставить сиг-

Выходной разъем ЭВМ

Цепь	Конт.
Выход D0	23
" D1	21
" D2	19
" D3	17
" D4	15
" D5	13
" D6	11
" D7	9
" D8	7
" D9	5
" D10	3
" D11	1
" A3	25
Запуск внешн.	33
ВУЗ	18
Готовь внешн.	2
Корпус	36

Рис. 10. 1.


\* высокий уровень (1) не менее 2,4 В.

\*\* низкий уровень (0) не более 0,4 В.



нал готовности для следующего обмена. Алгоритм работы измерителя в режиме ВНЕШ. приведен на рис. 10.2. На каждой из 512 обрабатываемых точек измеритель выдает 5, 12-рядных слов (Д0—Д11) в следующей последовательности:

- 1) данные АЦП опорного канала ( $U_1 = K_1 U_{\text{оп.орн.}}$ );
- 2) данные измерительного канала ( $U_2 = K_2 U_{\text{изм.}} \sin \varphi$ );
- 3) данные измерительного канала ( $U_3 = K_3 U_{\text{изм.}} \cos \varphi$ );
- 4) состояние аттенюаторов опорного канала ( $A_{\text{оп}}$ );
- 5) состояние аттенюаторов измерительного канала ( $A_{\text{и}}$ ).

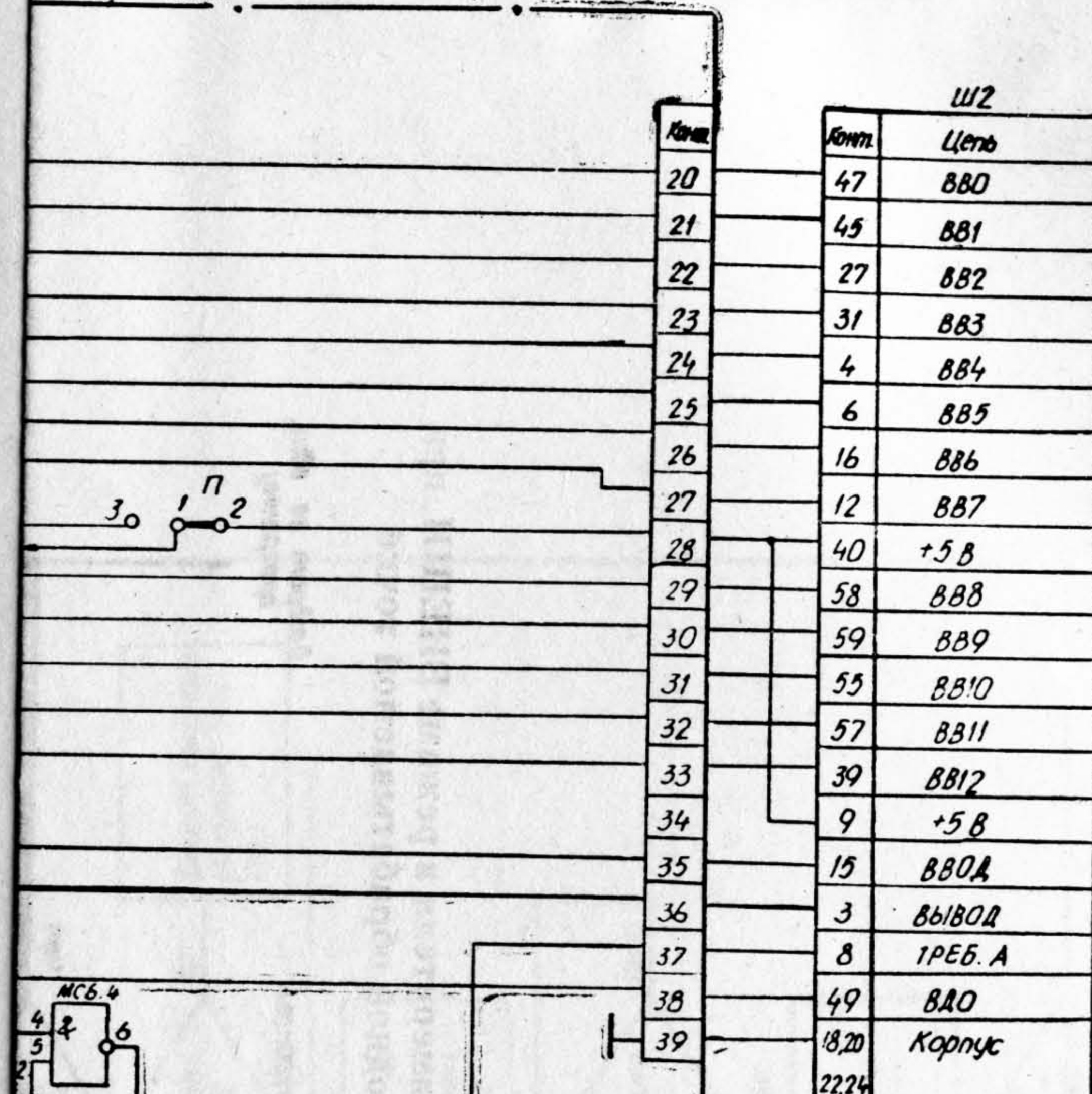
Кроме того, для синхронизации передачи данных измеритель выдает слово с высоким уровнем на выводе 25 (А3) разъема ЭВМ (см. рис. 10.1), сигнализирующий о том, что далее будет происходить передача данных на первой обрабатываемой точке, т. е. в начальной точке частотного диапазона. Принадлежность данных к номеру измеряемой точки внешнее ЭВМ определяет относительно первой по программе. При выключении кнопки «  » измеритель выходит из режима выдачи данных.

Форматы передаваемых о состоянии аттенюаторов данных приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

Канал	Состояние аттенюаторов, дБ	Логические уровни на выводах разъема				Примечание
		Д3	Д2	Д1	Д0	
Опорный канал	0	0	0	0	0	
	10	0	0	0	1	
	20	0	0	1	0	
	30	0	0	1	1	
	40	0	1	0	0	
	50	0	1	0	1	
Измерительный канал	0	0	0	0	0	
	10	0	0	0	1	
	20	0	0	1	0	
	30	0	0	1	1	
	40	0	1	0	0	
	50	0	1	0	1	
	60	0	1	1	0	
	70	0	1	1	1	
	80	1	0	0	0	

7 сопряжения



Питание микросхем МС1...МС3, МС4

Уровень напряж.	Конт. микросхем
а	14
Корпус	7



Алгоритм функционирования измерителя в режиме ВНЕШН. при передаче информации на одной обрабатываемой точке

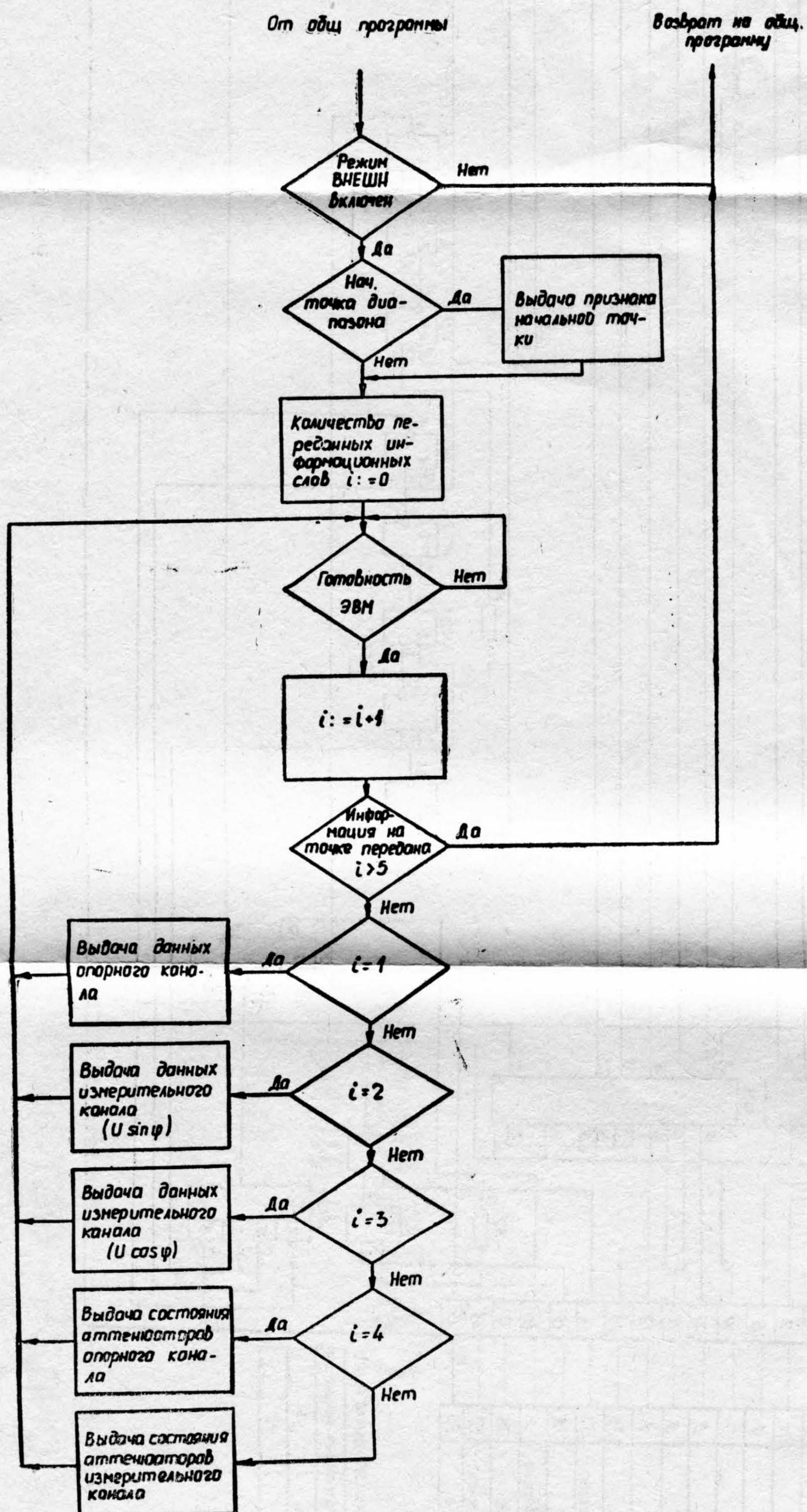
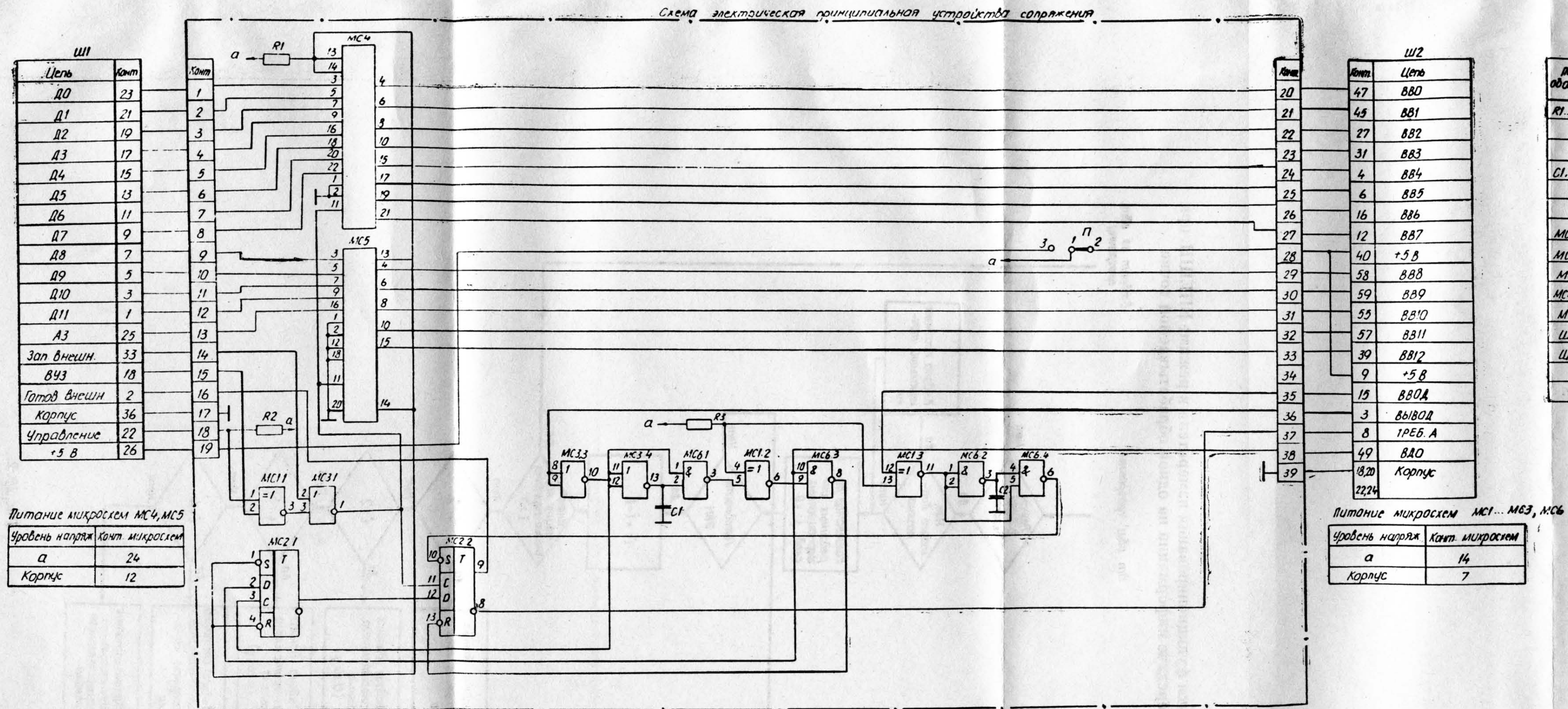


Рис. 10. 2.





Поз. обознач.	Наименование	Кол	Примечание
R1...R3	Резистор ОМТ-0,125-1кОм ± 10%	3	
C1, C2	конденсатор КМ-55-М1500-4700пФ ± 10% В	2	
<b>Микросхемы</b>			
МС1	133ПД5	1	
МС2	133ТМ2	1	
МС3	133ПЕ1	1	
МС4, МС5	589ИР12	2	
МС6	133ПА3	1	
Ш1	Вилка РПМ7-36 Ш-КП-В	1	
Ш2	Розетка СНО 53-60/95 × 9Р-2-В	1	

Рис. 10.3.



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
R1...R3	Резистор ОМТ-0,125-1кОм ± 10%	3	
C1, C2	конденсатор КМ-55-М1500-4700пФ ± 10%-В	2	
<u>Микросхемы</u>			
МС1	133ПП5	1	
МС2	133ТМ2	1	
МС3	133ЛЕ1	1	
МС4, МС5	589ИР12	2	
МС6	133ПА3	1	
Ш1	Вилка РПМ7-36 Ш-КП-В	1	
Ш2	Розетка СНО 53-60/95 × 9Р-2-В	1	

Данные АЦП опорного и измерительного каналов выдаются в виде 12-разрядного слова, где Д0 — младший разряд, а Д11 — знак передаваемой величины (высокий уровень — минус, низкий уровень — плюс).

В качестве примера на рис. 10.3 приведена принципиальная электрическая схема устройства сопряжения, позволяющая подключить измеритель к ЭВМ типа «Электроника-60» через устройство параллельного обмена И2 (15КС-180-032), входящего в состав ЭВМ.

Для выдачи данных измеритель включите в режим ВНЕШ, на выходной буфер И2 ЭВМ посылается код «000000» и проверяется на высокий уровень разряда «ТРЕБ. А» регистра состояния И2. После установки разряда «ТРЕБ. А» из входного буфера И2 считывается информация, передаваемая измерителем в инверсном коде.

Признак первой точки диапазона считывается по тринадцатому разряду, а в младших 12-ти разрядах — передаваемая измерителем информация.

Для перевода измерителя в автономный режим работы на выходной буфер И2 записывается код «000001».

Примечание. Для определения параметров сигналов опорного и измерительного каналов используются формулы:

$$U_{оп} = U_1 \cdot 0,31622^{A_{оп}} \quad (10.18)$$

$$U_{sin} = U_2 \cdot 0,31622^{A_{и}} \quad (10.19)$$

$$U_{cos} = U_3 \cdot 0,31622^{A_{и}} \quad (10.20)$$

$$U_{оп(mV)} = 150 \cdot U_{оп} \quad (10.21)$$

$$M = \frac{\sqrt{U_{sin}^2 + U_{cos}^2}}{U_{оп}} \quad (10.22)$$

$$\varphi = \arctg \left( \frac{U_2}{U_1} \right) \quad (10.23)$$

где  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $A_{оп}$ ,  $A_{и}$  — коды, выдаваемые АЦП прибора на каждую из 512 измеряемых точек, приведенные в десятичную систему;

$U_{оп}$  — величина, пропорциональная напряжению опорного канала;

$U_{sin}$  — величина, пропорциональная произведению напряжения в измерительном канале и синуса  $\varphi$ ;

$U_{cos}$  — величина, пропорциональная произведению напряжения в измерительном канале и косинуса  $\varphi$ ;

$U_{оп(mV)}$  — уровень сигнала в опорном канале, (мВ);

$M$  — модуль измеряемого коэффициента передачи или коэффициента отражения (дБ);

$\varphi$  — фазовый сдвиг между опорным и измерительным каналом (град.).



## 11. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

11. 1. Ремонт измерителей может производиться только в специализированных органах квалифицированными работниками, хорошо изучившими схему и конструкцию измерителя.

После проведения ремонтных работ измеритель должен быть проверен метрологической службой.

11. 2. Отдельные элементы БИ находятся под высоким напряжением, о чем имеются соответствующие предупреждающие знаки и надписи.

К ремонту измерителей могут быть допущены работники, знающие правила техники безопасности при работе с высоким напряжением и приборами СВЧ.

11. 3. Для отыскания неисправностей внутри блоков необходимо отвернуть винты, крепящие верхнюю и нижнюю крышки. После этого снять верхнюю и нижнюю крышки, отвернуть гайки на стойках и винты, крепящие боковые стенки. В случае замены узлов, закрепленных на передней панели, необходимо снять фальшпанель, которая фиксируется планками сверху и снизу.

Для доступа к элементам, расположенным на платах в верхней части блока, необходимо вынуть их из своих мест и между разъемами на блоке и на плате установить вспомогательную плату с разъемами. В этом случае доступ к элементам возможен в рабочем состоянии.

11. 4. После регулировки и устранения неисправностей собрать блоки и произвести проверку работоспособности измерителя (возможность калибровки в каждом режиме) и проверить погрешность измерения.

11. 5. Возможные неисправности и методы их устранения приведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
Экран ЭЛТ не светится	Неисправен высоковольтный узел питания 5.087.233 Неисправны транзисторы Т1—Т5, Т7 стабилизатора напряжения или микросхема МС и транзисторы Т6, Т8 платы делителя высоковольтного 5.172.222	Найти и устранить неисправность высоковольтного узла питания Неисправную микросхему или транзистор заменить

Продолжение табл. 11.1



Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
Отсутствует развертка по вертикали	Неисправны транзисторы Т3, Т4 или микросхема МС1 усилителя отклонения 5.039.045	Неисправный транзистор или микросхему заменить
Отсутствует развертка по горизонтали	Неисправны транзисторы Т5, Т6 или микросхема МС1 усилителя отклонения 5.039.045	Неисправный транзистор или микросхему заменить
Сигналы на выходах ПАИ не зависят от входных сигналов	Неисправен коммутатор ПАИ (МС17, МС18, МС2, МС6, МС8, МС4 устройства фазового 5.404.223)	Найти и заменить неисправную микросхему
При изменении фазы между опорным и измерительным сигналом модуль измерительного сигнала меняется в очень больших пределах (>5 дБ)	Не работает синхродетектор синус или косинус составляющей измерительного сигнала на плате фазового устройства 5.404.223	Найти и заменить неисправный элемент
При управлении ЭУА ПАИ лампочки не управляют, а показания БИ и линия на экране осциллографа изменяются	Неисправны микросхемы МС12 и МС13 фазового устройства 5.404.223	Заменить микросхемы
Отсутствие индикации метки	Неисправен формирователь частотной метки	Найти и устранить неисправность формирователя частотной метки на плате устройства сопряжения 5.104.064
При включении БИ в сеть после нажатия кнопок «Δ F <sub>max</sub> », ОБЩ «X» экран не стирается. Надписи ДИАПАЗОН «?» нет	Отказал генератор синхроимпульсов на плате вычислителя 5.105.066  Распрограммировалась одна из микросхем ПЗУ 5.106.086 Обрыв печатного проводника сигналов «Пуск» или «Вых. синхр. сигнала» на плате вычислителя 5.105.066 или узла соединения 5.282.262	Проверить работу кварцевого генератора на микросхеме МС34 и работу делителя частоты на микросхеме МС42. Заменить их Отправить на завод-изготовитель (см. примечание) Найти обрыв и устранить его



Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
При включении БИ в сеть после нажатия кнопок «Δ F <sub>max</sub> », ОБЩ « $\times$ » экран не стирается. Надписи ДИАПАЗОН «?» нет	Обрыв печатного проводника (на плате ПЗУ 5.106.086 или узла соединения 5.282.262), соединяющего ПЗУ и вычислитель	Проверить осциллографом все входы от платы ПЗУ на плату вычислителя и все входы от вычислителя на плату ПЗУ. Устранить обрыв.
При вводе частоты диапазона на экране вовсе не появляется или все время появляется одно из чисел	Не проходит сигнал ОБЩ « $\times$ » от передней панели	Найти неисправность и устранить
После нажатия кнопки ОБЩ « $\times$ » на экране видны вертикальные линии слабого свечения	Обрыв или короткое замыкание в шине В0—В11 на платах вычислителя 5.105.066, узла соединения 5.282.262, устройства сопряжения 5.104.064	То же
При включении БИ в сеть вверху экрана появляется горизонтальная линия. После нажатия кнопки ОБЩ « $\times$ » изображение не меняется	Обрыв одного из проводников в шине А0—А12 на платах вычислителя 5.105.066, узла соединения 5.282.262, устройства запоминающего 5.106.123 или выход из строя микросхем МС19, МС20, МС21, коммутирующие адреса	Найти неисправность и устранить
На экране БИ видна ступенчатая кривая или она имеет пунктирный характер	Обрыв цепей питания или выход из строя транзисторов Т1, Т2, Т3, Т4 на плате устройства запоминающего 5.106.123	То же
Мощность на выходах « $\odot$ » ГЕТ ОН и « $\odot$ » ГЕТ ИН преобразователя частоты менее 1,5 мВт	Вышла из строя микросхема МС51 или МС61 устройства индикации 5.104.065	Заменить микросхему
	Нет мощности гетеродина	Проверить исправность внутриблочных соединений преобразователя частоты в цепи генераторов 2,2 ГГц 5.126.009 и 1,7—3,6 ГГц 5.126.203, усилителя двухканального 0,5—1250 МГц



Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
Опорный сигнал отсутствует, но появляется при замене смесителя ОН на смеситель ИН	Не работает смеситель опорного напряжения (ОН)	Проверить исправность соединительных кабелей смесителя
Опорное напряжение полностью отсутствует или хаотично срывается в разных участках диапазона частот, мощность на разъемах « $\odot$ » ГЕТ ОН, « $\odot$ » ГЕТ ИН преобразователя частоты больше 1,5 мВт	Неисправна схема автоподстройки частот преобразователя частоты	Проверить наличие мощности на выходах « $\odot$ » ГПЧ, « $\odot$ » ГФЧ, которая должна быть не менее 0,5 мВт Проверить устройства синхронизации частоты и узел управления преобразователя частоты
При включении ГКЧ 4 не горит светодиод СЕТЬ, перестройка ГКЧ 4 не осуществляется	Перегорел предохранитель Неисправен тумблер В1 Неисправен кабель питания	Проверить и заменить То же То же
При включении ГКЧ 4 не горит светодиод СЕТЬ, перестройка ГКЧ 4 осуществляется	Перегорел светодиод	Проверить и заменить
На выходе « $\odot$ » ГФЧ нет сигнала с частотой $(2200 \pm 6)$ МГц и мощностью $P \geq 1$ мВт, перестройка ГКЧ 4 осуществляется	Неисправен кабель Э4 ГКЧ 4 3.261.016	Проверить и заменить
На выходе « $\odot$ » ГФЧ нет сигнала с частотой $(2200 \pm 6)$ МГц и мощностью $P \geq 1$ мВт, перестройка ГКЧ 4 не осуществляется	Неисправен герметизированный генератор 2,2 ГГц 5.126.010	Проверить и заменить



Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина неисправности	Метод устранения
На выходе «  » ГПЧ нет сигнала с частотой от 2200 до 3450 МГц и мощностью $P \geq 1$ мВт, перестройка ГКЧ 4 осуществляется	Неисправен кабель Э5 ГКЧ 4 3.261.016	Проверить и заменить
На выходе «  » ГПЧ нет сигнала с частотой от 2200 до 3450 МГц и мощностью $P \geq 1$ мВт, перестройка ГКЧ 4 не осуществляется	Неисправен герметизированный генератор широкополосный 2,2—3,45 ГГц 5.126.235	Проверить и заменить

Примечание. Неисправные герметизированные СВЧ узлы и платы микропроцессора подлежат ремонту на заводе-изготовителе по отдельному договору, если они вышли из строя по окончании гарантийного срока.


### 11. 6. Методы устранения неисправности и настройка узлов преобразователя частоты

11. 6. 1. При отсутствии мощности гетеродина на выходах «» ГЕТ ОН и «» ГЕТ ИН преобразователя частоты проверьте и настройте узлы по методике, изложенной ниже.

11. 6. 1. 1. Проверьте напряжения питания, поступающие на узел управления 5.139.163 (У3), генератор 2,2 ГГц 5.126.009 (У5), широкополосный генератор 1,7—3,6 ГГц 5.126.203 (У4).

11. 6. 2. При отсутствии синхронизации частоты широкополосного генератора 1,7—3,6 ГГц 5.126.203 проверьте узлы по методике, изложенной ниже.

11. 6. 2. 1. Контролируйте на коллекторе транзистора Т3 узла управления 5.139.163 (У3) пилообразное напряжение, которое должно меняться в зависимости от частот, устанавливаемых на БИ.

Если пилообразное напряжение отсутствует, проверьте, поступает ли оно на контакт 5 разъема «» УПРАВЛ на задней панели преобразователя. Если поступает, то про-

верьте цепи подачи его на вход УПТ 5.030.180 (У6), питание и работоспособность последнего и соединения контакта Е разъема Ш узла У6 с контактом 2 разъема Ш6 узла управления 5.139.163 (У3). В случае обнаружения и замены неисправного элемента в УПТ 5.030.180 проверьте соответствие режимов данным, приведенным в табл. 11.2.

11. 6. 2. 2. Закоротите на корпус выход 3 устройства синхронизации частоты 5.075.016 (У11), при этом на коллекторе транзистора Т3 узла управления 5.139.163 должно наблюдаться пилообразное напряжение размахом не менее 2 В на уровне пилообразного напряжения, поступающего с усилителя. В случае отсутствия пилообразного напряжения, проверьте УПТ, собранный на транзисторах Т1 и Т2, корректирующие цепи, находящиеся под экраном и схему поиска, собранную на микросхеме МС1 и транзисторе Т5.

11. 6. 2. 3. При неисправности в узле У11 проверьте питающие напряжения, наличие на разъеме Ш3 напряжения частотой 20 МГц и напряжения смещения, на проходном конденсаторе С13, которое должно быть около 1 В. Для проверки усилителя 20 МГц 5.031.092 измерьте коэффициент усиления, который должен быть не менее 55 дБ при отсутствии ограничения выходного сигнала. При недостаточном усилении найдите неисправный каскад, устраните неисправность.

Таблица 11.2

Наименование и обозначение узла	Обозначение по схеме	Напряжение, В	Примечание
Усилитель входной 5.031.091	Т1 коллектор	+4,5	
	эмиттер	+2,5	
	база	+3,0	
	Т2 коллектор	+9,0	
	эмиттер	+4,0	
	база	+4,5	
Генератор опорный 5.418.011	Т1 коллектор	+4,0 ( $\geq 1,5$ )	
	эмиттер	+2,0	
	база	+2,5	
	Т2 коллектор	+8,0	
	эмиттер	+3,5 ( $\geq 1$ )	
	база	+4,0 ( $\geq 0,5$ )	
	Т3 коллектор	+8,0 ( $\geq 0,8$ )	
	эмиттер	-0,6	
	база	( $\geq 0,4$ )	
	Т4 коллектор	+8,0 ( $\geq 0,8$ )	
	эмиттер	-0,6	
	база	( $\geq 0,4$ )	



Продолжение табл. 11.2

Наименование и обозначение узла	Обозначение по схеме	Напряжение, В	Примечание
Дискриминатор импульсно-фазовый 5.404.126	МС1 вывод 3	+3,9 ( $\geq 0,6$ )	
	МС2 вывод 2	+3,9 ( $\geq 0,6$ )	
	МС3 вывод 2	+3,9 ( $\geq 0,6$ )	
	МС4 вывод 7	+3,6 ( $\geq 0,6$ )	
	МС5 вывод 7	+3,6 ( $\geq 0,6$ )	
	T1 коллектор	+40 ( $\geq 0,4$ )	
	эмиттер	+0,7 ( $\geq 0,2$ )	
	база	0 ( $\geq 0,2$ )	
	T2 коллектор	+7,5 ( $\geq 0,3$ )	
	эмиттер	+0,7 ( $\geq 0,2$ )	
	база	0 ( $\geq 0,2$ )	
Смеситель стробоскопический 5.436.060	T1 коллектор	+90	
	эмиттер	+3,5 ( $\geq 0,8$ )	
	база	+4,3 ( $\geq 0,8$ )	
	T2 коллектор	+4,5 ( $\geq 1,5$ )	
	эмиттер	0	
	база	+0,4 ( $\geq 0,8$ )	
	T3 коллектор	+9,0	
	эмиттер	+3,7	
	база	+4,5	
	T4 коллектор	+12,0	
Усилитель 100 кГц 5.031.079	МС1 вывод 5	+4,5 ( $\geq 0,01$ ; $f = 100$ кГц)	
	МС1 вывод 10, 12	+9,0 ( $\geq 0,7$ ; $f = 100$ кГц)	
	МС2 вывод 7, 9	+9,0 ( $\geq 1,5$ ; $f = 100$ кГц)	
	МС3 вывод 7	+9,0 ( $\geq 2,3$ ; $f = 100$ кГц)	
Узел фазовой подстройки 5.172.126	МС1 вывод 12	( $\geq 2,4$ )	
	МС4 вывод 12	( $\geq 2,4$ )	
	МС5 вывод 12	( $\geq 2,4$ )	
	МС6 вывод 8	( $\geq 2,4$ )	
Узел управления 5.139.163	T1 коллектор	-7,5 +6,0 ( $\geq 1,5$ )	При отключенном от разъема ГПЧ кабеле
	эмиттер	+2,5	
	база	+1,8	
	T2 коллектор	-6,5 +5,0 ( $\geq 9$ )	При отключенном от разъема ГПЧ кабеле
	эмиттер	+3,2	
	база	+2,5	

Продолжение табл. 11.2

Наименование и обозначение узла	Обозначение по схеме	Напряжение, В	Примечание
Узел управления 5.139.163	T3 коллектор	-2—+50	В зависимости от частотной метки То же при отключенном от разъема ГПЧ кабеле
		-2—+50 ( $\geq 2$ )	
	эмиттер	-7,0	
	база	-6,5	
	T4 коллектор	-2—+50	В зависимости от частотной метки То же при отключенном от разъема ГПЧ кабеле
		-2—+50 ( $\geq 2$ )	
	эмиттер	+60	
	база	+59,2	
	T5 коллектор	+10,0 ( $\geq 4,0$ )	При отключенном от разъема ГПЧ кабеле
	эмиттер		
	база		При отключенном от разъема ГПЧ кабеле
	МС1 вывод 5	( $\geq 15$ )	
	МС2 вывод 5	$2 \pm 0,5$ ( $\geq 15$ )	При отключенном от разъема ГПЧ кабеле
	МС3 вывод 5	( $\geq 15$ )	При отключенном от разъема ГПЧ кабеле

Примечание. В скобках указан размах сигнала.


11. 6. 2. 4. Для проверки импульсно-фазового дискриминатора 5.404.126 подайте сигнал частотой 20 МГц, напряжением около 10 мВ и проверьте с помощью осциллографа работоспособность формирователей импульсов. Импульсы должны быть положительной полярности, нулевой уровень которых должен быть не более 3,37 В, а единичный — не менее 3,9 В.

При нормальной работе импульсно-фазового дискриминатора напряжение на выходе 2 должно быть в пределах от минус 1 до плюс 1 В при частоте на входе более 20 МГц, а при частоте 15 МГц — напряжение должно быть не менее





7 В. Если напряжение меняется в меньших пределах при изменении частоты, найдите неисправность импульсно-фазового дискриминатора и устраните. Проверьте соответствие режимов элементов данным, приведенным в табл. 11.2. При нормальной работе системы автоподстройки частот напряжение на коллекторе транзистора ТЗ должно меняться синхронно с перестройкой БИ. Пределы изменения напряжения не должны превышать от минус 2 до плюс 50 В. Проверьте, нет ли паразитного самовозбуждения системы. В случае самовозбуждения системы на коллекторе транзистора ТЗ появляется паразитный сигнал, частота и напряжение которого зависят от полосы, установленной в БИ. Частота 20 МГц не является паразитной, так как на этой частоте работает ЧФД.

После замены элементов проверьте соответствие режимов данным, приведенным в табл. 11.2.

11. 6. 2. 5. Проверьте работоспособность устройства синхронизации частоты (У12) совместно с делителем частоты 5.408.068. При нормальной работе системы частота опорного генератора устройства синхронизации частоты (У12) должна перестраиваться при регулировке резистора «» на пе-


редней панели преобразователя частоты, напряжение на разъеме Ш2— $U_{упр}$  (У12), при этом должно регулироваться в пределах не менее, чем от 3 до 6 В автоматически в зави-

симости от положения оси резистора «». При нормальной работе делителя частоты не должна наблюдаться паразитная генерация системы, т. е. модуляция сигнала опорного генератора. При отсутствии синхронизации или при паразитной модуляции сигнала опорного генератора проверьте работоспособность делителя частоты.

Проверьте, поступает ли на вход делителя частоты сигнал с устройства синхронизации частоты (У12) и на вход 20 МГц сигнал опорного генератора устройства синхронизации частоты (У11). Для проверки стробоскопического смесителя 5.436.060 на вход управления устройства синхронизации частоты (У12) подайте напряжение 5 В, перестраивайте частоту опорного генератора с помощью резистора «» на передней панели преобразователя частоты и осциллографом контролируйте смешанный сигнал на выходе (контакт 1), частоту которого установите около 100 кГц (размах напряжения должен быть не менее 10 мВ).

11. 6. 2. 6. При проверке усилителя 100 кГц 5.031.079 осциллограф подключите к выходу усилителя и проверьте раз-

мах импульсов, минимальный уровень которых должен быть не более 0,4 В, а максимальный — не менее 2,4 В. В случае несоответствия найдите неисправность и после устранения убедитесь в соответствии режимов элементов данным, приведенным в табл. 11.2.

11. 6. 2. 7. При проверке узла фазовой подстройки 5.172.126 с помощью резистора «» установите частоту на входе узла (контакт 4) больше 100 кГц, убедитесь, работает ли схема поиска, для чего на выходе делителя частоты подключите осциллограф и проверьте наличие пилообразного напряжения. В случае отсутствия проверьте работоспособность микросхем МС8 и МС7. Проверьте наличие сигнала частотой 100 кГц на контакте 12 микросхемы МС1 узла фазовой подстройки, также проверьте импульсы после формирователей на контакте 8 микросхемы МС4 и контакте 12 микросхемы МС5. При замене элементов проверьте соответствие режимов данным, приведенным в табл. 11.2.

11. 6. 2. 8. При отсутствии синхронизации частоты генератора 2,2 ГГц 5.126.009 (У5) проверьте узлы по методике, изложенной ниже.

Контролируйте с помощью осциллографа управляющие напряжения на контрольном гнезде Гн4 узла управления 5.139.163 (У3), которое должно находиться в пределах 6—12 В.

Закоротите на корпус выход 3 устройства синхронизации частоты 5.075.016 (У12), при этом на контрольном гнезде Гн4 узла управления У3 должно наблюдаться пилообразное напряжение поиска размахом не менее 2 В. В случае отсутствия пилообразного напряжения проверьте УПТ на микросхеме МС2, схему поиска, собранную на микросхеме МС3 и цепи, находящиеся под экраном.

11. 6. 3. Режимы элементов, необходимые при отыскании и устранении неисправностей в преобразователе частоты, приведены в табл. 11.2.

## 11. 7. Методы устранения неисправности и настройка узлов БИ

11. 7. 1. После устранения неисправности высоковольтного узла питания 5.087.233 проверьте величину напряжения минус 1600 В по методике, изложенной ниже.

11. 7. 1. 1. Подготовьте вольтметр В7-15 для измерения напряжения в пределах до минус 2000 В с помощью делителя ДН-105.

11. 7. 1. 2. Подключите щуп делителя к контакту 4 платы делителя высоковольтного 5.172.222.

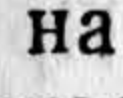




11. 7. 1. 3. При необходимости, с помощью резистора R14, установленного на плате делителя высоковольтного, установите величину напряжения минус  $(1600 \pm 50) В$ .




11. 7. 2. После замены транзисторов T1—T5 или T7 платы делителя высоковольтного 5.172.222 произведите подстройку напряжения минус 1600 В по методике, изложенной в п. 11.7.1. После замены микросхемы MC или транзисторов T6, T8 платы делителя высоковольтного подстройки не требуется.

11. 7. 3. После замены неисправной ЭЛТ произведите настройку режима работы по методике, изложенной ниже.


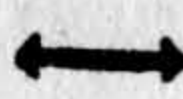
11. 7. 3. 1. Добейтесь получения на экране ЭЛТ горизонтальной линии с помощью внешних органов управления БИ.

11. 7. 3. 2. Добейтесь наилучшей фокусировки горизонтальной линии с помощью резисторов R21, R25 платы делителя высоковольтного и резисторов « 1» и « 2 на лицевой панели БИ. Равномерность фокусировки по горизонтали установите с помощью резистора R21.

11. 7. 3. 3. Установите наименьшие геометрические искажения линии с помощью резистора R27, предварительно сместив линию вверх или вниз экрана с помощью резистора «».

11. 7. 3. 4. Установите малую яркость изображения с помощью резисторов «» на лицевой панели БИ R1 на плате делителя высоковольтного и установите наибольшую яркость с помощью резистора R30, установите ось резистора «» в крайнее левое положение и с помощью резистора R1 установите режим ЭЛТ на грани отражения, установите нормальную яркость ЭЛТ резистором «».

11. 7. 3. 5. Установите нормальный размах изображения по горизонтали и вертикали с помощью резисторов R3, R8 платы усилителя отклонения 5.039.045.

11. 7. 4. После замены транзисторов T3—T6 или микросхемы MC1 платы усилителя отклонения 5.039.045 установите нормальный размах изображения по горизонтали и вертикали с помощью резисторов R3, R8 и отцентрируйте изображение с помощью резисторов «» и «» на лицевой панели БИ.

11. 7. 5. После замены микросхем MC17, MC18 или MC2, MC4, MC6 и MC8 на плате устройства фазового 5.404.223 дополнительных регулировок не требуется.

11. 7. 6. Если при восстановлении работоспособности синхродетекторов синус и косинус составляющих измерительного сигнала были заменены микросхемы MC14 или MC15 на плате устройства фазового 5.404.223 необходимо провести подстройку резисторов R45 и R46 по методике, изложенной ниже.

11. 7. 6. 1. Подайте на вход ОН БИ сигнал частотой 100 кГц и величиной 100—120 мВ (по показаниям БИ). Включите БИ в режим измерения модуля.




11. 7. 6. 2. Отключите сигнал от входа ИН БИ, и вращением осей резисторов R45, R46 добейтесь максимального показания ослабления ( $\geq 37 дБ$ ) в ручном режиме управления ЭУА.


11. 7. 7. При замене микросхемы MC12 и MC13 устройства фазового 5.404.223 дополнительных регулировок не требуется.

11. 7. 8. После замены элементов на плате устройства сопряжения 5.104.064 дополнительной регулировки не требуется.

#### 11. 8. Методы устранения неисправности и последующая настройка узлов ГКЧ 4

11. 8. 1. Обнаружение возможных неисправностей в ГКЧ 4 и его настройку после их устранения проводите путем настройки и проверки его характеристик при внешнем управлении от БИ. Снимите верхнюю и нижнюю крышки ГКЧ 4. ГКЧ 4 установите на рабочий стол, рядом расположите преобразователь частоты, а на него БИ. Спереди подключите СВЧ узлы. Блоки и СВЧ узлы соедините по схеме, приведенной на рис. 9.2.



11. 8. 2. Включите тумблеры СЕТЬ на блоках, после 15-минутного прогрева на передней панели БИ нажмите кнопку ОБЩ «», далее « $\Delta F_{max}$ », «», «», ОН

(КАНАЛЫ), ОН (ПРЕДЕЛЫ «dB»), «», установите ослабление 0 дБ, на передней панели ГКЧ 4 ручку УРОВЕНЬ установите в крайнее правое положение, на экране БИ наблюдайте кривую нестабилизированной мощности, вращая ручку МЕТКА на передней панели БИ, установите метку в провале нестабилизированной мощности, в верхней части экрана должно гореть значение не менее 100 мВ.


11. 8. 3. Установите ручкой «УРОВЕНЬ» на передней панели ГКЧ напряжение в опорном канале 100 мВ. Нажимая кнопки «—10» и «—20», установите ослабление в опорном ка-






нале последовательно —10, —20, —30, —40 дБ. При этом на экране ЭЛТ БИ будут индцироваться соответственно значения  $(32 \pm 5)$  мВ,  $(10 \pm 2)$  мВ,  $(3,2 \pm 0,5)$  мВ,  $(1 \pm 0,2)$  мВ. Линия опорного напряжения на экране должна быть прямой, без провалов и выбросов. В противном случае необходимо проверить работу системы АРМ в ГКЧ.




Для этого отключите кабель от разъема «» СВЧ ГКЧ и проверьте напряжения на входах « $U_{\text{опорн}}$ » и «УСТ дВ» регулятора ступенчатого 5.157.014. Они должны быть соответственно  $(0,9 \pm 0,2)$  В и  $(0,3 \pm 0,15)$  В. Затем подключите кабель к разъему «» СВЧ ГКЧ и установите уровень опорного напряжения 3 мВ, напряжение на входе «УСТ дВ» при этом увеличится до  $(0,9 \pm 0,2)$  В, что соответствует максимальному ослаблению тракта СВЧ.

Если это не выполняется, неисправность следует искать в схеме АРМ в узле соединительном 5.282.275.




Провалы на линии опорного сигнала 100 мВ могут возникнуть из-за недостаточной мощности на выходе «» СВЧ ГКЧ, которая должна быть не менее 5 мВт, а также из-за возбуждения усилителя АРМ в узле соединительном. В первом случае проверьте исправность генератора широкополосного 2,2—3,45 ГГц 5.126.235, генератора 2,2 ГГц 5.126.236, узла преобразовательного 5.008.018 и усилителя 5.030.172. Во втором случае подстройте усилитель АРМ в узле соединительном 5.282.275.



Перед проверкой генератора широкополосного 2,2—3,45 ГГц 5.126.235 убедитесь в наличии питающих напряжений согласно схеме генератора перестраиваемого широкополосного 5.126.234 ЭЗ (см. рис. 2). Далее открутите кабель от выхода « I» при этом обрывается цепь обратной связи по частоте, на входе « $U_{\text{управл}}$ » устанавливается напряжение 20—45 В, соответствующее частоте на выходе генератора  $(3,464 \pm 12)$  МГц. На выходах « I» и « II» соответственно должна быть мощность более 30 и 0,2 мВт. В случае невыполнения последнего условия неисправен генератор, ремонт которого должен производить завод-изготовитель.

Перед проверкой генератора 2,2 ГГц 5.126.010 убедитесь в наличии питающих и управляющего напряжения, согласно

5.126.010 ЭЗ (см. рис. 7) и 5.282.275 ЭЗ (см. рис. 7). Открутите кабель от выхода « I»». На выходах « I» и « II» должен быть сигнал с частотой повторения  $(2200 \pm 4)$  МГц и мощностью соответственно более 20 и 0,2 мВт. При необходимости произведите подстройку частоты с помощью резистора R1 (см. 5.282.275 ЭЗ). В случае неисправности генератора, его ремонт должен производить завод-изготовитель.

Исправность вентилях проверьте убедившись, что потери передачи в прямом направлении не превышают 2 дБ. В случае неисправности одного из вентилях его необходимо заменить.

Для устранения неисправностей узла преобразовательного 5.008.018 выполните операции, указанные в п. 11.8.2. Ручку МЕТКА установите в крайнее правое положение, нажмите кнопку «». Перед устранением неисправностей убедитесь в наличии входных сигналов СВЧ узла, мощность на входах « 2200 МГц» и « 2200—3500 МГц» должна быть соответственно не менее 15 и 25 мВт, и в наличии на входе « $U_{\text{управл}}$ » — минус 0,1—1 В. Затем снимите верхнюю крышку узла преобразовательного и приступите к устранению неисправностей.



Если отсутствует мощность на выходах « I 0,5—1250 МГц» и « II 0,5—1250 МГц», то с помощью тестера проверьте:

1) качество контактов между разъемами и токопроводящими дорожками плат (нет ли обрывов или короткого замыкания на корпус);

2) нет ли обрыва центральной жилы коаксиальной линии Э2 смесителя (см. 5.436.086 ЭЗ рис. 12), при неисправности замените;

3) исправность линии с ферритом Э2 (см. 5.008.018 ЭЗ рис. 11), при неисправности замените;


4) нет ли случайных обрывов токопроводящих дорожек плат, при неисправности запаяйте.

Если в выходном сигнале большой уровень комбинационных частот или уровень сигнала на выходах « I 0,5—1250 МГц» и « II 0,5—1250 МГц» менее 20 мкВт, то за-




мените один из неисправных диодов ДЗ—Д6 (см. 5.436.086 ЭЗ рис. 12).

Перед проверкой усилителей 0,5—1250 МГц 5.030.171 убедитесь в наличии питающих напряжений и входных сигналов.

Уровень входного сигнала на входах «» усилителей должен быть более 15 мкВт, при этом мощность сигнала на выходах усилителей должна быть более 15 мВт. В случае неисправности усилителя, его ремонт должен производить завод-изготовитель.

11. 8. 4. Для устранения неисправностей работы системы АРМ выполните операции, указанные в п. 11. 8. 2. Убедитесь в наличии сигнала с частотой  $(100 \pm 1)$  кГц и амплитудой бо-

лее 0,2 В на входе «» АРМ ГКЧ4. Вращая ручку УРОВЕНЬ на передней панели ГКЧ4, выравнивайте кривую мощности, наблюдаемую на экране БИ, устанавливая уровень стабилизированной мощности на уровне 0,1—0,9 от минимальной нестабилизированной, если наблюдается генерация, устраните ее, вращая оси резисторов R17 и R18 узла соединительного (см. 5.282.215 ЭЗ см. рис. 17). При неисправности усилителя системы АРМ отыщите неисправность согласно п. 5. 2. 2. 2 и схеме 5.282.275 ЭЗ. Вышедшие из строя элементы замените. Далее проверьте ГКЧ4 на соответствие п. 11. 8. 3.

11. 9. Таблицы режимов, намоточных данных трансформаторов и планы расположения элементов на платах печатного монтажа ГКЧ4, БИ и преобразователя частоты, необходимые для отыскания и устранения неисправностей, приведены в приложениях 2. 3. 5 соответственно.

## 12. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

12. 1. В измерителях комплексных коэффициентов передачи Р4-37, Р4-37/1 применены элементы, имеющие технический ресурс менее, чем 5000 ч.:

- 1) электронно-лучевая трубка — 1000 ч.;
- 2) резистор СП5-2 — 2000 ч.

12. 2. По истечении 1000 ч. измерители должны быть проверены для установления годности (методика изложена в 13 разделе). При несоответствии параметров нормам проведите замену соответствующих элементов. После замены проверьте параметры в соответствии с 13 разделом. При необходимости произведите регулировку после замены по методике, изложенной в п. 11. 6.

12. 3. При техническом обслуживании измерителей Р4-37, Р4-37/1 соблюдайте указания, изложенные в разделах 7, 8, 13.

## 13. ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

Настоящий раздел составлен в соответствии с требованиями ГОСТ 11294-81, ГОСТ 8.042-83 и устанавливает методы и средства поверки измерителей комплексных коэффициентов передачи Р4-37, Р4-37/1.

Порядок поверки определяется ГОСТ 8.513-84.

Периодичность поверки в соответствии с ГОСТ 8.513-84 устанавливается:

для приборов, подлежащих государственной поверке, — органами государственной метрологической службы;

для приборов, подлежащих ведомственной поверке, — органами ведомственной метрологической службы.

Рекомендуемая предприятием-изготовителем периодичность поверки один раз в 18 месяцев.

### 13. 1. Операции и средства поверки

13. 1. 1. При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки с характеристиками, указанными в табл. 13. 1.

Таблица 13. 1

Наименование операции	Номер пункта раздела по поверке	Наименование образцового средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству, разряд по государственной поверочной схеме или метрологические и основные технические характеристики
Внешний осмотр	13. 3. 1	—
Опробование	13. 3. 2	—
Определение метрологических параметров		
Определение погрешности измерения частоты	13. 3. 3. 1	Частотомер ЧЗ-54, с преобразователем частоты ЯЗЧ-87, диапазон входных частот 10 Гц—12 ГГц, предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения частоты $\pm 10^{-6}$
Определение погрешности измерения КСВН или модуля коэффициента отражения и фазы коэффициента отражения	13. 3. 3. 2	Нагрузка коаксиальная 2.243.329-01 ( $K_{с\tau U} \leq 1,05$ ; канал 7/3,04 мм), пределы допускаемого значения основной погрешности по КСВН $\pm 1\%$ . Нагрузка коаксиальная 2.240.056-03 ( $K_{с\tau U} = 2,0$ ; канал 7/3,04 мм), пределы допускаемого значения основной погрешности $\pm 1,5\%$ по КСВН $\pm 1,5^\circ$ по фазе.



Продолжение табл. 13.1

Наименование операции	Номер пункта раз-дела по поверке	Наименование образцового средства измерений или вспомогательного средства поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к средству, разряд по государственной поверочной схеме или метрологические и основные технические характеристики
Определение погрешности измерения ослабления и фазы коэффициента передачи, ГВЗ	13.3.3.3	<p>Линии короткозамкнутые 2.266.004 (канал 16/4,6 мм); 2.266.004-01 (канал 16/6,95 мм); 2.266.004-02 (канал 7/3,04 мм); пределы допускаемого значения основной погрешности <math>\pm 0,01</math> по <math>\Gamma_x</math> <math>\pm 2^\circ</math> по фазе.</p> <p>Нагрузки коаксиальные Э9-95 или Э9-13А/1 (<math>K_{CTU} \leq 1,05</math>, канал 16/6,95 мм); Э9-14А/1 (<math>K_{CTU} \leq 1,05</math>, канал 16/4,6 мм); пределы допускаемого значения основной погрешности по КСВН <math>\pm 1\%</math>.</p> <p>Аттенюатор 2.243.016-06 (20 дБ, канал 7/3,04 мм); пределы допускаемого значения основной погрешности <math>\pm 0,23</math> дБ по ослаблению, <math>\pm 2^\circ</math> по фазе.</p> <p>Аттенюатор 2.243.016-09 (30 дБ, канал 7/3,04 мм — 2 шт.); пределы допускаемого значения основной погрешности <math>\pm 0,23</math> дБ по ослаблению, <math>\pm 2,7^\circ</math> по фазе.</p> <p>Линия коаксиальная 5.433.058 (канал 7/3,04 мм), пределы допускаемого значения основной погрешности по фазе <math>\pm 0,7^\circ</math>.</p>

Примечания. 1. Нагрузки коаксиальные, аттенюаторы, линии короткозамкнутые и коаксиальная входят в комплект измерителей.

2. Вместо указанных в табл. 13.1 образцовых и вспомогательных средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих характеристик с требуемой точностью.

3. Образцовые (вспомогательные) средства поверки должны быть исправны и поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы соответственно.

4. Порядок аттестации и поверки образцовых средств измерений, входящих в комплект измерителя, приведен в табл. 13.2, на аттестацию и поверку образцовое (вспомогательное) средство измерений должно поступать укомплектованным паспортом или другим документом, нормирующим его технические характеристики.

Таблица 13.2

Наименование образцовых средств измерения	Обозначение	Аттестуемый (поверяемый параметр)	Место аттестации	Место периодической поверки
Линия короткозамкнутая	2.266.004	Присоединительные размеры, фаза коэффициента отражения	Лит. ЦСМ (при выпуске)	—
То же	2.266.004-01		Каунасский НИИРИТ (при выпуске)	Каунасский НИИРИТ (при эксплуатации)
"	2.266.004-02		Каунасский НИИРИТ (при выпуске)	Каунасский НИИРИТ или Волго-Вятский ЦСМ (при эксплуатации)
Нагрузка коаксиальная (согласованная)	2.243.329-01	Присоединительные размеры, сопротивление постоянному току, КСВН	Каунасский НИИРИТ (при выпуске)	Каунасский НИИРИТ (при эксплуатации)
Нагрузка коаксиальная ( $K_{CTU} = 2$ )	2.240.056-03	То же	Лит. ЦСМ (при выпуске)	—
Линия коаксиальная	5.433.058	Присоединительные размеры, фазовый сдвиг	Лит. ЦСМ (при выпуске)	—
Аттенюаторы 20, 30 дБ	2.243.016-06 2.243.016-09	Присоединительные размеры, ослабление, фазовый сдвиг	Волго-Вятский ЦСМ (при эксплуатации)	Волго-Вятский ЦСМ (при эксплуатации)



## 13. 2. Условия поверки и подготовки к ней

13. 2. 1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

температура окружающей среды, К (°C) . . . . .	$293 \pm 5 (20 \pm 5)$
относительная влажность воздуха, %	30—80
атмосферное давление, кПа (мм рт. ст)	84—106 (630—795)
напряжение сети питания, В . . . . .	$220 \pm 4,4$
частота промышленной сети питания по ГОСТ 13109-67, Гц . . . . .	$50 \pm 0,2$

13. 2. 2. Перед проведением поверки должны быть выполнены подготовительные работы, оговоренные в разделе «Подготовка к работе» настоящего ТО, и подключить измеритель к сети питания.

## 13. 3. Проведение поверки

### 13. 3. 1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть проведено:

- 1) соответствие комплектности данным табл. 4.1;
- 2) отсутствие механических повреждений, влияющих на точность показаний измерителей;
- 3) наличие и прочность крепления органов управления и коммутаций, четкость фиксации их положений, плавность вращения ручек органов настройки, наличие встроенных средств измерений, предохранителей;
- 4) чистота гнезд, разъемов и клемм;
- 5) состояние соединительных проводов, кабелей;
- 6) состояние лакокрасочных покрытий и четкость маркировок;
- 7) отсутствие отсоединившихся или слабо закрепленных элементов схемы (определяется на слух при наклонах измерителей).

Измерители, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

### 13. 3. 2. Опробование

Опробование работы измерителей производится по пп. 10.1.2, 10.1.3, 10.1.4.

Операция поверки должна быть прекращена в случае получения отрицательных результатов, а измерители подлежат забракованию и направлению в ремонт.



## 13. 3. 3. Определение метрологических параметров



Поверка измерителей осуществляется путем определения погрешностей измерения частоты, измерения КСВН (модуля коэффициента отражения), ослабления и фазы коэффициентов отражения и передачи, ГВЗ образцовых мер. Мерами КСВН (модуля коэффициента отражения) являются нагрузки коаксиальные с  $K_{с\Gamma U} \leq 1,05$  и  $K_{с\Gamma U} = 2,0$ , линии короткозамкнутые, а мерами ослабления и фазы коэффициента передачи — аттенюаторы с ослаблением 20 и 30 дБ (см. табл. 13.2) и по ГВЗ — линия коаксиальная. Мерами ослабления 60 и 80 дБ являются последовательные соединения аттенюаторов (30+30), (20+30+30) дБ.

Перед измерениями измерители калибруются в полосе частот не более 650 МГц, а измерения проводятся на частотах аттестации образцовых мер, входящих в полосу калибровки.

13.3.3.1. Определение основной погрешности измерения частоты проводится по следующей методике:

- 1) соберите схему согласно рис. 13.1;
- 2) выполните п. 10.1.3.3 (частотомер должен быть прогрет в соответствии с его инструкцией по эксплуатации).

Включите кнопку «F1» и с помощью цифровых кнопок наберите частоту 1 МГц. Нажмите кнопку «», на экране должна появиться запись «F2?». Включите кнопки «F2», с помощью цифровых кнопок наберите частоту 650 МГц, нажмите кнопку «S» (КАНАЛЫ), «»;

3) ручку УРОВЕНЬ поверните по часовой стрелке до упора, ручкой МЕТКА установите метку на частоту 1 МГц, включите кнопку «», подстройкой частотомера осуществите захват частоты, выключите и снова включите кнопку «» и с помощью частотомера ЧЗ-54 измерьте частоту поступающего на него сигнала;

4) установив, как указано выше, полосу перестройки частоты от 600 до 1250 МГц, повторите измерения на частотах 650 МГц, 1250 МГц;

5) определите погрешность измерения частоты измерителя в мегагерцах по формуле:

$$\delta f = f_0 - f_{\text{из}}, \quad (13.1)$$

где  $f_0$  — значение частоты измерителя, индицируемое на экране;

$f_{\text{из}}$  — значение частоты, измеренное частотомером ЧЗ-54.



Результаты измерений считаются удовлетворительными, если погрешности не превышают  $\pm 20 \text{ кГц}$  при  $f_0 \leq 31 \text{ МГц}$  и  $\pm (0,1 \pm 0,001 f_{\text{н}}) \text{ МГц}$  при  $f_0 > 31 \text{ МГц}$ .

13.3.3.2. Определение основных погрешностей измерения КСВН (модуля коэффициента отражения) и фазы коэффициента отражения проводится по следующей методике:

1) подготовьте измеритель в режиме измерения КСВН в соответствии со схемой, приведенной на рис. 9.1;

2) включите блоки в сеть;

3) повторите операции, указанные в пп. 10.1.3.3—10.1.3.5, 10.1.3.7;

4) отключите короткозамыкатель и подключите к рефлектометру поочередно нагрузки с  $K_{\text{ст}U} \leq 1,05$ ,  $K_{\text{ст}U} = 2,0$ , линии короткозамкнутые и измерьте значение КСВН ( $| \Gamma |$ ) нагрузок в точках их аттестации, затем нажмите кнопку «Ф» и измерьте фазу коэффициента отражения нагрузок в тех же точках;

5) установите другие полосы перестройки частоты и произведите измерения КСВН ( $| \Gamma |$ ) и фазы коэффициента отражения нагрузок на частотах аттестации. Перед установкой новой полосы нажмите кнопку ОБЩ. « $\times$ »;

6) определите погрешность измерения модуля в процентах и фазы в градусах по формулам:

$$\delta K_{\text{ст}U} = \pm \left| \frac{K_{\text{ст}U \text{ измер}} - K_{\text{ст}U \text{ атт}}}{K_{\text{ст}U \text{ атт}}} \right| \cdot 100, \quad (13.2)$$

$$\delta \Gamma_x = \pm \left| \frac{\Gamma_x \text{ измер} - \Gamma_{\text{атт}}}{\Gamma_{\text{атт}}} \right| \cdot 100, \quad (13.3)$$

$$\Delta \varphi = \pm | \varphi_{\text{измер}} - \varphi_{\text{атт}} |, \quad (13.4)$$

где  $K_{\text{ст}U \text{ измер}}$ ,  $\Gamma_x \text{ измер}$ ,  $\varphi_{\text{измер}}$  — измеренные значения и аттестованные значения КСВН, модуля коэффициента отражения, фазы образцовой меры соответственно.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если погрешности при измерении не превышают:

1) для нагрузки с  $K_{\text{ст}U} = 2,0$

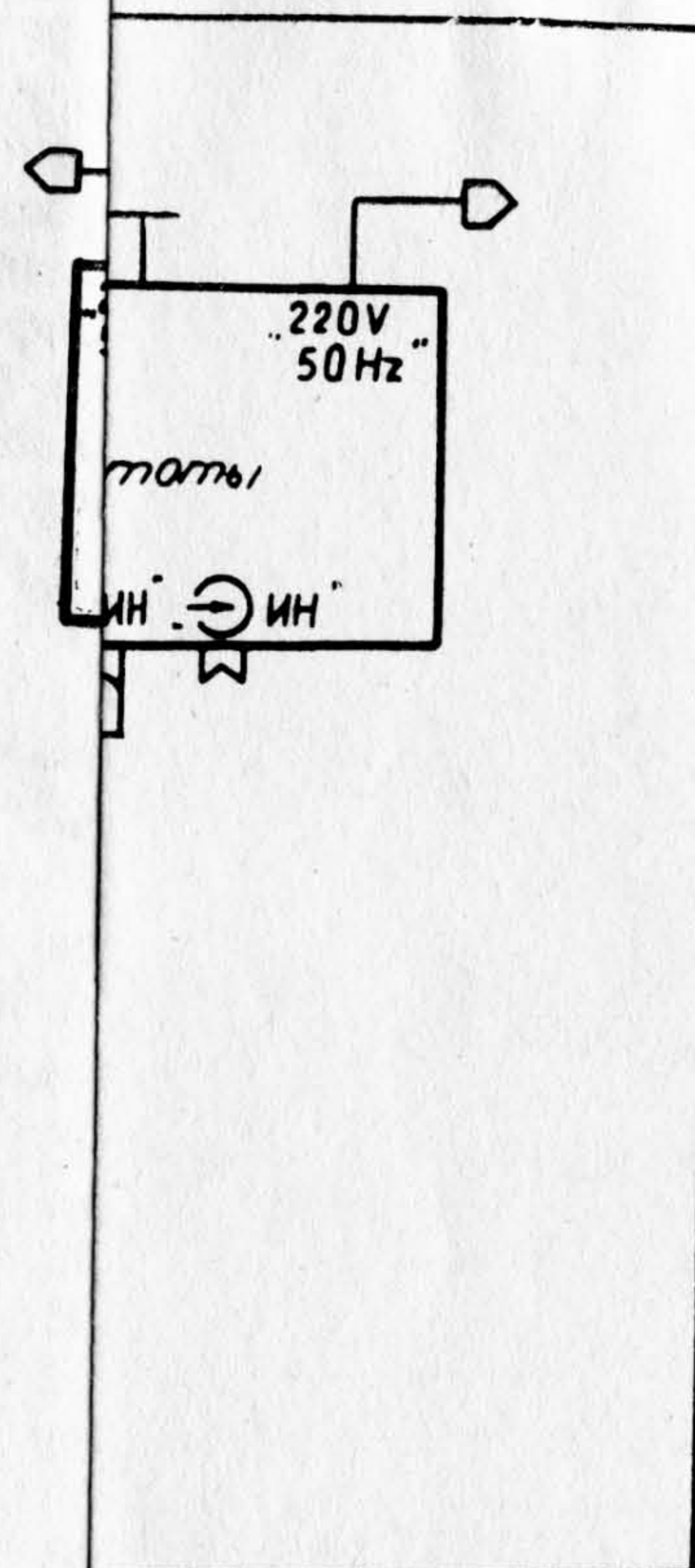
по модулю  $\pm 4,8\%$ ,

по фазе  $\pm 5^\circ$ ;

2) для линий короткозамкнутых:

по модулю  $\pm 7,2\%$ ,

по фазе  $\pm 6^\circ$ .





Структурная схема соединений измерителя при определении  
погрешности измерения частоты

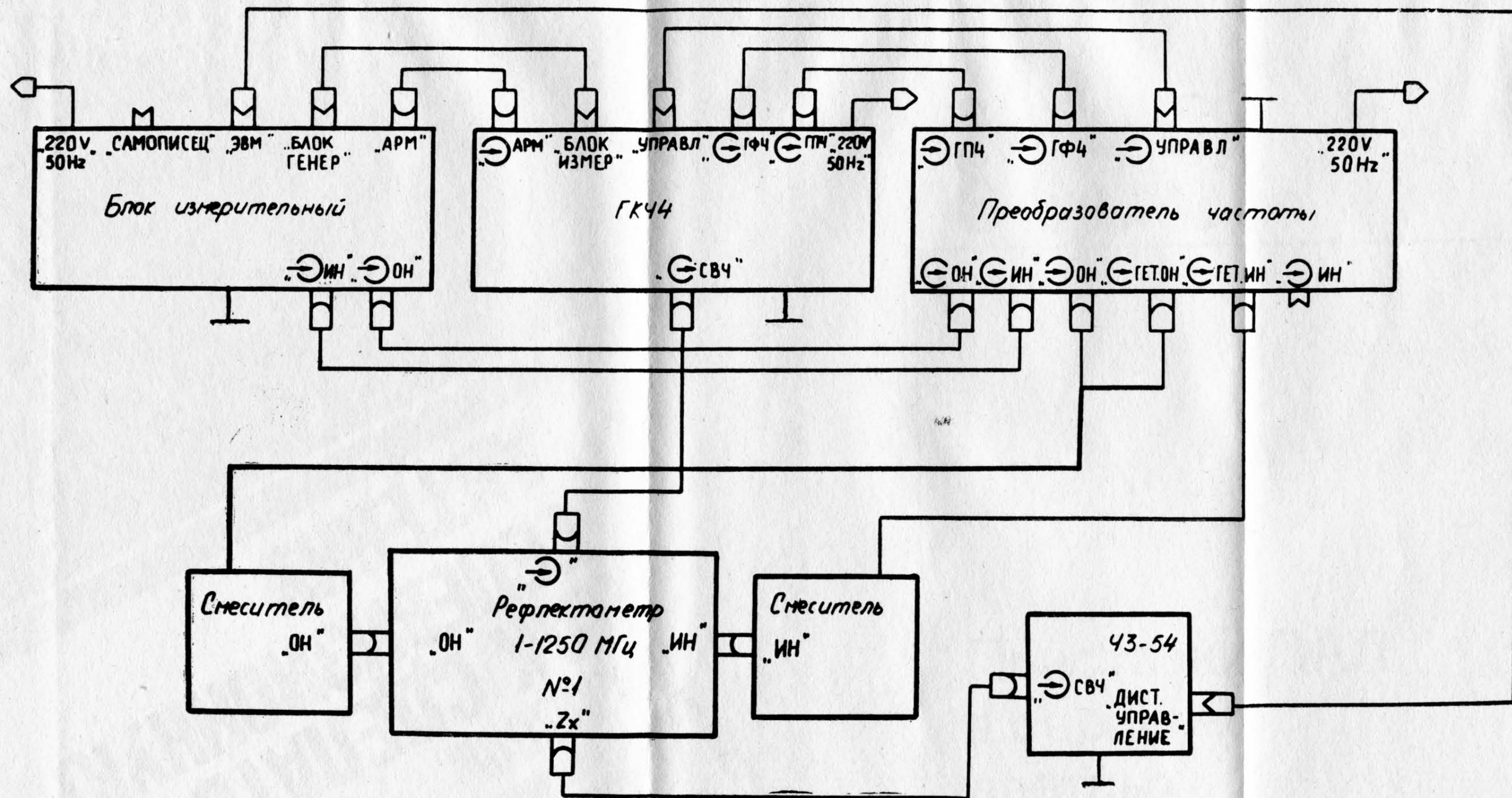


Рис. 13. 1.



13.3.3.3. Определение основных погрешностей измерения ослабления, фазы коэффициента передачи и ГВЗ проводится по следующей методике:

1) подготовьте измеритель в режиме измерения коэффициента передачи в соответствии со схемой, приведенной на рис. 92;

2) включите блоки в сеть и после 15-минутного прогрева произведите калибровку измерителя, как указано в п. 10.1.4, полоса перестройки частоты от 1 до 650 МГц;

3) включите поочередно аттестованные аттенюаторы 30, (30+30), (20+30+30) дБ в разрыв между тройником и аттенюатором измерительного канала;

4) выведите кривую в верхнюю часть экрана с помощью кнопок ПРЕДЕЛЫ dВ и измерьте на частотах аттестации аттенюаторов ослабление, а при нажатой кнопке Ф фазу коэффициента передачи аттенюаторов;

5) определите погрешность измерения ослабления  $\Delta A$  в децибелах и фазы коэффициента передачи  $\Delta \varphi$  в градусах по формулам:

$$\Delta A = \pm (|A_{\text{измер}}| - |A_{\text{атт}}|), \quad (13.5)$$

$$\Delta \varphi = \pm |\varphi_{\text{измер}} - \varphi_{\text{атт}}|, \quad (13.6)$$

где  $A_{\text{измер}}$  и  $\varphi_{\text{измер}}$  — измеренные значения и

$A_{\text{атт}}$  и  $\varphi_{\text{атт}}$  — аттестованные значения ослабления и фазы образцовой меры соответственно;

6) повторите измерения для полосы перестройки частоты от 650 до 1250 МГц.

Результаты измерений считаются удовлетворительными, если погрешности при измерении ослабления не превышают:

1) по модулю для:

30 дБ —  $\pm 0,6$  дБ;

60 дБ —  $\pm 0,9$  дБ;

80 дБ —  $\pm 1,1$  дБ;

2) по фазе для:

30 дБ —  $\pm 2,7^\circ$ ;

60 дБ —  $\pm 5^\circ$ .

7) произведите калибровку измерителя в режиме измерения ослабления в диапазоне индикации частот от 0,5 до 1250 МГц и включите в разрыв между тройником (канал 7/3,04 мм) и аттенюатором измерительного канала линию коаксиальную;

8) нажмите кнопку ГВЗ и, перемещая метку вдоль линии ГВЗ, определите максимальное и минимальное значения.

Результаты измерения считаются удовлетворительными, если измеренная величина ГВЗ находится в пределах от 0,16 до 0,65 нс.



### 13. 4. Оформление результатов поверки

13. 4. 1. Положительные результаты поверки заносятся в соответствующий раздел формуляра и заверяются подписью поверителя и оттиском поверительного клейма.

13. 4. 2. На измерители, не удовлетворяющие техническим требованиям, выдается извещение о их непригодности к применению или частичной пригодности с записью в нем параметров, по которым измерители не соответствуют техническим требованиям и делается соответствующая запись в формуляре.

13. 4. 3. Запрещается выпуск в обращение и применение измерителей, прошедших поверку с отрицательными результатами. При этом в обязательном порядке осуществляется погашение клейм, а в формулярах указывается о непригодности поверенных измерителей.

### 14. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

14. 1. Измерители комплексных коэффициентов передачи Р4-37 и Р4-37/1 в течение гарантийного срока хранения должны храниться в условиях:

1) капитального отапливаемого хранилища при температуре воздуха от 5 до 25°C и относительной влажности воздуха до 80% при  $t=25^{\circ}\text{C}$ ;

2) капитального неотапливаемого хранилища при температуре воздуха от минус 55 до плюс 40°C и относительной влажности до 98% при  $t=25^{\circ}\text{C}$ .

14. 2. Измерители допускают длительное хранение в отапливаемом или неотапливаемом хранилище.

Срок хранения измерителя в отапливаемом хранилище — 10 лет, в неотапливаемом хранилище — 5 лет.

14. 3. Транспортная упаковка и условия хранения в местах погрузки и разгрузки должны обеспечивать сохранность измерителей и выполняться в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

14. 4. В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

14. 5. При расконсервации измерителей все блоки и узлы необходимо извлечь из укладочных ящиков, очистить от пыли. Разъемы на кабелях освободить от полиэтиленовой пленки или оберточной бумаги. Провести внешний осмотр и часовой прогрев измерителей.

14. 6. Консервация измерителей проводится путем укладки блоков и узлов измерителей в укладочные ящики. Все разъемы на кабелях при этом необходимо завернуть в поли-

этиленовую пленку или оберточную бумагу и завязать нитками.

14. 7. Перед консервацией измерителей на крепящие винты боковых панелей блоков ставятся пломбы.

### 15. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

#### 15. 1. Тара, упаковка и маркирование упаковки

15. 1. 1. Для упаковки измерителей комплексных коэффициентов передачи Р4-37, Р4-37/1 применяются укладочные и транспортные ящики.

15. 1. 2. Блок измерительный, ГКЧ4 и преобразователь частоты, подготовленные к упаковке, вкладываются отдельно в свои укладочные ящики. Эксплуатационная документация вкладывается в укладочный ящик ЗИП. Пространство между стенками блоков и укладочных ящиков заполняется прокладками из гофрированного картона или другого прокладочного материала (рис. 15.1, 15.2, 15.3).

Ящики ЗИП измерителей укладываются в свои укладочные ящики.

Далее укладочные ящики блока измерительного, ГКЧ4 и преобразователя частоты вкладываются отдельно в транспортные ящики. Укладочные ящики ЗИП помещаются рядом с укладочными ящиками преобразователя частоты и ГКЧ4.

15. 1. 3. На транспортных ящиках нанесены следующие надписи:

- 1) получатель, место назначения;
- 2) регистрационный номер и дата упаковки;
- 3) вес брутто, нетто;
- 4) порядковый номер каждого грузового места и количество мест.

#### 15. 2. Условия транспортирования

15. 2. 1. Транспортирование измерителей комплексных коэффициентов передачи Р4-37, Р4-37/1 допускается всеми видами транспорта. Погрузка и выгрузка должны осуществляться без ударов. При транспортировании самолетом измерители должны быть размещены в герметизированных отсеках.

15. 2. 2. Железнодорожные вагоны, контейнеры, кузова автомобилей, используемые для перевозки средств измерений, не должны иметь следов перевозки цемента, угля, химических и т. п.

15. 2. 3. При повторной упаковке выполнить полностью требования, указанные в пп. 15.1.1, 15.1.2 и 14.3.



Упаковка БИ измерителя Р4-37

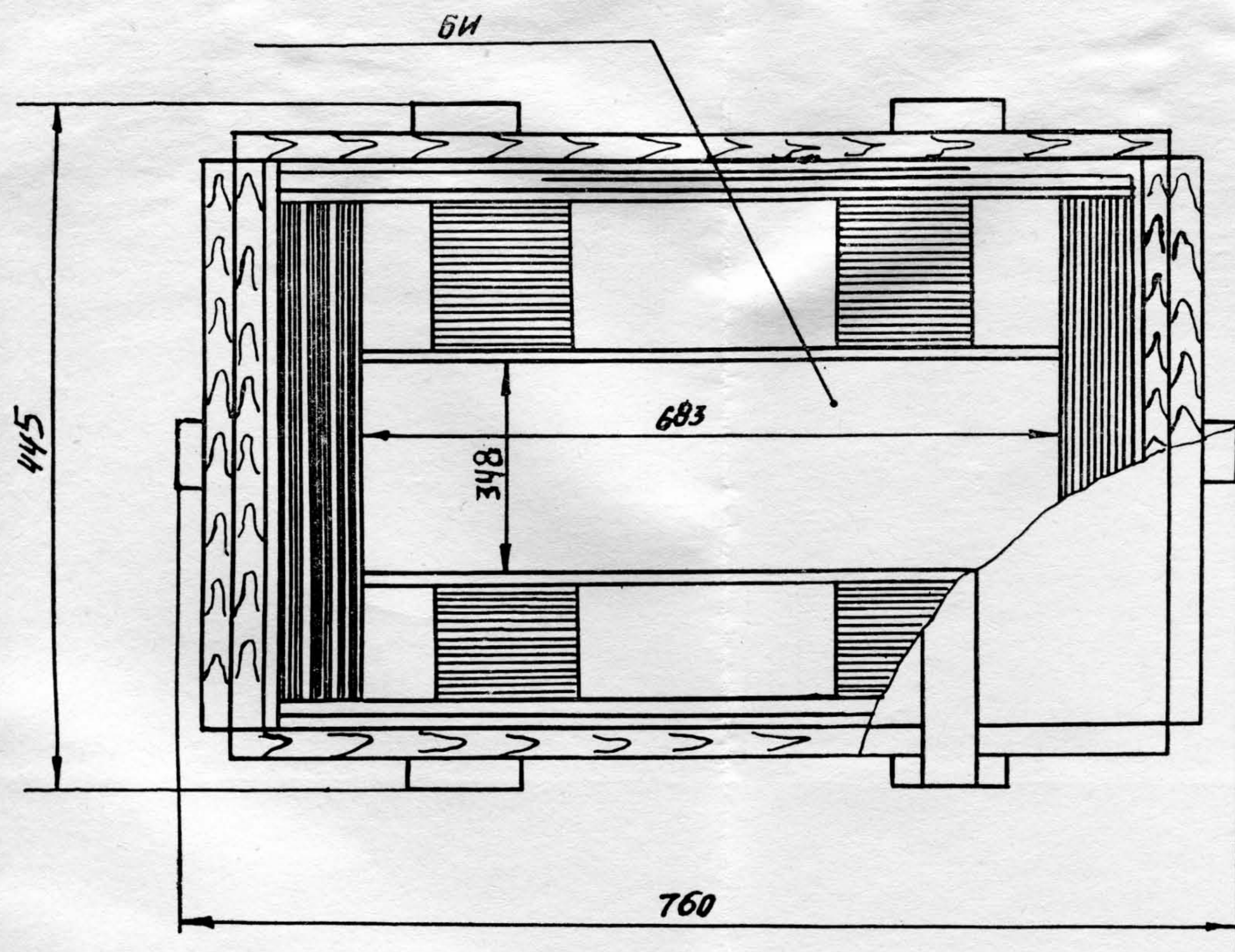


Рис. 15.1.

Упаковка ГКЧ 4 для изделия Р4-37

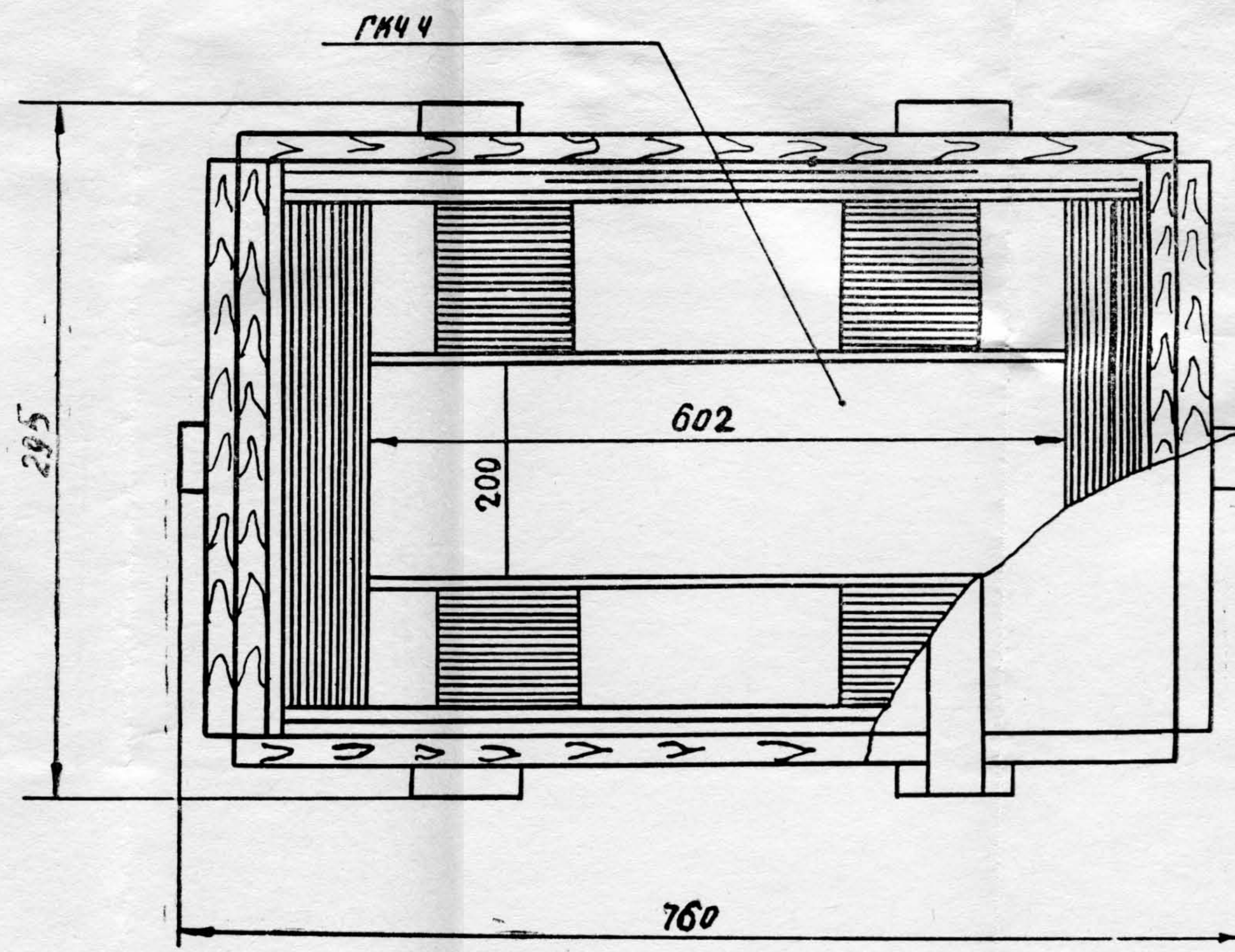


Рис. 15.2.

Упаковка преобразователя частоты, ЗИП с маркировкой «Р4-37» для изделий Р4-37, Р4-37/1  
Упаковка ГКЧ 4, ЗИП с маркировкой «Р4-37/1» для изделия Р4-37/1

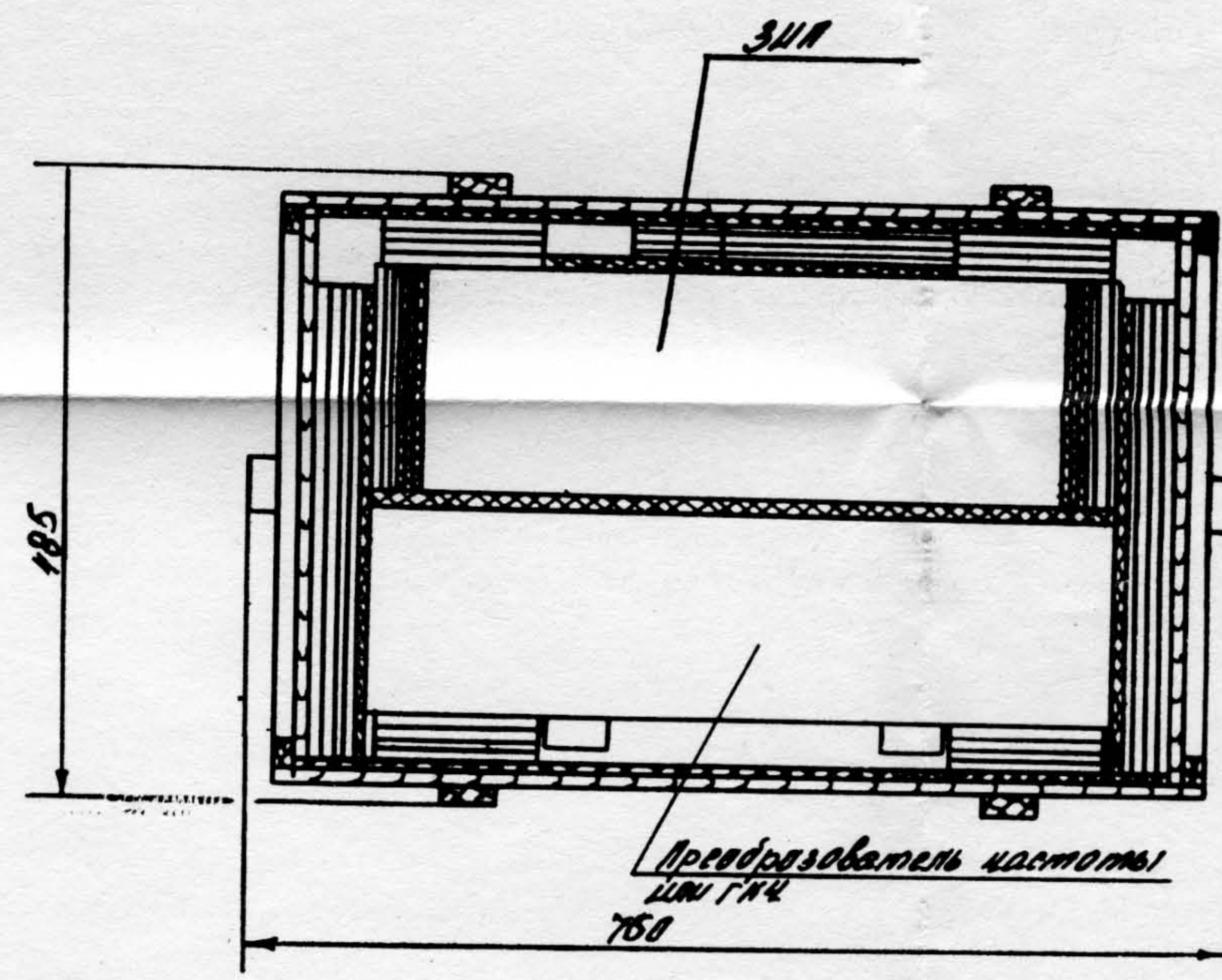


Рис. 15.3.



**ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ  
В НАСТОЯЩЕМ ТЕХНИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ  
И ИНСТРУКЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

КСВН — коэффициент стоячей волны по напряжению;  
ЭЛТ — электронно-лучевая трубка;  
ГВЗ — групповое время запаздывания;  
ГКЧ — генератор качающейся частоты;  
СВЧ — сверхвысокая частота;  
ФАП — фазовая автоподстройка;  
ПАИ — преобразователь аналого-измерительный;  
АЦП — аналого-цифровой преобразователь;  
УУ — устройство управления;  
ПЗУ — постоянное запоминающее устройство;  
ЛКП — линия коллективного пользования;  
УУСЧ — устройство управления и стабилизации частоты;  
УУЧ — устройство управления частотой;  
ГПЧ — генератор перестраиваемой частоты;  
ГФЧ — генератор фиксированной частоты;  
ФНЧ — фильтр нижних частот;  
АРМ — автоматическая регулировка мощности;  
ТТЛ — транзисторно-транзисторная логика;  
АЧХ — амплитудно-частотная характеристика;  
ЭСЛ — эмиттерно-связанная логика;  
ПЧН — преобразователь частота—напряжение;  
УПТ — усилитель постоянного тока;  
АСЧ — автоматическая синхронизация частоты;  
ЧФД — частотно-фазовый дискриминатор;  
БИ — блок измерительный;  
ЗИП — запасное имущество и принадлежности;  
АПЧ — автоматическая подстройка частоты;  
ПЧ — преобразователь частоты;  
МП — микропроцессор;  
УО — устройство осциллографическое;  
ЭУА — электронно-управляемый аттенюатор;  
ЦАП — цифро-аналоговый преобразователь;  
ОЗУ — оперативное запоминающее устройство;  
МК — микрокоманда;  
БМУ — блок микропрограммного управления;  
ЦПЭ — центральный процессорный элемент;  
ЭВМ — электронно-вычислительная машина;  
КЗ — короткое замыкание;  
ХХ — холостой ход;  
ТУ — технические условия;  
УИ — устройство индикации;  
ЗУ — запоминающее устройство;  
ВК — выборка кристалла;  
ВЧ, в. ч. — высокая частота.



## КАРТОЧКА ОТЗЫВА ПОТРЕБИТЕЛЯ

Карточка отзыва потребителя возвращается изготовителю не позднее одного года с момента получения (эксплуатации) измерителей.

1. Тип измерителя .....
2. Заводской номер измерителя .....
3. Дата выпуска .....
4. Получатель и дата получения измерителя .....
5. В каком состоянии измеритель поступил к Вам: были ли замечены какие-либо дефекты по причине некачественной упаковки или изготовления .....
6. Когда и какой ремонт или регулировку потребовалось производить за время работы измерителя .....
7. Какие элементы приходилось заменять .....
8. Результаты проверки технических характеристик измерителей и соответствие их паспортным данным .....
9. Предъявлялись ли рекламации поставщику (указать номер и дату предъявления) .....
10. Сколько времени измеритель работал до первого отказа (в часах) .....
11. Насколько удобно работать с измерителем в условиях Вашего предприятия .....
12. Ваши пожелания о направлениях дальнейшего совершенствования (модернизации) измерителя .....
13. Сколько времени измеритель наработал (суммарное время в часах) с момента его получения до заполнения карточки отзыва .....

Подпись..... «.....».....198.. г.

Оборотная сторона карточки приводится на следующей стр.

Л и н и я   о т   р е з а

**УВАЖАЕМЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ!**

Изготовитель просит дать Ваш отзыв о работе измерителя, заполнив и отправив «Карточку» в адрес отраслевого отдела качества с копией в наш адрес.



# КАРТОЧКА ОТЗЫВА ПОТРЕБИТЕЛЯ

Карточка отзыва потребителя возвращается изготовителю не позднее одного года с момента получения (эксплуатации) измерителей.

1. Тип измерителя .....
2. Заводской номер измерителя .....
3. Дата выпуска .....
4. Получатель и дата получения измерителя .....
5. В каком состоянии измеритель поступил к Вам: были ли замечены какие-либо дефекты по причине некачественной упаковки или изготовления .....
6. Когда и какой ремонт или регулировку потребовалось производить за время работы измерителя .....
7. Какие элементы приходилось заменять .....
8. Результаты проверки технических характеристик измерителей и соответствие их паспортным данным .....
9. Предъявлялись ли рекламации поставщику (указать номер и дату предъявления) .....
10. Сколько времени измеритель работал до первого отказа (в часах) .....
11. Насколько удобно работать с измерителем в условиях Вашего предприятия .....
12. Ваши пожелания о направлениях дальнейшего совершенствования (модернизации) измерителя .....
13. Сколько времени измеритель наработал (суммарное время в часах) с момента его получения до заполнения карточки отзыва .....

Подпись..... «.....».....198.. г.

Оборотная сторона карточки приводится на следующей стр.

Л и н и я   о т   р е з а

УВАЖАЕМЫЙ ПОТРЕБИТЕЛЬ!

Изготовитель просит дать Ваш отзыв о работе измерителя, заполнив и отправив «Карточку» в адрес отраслевого отдела качества с копией в наш адрес.

1. Адрес: 233000, г. Каунас, НИИРИТ, служба отраслевого отдела качества.
2. Адрес предприятия-поставщика: 232600, г. Вильнюс, ГСП, Вильнюсский завод РИП.



1. Адрес: 233000, г. Каунас, НИИРИТ,  
служба отраслевого отдела качества.

2. Адрес предприятия-поставщика:  
232600, г. Вильнюс, ГСП,  
Вильнюсский завод РИП.



**P4-37, P4-37/1**

**P4-37, P4-37/1**

*Дан С*

**ИЗМЕРИТЕЛЬ  
КОМПЛЕКСНЫХ  
КОЭФФИЦИЕНТОВ  
ПЕРЕДАЧИ**