



E7-15

ИЗМЕРИТЕЛЬ ИММИТАНСА

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

2.724.014 ТО

Книга 1



ИЗМЕРИТЕЛЬ ИМПИТАНСА Е7-15

Техническое описание и инструкция по эксплуатации

2.724.014 Т0

Книга I

1992

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Издание	5
2. Назначение	5
3. Технические данные	5
4. Состав комплекта прибора	12
5. Принцип действия	13
6. Маркирование и пломбирование	18
7. Меры безопасности	19
8. Распаковывание и повторное упаковывание прибора и принадлежностей	19
9. Порядок установки	20
10. Подготовка к работе	22
11. Порядок работы	22
11.1. Органы управления, настройки и подключения	22
11.2. Подготовка к проведению измерений	25
11.3. Проведение измерений	26
12. Техническое обслуживание	29
13. Правила хранения	33
14. Транспортирование	34
15. Методика поверки	34
15.1. Общие сведения	34
15.2. Операции и средства поверки	34
15.3. Требования к квалификации поверителей	36
15.4. Требования безопасности при поверке	36
15.5. Условия поверки и подготовка к ней	36
15.6. Проведение поверки	36
15.7. Оформление результатов поверки	39
16. Конструкция	40
17. Описание электрических схем	49
17.1. Общие указания	49
17.2. Описание электрической функциональной схемы прибора	50
17.3. Описание электрических принципиальных схем составных частей	70
18. Диагностика прибора	77
18.1. Режим самопроверки	77

провести измерения калибратора нуля проводимости, калибратора нуля сопротивления и образцовых мер сопротивления и емкости в режимах, указанных в табл.15.2 с помощью кабелей соединительных 4.852.995, входящих в состав мер образцовых.

Таблица 15.2

Измеряемый объект (из состава Н2-1, Р597)	Предел измерения	Измеряемый параметр	Частота измерения, kHz
Калибратор нуля проводимости	1-4	R/G; L/C	0,1; 1
Калибратор нуля сопротивления	5-8	R/G; L/C	0,1; 1
1 M Ω	1	R/G; L/C	0,1; 1
100 к Ω	2	R/G; L/C	0,1; 1
10 к Ω	3	R/G; L/C	0,1; 1
1 к Ω	4	R/G; L/C	0,1; 1
1 к Ω	5	R/G; L/C	0,1; 1
100 Ω	6	R/G; L/C	0,1; 1
10 Ω	7	R/G; L/C	0,1; 1
1 Ω	8	R/G; L/C	0,1; 1
1 nF+400 pF+200 pF	1	L/C; D/Q	0,1
1 nF+400 pF+200 pF	2	L/C; D/Q	1
400 pF+200 pF+100 pF	2	L/C; D/Q	1
200 pF	2	L/C; D/Q	1

Результаты измерения занести в протокол. Форма таблиц протоколов приведена в приложении 1.

Вычислить погрешности измерения (разности результатов измерения и действительных значений параметров образцовых мер).

Результат проверки считать удовлетворительным, если полученные погрешности измерения не превышают указанных в табл.3.3.

15.7. Оформление результатов поверки

15.7.1. Результаты поверки оформить в порядке, установленном ГОСТ 8.042-83.

Приборы, не прошедшие поверку (имеющие отрицательные результаты поверки), запрещается к выпуску в обращение и применению.

16. КОНСТРУКЦИЯ

16.1. Прибор, внешний вид которого показан на рис.1, выполнен в виде отдельного переносного прибора бесфутлярной конструкции.

Элементы корпуса прибора (рис.16.1) скрепляются между собой винтами. Передняя и задняя панели крепятся к боковым кронштейнам.

Для вскрытия и разборки прибора необходимо его распломбировать, отвинтить винты на верхней и нижней крышках корпуса, снять крышки. Затем снять с ручки боковые пластмассовые крышки, разжать стопорные шайбы, снять окошечки и ручку, отвинтить винты крепления боковых стенок, снять стенки.

16.2. Расположение блоков и узлов прибора показано на рис.16.2. На этом же рисунке показано расположение элементов регулировки и настройки.

Параллельно передней панели прибора закреплен печатный узел блока управления, включающий в себя дисплей на семисегментных светодиодных индикаторах и клавиатуру.

Аналоговый и цифровой блоки выполнены в виде двух печатных узлов, закрепленных в горизонтальной плоскости на литой раме, придающей прибору необходимую жесткость.

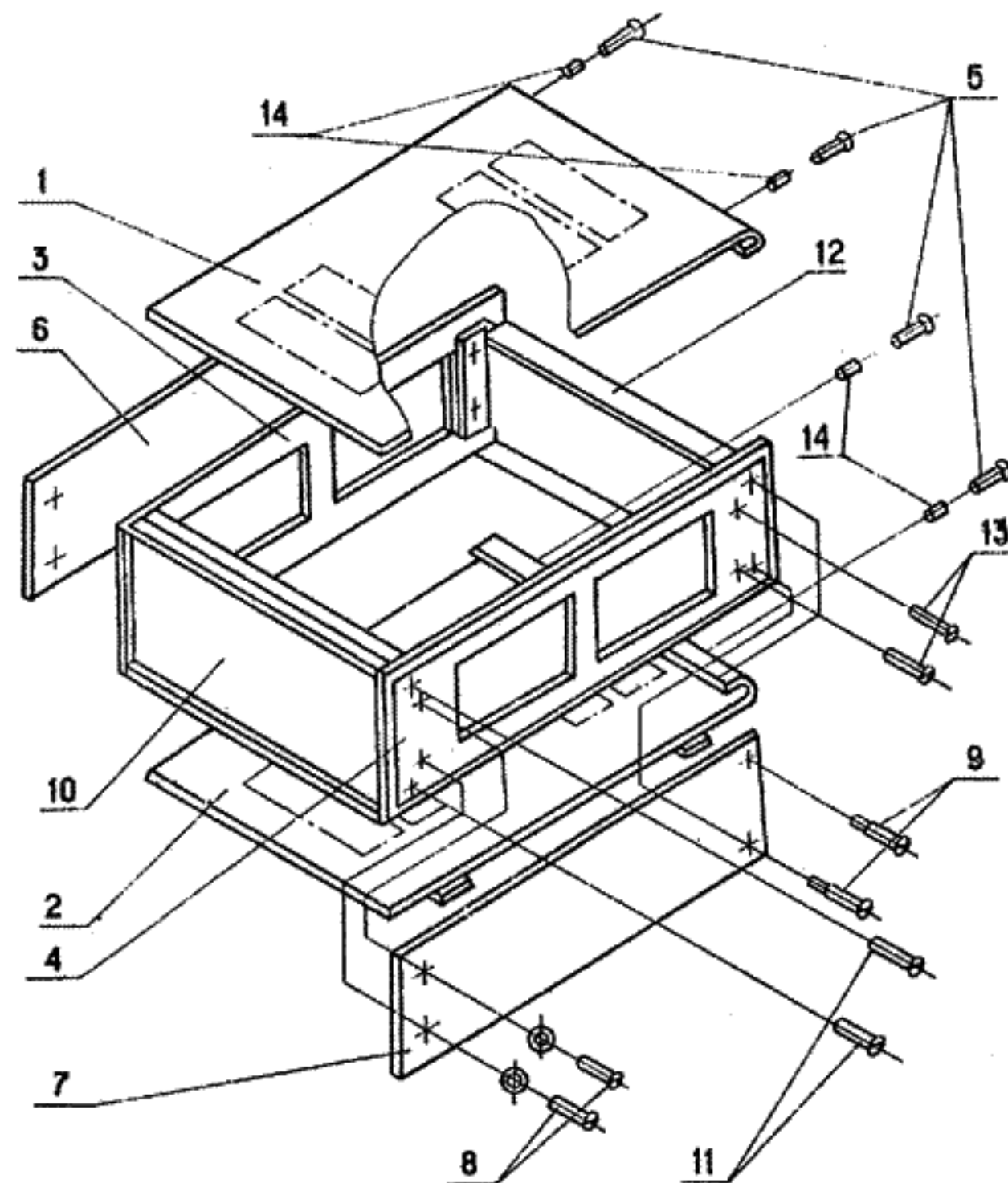
Источник питания размещен на плате цифрового блока.

Перечень всех блоков с их условными обозначениями по принципиальной электрической схеме приведен в табл.16.1.

Таблица 16.1

Наименование блоков	Условное обозначение по схеме
1 Трансформатор 4.702.705	TI
2 Фильтр сетевой 5.129.032	API
3 Рама 6.183.689	-
4 Блок аналоговый 3.034.046	A2
5 Блок цифровой 3.031.152	A3
6 Блок управления 3.057.481	AI
7 Плата светодиодных индикаторов	-

ЭЛЕМЕНТЫ КОРПУСА ИЗМЕРИТЕЛЯ



1, 2 - верхняя и нижняя крышки; 3, 4 - кронштейны; 5 - винты крепления верхней и нижней крышек; 6, 7 - боковые стенки; 8, 9 - винты крепления боковых стенок; 10 - передняя панель; 11 - винты крепления передней панели; 12 - задняя панель; 13 - винты крепления задней панели; 14 - пломбы.

Рис.16.1
41

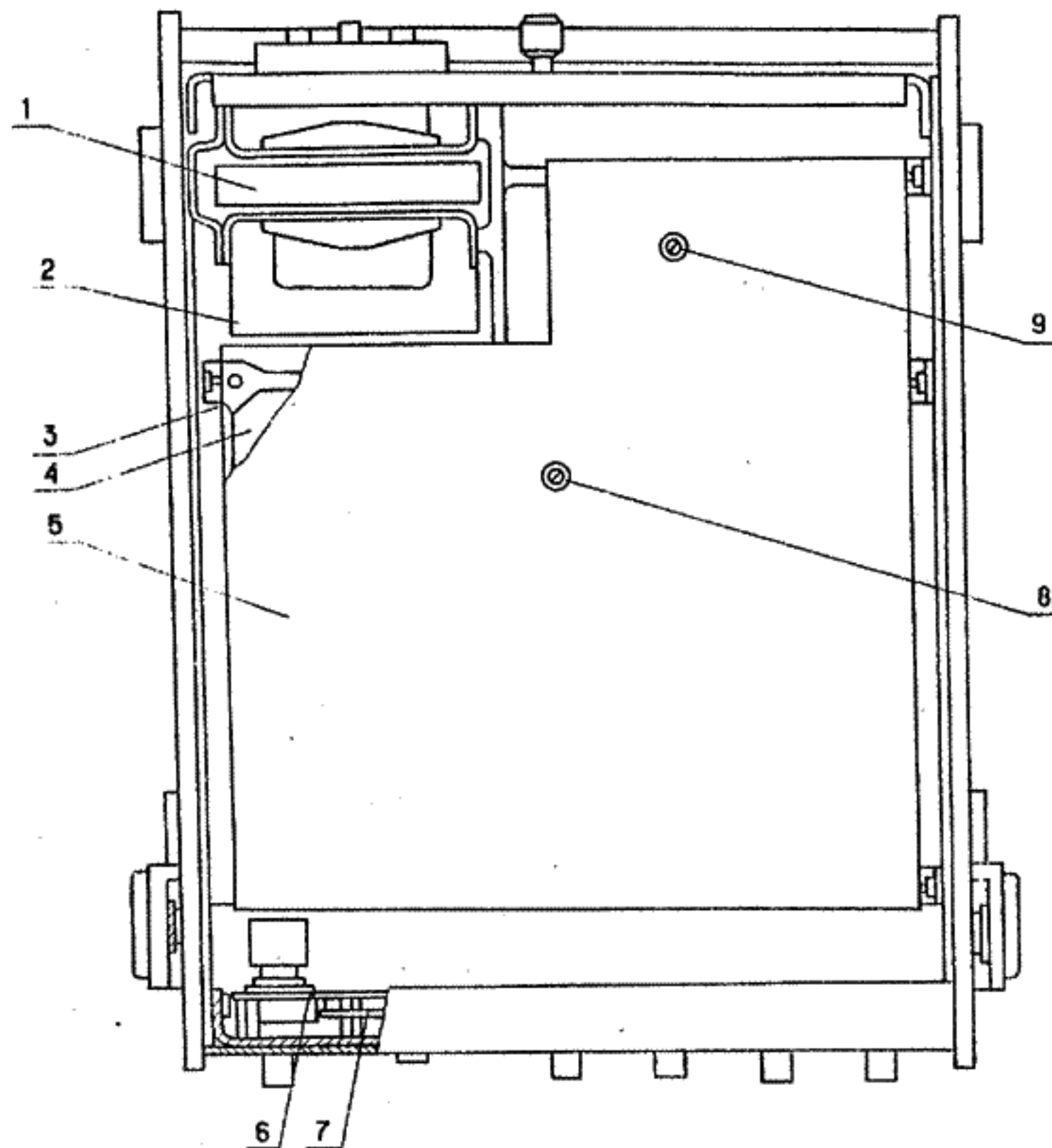


Рис. I6.2

Схема алгоритма диагностирования для локализации неисправности в цифровом блоке или блоке управления

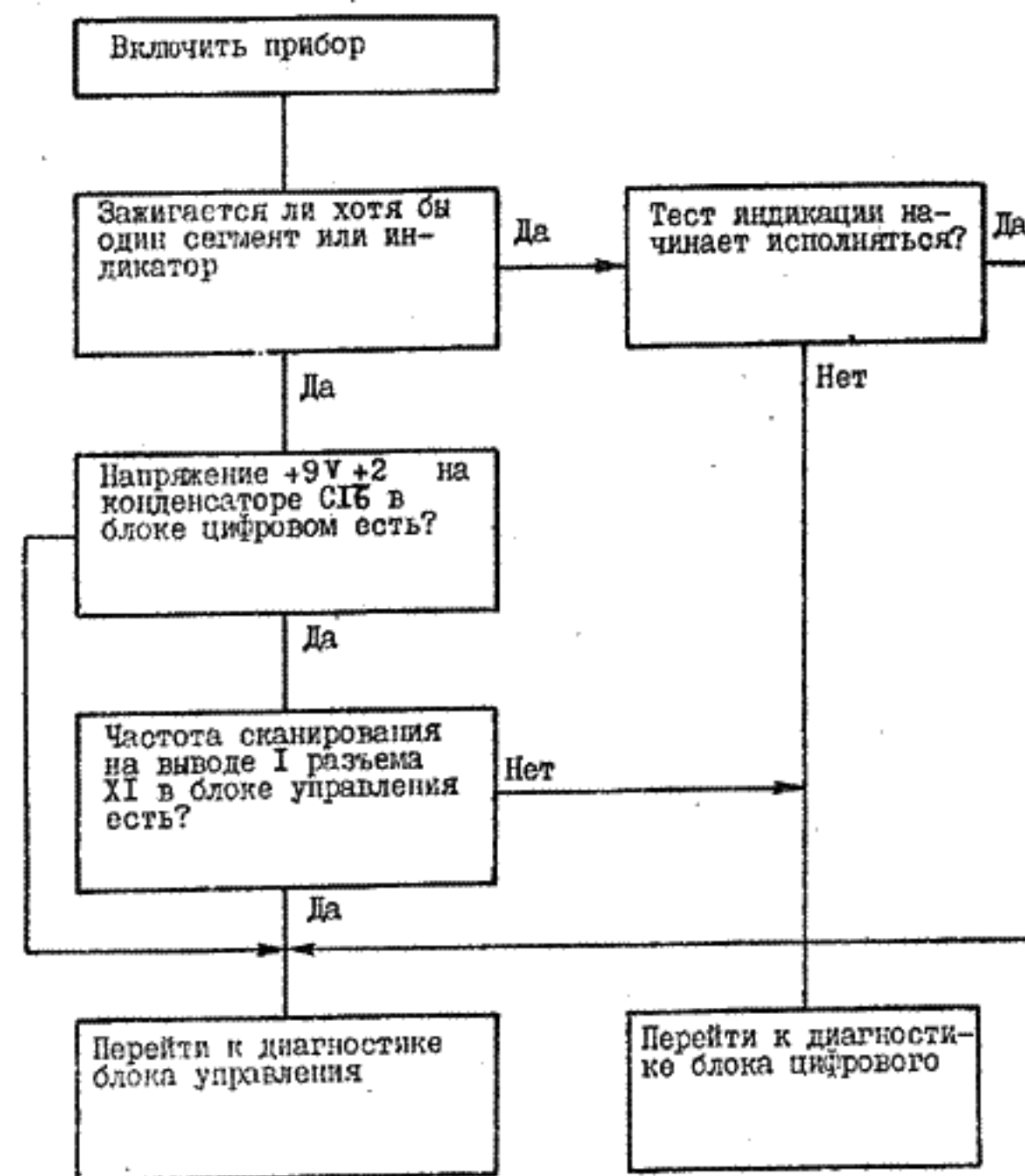


Рис. I9.2

19.4.2. Неисправности цифрового блока

Сообщения Н-00...Н-02 вызываются неисправностями ОЗУ, ПЗУ-0 (D8), ПЗУ-1 (D21). Наиболее вероятными причинами появления сообщения Н-03 и Н-05 являются неисправности параллельного интерфейса и таймера.

При появлении сообщений Н-00...Н-03, Н-05 необходимо заменить контроллер (D18), ПЗУ (D8 или D21), параллельный интерфейс (D16), таймер (D17) соответственно.

Если после включения прибор не входит в режим измерений, необходимо применять САД цифрового блока, приведенную на рис.19.4.

В табл.19.3 приведены эквиваленты нагрузок для проверки источников питания.

Сигнатуры логических микросхем цифрового блока приведены в табл.19.2, а условия запуска и точки подключения сигнатурного анализатора 8I7 приведены в табл.19.3. Схема задержки для съема сигнатур ПЗУ приведена на рис.19.3.

Схема задержки для съема сигнатур с ПЗУ

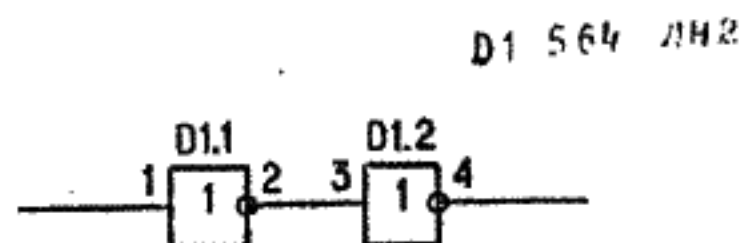


Рис.19.3

Схема алгоритма диагностирования блока цифрового

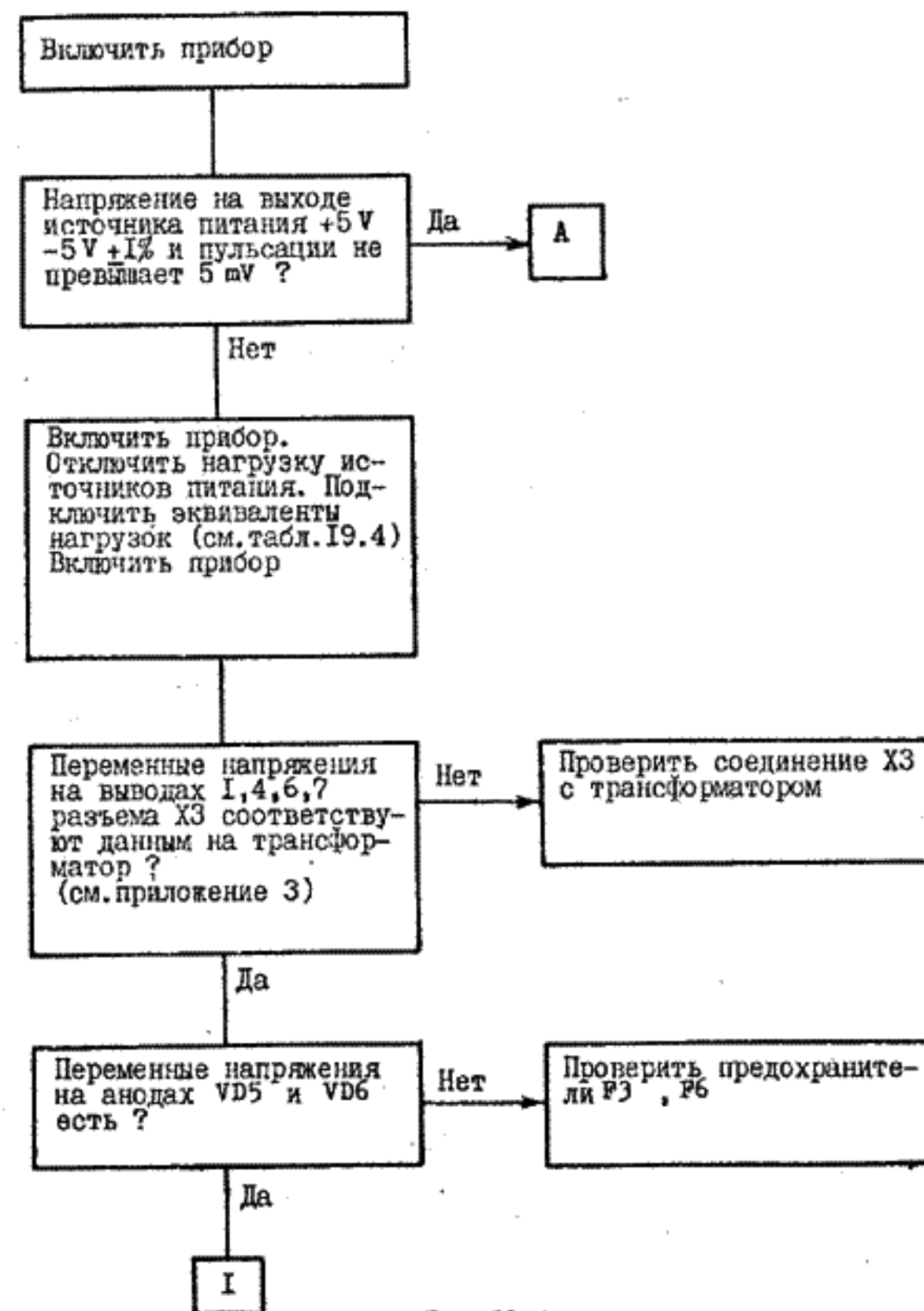


Рис.19.4

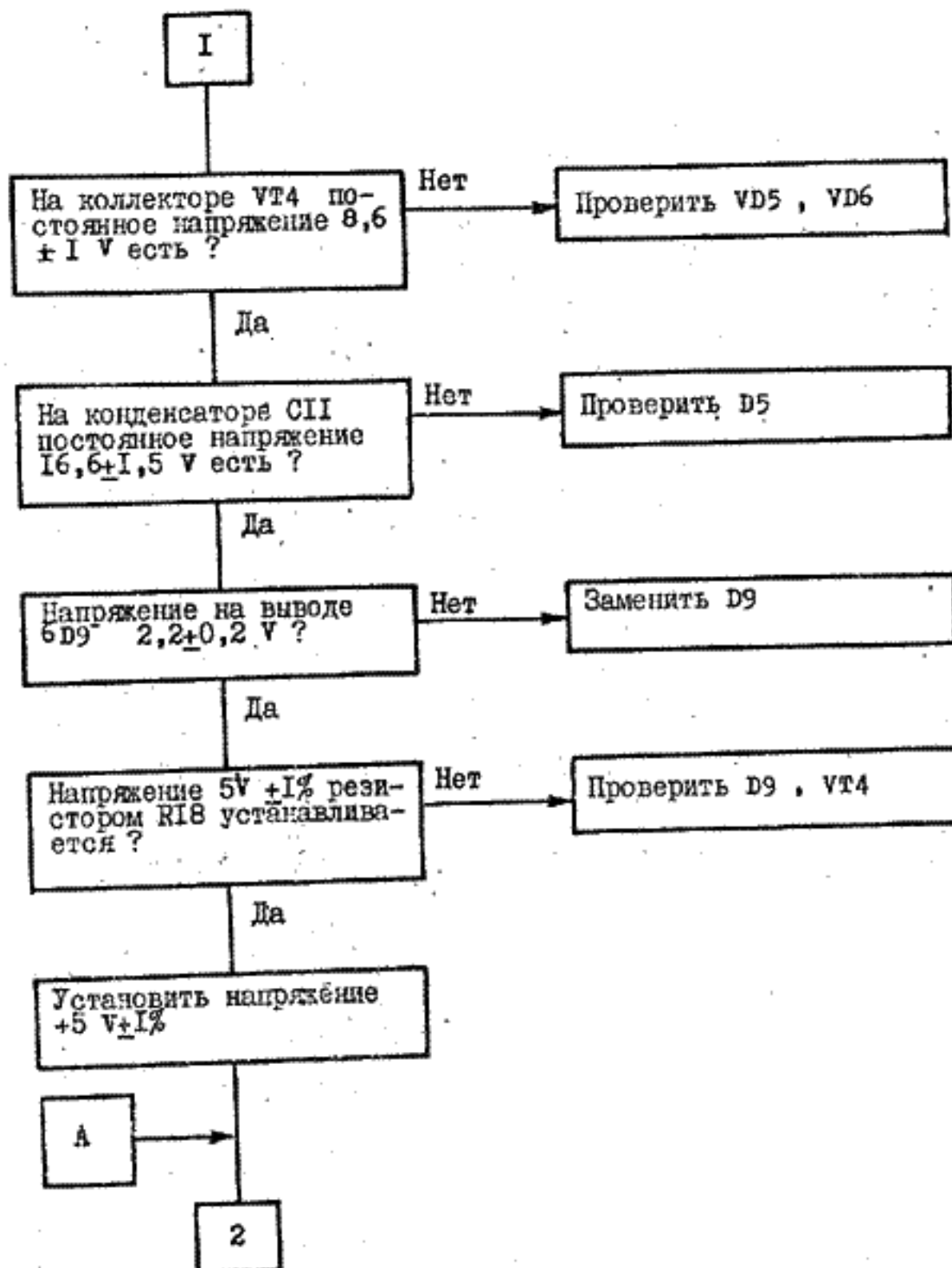


Рис.19.4. Продолжение

Диоды и стабилитроны можно проверить на разность сопротивлений в прямом и обратном включении. Эту проверку можно осуществить с помощью тестера типа Ц4353 в режиме измерения "кx 0.01". Тестер должен показывать разное сопротивление для прямого и обратного включения диодов и стабилитронов. Эта проверка проводится при выключенном приборе.

Приложение 6

Примеры расчета погрешностей измерения

Пример 1. Измеряемый объект - конденсатор.

Результат измерения: $C = 3,021 \text{ нФ}$, $D = 0,0012$.

Режим измерения: 2 предел, частота 100 Hz.

Из табл.3.3 находим:

$$\Delta C_x = [2,5 (1 + D_x) C_x + 0,63 C'] \cdot 10^{-3}$$

Из табл.3.1: $C' = 16 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$.

$$\text{В итоге: } \Delta C = [2,5 (1 + 0,0012) \cdot 3,021 \cdot 10^{-9} + 0,63 \cdot 16 \cdot 10^{-9}] \cdot 10^{-3} = 17,6416 \cdot 10^{-12} \text{ Ф} = 17,6416 \text{ пФ}.$$

Пример 2. Измеряемый объект - электролитический конденсатор.

Результат измерения: $C = 10,12 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $R = 0,0213 \text{ Ом}$.

Режим измерения: 8 предел, частота 100 Hz, эквивалентная схема - последовательная.

Из табл.3.4 находим:

$$\Delta C_x = [2,5 (1 + D_x) + 13 \frac{C_x}{C'}] \cdot 10^{-3} \cdot C_x$$

Из табл.3.1: $C' = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$.

Выразим фактор потерь через результаты измерения:

$$D_x = R_x \omega C_x$$

$$\begin{aligned} \text{В итоге: } \Delta C_x &= [2,5 (1 + R_x \omega C_x) + 13 \frac{C_x}{C'}] \cdot 10^{-3} C_x = \\ &= [2,5 \cdot (1 + 0,0213 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10,12 \cdot 10^{-6}) + 13 \frac{10,12 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}}] \cdot 10^{-3} \cdot \\ &\cdot 10,12 \cdot 10^{-6} = [2,5 + 6,5] \cdot 10,12 \cdot 10^{-9} = 91,08 \cdot 10^{-9} = 91,08 \text{ нФ}. \end{aligned}$$

И5.6.6. Определение уровня сигнала (п.3.2) проводить следующим образом:

измерить вольтметром В7-34 уровень сигнала на зажиме IU УП-2 на обеих частотах.

Результат считать удовлетворительным, если уровень сигнала на обеих частотах составляет $(2 \pm 0,4)$ V.

И5.6.7. Определение выходного сопротивления источника сигнала (п.3.3) проводить следующим образом:

измерить вольтметром В7-34А уровень сигнала на зажиме IU УП-2. Обозначить результат измерения U_1 .

Подключить к УП-2 резистор 1000 Ω и опять измерить напряжение на зажиме IU УП-2. Обозначить результат U_2 .

Вычислить выходное сопротивление источника сигнала в омах по формуле

$$R = 1000 \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right). \quad (И5.2)$$

Повторить указанные операции на частоте 100 Hz.

Результат считать удовлетворительным, если выходное сопротивление источника сигнала на каждой из рабочих частот составляет $(1000 \pm 100) \Omega$.

И5.6.8. Проверку работы прибора при подаче напряжения смещения (п.1.3.8) проводить следующим образом:

измерить прибором емкость конденсатора 1,6 nF (набрать из набора Р597) без смещения и со смещением;

измерить значение напряжения смещения с помощью вольтметра В7-34А на зажимах IU УП-2 относительно корпусного его вывода.

Результаты считать удовлетворительными, если погрешность измерения прибора при измерении со смещением и без смещения не превышает указанной в табл.3.3 и значение напряжения соответствует п.3.8.

Проверку допускается совмещать с проверкой прибора по п.3.6.

И5.6.9. Проверку измерения иммитансных параметров (п.3.4), диапазона измеряемых величин (п.3.5), основной погрешности измерения (п.3.6), проводить следующим образом:

	Стр.
И9. Поиск неисправностей и методы их устранения	79
И9.1. Общие указания	79
И9.2. Меры безопасности и защиты прибора	80
И9.3. Перечень контрольно-измерительной и диагностической аппаратуры	80
И9.4. Поиск неисправностей	81

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Приложение 1. Формы таблиц протоколов испытаний	И15
Приложение 2. Таблица режимов по постоянному току	И18
Приложение 3. Намоточные данные трансформатора 4.702.555 ...	И19
Приложение 4. Рекомендация по проверке свечения индикаторов	И20
Приложение 5. Рекомендация по проверке электрорадиоэлементов при поиске неисправностей с помощью схем алгоритмов диагностирования (САД)	И21
Приложение 6. Примеры расчета погрешностей измерения	И23

И35492

Внешний вид измерителя иммитанса Е7-15

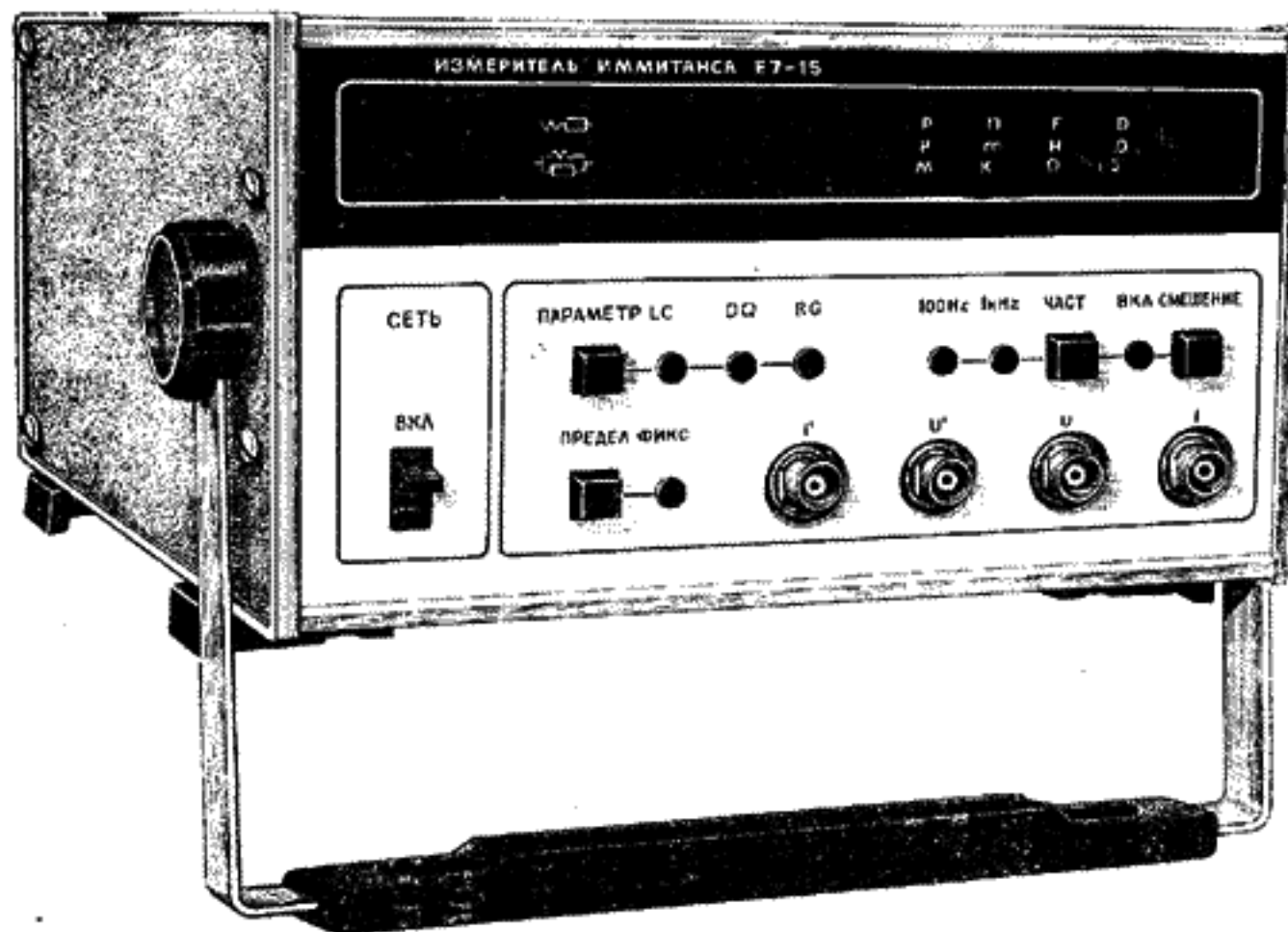


Рис. I. I

в крепежных узлах верхней и нижней крышек со стороны задней панели должны быть пломбы завода-изготовителя;

внешний вид прибора должен соответствовать требованиям раздела 9;

надписи на передней панели должны соответствовать табл. II. I.

Приборы, имеющие дефекты, бракуются и направляются в ремонт.

15.6.3. Опробование работы прибора производить по пп. II.2.3, II.2.4 для оценки его исправности. Неисправные приборы бракуются и направляются в ремонт.

15.6.4. Если специально не оговорено, перед поверкой каждого параметра прибор должен находиться в следующем режиме:

ЧАСТОТА	1 kHz
СМЕЩЕНИЕ	ВЫКЛЮЧЕНО
ИЗМЕРЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР	R/G
ВЫБОР ПРЕДЕЛА ИЗМЕРЕНИЯ	АВТОМАТИЧЕСКИЙ (А)

К прибору должно быть подключено УП-2, измеряемый объект - отключен.

15.6.5. Проверку рабочих частот прибора (п.3.1) необходимо проводить следующим образом:

подключить частотомер ЧЗ-47А между зажимом IU и корпусным выводом УП-2 и измерить период $T_{изм}$;

вычислить погрешность установки частоты в процентах по формуле

$$\Delta F = \frac{T_{изм} - T_{ном}}{T_{ном}} \cdot 100\% , \quad (15.1)$$

где $T_{ном}$ - номинальное значение периода установленной частоты измерения, $T_{ном} = 1/F$;

установить частоту измерения 100 Hz и провести аналогичное измерение.

Результат считать удовлетворительным, если погрешность установки частоты не превышает 0,02%.

2. Средства измерений, используемые для поверки, должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ГОСТ 8.513-84.

3. Объем поверки после текущего ремонта, определяемый характером неисправности и объемом работ, указан в разделе "Описание электрических схем и устранение неисправностей".

И5.3. Требования к квалификации поверителей

И5.3.1. Поверитель должен иметь образование не ниже среднего радиотехнического.

И5.4. Требования безопасности при поверке

И5.4.1. Перед проведением поверки следует ознакомиться с разделом 7.

И5.5. Условия поверки и подготовка к ней

И5.5.1. При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды, °C		20±5
относительная влажность воздуха, %		30-80
атмосферное давление, кПа (мм Hg)		84-106 (630-795)
напряжение сети питания, V		220±4,4
частота промышленной сети, Hz		50±0,2

И5.5.2. Подготовить прибор к работе в соответствии с разделом 10.

И5.6. Проведение поверки

И5.6.1. Поверка проводится в соответствии с перечнем операций, указанным в табл.И5.1.

И5.6.2. При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие прибора следующим требованиям:

комплектность прибора должна соответствовать табл.4.1;

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) предназначены для изучения работы измерителя иммитанса Е7-И5.

ТО состоит из 2 частей (книг):

книга 1 содержит технические характеристики, описание принципа действия прибора, указания по эксплуатации и техническому обслуживанию, методику поверки; описание электрических схем и поиска неисправностей;

книга 2 содержит перечни элементов, схемы электрические принципиальные и расположение элементов на платах.

2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. Измеритель иммитанса Е7-И5 предназначен для измерения иммитансных параметров электрорадиокомпонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Внешний вид прибора показан на рис.1.1.

2.2. Основные области применения: измерение иммитансных параметров ЭРЭ в лабораторных условиях и ремонтных мастерских.

2.3. Завод-изготовитель оставляет за собой право вносить в конструкцию и схему прибора изменения, не влияющие на тактико-технические данные, без коррекции эксплуатационной документации.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1. Рабочие частоты прибора 0,1 и 1 кГц с погрешностью установки не более 0,02%.

3.2. Уровень измерительного сигнала (при отсутствии измеряемого объекта) $(2 \pm 0,4)$ V среднеквадратического значения.

3.3. Выходное сопротивление источника сигнала $(1000 \pm 100) \Omega$.

3.4. Приборы измеряют следующие иммитансные параметры:

емкость (C);
индуктивность (L);
сопротивление (R);
проводимость (G);
фактор потерь (D);
добротность (Q)

по параллельной (на 1-4 пределах измерения) или последовательной (на 5-8 пределах измерения) схеме.

3.5. Диапазон измеряемых параметров C, g, L, R разбит на 8 пределов и соответствует табл.3.1, 3.2.

Таблица 3.1

Предел измерения	Емкость, C на частотах, кГц		Проводимость, G
	0,1	1	
1	1-1600 pF	0,1-160,0 pF	1-50 nS
2	0,01-16,00 nF	1-1600 pF	0,01-1,00 μ S
3	0,1-160,0 nF	0,01-16,00 nF	0,1-10,0 μ S
4	1-1600 nF	0,1-160,0 nF	1-100 μ S
5	1,600-16,00 μ F	160,0-1600 nF	-
6	16,00-160,0 μ F	1,600-16,00 μ F	-
7	160,0-1600 μ F	16,00-160,0 μ F	-
8	1,600-20,00 mF	160,0-1600 μ F	-

Таблица 15.1

Наименование операции	Номер пункта	Рекомендуемое средство поверки (наименование, тип), код ОКП	Основные тех. характеристики	Обязательность проведения операций при	
				первичной поверке	эксплуатации и хранения
Проверить функционирование прибора согласно п.11.2	15.6.5	Частотомер ЧЗ-47А 6683134047 или ЧЗ-63 6683134063	$\delta = 0,003\%$	Да	Да
Определение рабочих частот					
Определение уровня сигнала	15.6.6	Вольтметр В7-34А Предел 10 v	$\delta = 2\%$	Да	Да
Определение выходного сопротивления источника сигнала	15.6.7	Вольтметр В7-34А Предел 10 v Резистор 1000 Ω	$\delta = 2\%$ $\delta = 1\%$	Да	Да
Проверка смещения	15.6.8	Вольтметр В7-34А Предел 100 v	$\delta = 2\%$	Да	Да
Определение погрешностей измерения	15.6.9	Набор мер сопротивления И2-1 6682120001 Меры емкости Р597	$\delta = 0,05\%$ $\Delta \varphi = 3 \cdot 10^{-4}$ $\delta = 0,05\%$ $\Delta D = 3 \cdot 10^{-4}$	Да	Да

Примечания: 1. Вместо указанных в табл.15.1 средств поверки разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров требуемой точностью.

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

14. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

14.1. Допускается транспортирование прибора в транспортной таре всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 60 до плюс 50 °С, относительной влажности до 100% при температуре 25 °С.

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

14.3. Перед транспортированием прибора упаковка производится в соответствии с п.8.1.

15. МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

15.1. Общие сведения

15.1.1. Настоящий раздел устанавливает методы и средства поверки измерителя иммитанса Е7-15.

15.1.2. Поверка проводится 1 раз в 2 года.

15.1.3. Рекомендуемая норма времени на проведение поверки 120 min.

15.2. Операции и средства поверки

15.2.1. При проведении поверки должны быть выполнены операции и применены средства поверки, указанные в табл.15.1.

Таблица 3.2

Предел измерения	Индуктивность, L, на частотах, кГц		R
	0,1	1	
1	1,600-16,00 кН	160,0-1600 Н	1,000-20,00 Мг
2	160,0-1600 Н	16,00-160,0 н	100,0-1000 кг
3	16,00-160,0 н	1,600-16,00 н	10,00-100,0 кг
4	1,600-16,00 н	160,0-1600 мН	1,000-10,00 кг
5	1-1600 мН	0,1-160,0 мН	1-1000 г
6	0,1-160,0 мН	0,01-16,00 мН	0,1-100,0 г
7	0,01-16,00 мН	1-1600 мкН	0,01-10,00 г
8	1-1600 мкН	0,1-160,0 мкН	1-1000 мг

Фактор потерь D измеряется в пределах от 10^{-3} до 2; добротность Q в пределах от 10^{-3} до 0,5. Параметры D и Q измеряются, если модуль полного сопротивления объекта на частоте измерения находится в пределах от 0,1 до 1 от предельного значения, соответствующего данному пределу сопротивления.

3.6. Пределы допускаемого значения основной погрешности измерения иммитансных параметров на частотах 0,1 и 1 кГц должны быть равны значениям, указанным в табл.3.3. C', L', R', G' - максимальные значения измеряемых на каждом из пределов измерения величин.

Таблица 3.3

Параметр	Предел измерения	Погрешность измерения
C	1	$[2,5(I+D) C + 1,3 C'] 10^{-3}$
	2-4	$[2,5(I+D) C + 0,63 C'] 10^{-3}$
	5-7	$[2,5(I+D) + 6,3 \frac{C}{C'}] 10^{-3} C$
	8	$[2,5(I+D) + 13 \frac{C}{C'}] 10^{-3} C$

Продолжение табл.3.3

Параметр	Предел измерения	Погрешность измерения
L	I	$[2,5(I+D) + 13 \frac{L}{L'}] 10^{-3} L$
	2-4	$[2,5(I+D) + 6,3 \frac{L}{L'}] 10^{-3} L$
	5-7	$[2,5(I+D) L + 0,63 L'] 10^{-3}$
	8	$[2,5(I+D) L + 1,3 L'] 10^{-3}$
R	I	$[2,5(I+Q) + 40 \frac{R}{R'}] 10^{-3} R$
	2-4	$[2,5(I+Q) + 10 \frac{R}{R'}] 10^{-3} R$
	5-7	$[2,5(I+Q) R + R'] 10^{-3}$
	8	$[2,5(I+Q) R + 2 R'] 10^{-3}$
G	I	$[2,5(I+Q) G + 40 G'] 10^{-3}$
	2-4	$[2,5(I+Q) G + 10 G'] 10^{-3}$
D (для емкостей)	I	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 2 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} (I+D)$
	2-4	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 1 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} (I+D)$
	5-7	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 10 \cdot 10^{-3} \frac{C}{C'} (I+D)$
	8	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 20 \cdot 10^{-3} \frac{C}{C'} (I+D)$
D (для индуктивностей)	I	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 20 \cdot 10^{-3} \frac{L}{L'} (I+D)$
	2-4	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 10 \cdot 10^{-3} \frac{L}{L'} (I+D)$
	5-7	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 1 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} (I+D)$
	8	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+D^2) + 2 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} (I+D)$

Продолжение табл.12.1

Вид технического обслуживания	Содержание работ	Наименование и обозначение материала для выполнения работ, норма расхода	Периодичность проведения	Примечание
	Провести поверку, упаковать, как указано в п.8.3 Проверить состояние эксплуатационной документации Сделать отметку о выполненных работах			

13. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

13.1. Приборы, поступающие на склад потребителя, могут храниться в упакованном виде в течение одного года со дня поступления (кратковременное хранение).

13.2. При длительном хранении (более одного года) приборы должны находиться в упакованном виде.

13.3. Приборы должны содержаться в отапливаемых хранилищах до 10 лет (температура окружающего воздуха от 5 до 40 °С, относительная влажность до 80% при температуре 25 °С) или в неотапливаемых хранилищах до 5 лет (температура окружающего воздуха от минус 50 до плюс 40 °С, относительная влажность до 98% при температуре 25 °С).

Продолжение табл. I2. I

Вид технического обслуживания	Содержание работ	Наименование и обозначение материала для выполнения работ, норма расхода	Периодичность проведения	Примечание
ТО-2X	Провести внешний осмотр состояния упаковки Проверить состояние учета и условий хранения Проверить правильность ведения эксплуатационных документов Проверить наличие на месте хранения Провести внешний осмотр состояния упаковки Проверить состояние учета и условий хранения Распаковать прибор, как указано в п.8. I Вскрыть прибор, как указано в разделе I6 Проверить соответствие комплектующих изделий срокам службы или хранения Заменить элементы, у которых истек срок службы или хранения	Паяльная жидкость, I ml	I раз в 5 лет	

Продолжение табл.3.3

Параметр	Предел измерения	Погрешность измерения
Q (для емкостей)	I	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 1,3 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} Q (I+Q)$
	2-4	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 0,63 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} Q (I+Q)$
	5-7	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 6,3 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} Q (I+Q)$
	8	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 13 \cdot 10^{-3} \frac{C'}{C} Q (I+Q)$
Q (для индуктивностей)	I	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 13 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} Q (I+Q)$
	2-4	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 6,3 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} Q (I+Q)$
	5-7	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 0,63 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} Q (I+Q)$
	8	$2,5 \cdot 10^{-3} (I+Q^2) + 1,3 \cdot 10^{-3} \frac{L'}{L} Q (I+Q)$

Примечания: I. При проведении измерений допускается нестабильность показаний прибора, если она не приводит к погрешности измерения, превышающей допустимые для соответствующего вида измерений значения.

2. Пределы допускаемых значений погрешности измерения округляются до целых единиц дискрета показаний прибора по общепринятым правилам округления.

3.7. Выбор пределов измерения в приборе ручной и автоматический. Перекрытие между пределами не менее 2%.

3.8. Прибор обеспечивает возможность измерения объектов с подачей напряжения смещения от внутреннего источника $(4,8 \pm 0,5) \text{ V}$.

3.9. Пределы допускаемых значений погрешности измерения иммитансных параметров в условиях повышенных и пониженных рабочих температур соответственно в 2 и 2,5 раза больше предела основной погрешности измерения.

3.10. Пределы допускаемых значений погрешности измерения иммитансных параметров в условиях повышенной влажности в 2 раза больше предела основной погрешности измерения.

3.11. Прибор обеспечивает технические характеристики после времени установления рабочего режима, равного 15 min.

3.12. Прибор допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 8 h при сохранении технических характеристик.

3.13. Питание: сеть переменного тока напряжением (220 ± 22) V, частотой (50 ± 1) Hz и (220 ± 11) V, частотой (400 ± 28) Hz.

3.14. Мощность, потребляемая прибором от сети питания при номинальном напряжении, не превышает 20 V·A.

3.15. Условия эксплуатации должны соответствовать данным, приведенным в табл.3.4.

Таблица 3.4

Условия эксплуатации	Температура, °C	Относительная влажность воздуха, %	Атмосферное давление, кПа (мм Hg)	Параметры сети	
				напряжение, V	частота, Hz
Нормальные	20±5	30-80	84-106 (630-795)	220±4,4	50±0,2
Рабочие	от -10 до 40	80		220±22 220±11	50±1 400 ±28 -12
Предельные	от -60 до +65	98		-	-

Продолжение табл.12.1

Вид технического обслуживания	Содержание работ	Наименование и обозначение материала для выполнения работ, норма расхода	Периодичность проведения	Примечание
ТО-IX	удалить пыль струей сжатого воздуха; отключить разъемы от печатных узлов; промыть мягкой кистью контакты разъемов и кнопок; подключить разъемы к печатным узлам; проверить крепление узлов, состояние паяк; провести периодическую поверку и при необходимости регулировку для обеспечения метрологических характеристик; закрыть крышки; упаковать прибор, как указано в п.8.3 Провести периодическую поверку и при необходимости регулировку для обеспечения метрологических характеристик; Проверить наличие на месте хранения	Спиртобензиновая смесь, 5 мл	I раз в год	

Таблица 12.1

Вид технического обслуживания	Содержание работ	Наименование и обозначение материала для выполнения работ, норма расхода	Периодичность проведения	Примечание
КО	Провести внешний осмотр согласно п.9.1 Проверить функционирование согласно п.11.2.4 Устранить выявленные недостатки		Перед началом и после использования по назначению и транспортирования; если прибор не использовался I раз в квартал. При кратковременном хранении I раз в 6 мес.	
ТО-I	Выполнить все операции КО Восстановить поврежденные лакокрасочные покрытия Проверить состояние и комплектность ЗИП Устранить выявленные недостатки Проверить правильность ведения эксплуатационной документации		I раз в год, а также при постановке на кратковременное хранение	
ТО-2	Выполнить все операции ТО-I Вскрыть прибор, как указано в разделе I6 Выполнить следующие профилактические работы:		Совмещается с периодической проверкой и при постановке на длительное хранение	

Прибор сохраняет свои технические характеристики в пределах норм, указанных в пп.3.1-3.12, в рабочих условиях эксплуатации, а также после пребывания в предельных условиях с последующей выдержкой в нормальных или рабочих условиях в течение 6 ч.

3.16. Средняя наработка на отказ не менее 20000 ч. Гамма-процентный ресурс не менее 10000 ч при $\gamma = 90\%$. Гамма-процентный срок службы не менее 15 лет при $\gamma = 90\%$.

3.17. Гамма-процентный срок сохранности не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ или 5 лет для неотапливаемых хранилищ при $\gamma = 90\%$.

3.18. Среднее время восстановления работоспособного состояния не более 180 min.

3.19. Продолжительность диагностирования при проверке функционирования не более 0,5 min.

Продолжительность диагностирования при поиске дефекта с точностью до группы элементов не более 50 min.

3.20. Габаритные размеры в миллиметрах и масса прибора в килограммах приведены в табл.3.5.

Таблица 3.5

Наименование и тип прибора	Без упаковки		В укладочном ящике		В транспортной таре	
	mm	kg	mm	kg	mm	kg
Измеритель иммитанса Е7-15	254x314x184	5	597x528x327	25	724x572x404	40

4. СОСТАВ КОМПЛЕКТА ПРИБОРА

4.1. Состав комплекта прибора приведен в табл.4.1, запасное имущество и принадлежности (ЗИП) показаны на рис.4.1, 4.2.

Таблица 4.1

Наименование, тип	Обозначение	Количество	Примечание
1. Измеритель иммитанса Е7-15	2.724.014	1	
2. Комплект комбинированный:*	4.067.159	1	
1) шнур соединительный	4.860.159	1	Для включения прибора в сеть
2) устройство присоединительное 2 (УП-2)	3.624.015	1	Для подключения 2- и 3-зажимных объектов измерения (№2)
3. Комплект запасных частей:	4.070.179	1	
1) индикатор цифровой ЗЛС324Б1	0.339.103 ТУ доп.1	1	
2) индикатор единичный ЗЛ341Б	0.339.189 ТУ	1	
3) кнопка	3.604.220-01	1	
4) вставки плавкие:		1	
ВП2Б-1В 0,5 А			
250 В	0.480.005 ТУ	2	
ВП-2 0,25 А			
250 В	0.480.003 ТУ	2	
ВП-2 1А 250 В	0.480.003 ТУ	4	
6) зажим	4.835.043	1	
4. Футляр	4.162.486	1	

II.3.6. При измерении высокоомных объектов (малых емкостей, больших сопротивлений) зажимы УП-2 во избежание погрешности, обусловленной конструктивной емкостью между зажимами, не рекомендуется располагать ближе 1 см.

При измерении индуктивности на 8 пределе следует учитывать изменение начальной индуктивности до $\pm 0,1 \mu\text{H}$ при изменении взаимного расположения зажимов УП-2.

12. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

12.1. При подготовке к проведению работ по уходу за прибором, во время и после их проведения необходимо соблюдать меры предосторожности, указанные в разделе 7.

12.3. Перед проведением технического обслуживания следует подготовить необходимый инструмент, принадлежности и материалы: отвертку, плоскогубцы, кусачки, паяльник, мягкую кисть; паяльную жидкость, спиртобензиновую смесь, ветошь.

Необходимо обеспечить подачу сжатого воздуха к рабочему месту.

12.4. При непосредственном использовании прибора по назначению проводятся следующие виды обслуживания: контрольный осмотр (КО); техническое обслуживание 1 (ТО-1); техническое обслуживание 2 (ТО-2).

12.5. При кратковременном хранении (до 1 года) проводится КО.

12.6. При длительном хранении (более 1 года) проводятся: техническое обслуживание 1 при хранении (ТО-1Х); техническое обслуживание 2 при хранении (ТО-2Х).

12.7. Периодичность различных видов технического обслуживания и перечень работ по каждому виду обслуживания приведены в табл.12.1.

После длительного хранения в условиях, отличных от нормальных, прибор перед включением необходимо выдержать в распакованном и расконсервированном виде в течение 8 ч.

в режим автоматического выбора предела измерения. Номер установленного предела и режим автоматического выбора индицируется при этом на дисплее прибора (1 ... 8, A). Для установки требуемого предела измерения необходимо отпустить кнопку ПРЕДЕЛ в тот момент времени, в который на дисплее высвечивается требуемый номер предела (или режим автоматического выбора предела).

При необходимости узнать номер установленного предела нужно нажать кнопку ПРЕДЕЛ, считать номер предела и отпустить кнопку до момента изменения предела (около 1,5 с). Нахождение прибора в режиме ручной установки предела индицируется зажиганием светодиодного указателя ФИКС.

Если установленный вручную предел приводит к перегрузке измерительной цепи, на дисплее прибора появляется символ ПРГР.

II.3.5. При измерении 3-зажимных объектов точку нулевого потенциала (точка A, рис.II.3) необходимо подключать к корпусному выводу УП-2.

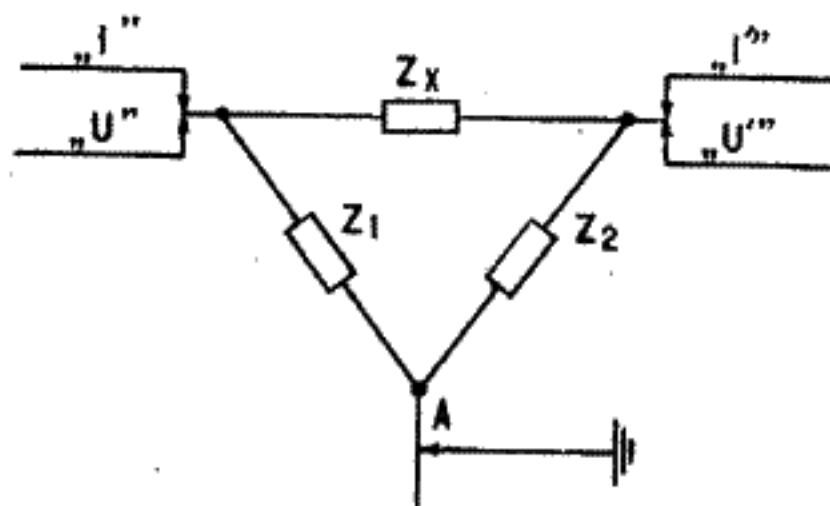


Рис.II.3

При этом не рекомендуется проводить измерения объектов, шунтирующие импедансы Z_1 и Z_2 которых на частоте измерения менее 10 кГц, так как в противном случае может значительно возрасти погрешность измерения. Показания прибора могут быть недостоверными также в случае, если сопротивление постоянному току шунтирующего элемента Z_2 меньше 1 кΩ.

Продолжение табл.4.1

Наименование, тип	Обозначение	Количество	Примечание
5. Ящик упаковочный	4.162.487	1	Только для заказчика
6. Ящик транспортный	4.171.624	1	
7. Ящик тарный	4.171.018-01	1	
8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации	2.724.014 ТО	2	Книга 1
9. Формуляр	2.724.014 ФО	1	Книга 2

*Порядковые номера комплекта комбинированного соответствуют номерам на рис.4.1, а комплекта запасных частей на рис.4.2.

5. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

5.1. В основу работы прибора положен интегрирующий метод измерения со вспомогательным опорным напряжением. Структурная схема прибора приведена на рис.5.2.

5.2. Напряжение рабочей частоты с генератора подается на измеряемый объект, подключаемый к преобразователю $Y \rightarrow U_T, U_H$. Преобразователь формирует два напряжения, одно из которых (U_T) пропорционально току, протекающему через измеряемый объект, другое (U_H) — напряжению на нем. Отношение этих напряжений равно полной проводимости (Y) объекта или полному сопротивлению (Z).

5.3. Измерение отношения напряжений проводится аппаратно-программным логометром.

Аппаратная часть логометра состоит из коммутатора, масштабного усилителя, синхронного детектора, интегратора, счетчика результата измерения. Итогом работы программной части логометра является расчет отношений напряжений.



Рис. 4.1

Таблица II.2

Пределы измерения	Составляющая иммитанса объекта измерения	Форма представления результата измерения
I-4	C	C
	L > L пред.	-C
	L < L пред.	L
	R > R пред.	C
5-8	R < R пред.	R
	L	L
	C > C пред.	-L
	C < C пред.	C
I-8	R	R
	D < 2	D
	D > 2	Q

II.3.2. Кнопкой ЧАСТОТА установить требуемую частоту измерения 100 Hz или 1 kHz.

II.3.3. При измерении емкости электролитических конденсаторов нажатием кнопки СМЕЩЕНИЕ можно подать поляризующее напряжение плюс 4,8V (со стороны выводов I, U). Ток утечки через измеряемый конденсатор не должен при этом превышать 0,2 мА.

При измерении емкости конденсаторов с подачей напряжения смещения следует учитывать, что постоянная времени заряда измеряемого конденсатора ориентировочно составляет $\tau = 3 \cdot C$, где C - емкость измеряемого конденсатора в микрофарадах, τ - в сек.

II.3.4. При нажатии кнопки ПРЕДЕЛ прибор производит автоматическое переключение пределов измерения с I по 8 и установку прибора

II.2.2. Переключатель СЕТЬ поставить в положение ВКЛ. При этом все цифровые индикаторы и светодиоды должны периодически замигаться и гаснуть в течение нескольких секунд. В течение этого времени необходимо убедиться в исправности всех индикаторов. Если же на дисплее появится один из символов H-01 ... H-06 – прибор неисправен и его следует сдать в ремонт. После завершения теста индикации прибор готов к работе.

II.2.3. При помощи кнопок на передней панели установить следующие режимы:

ПАРАМЕТР	R/G
ПРЕДЕЛ	АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР (A)
ЧАСТОТА	1 kHz
СМЕЩЕНИЕ	ВЫКЛ

При этом показания прибора должны находиться в пределах ± 2 мВ.

II.2.4. Закоротить зажимы УИ-2 при помощи медной или алюминиевой пластинки или отрезка провода. При этом показание прибора (сопротивление) должно быть в пределах ± 2 МΩ.

II.3. Проведение измерений

II.3.1. Прибор может измерять активные и реактивные параметры иммитансов измеряемых объектов по параллельной (на I-4 пределах измерения) или последовательной (на 5-8 пределах измерения) эквивалентной схеме. Относительные параметры измеряются в форме фактора потерь D или добротности Q.

Для проведения измерения достаточно подключить измеряемый объект к зажимам УИ-2 и установить нужный режим измерения. Нажатием кнопки ПАРАМЕТР пользователь может установить прибор в режим измерения реактивной составляющей иммитанса (L или C), активной (R или G) или в режим измерения относительного параметра (D или Q). Конкретная форма компоненты измеряемого иммитанса выбирается прибором автоматически в соответствии с табл. II.2.

Самое последнее и принадлежность

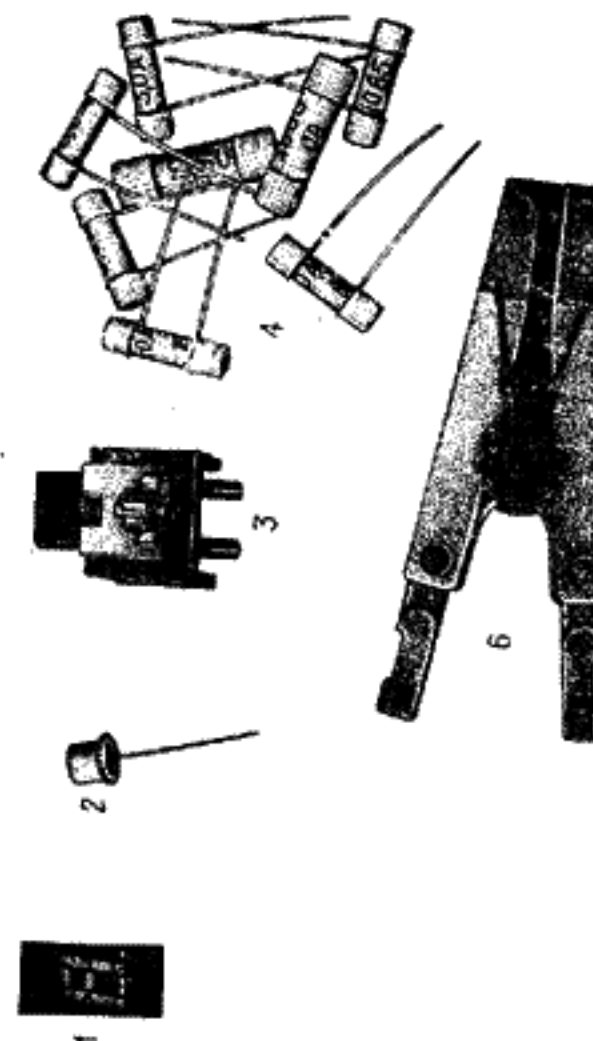


Рис. 4.2

На рис.5.1 изображены векторы $\dot{U}_T$, $\dot{U}_H$ и опорное вспомогательное напряжение $U_{оп}$ с произвольной фазой.

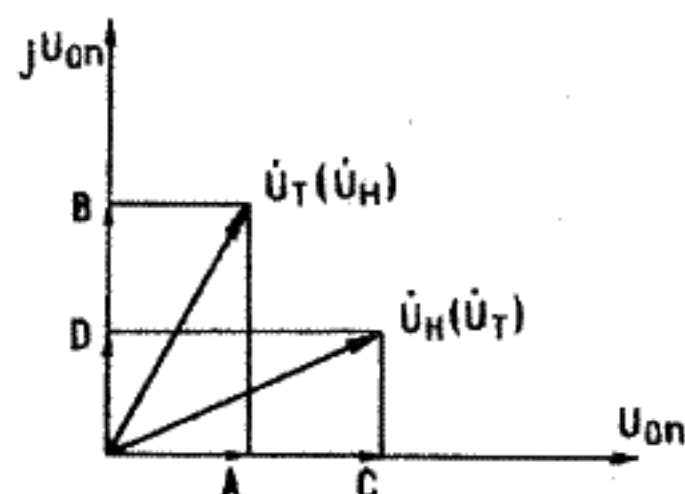


Рис.5.1

Проекция векторов $\dot{U}_T$, $\dot{U}_H$ на опорное напряжение $U_{оп}$ и $jU_{оп}$ выделяются синхронным детектором (СД) и измеряются в некотором произвольном масштабе измерителем интегрирующего типа.

Очевидны соотношения:

$$\dot{Y} = G + jB' = \frac{\dot{U}_T}{\dot{U}_H} = \frac{\dot{U}_x}{\dot{U}_o} = \frac{A + jB}{C + jD}, \quad (5.1)$$

где G - активная проводимость;

B' - реактивная проводимость;

$\dot{U}_x$ - числитель измеряемого отношения;

$\dot{U}_o$ - знаменатель измеряемого отношения;

A, B, C, D - проекции векторов $\dot{U}_T$, $\dot{U}_H$ на опорное напряжение $U_{оп}$ и $jU_{оп}$

откуда

$$G = \frac{AC + BD}{C^2 + D^2} \quad (5.2)$$

$$B' = \frac{BC - AD}{C^2 + D^2} \quad (5.3)$$

Назначение органов управления и их исходное положение приведены в табл. II.1.

Таблица II.1

Номер позиции	Маркировка	Назначение	Исходное положение
I	СЕТЬ	Передняя панель Переключатель - включение прибора	Выкл
2	ПАРАМЕТР	Кнопка - выбор измеряемого параметра	
3	ПРЕДЕЛ	Кнопка - выбор предела измерения	
4	I, U, U', I'	Для подключения УП-2	
5	ЧАСТОТА	Кнопка - выбор рабочей частоты	УП-2 подключено, измеряемый объект отключен
6	СМЕЩЕНИЕ	Кнопка - включение смещения	
I		Задняя панель Клемма защитного заземления	
2	220 V 50, 400 Hz 20 VA, 0,5 A 0,5 A	Разъем - подключение сетевого кабеля	

II.2. Подготовка к проведению измерений

II.2.1. Проверить установку органов управления и контроля в исходные положения, указанные в п. II.1.1. Проверить правильность подключения сетевого шнура и УП-2 в соответствии с маркировкой.

Аналогично

$$Z = R + jX = \frac{\dot{U}_H}{\dot{U}_T} = \frac{\dot{U}_X}{\dot{U}_O} = \frac{A + jB}{C + jD}, \quad (5.4)$$

где R — активное сопротивление;
 X — реактивное сопротивление;

или

$$R = \frac{AC + BD}{C^2 + D^2} \quad (5.5)$$

и

$$X = \frac{BC - AD}{C^2 + D^2} \quad (5.6)$$

При измерении высокоомных объектов (I-4 пределы измерения), когда генератор сигнала является источником напряжения, предпочтительнее осуществлять измерения в виде составляющих полной проводимости ($\dot{U}_X = \dot{U}_T$, $\dot{U}_O = \dot{U}_H$).

В случае измерения низкоомных объектов источник сигнала работает как генератор тока (5-8 пределы) и более удобным является измерение в форме составляющих полного сопротивления ($\dot{U}_X = \dot{U}_H$, $\dot{U}_O = \dot{U}_T$). Требуемая форма иммитанса достигается пересчетом из первичной формы (G, B' или X, R) и осуществляется контроллером. Расширение пределов измерения достигается за счет изменения коэффициента передачи усилительного тракта логометра при измерении составляющих числителя $\dot{U}_X$ в 10, 100 раз и 1000 раз.

6. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

6.1. Наименование и условное обозначение прибора нанесены в левой верхней части лицевой панели.

6.2. Заводской порядковый номер прибора и год изготовления расположены в левом верхнем углу задней панели.

Расположение органов управления на передней панели измерителя

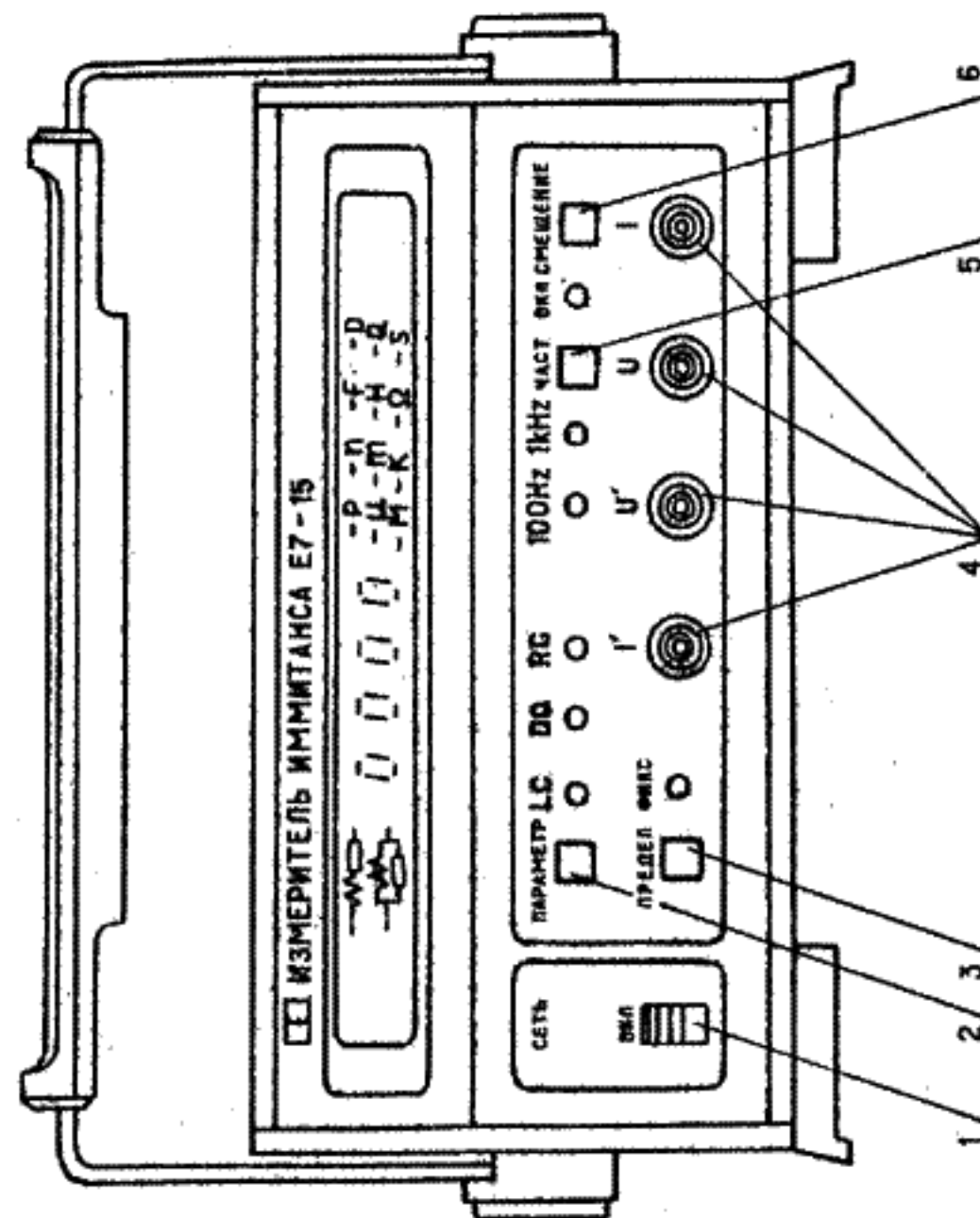


Рис. II.1

отсутствие видимых механических повреждений;
наличие и прочность крепления органов управления и коммутация, четкость фиксации их положений, наличие плавких вставок и т.п.;
чистоту гнезд, разъемов и клемм;
состояние соединительных проводов, кабелей.

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

9.3. Сделать отметку в формуляре о начале эксплуатации.
До включения прибора необходимо ознакомиться с разделами 7 и 8.

10. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

10.1. Перед началом работы следует внимательно изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением и назначением органов управления и контроля на передней и задней панелях прибора (п. II.1.1).

10.2. Разместить прибор на рабочем месте, обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

10.3. Установить органы управления, настройки и подключения в исходное положение, приведенное в разделе II.

10.4. Включить шнур питания в сеть.

II. ПОРЯДОК РАБОТЫ

II.1. Органы управления, настройки и подключения

II.1.1. Органы управления и подсоединительные разъемы расположены на передней и задней панелях прибора (рис. II.1, II.2).

6.3. Все элементы и составные части, установленные на шасси и панелях прибора, имеют маркировку позиционных обозначений в соответствии с позиционными обозначениями перечней элементов к принципиальным электрическим схемам.

6.4. Прибор, принятый ОТК и представителем заказчика, пломбируется мастичными пломбами, которые устанавливаются на винтах крепления верхней и нижней крышек прибора у задней стенки.

7. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Прибор относится к I классу защиты от поражения электрическим током.

7.3. При использовании сетевого шнура не из комплекта прибора следует проверить надежность защитного заземления. Заземление производить раньше других присоединений, отсоединение заземления – после всех отсоединений.

7.4. В процессе ремонта при проверке режимов элементов нельзя допускать соприкосновения с токонесущими элементами, так как в приборе в сетевом фильтре и на выключателе сети имеется переменное напряжение 220 В, а для питания источника смещения используется постоянное напряжение 50 В.

Замена деталей должна производиться только при обесточенном приборе.

8. РАСПАКОВЫВАНИЕ И ПОВТОРНОЕ УПАКОВЫВАНИЕ ПРИБОРА И ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ

8.1. Распаковывание прибора необходимо проводить следующим образом:

снять пломбу, стальную ленту или проволоку, обтягивающую транспортный ящик по торцам;

вскрыть крышку транспортного ящика, вынуть упаковочный лист и ведомость упаковки;

вынуть прокладку из гофрированного картона и извлечь укладочный ящик из транспортного ящика;

снять пломбу с крышки укладочного ящика, вскрыть его;
вскрыть крышку футляра, вынуть из специального отсека эксплуатационную документацию и запасное имущество, извлечь прибор.

8.2. Для упаковывания при транспортировании используются футляр, укладочный и транспортный ящики.

8.3. Упаковывание прибора перед транспортированием необходимо проводить следующим образом:

установить прибор между амортизаторами футляра;
поместить запасное имущество, предварительно обернув разъемы кабелей оберточной бумагой, в специальный отсек футляра.
положить эксплуатационную документацию, завернутую в оберточную бумагу и помещенную в полиэтиленовый пакет, в специальный отсек;

заккрыть футляр, затем закрыть и опломбировать укладочный ящик;

поместить укладочный ящик в полиэтиленовый пакет и затем в транспортный ящик, который изнутри должен быть выложен водонепроницаемой бумагой;

заполнить свободное пространство между стенками укладочного и транспортного ящиков гофрированным картоном;

поместить упаковочный лист и ведомость упаковки на верхнюю прокладку под водонепроницаемую обивку верхней крышки транспортного ящика;

закрепить гвоздями крышку транспортного ящика, обтянуть ящик стальной лентой или проволокой и опломбировать его.

8.4. Эскиз упаковки приведен на рис.8.1. Основные и дополнительные надписи выполнить на ярлыке транспортного ящика.

П р и м е ч а н и е. Укладочный ящик применяется только для приборов, поставляемых заказчику.

9. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ

9.1. При внешнем осмотре необходимо проверить:

сохранность пломб;

комплектность в соответствии с 2.724.014 Ф0;

Эскиз упаковки измерителя

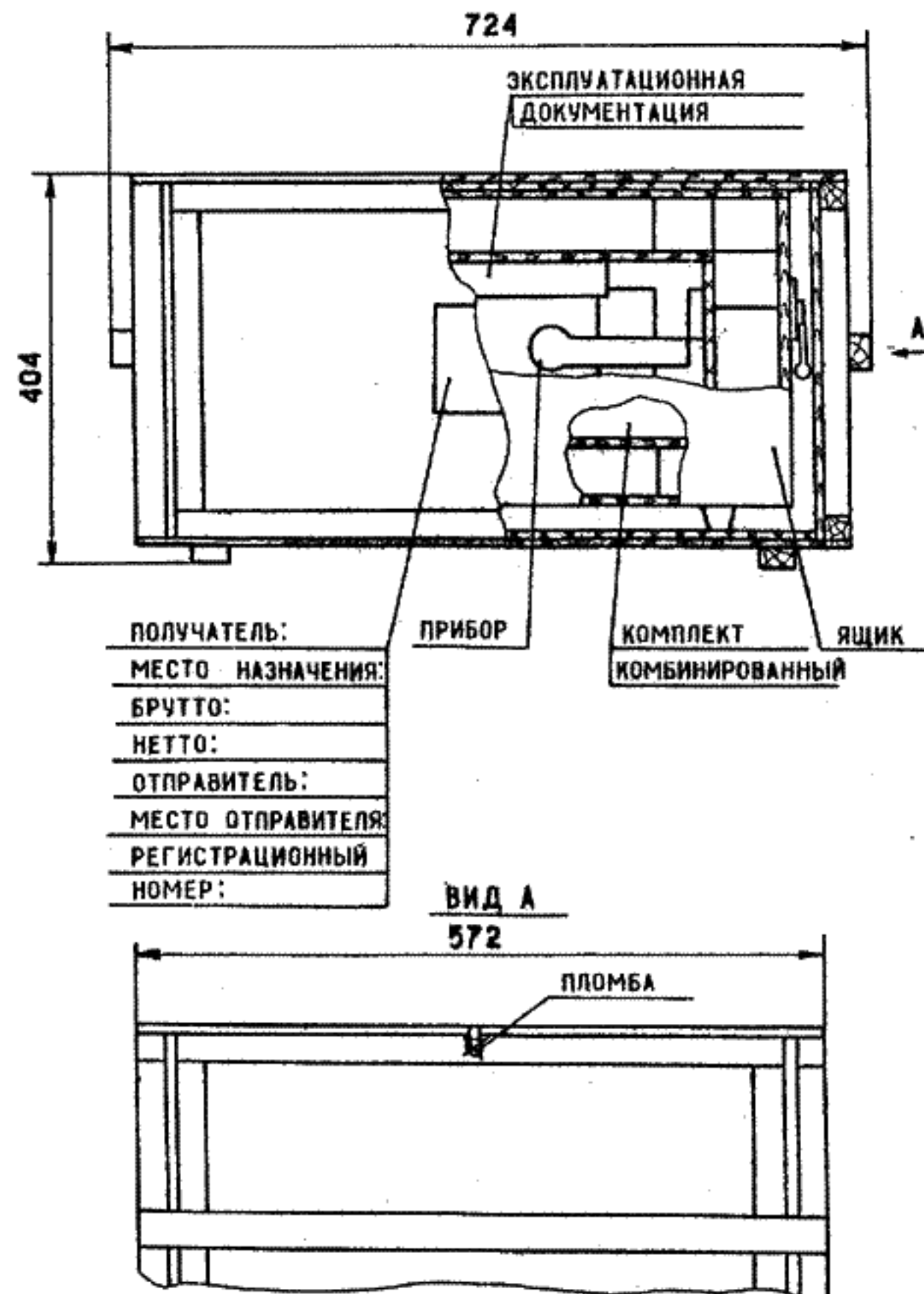
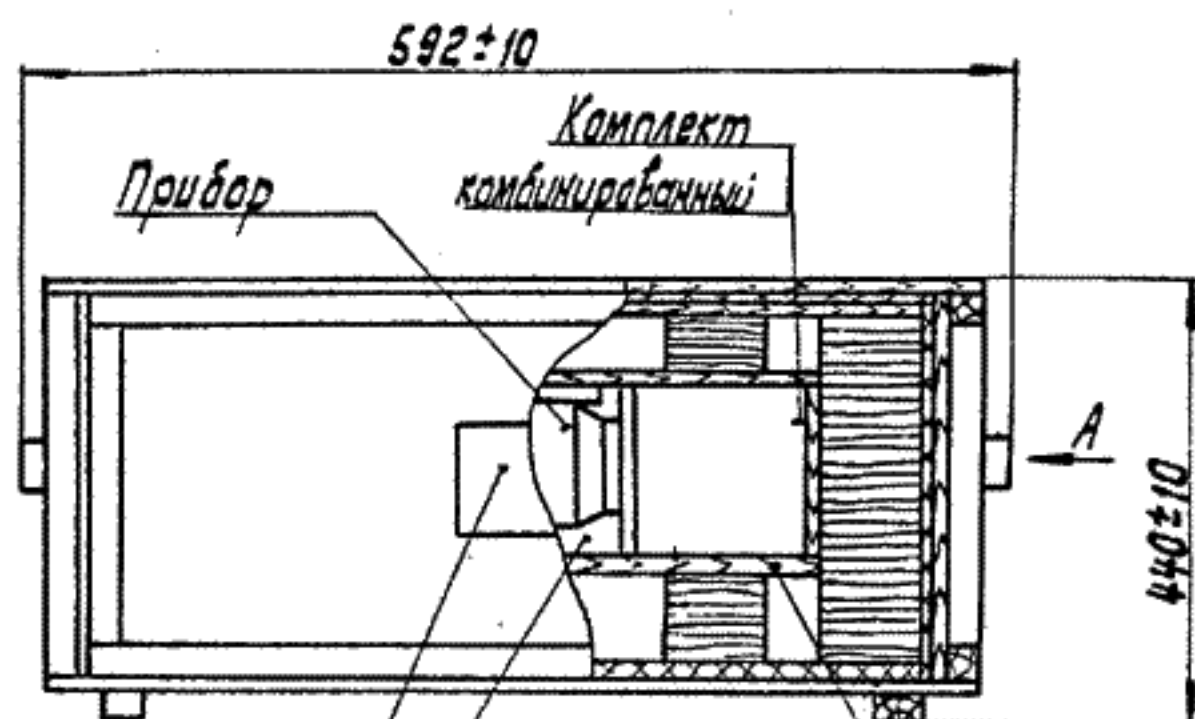


Рис.8.1

В техническом описании изделия Е7-15
на стр. 21 изменен рис. 81



Получатель:

место назначения

Брутто:

Нетто:

Отправитель:

Места отправления:

регистрационный номер.

Эксплуатационная документация

Футляр

Вид А

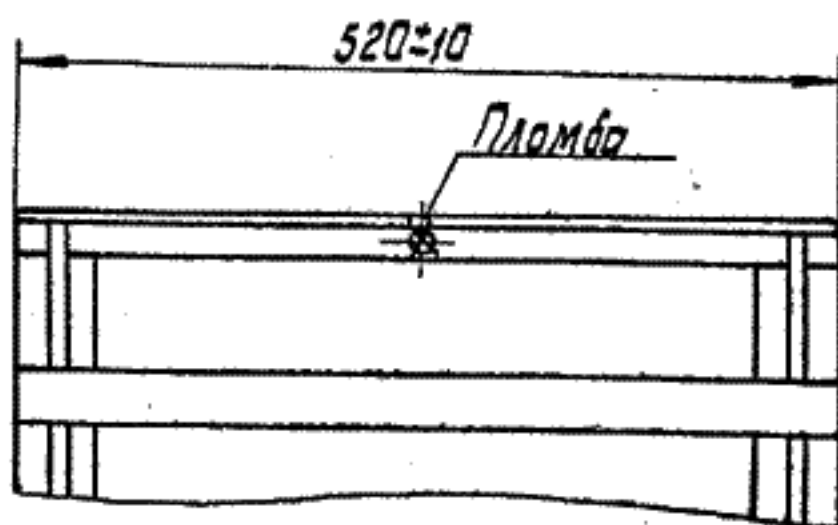


Рис. 81

В техническом описании 2.724.014 Т0 изделия Е7-15 на стр.19 строки 31, 32 сверху должно быть: -

Вынуть прокладки из гофрированного картона и извлечь футляр из транспортного ящика.

На стр.20 строки 1, 4, 5, 13, 14, 16; 15, 17, 18, 19 сверху должно быть:

Снять пломбу с запоров футляра.

8.2. Для упаковки при транспортировании используются футляр и транспортный ящик.

Закрыть и пломбировать футляр.

Поместить футляр в транспортный ящик, который изнутри должен быть выложен водонепроницаемой бумагой.

Заполнить свободное пространство между стенками футляра и транспортного ящика гофрированным картоном.

Стр.13, табл.4.1

Имеется		Должно быть
Ящик укладочный 4.162.487	I	Аннулирован

Схема алгоритма диагностирования для локализации неисправности в аналоговом блоке или цифровой секции

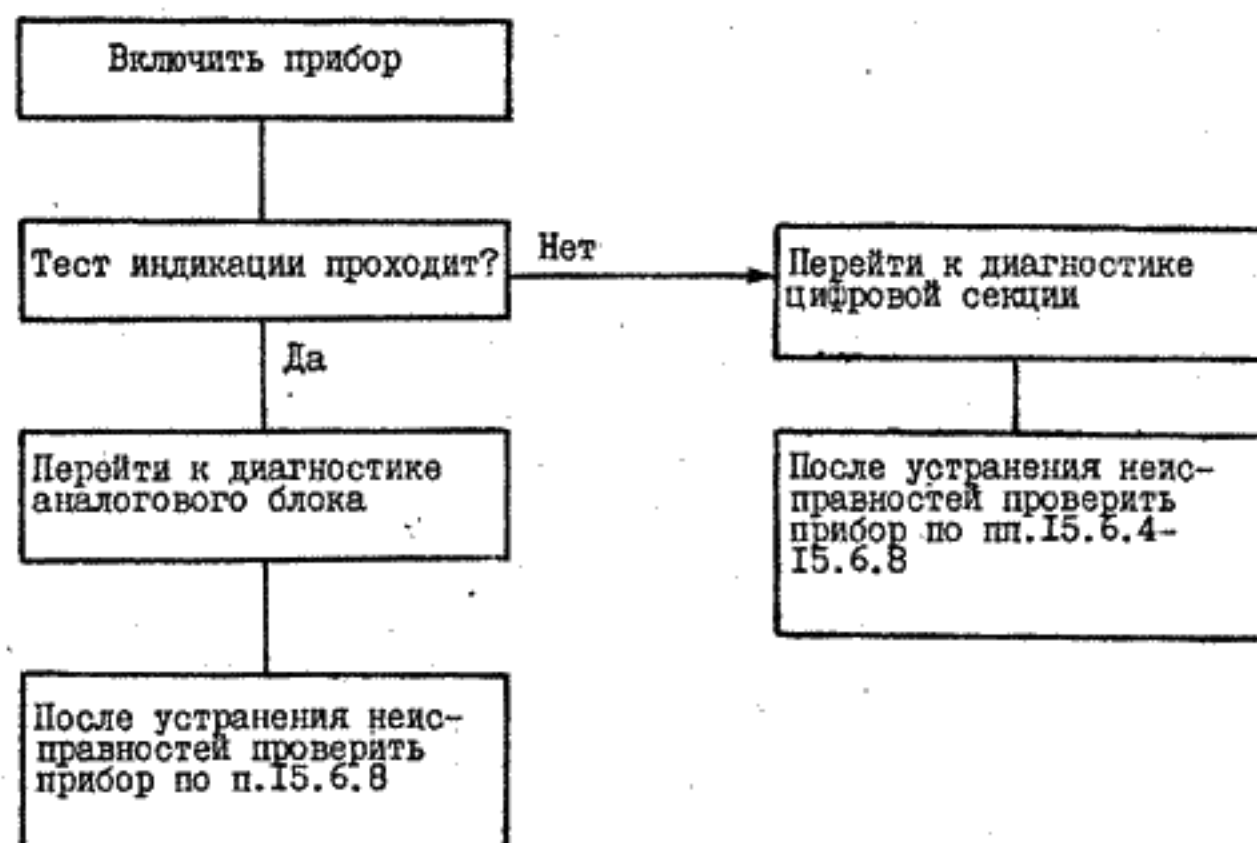


Рис.19.1

Продолжение табл.16.1

Наименование блоков	Условное обозначение по схеме
8. Регулировка +5 v	-
9. Регулировка ± 10 v	-

Примечание. Порядковые номера табл.16.1 соответствуют номерам на рис.16.2.

Для каждого блока размещение элементов приведено в 2.724.014 ТО (книга 2).

Способы снятия блоков и узлов прибора просты и не требуют специальных указаний.

16.3. Перечень элементов регулировки и настройки, находящихся внутри прибора на плате цифрового блока, приведен в табл.16.2.

Таблица 16.2

Позиционное обозначение по электрической схеме	Наличие регулируемого элемента	Обозначение контрольной точки	Значение параметра в контрольной точке	Рисунок, позиция
R2 (3.031.152)	Установка уровня источника +10 v -10 v	XI:1 XI:2	+10 v -10 v	рис.16.2 № 9
RI8 (3.031.152)	Установка уровня источника +5 v	X7:3	+5 v	рис.16.2 № 8

16.4. Сведения, необходимые для заказа составных частей и комплектующих элементов, примененных в приборе при организации ремонта, приведены в табл.16.3.

Таблица 16.3

Наименование	Кол. в приборе	Расход на ремонт 10 приоб., шт.	Код ОКП	Примечание
Датчики, преобразователи				
Резонатор К1-4БН-12,8М-В 3.382.255 ТУ	I	I		
Конденсаторы К10-17 0.460.107 ТУ				
Конденсаторы К50-29 0.464.156 ТУ				
Конденсаторы К53-4а 0.464.149 ТУ				
Конденсаторы К73-16 0.461.108 ТУ				
К10-17-16-М47-68 pF±5%	I	I		
К10-17-16-М47-220 pF±10%	2	I		
К10-17-16-М47-470 pF±10%	I	I		
К10-17-16-М47-680 pF±5%	3	I		
К10-17-16-Н90-0,15 μF	34	I		
К10-17-26-М47-6800 pF±5%	3	I		
К50-29-16В-100 μF	3	I		
К50-29-16В-2200 μF	2	I		
К50-29-25В-47 μF	2	I		
К50-29-25В-220 μF	2	I		
К53-4а-6,3 В-10 μF±20%	I	I		
К53-4а-6,3 В-47 μF±20%	I	I		
К53-4а-16В-15 μF±20%	22	I		
К53-4а-16В-33 μF±20%	I	I		
К53-4а-16В-100 μF±20%	I	I		
К72П-6-200-0,1 μF±5% 0.461.024 ТУ	I	I		
К73-16-63 В-10 μF±5%	I	I		
К73-16-160 В-0,068 μF±5%	2	I	6173361383	
К73-16-630 В-0,01 μF±5%	3	I		
К73-16-630 В-0,01 μF±10%	2	I		
Схемы интегральные				
ИНТ251А 3.456.000 ТУ	3	I		
Диодная матрица 2Д906А 3.362.105 ТУ	2	I	6341107375	
ИЗДИ10 3.088.023 ТУ62	I	I	6331110000	Д

Продолжение табл.19.1

Наименование	Тип, маркировка	Код ОКП	Назначение и используемые параметры	Примечание
2. Меры емкости	P597		200, 400 pF I nF $\delta=0,05\%$ $\Delta D=3 \cdot 10^{-4}$	
3. Вольтметр цифровой	B7-34А		10 В $\delta=2\%$	
4. Частотомер	ЧЗ-47А	6683134047	F=0,1-1 кГц $\delta=0,003\%$	
5. Осциллограф	С1-65А	6684110065	$\delta=6\%$, 10 В	
6. Анализатор сигнатурный	817	6687480817		

Примечания: I. Вместо указанных в таблице средств измерения разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.

2. Средства измерений должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ГОСТ 8.513-84.

19.4. Поиск неисправностей

19.4.1. Разделение неисправностей по узлам

Если при включении прибора не загорается ни один из сегментов индикаторов, то необходимо проверить сетевые предохранители и неисправные заменить. Если неисправность осталась, то действовать в соответствии со схемами алгоритмов диагностирования (САД). САД для локализации неисправности в аналоговом блоке или цифровой секции, которая включает в себя цифровой блок и блок управления, приведена на рис.19.1. САД для локализации неисправности в цифровом блоке или блоке управления приведена на рис.19.2. При поиске неисправностей устройство присоединительное УП-2 должно быть подключено.

верку метрологических характеристик в соответствии с САД по разделению неисправностей по узлам.

19.2. Меры безопасности и защиты прибора

19.2.1. Меры безопасности приведены в разделе 7.

Замена элементов должна проводиться только в обесточенном приборе. Для защиты от статического электричества необходимо применять заземляющий браслет с сопротивлением в цепи заземления 1 Мом.

При пайке элементов следует применять теплоотводящие приспособления. Выводы элементов следует изгибать в соответствии с рекомендациями по применению.

19.3. Перечень контрольно-измерительной и диагностической аппаратуры

19.3.1. Для поиска неисправностей внутри узлов используется контрольно-измерительная и диагностическая аппаратура, приведенная в табл.19.1.

Вольтметр используется при проверке напряжений постоянного тока. Проверка переменных напряжений, амплитуд импульсов, соответствия сигналов рисункам, наличие сигналов, их длительность проверяется осциллографом.

При проверке логических микросхем необходимо следить за их уровнями. Уровню "нуля" соответствует уровень от минус 0,4В до плюс 0,4В; уровень "единицы" должен соответствовать 2,4-5В для TTL-микросхем.

Меры сопротивления и емкости используются при проверке метрологических характеристик прибора после устранения неисправности.

Таблица 19.1

Перечень контрольно-измерительной и диагностической аппаратуры

Наименование	Тип, маркировка	Код ОКП	Назначение и используемые параметры	Примечание
I. Набор мер сопротивления образцовых	H2-I	6682I2000I	I, IO, IOO м I, IO, IOO к I Мом $\delta=0,05\%$ $\Delta T=3 \cdot 10^{-8} C$	

Продолжение табл.16.3

Наименование	Кол. в приборе	Расход на I ремонт IO приоб., шт.	Код ОКП	Примечание
I33ЛH5 3.088.023 TY43	I	I		Д
I40YD6A 0.347.004 TY4	2	I	633II4755	Д
I40YD7 0.347.004 TY5	4	I	633II4775	Д
I42EHIB 0.347.098 TYI	2	I	633II5535	Д
504HT4B 0.348.003 TY	4	I	633II30I85	Д
533ИД4 0.347.14I TYI5	I	I	633II33775	Д
533ИЕ7 0.347.14I TY3	2	I	633II33825	Д
533ИPI6 0.347.14I TY3	2	I	633II33925	Д
533ЛA3 0.347.14I TYI	I	I	633II34I05	Д
533ЛЕI 0.347.14I TY7	I	I	633II34I55	Д
533ЛH1 0.347.14I TYI	3	I	633II342I5	Д
533ЛH2 0.347.14I TYI4	2	I	633II34225	Д
533TM2 0.347.14I TYI6	I	I	633II343I5	Д
533TM2 0.347.14I TY44	I	I	633II34325	Д
542HД5 3.454.000 TY	I	I		Д
544YD2A 0.347.040 TY	5	I	633II36745	Д
556PT7 0.347.239 TY7	I	I		Д
564ИЕIO 0.347.064 TY9	2	I		Д
564ИЕI5 0.347.064 TYI7	I	I		Д
564ИP2 0.347.064 TYII	I	I		Д
564ИPII 0.347.064 TYI5	2	I		Д
564ЛH2 0.347.064 TY2	I	I		Д
580BB55 0.347.28I-02 TY	I	I	633II53785	Д
580BI53 0.347.28I-06 TY	I	I	633II54335	Д
M556PT7 0.347.237 TY7	I	I	633II38I55	Д
MI8I6BE48 0.348.839-0I TY	I	I		
Устройства защитные				
Вставка плавкая ВПИ-2 0,25 А 250 В 0.480.003 TY	2	I		

Продолжение табл.16.3

Наименование	Кол. в при- боре	Расход на I ремонт IO приоб., шт.	Код ОКП	Приме- чание
Вставка плавкая ВП-2 I,0 A 250 V 0.480.003 ТУ	4	I		
Вставка плавкая ВП2Б-1В 0,5 A 250 V 0.481.005 ТУ	2	I		
Устройства индикационные и сигнальные				
Индикатор цифровой ЗЛС324Б1 0.339.103 ТУ доп. I	9	I	6349556765	
Катушки индуктивности, дроссели				
Катушка индуктивности ВЧ КО-III 0,8 $\mu\text{H} \pm 5\%$ 4.777.097 Сп	I	I		
Дроссель высокочастотный ДМ-0, I-50 $\mu\text{H} \pm 5\%$ -В 0.477.005 ТУ	3	I		
Катушка индуктивности 4.777.846	I	I		
Резисторы Р2-67 0.467.563 ТУ				
Резисторы С2-29В 0.467.099 ТУ				
Резисторы С2-33 0.467.093 ТУ				
Р2-67-0, I25 -320 $\Omega \pm 0,01\%$ -I-A-B	3	I		
Р2-67-0, I25-2 $k\Omega \pm 0,01\%$ -I-A-B	I	I		
Р2-67-0, I25-2,87 $k\Omega \pm 0,01\%$ -I-A-B	3	I		
С2-29В-0, I25- 10 $\Omega \pm 0,5\%$ -I,0-A	3	I		
С2-29В-0, I25-10 $k\Omega \pm 0,1\%$ -I,0-A	5	I		
С2-29В-0, I25-10,1 $k\Omega \pm 0,05\%$ -0,5-C	3	I		
С2-29В-0, I25-20 $k\Omega \pm 0,1\%$ -I,0-A	I	I		
С2-29В-0, I25-156 $k\Omega \pm 0,1\%$ -I,0-A	I	I		
С2-29В-0, I25-160 $k\Omega \pm 0,1\%$ -I,0-A	I	I		
С2-29В-0, I25-255 $k\Omega \pm 0,1\%$ -I,0-A	I	I		

Контроллер ждет появления сигнала КОНЕЦ РАБОТЫ ТАЙМЕРА в течение 200 мс после начала отсчета временного интервала таймером, т.к. все интервалы времени, которые вырабатывает таймер, менее 200 мс. Если через 200 мс сигнала нет, то контроллер выдает сообщение Н-05 и переходит к следующему такту работы прибора.

Сигнал КОНЕЦ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ считается отсутствующим, если он не появился в течение 200 мс после заряда конденсатора интегратора. В этом случае выдается сообщение Н-06. Далее выполняется следующий такт работы прибора.

Сообщения Н-04...Н-06 чередуются с произвольными показаниями на дисплее прибора.

19. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

19.1. Общие указания

19.1.1. Раздел предназначен для использования при проведении ремонтных работ.

19.1.2. Ремонт прибора должен проводиться в ремонтных органах специалистом с образованием не ниже среднетехнического.

Средняя норма на ремонт 180 min.

При проведении ремонта после замены элементов необходимо промыть места паяк спиртобензиновой смесью из расчета 0,1 мл на пайку.

19.1.3. В силу большого объема программного обеспечения прибора информация о содержимом ППЗУ не приводится. При необходимости замены вышедшей из строя микросхемы ППЗУ, исправная ППЗУ может быть поставлена потребителю за отдельную плату. При запросе необходимо указать заводской номер прибора, год его выпуска, номер ППЗУ согласно принципиальной схеме 3.031.152 ЭЗ.

19.1.4. После обнаружения любых неисправностей и их устранения следует провести опробование прибора в соответствии с разделом II.2. Если прибор удовлетворяет требованиям п. II.2, то следует провести про-

Таблица 18.1

Тест	Сообщение на дисплее	Примечание
Проверка ОЗУ	H-00	Проверяется визуально
Проверка ПЗУ0	H-01	
Проверка ПЗУ1	H-02	
Проверка параллельного интерфейса	H-03	
Проверка индикации	-	
Проверка компоненты Z	H-04	
Проверка сигнала КОНЕЦ РАБОТЫ ТАЙМЕРА	H-05	
Проверка сигнала КОНЕЦ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ	H-06	

Режим самопроверки возможен в случае исправного "ядра" программы, размещенного в нескольких ячейках ПЗУ. ОЗУ проверяется на запись и считывание (кроме первых двух ячеек). В тесте ПЗУ подсчитывается контрольная сумма ПЗУ, а затем она сравнивается со значением, содержащимся в "ядре". При совпадении прибор переходит к следующему тесту - параллельного интерфейса.

Параллельный интерфейс проверяется как ячейка памяти. В него записывается, а затем считывается информация. Записываемая и считываемая информации должны совпадать. Следующий тест - индикация. Результаты этой проверки оцениваются визуально - должны загораться и гаснуть все используемые сегменты цифровых индикаторов и все светодиоды. После теста индикации прибор переходит в режим измерений.

В режиме измерений во время каждого измерительного цикла контроллер проверяет величину компоненты Z (нуль интегратора). Если величина компоненты Z выходит за допустимые пределы, то выдается сообщение H-04. Кроме того, в режиме измерений контроллер проверяет сигналы КОНЕЦ РАБОТЫ ТАЙМЕРА и КОНЕЦ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ.

Продолжение табл.16.3

Наименование	Кол. в приборе	Расход на I ремонт IO прибор., шт.	Код ОКП	Примечание
C2-29B-0,125-277 к Ω $\pm 0,1\%$ -1,0-A	2	I		Д
C2-29B-0,125-312 к Ω $\pm 0,1\%$ -1,0-A	I	I		Д
C2-29B-0,125-361 к Ω $\pm 0,1\%$ -1,0-A	2	I		Д
C2-29B-0,125-511 к Ω $\pm 0,25\%$ -1,0-A	I	I		Д
C2-29B-0,125-673 к Ω $\pm 0,1\%$ -1,0-A	2	I		Д
C2-29B-0,25-1,21 М Ω $\pm 0,25\%$ -1,0-A	I	I		Д
C2-33-0,125-1 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-7,5 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-10 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	18	I		Д
C2-33-0,125-15 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125-100 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	9	I		Д
C2-33-0,125-1 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125- 1,05 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125- 1,3 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	10	I		Д
C2-33-0,125-1,8 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 2 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	10	I		Д
C2-33-0,125-2,05 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-2,2 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-2,49 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125-2,67 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125- 3,3 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 3,9 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 4,3 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 4,7 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	1	I		Д
C2-33-0,125- 5,6 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 10 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125- 10 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	14	I		Д
C2-33-0,125- 15,4 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	2	I		Д
C2-33-0,125- 20 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	13	I		Д
C2-33-0,125- 21,5 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	8	I		Д

Продолжение табл.16.3

Наименование	Кол. в при-боре	Расход на I ремонт IO приоб., шт.	Код ОКП	Примечание
C2-33-0,125-36,5 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-38,3 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-51 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	7	I		Д
C2-33-0,125-59 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-150 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-215 к Ω $\pm 1\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,125-300 к Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	3	I		Д
C2-33-0,125-390 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	9	I		Д
C2-33-0,125-820 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
C2-33-0,5-56 Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	8	I		Д
C2-33-0,5-I M Ω $\pm 5\%$ -A-B-B	I	I		Д
CH5-16BA-0,25 W 680 Ω $\pm 10\%$	I	I		
CH5-16BA-0,25 W 1,5 к Ω $\pm 10\%$	I	I		
Устройства коммутационные				
Тумблер ТЗ 0.360.007 ТУ	I	I		
Переключатель кодовый 3.600.066-02	I	I		Д
Кнопка 3.604.004-16	4	I		Д
Трансформаторы				
Трансформатор 4.702.555	I	I		Д
Диоды				
Диод 2Д202В 3.362.035 ТУ	2	I	634II04I95	
Диод 2Д522Б 3.362.029-01 ТУ	14	I	634II08555	Д
Стабилитрон 2С133Г 3.362.839 ТУ	I	I	634III0I95	
Стабилитрон 2С156В 3.362.839 ТУ	2	I	634III0225	
Стабилитрон 2С182Ж 3.362.825 ТУ	I	I	634II09695	
Стабилитрон 2С212Ж 3.362.825 ТУ	5	I	634II09735	Д
Индикатор единичный 3Л341Б 0.339.189 ТУ	7	I	6349555485	

17.3.3. Блок управления

Принципиальная схема блока управления приведена на рис.8 2.724.014 Т0 (книга 2).

ОЗУ дисплея выполнено на микросхемах D7 и D6 с независимыми адресами записи и чтения. Усилитель строк двухкаскадный, первый каскад выполнен на микросхемах с открытым коллектором D8, D15.4, D15.5, второй на N-P-N транзисторных сборках D3, D4. Счетчик-сканер выполнен на двоичном счетчике D2. Для согласования по нагрузке счетчика с дешифратором столбцов между ними включены инверторы D5.1 - D5.3. Инверсия не приводит к искажению результата, так как управление адресом чтения ОЗУ и дешифратором столбцов происходит параллельно. Для уменьшения паразитной подсветки сегментов индикаторов, вызываемой неодновременностью срабатывания транзисторных ключей строк и столбцов в момент смены информации в ОЗУ, на дешифратор столбцов подается гасящий импульс. Усилитель столбцов выполнен на транзисторах VT1-VT7. Структура светодиодной матрицы приведена в табл.17.5.

Схема расположения ЭРЭ приведена на рис.9, IO 2.724.014 Т0 (книга 2).

17.3.4. Измеритель иммитанса Е7-15 2.724.014

Принципиальная схема измерителя иммитанса Е7-15 приведена в 2.724.014 Т0 (книга 2) (рис.11).

На схеме показаны все межблочные соединения, схема соединения силового трансформатора с блоком цифровым и принципиальная схема сетевого фильтра.

18. ДИАГНОСТИКА ПРИБОРА

18.1. Режим самопроверки

18.1.1. При включении прибора после задержки примерно в 2 с прибор автоматически входит в режим самопроверки. При этом исполняются тесты ОЗУ, ПЗУ, параллельного интерфейса, индикации.

Сообщения, выдаваемые на дисплей при обнаружении неисправностей, приведены в табл.18.1.

лельный интерфейс выполнен на микросхеме D16. Триггер конца преобразования выполнен на D20.1. Микро-ЭВМ устанавливает триггер в состояние "1" по входу С. При этом разрешается прохождение счетных импульсов на счетчик младших разрядов результата измерения, выполненный на микросхемах D19 и D20.2. Одновременно начинается разряд конденсатора интегратора фиксированным током. Когда конденсатор интегратора разрядится до нуля, на вход R приходит сигнал КОНЕЦ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ, триггер D20.1 устанавливается в состояние 0, прохождение счетных импульсов на D19 запрещается. Переключение триггера через параллельный интерфейс передается в микро-ЭВМ, которая считывает результат измерения с таймера и через параллельный интерфейс — со счетчика младших разрядов результата измерения.

В 2.724.014 Т0 (книга 2) (рис.5) приведена схема блока питания. Микросхема D9 и транзистор VT4 образуют последовательный стабилизатор напряжения +5 В. Для получения более высокого КИД силовой транзистор VT4 питается от напряжения меньшего, чем напряжение питания микросхемы D9. Выпрямители источника построены по двухполупериодной схеме. Резистор R20 служит датчиком схемы защиты от короткого замыкания.

Источник +10 В выполнен на микросхеме D3 и транзисторе VT3 аналогично, но для уменьшения выходного сопротивления источника между подстроечным резистором и выходом источника включен стабилитрон VD7.

Источник -10 В выполнен на микросхеме D4 и транзисторе VT1. На базе транзистора VT1, управляемого микросхемой D4, напряжение должно быть приблизительно минус 10,7 В. Так как это напряжение превышает выходные напряжения источников +10 В и -10 В, то для того, чтобы микросхема D4 могла питаться от источников, база транзистора VT1 подключается к выходу микросхемы D4 через стабилитрон VD1 и резистор R8. Напряжение стабилизации стабилитрона задается током, протекающим по резистору R3, подключенному ко входному напряжению источника -10 В. Транзистор VT2 и резистор R5 служат для ограничения тока короткого замыкания.

Схема расположения ЭРЗ на плате блока цифрового приведена в 2.724.014 Т0 (книга 2) (рис.6).

Продолжение табл. I6.3

Наименование		Кол. в при-боре	Расход на I ремонт IO приб., шт.	Код ОКП	Примечание
Транзисторы					
2П307А	3.365.008 ТУ	4	I	634II40265	Д
2Т208Е	3.365.035 ТУ	10	I	634II24315	Д
2Т312Б	3.365.143 ТУ	I	I	634II26165	Д
2Т313Б	0.336.049 ТУ	I	I	634II27605	Д
2Т827В	0.339.119 ТУ	I	I	634II35815	Д
2Т830А	0.339.139 ТУ	8	I	634II35895	Д
2Т831А	0.339.140 ТУ	I	I	634II35905	Д
Соединители контактные					
Соединитель	3.640.040	4	I		
Розетка	3.640.305	4	I		
Вилка	3.645.305	I	I		
Вилка	3.645.308-01	4	I		Д
Вилка	3.645.308-02	I	I		Д
Вилка	3.645.308-03	I	I		Д
Розетка	3.647.329-01	4	I		Д
Розетка	3.647.329-02	I	I		Д
Розетка	3.647.329-03	I	I		Д

Примечание. Наличие буквы "Д" в графе "Примечание" означает, что элемент содержит драгоценные металлы.

I7. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ

I7.1. Общие указания

I7.1.1. Раздел предназначен для изучения работы прибора во всех режимах по электрической функциональной и принципиальной схемам при ознакомлении с прибором.

17.2. Описание электрической функциональной схемы прибора

17.2.1. Блок аналоговый

Аналоговый блок состоит из следующих основных узлов: генератора, преобразователя с масштабным усилителем, синхронного детектора, интегратора.

Функциональная схема генератора приведена на рис.17.3.

Генератор служит для формирования измерительного сигнала с частотой f_0 , равной 1 или 0,1 кГц; для формирования напряжений опорной частоты со сдвигом по фазе 90 градусов относительно друг друга, что необходимо для работы синхронного детектора; для подачи напряжения смещения на измеряемый объект.

Измерительный сигнал формируется специализированным цифроаналоговым преобразователем (ЦАП), входы весовых резисторов которого подключены к выходам кольцевого счетчика с последующей фильтрацией высших гармоник 2-звенным RC-фильтром.

На вход генератора поступает напряжение с частотой 800 кГц с цифрового блока. Делитель, выполненный на микросхеме D18 делит эту частоту на 50 или 500 в зависимости от управляющего сигнала "1 кГц". С выхода делителя сигнал с частотой 16 f_0 поступает на кольцевой счетчик, выполненный на микросхемах D21 и D23. Двоичный счетчик на микросхеме D21 делит частоту входного сигнала на 16, с его выхода сигнал с частотой f_0 поступает на информационный вход сдвигового регистра D23. На тактовый вход регистра поступает частота 16 f_0 , поэтому регистр сначала заполняется "нулями", потом "единицами" и т.д. К выходам регистра подключены весовые резисторы R105, R102, R101, R99, R97, R95, R104. Такая схема позволяет получить 8-уровневую аппроксимацию синусоиды с частотой f_0 .

Номинальные значения резисторов подобраны так, что в идеальном случае в спектре сигнала присутствуют, кроме первой гармоники, только гармоники с номерами $16N \pm 1$, где $N = 1, 2 \dots$

Осциллограммы напряжений на выходах регистра D23 и форма на выходе ЦАП (при отсутствии фильтрующих конденсаторов C43, C46, C40) приведены на рис.17.1.

Все операционные усилители аналогового блока, а также некоторые цифровые микросхемы и резисторы "подтяжки" уровней TTL до плюс 5 В подключаются к питающим напряжениям через фильтрующие цепочки. Это уменьшает взаимовлияние микросхем. Для уменьшения влияния помех на сигналы управления все сигналы управления интегратором пропускаются через буферные элементы.

Расположение ЭРЭ на плате блока аналогового приведено на рис.4 2.724.014 Т0 (книга 2).

17.3.2. Блок цифровой

Принципиальная схема контроллера приведена на рис.5 2.724.014 Т0 (книга 2).

На элементах D15.1 и D15.2 выполнен задающий генератор, его частота стабилизирована кварцем. С выхода D15.2 частота 12,8 МГц поступает на делитель частоты D14 и через вентиль D11.3 на счетчик младших разрядов результата измерения D19. С вывода 2 делителя частоты D14 через усилители D15.3...D15.5 на микро-ЭВМ поступает частота 3,2 МГц. С вывода 7 D14 на таймер D17 и аналоговый блок поступает частота 800 кГц.

При включении прибора на микро-ЭВМ действует сигнал СБРОС. Его длительность определяется емкостью конденсатора C34. После окончания сигнала СБРОС микро-ЭВМ начинает работу в соответствии с программой, записанной в ПЗУ.

На микросхемах D10 и D7 выполнен фиксатор адреса. Запоминание адреса происходит по срезу сигнала ALE.

ПЗУ выполнено на микросхемах D8 и D21. Выбор микросхемы D8 или D21 осуществляется с помощью инвертора D15.6 ПЗУ выдает информацию по сигналу PME от микро-ЭВМ.

Дешифратор адреса выполнен на микросхемах D13, D12.1, и осуществляет выбор параллельного интерфейса, таймера или дисплея. Работа дешифратора стробируется командой WR. Элементы D12.2; D11.2; D12.3 служат для формирования импульса записи в ОЗУ дисплея.

Таймер выполнен на микросхеме D17. Элементы D12.4 и D11.1 служат для выделения сигнала интегрирования длительностью 40 мс. Парал-

При напряжении на коллекторе транзистора D15.2 минус 10 В транзистор VT5 открыт, а транзистор VT6 заперт, инвертирующий вход микросхемы D3 соединен с ее выходом, $K=1$.

Второй и третий каскады усиления масштабного усилителя выполнены аналогично.

На рис.3 2.724.014 Т0 (книга 2) приведена электрическая принципиальная схема интегратора. На микросхеме D10 выполнен предварительный каскад интегратора. Сигнал с выхода масштабного усилителя поступает на резистор R64. После этого резистора стоит ключ размыкания сигнала на микросхеме D9, представляющей собой сборку из 2 полевых транзисторов. При высоком потенциале сигнала ВКЛ.0 транзистор, пропускающий измерительный сигнал на вход микросхемы D10, заперт, а транзистор, подключающий R64 к корпусу, открыт. Цепь сигнала разомкнута. При низком потенциале сигнала ВКЛ.0 цепь измерительного сигнала замкнута. Транзистор VT11 включается на частоте 100 Гц.

После предварительного каскада измерительный сигнал поступает на синхронный детектор. Работа синхронного детектора подробно рассмотрена в п. I7.4.1.

Далее через транзистор D6.1 измерительный сигнал поступает на интегратор — операционный усилитель D12. Опорное напряжение для задания тока разряда интегратора снимается со стабилитрона VD6. Для уменьшения пульсации ток на стабилитрон VD6 подается через генератор тока на транзисторе VT8. Диод VD9 ограничивает напряжение на стоке транзистора D7.1. Для приведения в исходное состояние конденсатор интегратора замыкается через резистор R47. Диоды VD4 и VD5 ограничивают напряжение на стоке транзистора D7.2.

К выходу микросхемы D12 подключен компаратор на операционном усилителе D13. Для исключения насыщения операционного усилителя в его обратную связь включены встречно-параллельные диоды VD10, VD11. Стабилитрон VD12 сдвигает уровень ограничения положительного напряжения на 3,3 В.

Выход микросхемы D13 нагружен на триггер Шмитта D14.4, который обеспечивает необходимую крутизну фронтов сигнала компаратора. Резистор R80 уменьшает отрицательное напряжение на входе триггера D14.4.

Осциллограммы напряжений на выходах регистра D23 и выходе ЦАП

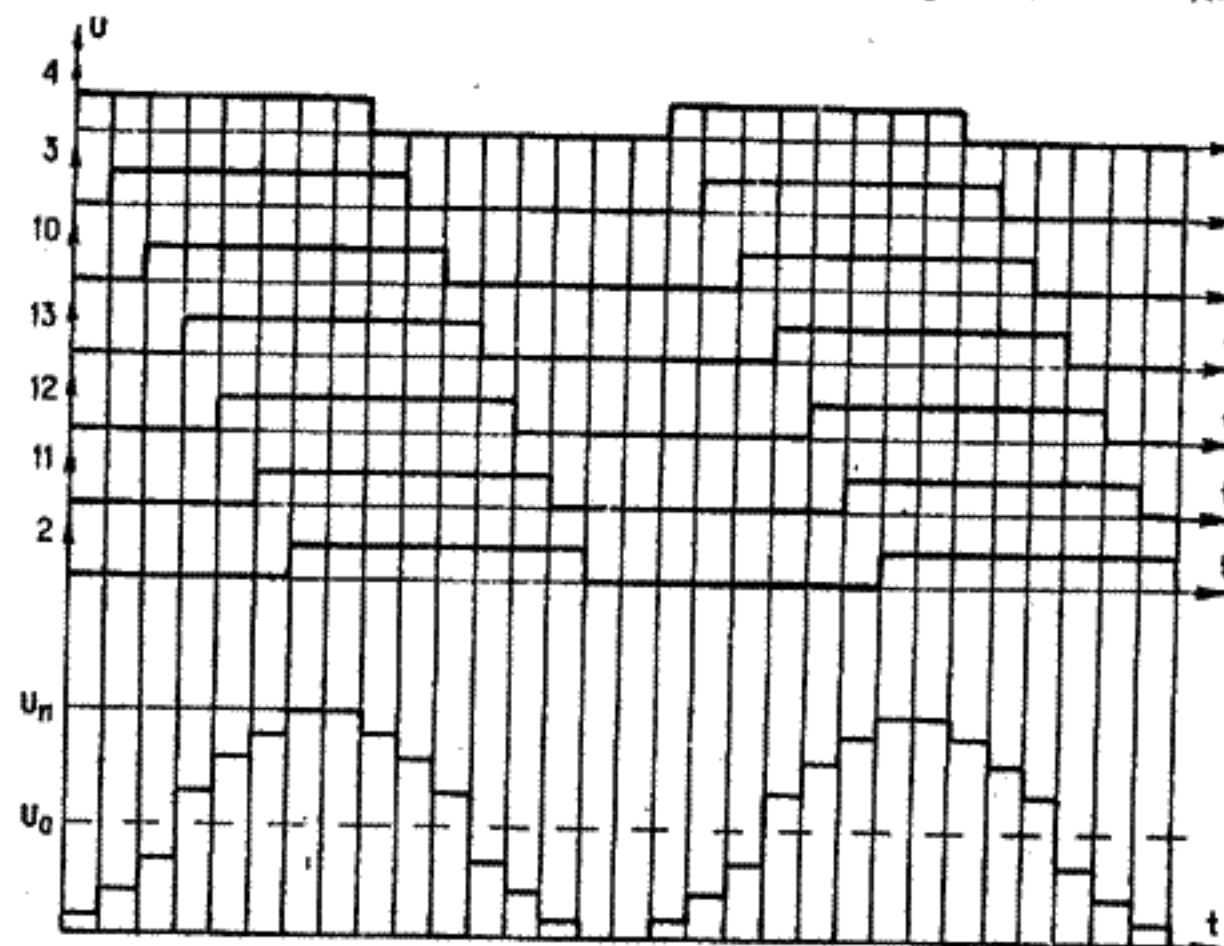


Рис. I7.1

Выходное сопротивление ЦАП и конденсаторы C43, C46, C40 образуют I-е звено фильтра. Форма напряжения на выходе ЦАП при наличии конденсаторов приведена на рис. I7.2.

Осциллограмма напряжения на выходе первого звена фильтра

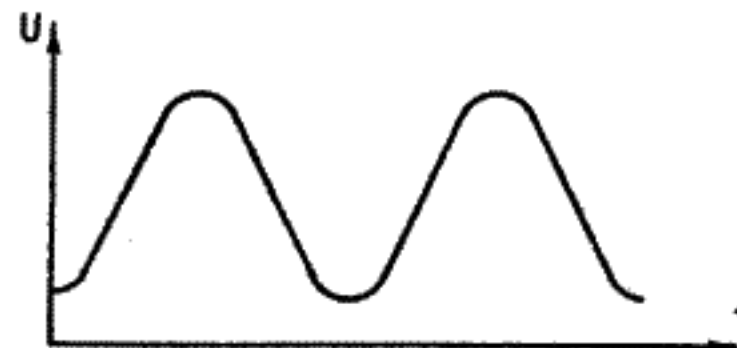
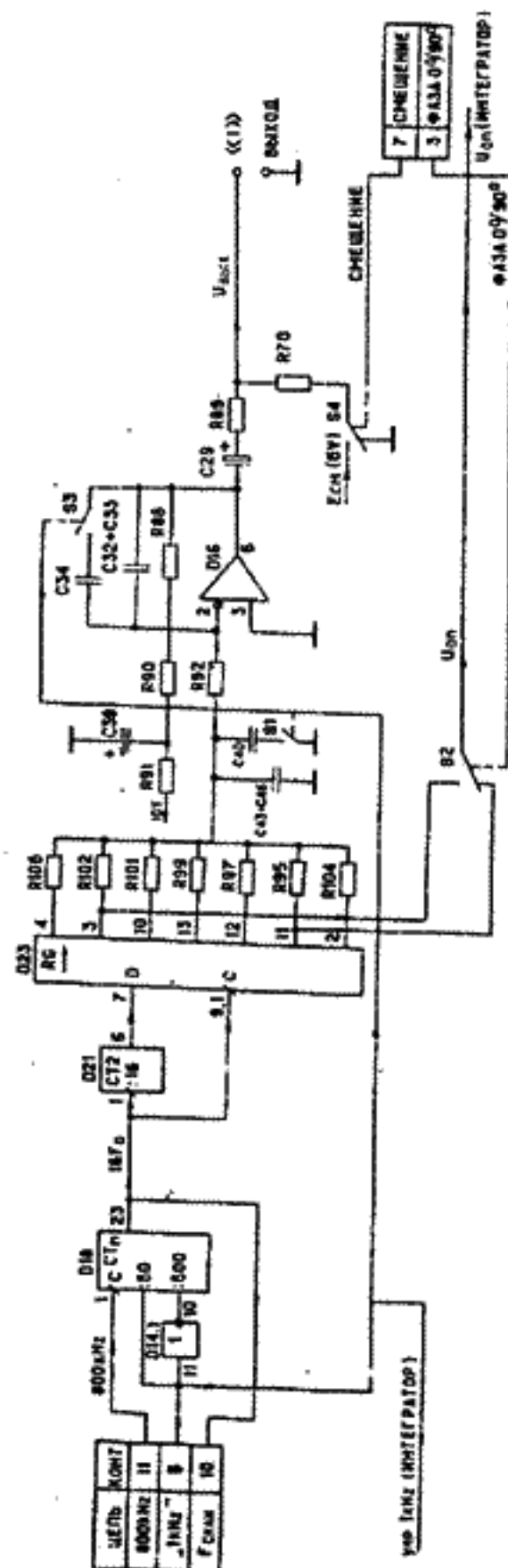


Рис. I7.2



На рис.2 2.724.014 ТОI приведена электрическая принципиальная схема преобразователя совместно с масштабным усилителем.

Преобразователь ток-напряжение выполнен на операционном усилителе D8. Резистор R37 исключает возможность насыщения микросхемы D8 при разомкнутых выводах I' и U'. Цепь R36, VD7, VD8 защищает вход микросхемы от перегрузок. Резистор обратной связи R43 представляет собой прецизионный резистор с небольшим ТКС.

Преобразователь напряжения выполнен на операционном усилителе D4. Резисторы R14, R13 и R10-R12 устанавливают коэффициент усиления по каждому входу равным двум, эти резисторы обладают небольшим ТКС. Конденсатор C13 отделяет постоянную составляющую измерительного сигнала при подаче напряжения смещения.

Коммутатор U_H / U_T выполнен на транзисторах VT7, VT9.

Схема управления коммутатором выполнена на микросхеме D19.3 и транзисторах D15.1, VT10.

На микросхеме D19.3 и транзисторе D15.1 выполнен преобразователь уровня ТТЛ в +10V. Этот преобразователь аналогичен преобразователю на микросхеме D19.1 и транзисторе VT13. Когда на коллекторе транзистора D15.1 минус 10V открыты транзисторы VT7 и VT10, на базу транзистора VT9 подается напряжение минус 10V, он закрыт. Когда же на коллекторе транзистора D15.1 плюс 10V, транзисторы VT7 и VT10 закрыты, а транзистор VT9 открыт током, протекающим по резистору R38.

Первый каскад усиления масштабного усилителя выполнен на микросхеме D3. Преобразователь уровня для управления ключами на транзисторах VT5 и VT6 аналогичен преобразователю уровня на микросхеме D19.1 и транзисторе. При напряжении на коллекторе транзистора D15.2 плюс 10V транзистор VT5 заперт, диод VD3 также заперт, ток по резистору R30 не протекает, следовательно, потенциалы затвора и истока транзистора VT6 равны и он открыт. При этом коэффициент усиления каскада, определяемый выражением

$$K = \frac{R33+R34}{R19} + 1, \quad (I7.5)$$

равен 10.

Резисторы R33, R34, R19 также обладают незначительным ТКС.

Рис. I7.3

На рис. I приведена принципиальная схема генератора измерительного сигнала. Входной сигнал с частотой 800 кГц и уровнями TTL поступает на вывод I микросхемы D18. Микросхема D18 делит 800 кГц на 50 при высоком уровне сигнала "1 кГц" и на 500 - при низком. Выходной сигнал микросхемы D18 представляет собой положительные импульсы длительностью 1,25 мкс и частотой 16 или 1,6 кГц. С выхода микросхемы D18 сигнал поступает на систему сканирования индикации и на преобразователь уровня D19.2, преобразующий уровни 0 и 5 В в уровни 0 и 10 В. Микросхемы D21 и D23 питаются от источника плюс 10 В с целью уменьшения сопротивления насыщения выходных транзисторов в микросхеме D23. К выходам D23 подключены весовые резисторы ЦАП R94-R105. Для повышения точности задания весов резисторы R103 и R102, R100 и R101, R98 и R99, R96 и R97 включены последовательно. Далее сигнал усиливается каскадом на микросхеме D16 и через делитель R69, R70 поступает на объект измерения.

Высшие гармоники сигнала фильтруются конденсаторами C43, C46 и C32, C33 на частоте 1 кГц; на частоте 100 кГц транзисторами VT15 и VT14. Подключаются конденсаторы C40 и C34. Для управления ключами на транзисторах VT15 и VT14 нужны уровни ± 10 В. Их формирует преобразователь уровня на микросхеме D19.1 и транзисторе VT13. При "нуле" на входе микросхемы D19.1 выходной транзистор этой микросхемы закрыт. Ток от источника плюс 10 В протекает по резистору R83 и стабилитрону VD13. Транзистор VT13 открыт, на его коллекторе примерно минус 10 В. Напряжение стабилизации VD13 (12 В) превышает напряжение питания (10 В); поэтому, когда на входе микросхемы D19.1 "ноль", стабилитрон ток не пропускает, транзистор VT13 закрыт и на его коллекторе напряжение плюс 10 В.

Опорные напряжения, необходимые для работы синхронного детектора, снимаются с выходов 3 и II микросхемы D23. Эти напряжения поступают сначала на преобразователи уровня D22.1 и D22.2, преобразующие уровни 0 и 10 В в уровни 0 и 5 В. Затем сигналы поступают на переключатель фаз, выполненный на микросхеме D20, и далее на управляющие входы синхронного детектора.

Подачу напряжения смещения на объект измерения обеспечивает переключатель на микросхеме D22.3-D22.6, подключающий нижний (по схеме) вывод резистора R70 к источнику плюс 5 В.

Каскад на микросхеме D16 усиливает измерительный сигнал до необходимой амплитуды. На этой же микросхеме выполнено 2-е звено фильтра. Конденсаторы C40 и C34 включаются на частоте 0,1 кГц ток через резистор R90 компенсирует постоянную составляющую напряжения на выходе ЦАП для более полного использования динамического диапазона микросхемы.

Делитель напряжения на резисторах R69, R70 обеспечивает выходные сопротивление генератора 1 кОм, этот же делитель используется для подачи напряжения смещения на измеряемый объект через ключ S4 от источника плюс 5 В.

С выходов 3 и II регистра D23 снимаются вспомогательные напряжения рабочей частоты, необходимые для выделения действительной и мнимой составляющих сигналов $\dot{U}_H$ и $\dot{U}_T$. Напряжения на этих выходах сдвинуты по фазе на 90 градусов относительно друг друга, нужная фаза выбирается ключом S2. Момент переключения фазы показан на временной диаграмме интегратора (рис. I7.7а).

Объект измерения подключается к преобразователю $Y \rightarrow \dot{U}_T, \dot{U}_H$.

Функциональная схема преобразователя совместно с масштабным усилителем приведена на рис. I7.4.

Преобразователь служит для преобразования иммитанса измеряемого объекта в два напряжения, одно из которых пропорционально току через объект измерения, другое напряжению на нем. Масштабный усилитель усиливает эти напряжения до уровня, достаточного для нормальной работы синхронного детектора, что обеспечивает получение необходимых пределов измерения.

Канал преобразования тока ($\dot{I}_X \rightarrow \dot{U}_T$) выполнен на операционном усилителе D8, охваченном параллельной отрицательной обратной связью, замыкаемой непосредственно на выходе объекта измерения (выводы "I'" и "U'"), что обеспечивает возможность 4-зажимного подключения объекта измерения. Такой усилитель имеет низкое входное сопротивление (R_{oc}/K). Шунтирующие вход усилителя импедансы, например, R14 и R13, много больше входного сопротивления усилителя, поэтому практически весь ток, протекающий по объекту измерения, протекает по резистору обратной связи R43. Таким образом, напряжение на выходе канала преобразования тока определяется выражением

$$\dot{U}_T = \dot{I}_X \cdot R_{oc} \quad (R_{oc} = R43) \quad (I7.1)$$

Канал преобразования напряжения выполнен на операционном усилителе D4, включенном по схеме дифференциального усилителя. Дифференциальный усилитель преобразует "взвешенное" напряжение на объекте в напряжение относительно "земли", что позволяет устранить влияние ненулевого потенциала входа преобразователя ток-напряжение на погрешность измерения.

Входное сопротивление дифференциального усилителя, определяемое резисторами R14, R13 и R11, много больше сопротивления измерительных кабелей U и U'. Падение напряжения на сопротивлении кабелей пренебрежимо мало, следовательно,

$$U_H = K U_X \quad (I7.2)$$

Напряжения $\dot{U}_H$ и $\dot{U}_T$ подключаются при помощи ключей S5 и S6 ко входу масштабного усилителя, выполненного на операционных усилителях D3-D1. Каждый каскад масштабного усилителя выполнен неинвертирующим и имеет коэффициент усиления (K) I и IO. Коэффициент усиления каскадов равен I при замкнутых ключах S7, S9, S11 и равен IO при замкнутых ключах S8, S10, S12.

В табл. I7. I приведен коэффициенты усиления каскадов масштабного усилителя и состояние входов управления усилением и коммутатором $\dot{U}_H / \dot{U}_T$ при преобразовании числителя отношения $\dot{U}_X / \dot{U}_O$ в зависимости от предела измерения. При преобразовании знаменателя отношения $\dot{U}_X / \dot{U}_O$ все коэффициенты усиления равны I, а сигнал управления U_H / U_T инвертирован.

Таблица I7. I

Предел	K (D3)	K (D2)	K (D1)	$\dot{U}_H / \dot{U}_T$	XIO (1)	XIO (2)	XIO (3)
1.	IO	IO	IO	В	В	В	В
2	IO	IO	I	В	В	В	Н
3	IO	I	I	В	В	Н	Н
4	I	I	I	В	Н	Н	Н
5	I	I	I	Н	Н	Н	Н
6	IO	I	I	Н	В	Н	Н
7	IO	IO	I	Н	В	В	Н
7	IO	IO	IO	Н	В	В	В

Примечание. В табл. I7.2 приняты обозначения: высокий логический уровень - В; низкий - Н.

Схема электрическая функциональная источников питания

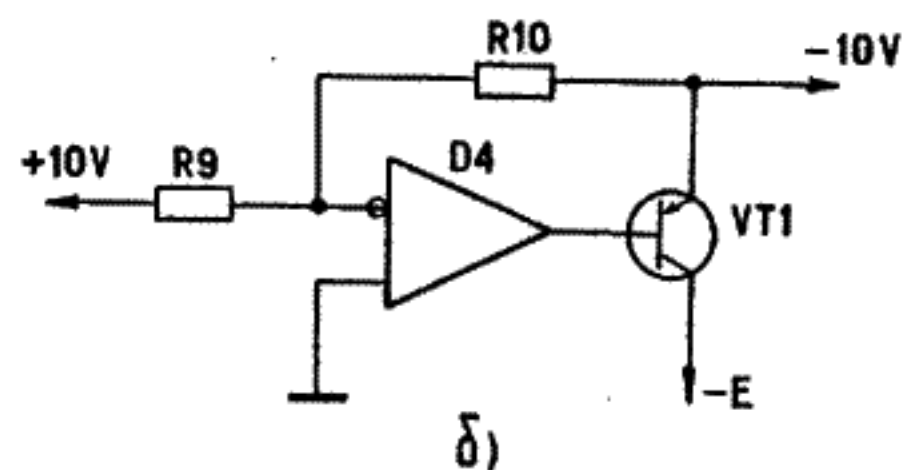
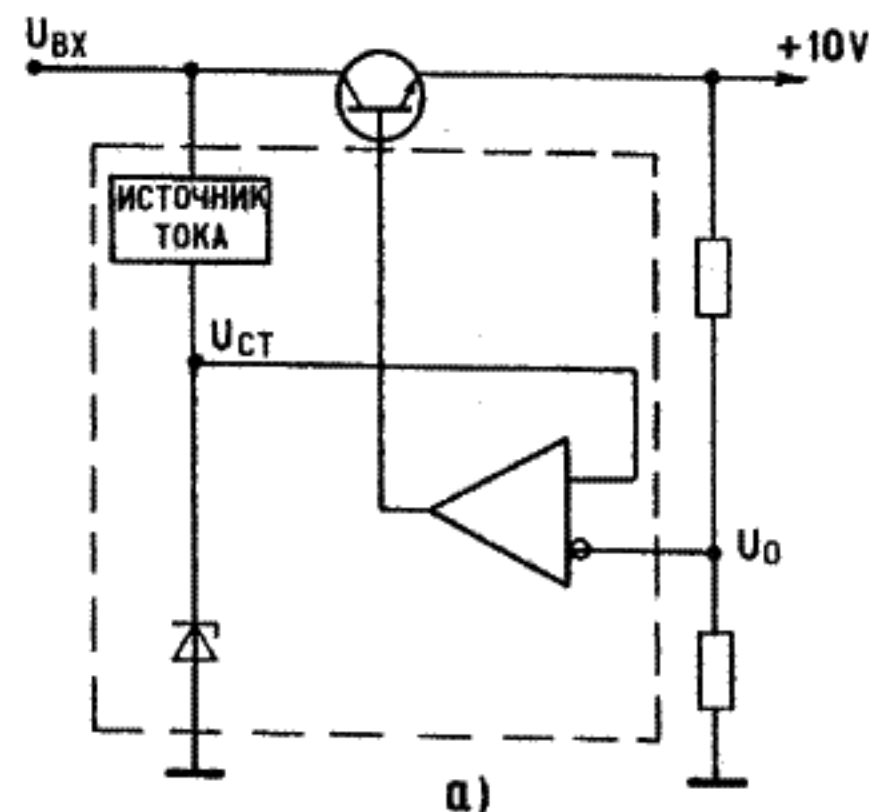


Рис. I7. I2

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ

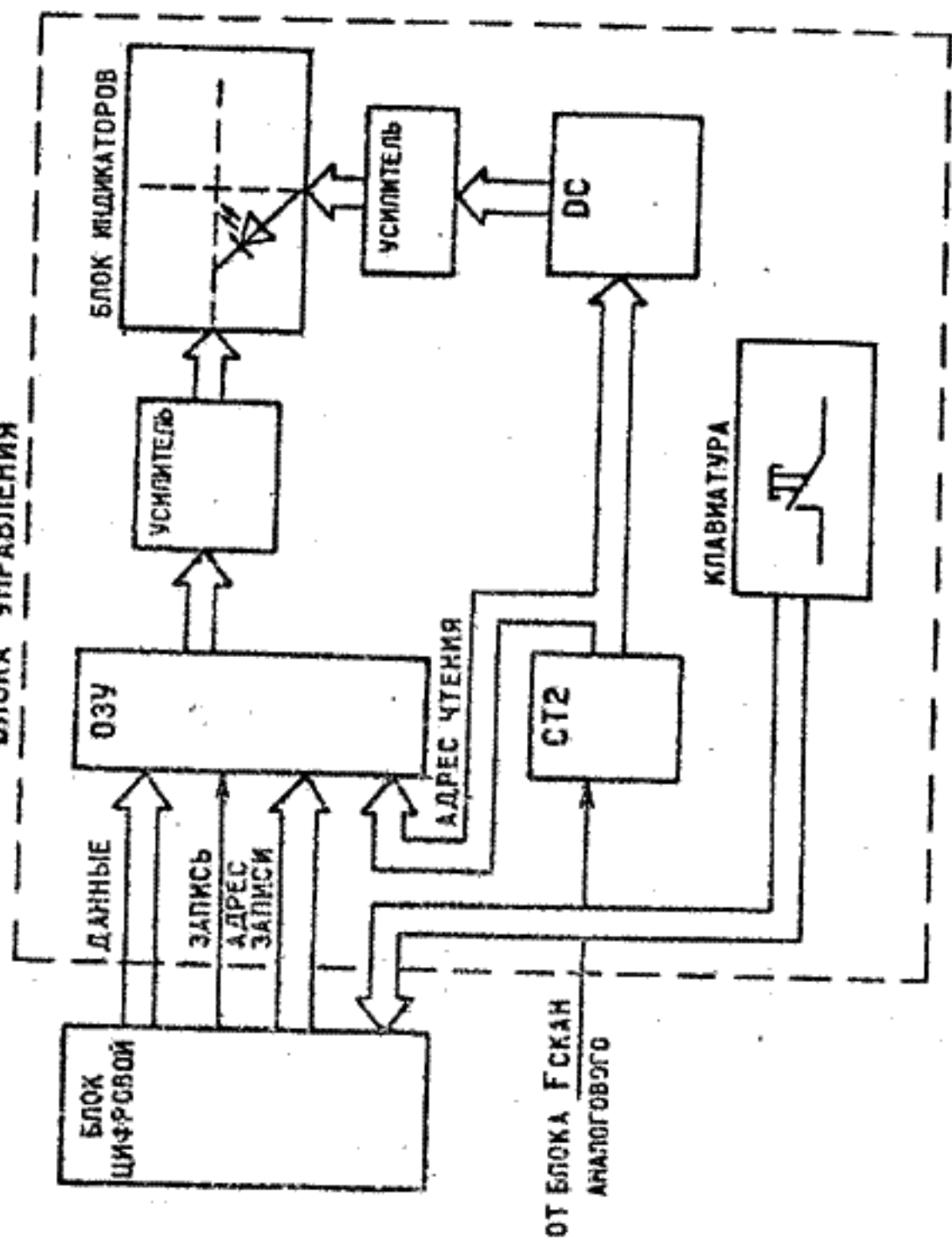


Рис. I7. II

Схема электрическая функциональная преобразователя

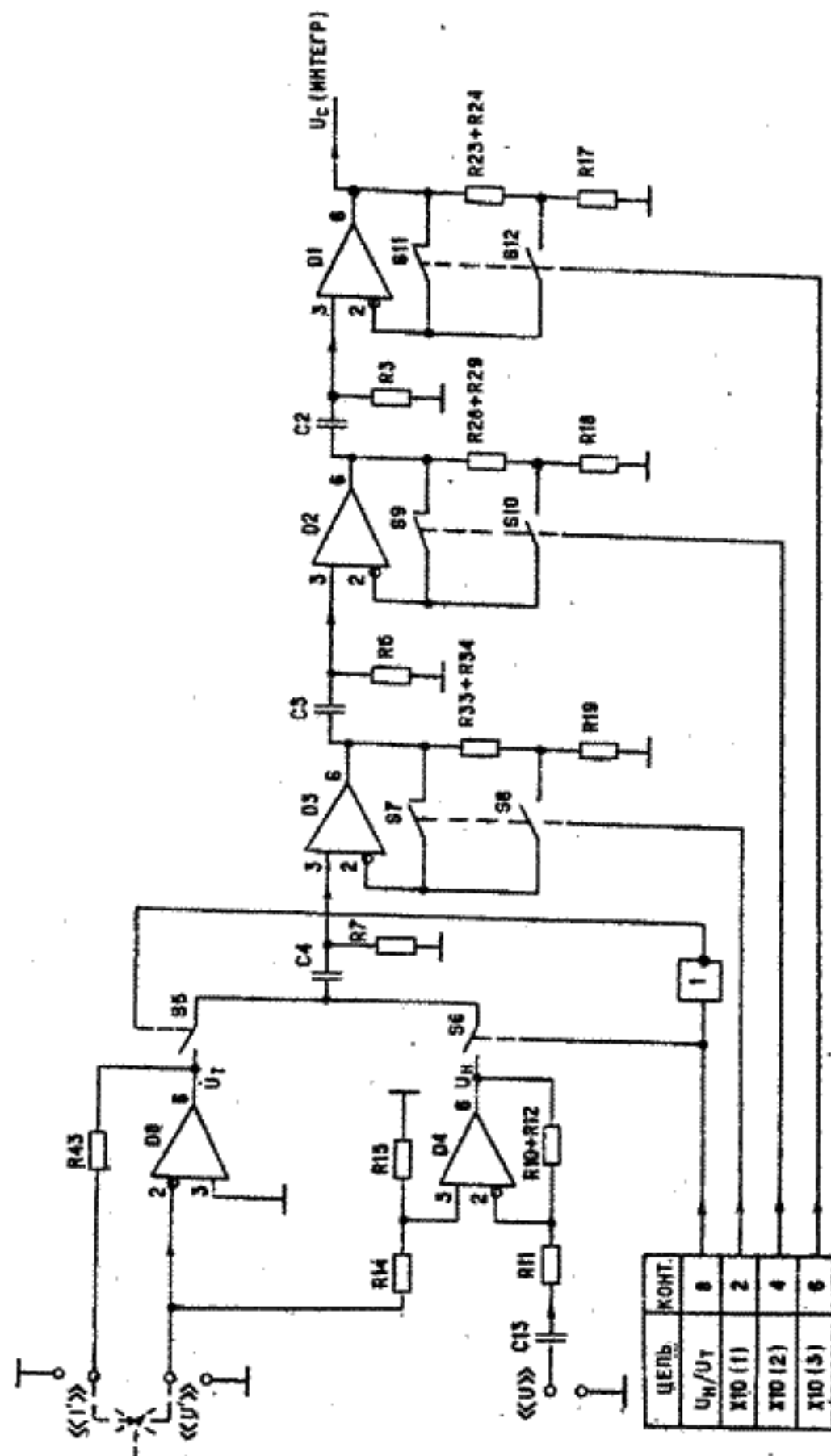


Рис. I7.4

Переключение коммутатора и коэффициентов усиления синхронизировано с временной диаграммой работы интегратора.

На 1-4 пределах в качестве напряжения $\dot{U}_x$ берется $\dot{U}_T$, в качестве напряжения $\dot{U}_o - \dot{U}_H$; на 5-8 пределах измерения - наоборот.

На рис. I7.7ж и I7.7к изображены осциллограммы сигналов управления переключением коммутатора и коэффициента усиления микросхемы D3 при работе прибора на 3-м пределе и измерения резистора 100 кОм. Осциллограмма напряжения на выходе коммутатора (точка соединения ключей S5 и S6) приведена на рис. I7.7л, а осциллограмма напряжения на выходах каскадов усиления масштабного усилителя приведена на рис. I7.7м (частота сигнала 1 кГц).

Погрешности измерения, обусловленные неидеальностью преобразователя и масштабного усилителя, исключаются программным способом.

С выхода масштабного усилителя сигналы поступают на синхронный детектор, который выделяет относительно вспомогательного напряжения рабочей частоты действительные (A и C) и мнимые (B и D) составляющие сигналов $\dot{U}_x$ и $\dot{U}_o$. Интегратор преобразует эти составляющие в пропорциональные им интервалы времени, измеряемые счетчиком в цифровом блоке.

Функциональная схема синхронного детектора и интегратора приведена на рис. I7.8.

В синхронный детектор входят резисторы R55, R59 и ключ S18. Инвертор на операционном усилителе D5 обеспечивает двухтактный режим работы детектора, а ключи S7 и S19 обеспечивают токовый режим работы детектора. Токовый режим характеризуется маленьким (единицы и доли милливольт) напряжением на ключе, что уменьшает влияние нелинейности ключа. Через резистор R55 протекает ток $I_1 = I_m \sin \omega t$, а через резистор R59 - ток $I_2 = -2I_m \sin \omega t$, ключ S18 пропускает ток только в течение полупериода опорного напряжения (I_2'). Этот ток суммируется с током I_1 . Осциллограммы токов I_1, I_2' , а также результирующего тока I_3 приведены на рис. I7.5 и I7.6.

На рис. I7.5 изображен случай, когда измерительный сигнал и опорное напряжение синфазны, а на рис. I7.6 - когда сдвиг по фазе между измерительным сигналом и опорным напряжением составляет минус 90 градусов.

Обозначение сегментов на индикаторах

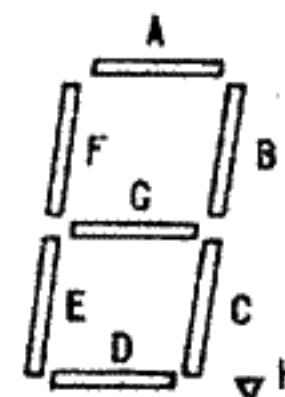


Рис. I7.10

I7.2.4. Блок питания

Блок питания предназначен для обеспечения прибора питающими напряжениями. Функциональная схема стабилизированных источников приведена на рис. I7.12А (" +5 В", " +10 В") и I7.12Б (" -10 В").

В источниках " +5 В" и " +10 В" усилитель сравнения усиливает разность между опорным напряжением $U_{оп}$ и напряжением U_A , которое снимается с делителя напряжения, подключенного к выходу источника в корпус. Регулируя ток базы силового транзистора, усилитель стремится уменьшить эту разность до нуля.

Источник " -10 В" выполнен в виде инвертора с мощным выходом.

Для питания индикаторов в блоке питания имеется также нестабилизированный источник питания " +6 В".

I7.3. Описание электрических принципиальных схем составных частей

I7.3.1. Блок аналоговый

Принципиальная схема блока аналогового приведена на рис. I, 2, 3 2.724.014 ТО (книга 2).

И7.2.3. Блок управления

Блок управления предназначен для управления прибором и индикации результата измерения. Функциональная схема блока управления приведена на рис.И7.ИИ.

На схеме можно выделить ОЗУ, усилитель строк, счетчик-сканер, дешифратор столбцов, блок индикаторов, клавиатуру.

Схема индикации динамическая. В ОЗУ 8x8 бит записывается информация от микро-ЭВМ (используется объем 7x8 бит).

Счетчик непрерывно перебирает адреса чтения ОЗУ и одновременно управляет дешифратором столбцов светодиодной матрицы. Запись в ОЗУ осуществляется импульсами длительностью примерно $1 \mu s$ за время $0,35 ms$. После ОЗУ и дешифратора столбцов стоят усилители, к выходам которых подключена светодиодная матрица. Структура данных ОЗУ дисплея приведена в табл.И7.4. Для высвечивания символов в ОЗУ записывается уровень лог.0.

Таблица И7.4

Бит	Адрес записи						
	0	1	2	3	4	5	6
0	AI	A2	A3	A4	P	P	-
1	BI	B2	B3	B4	n	H	1 kHz
2	CI	C2	C3	C4	μ	a	L/C
3	DI	D2	D3	D4	m	D	D/Q
4	EI	E2	E3	E4	K	Q	R/G
5	F1	F2	F3	F4	M	S	ФИКС
6	G1	G2	G3	G4	-	-	100 Hz
7	HI	H2	H3	H4	-	-	ВКЛ

Примечание. AI...HI - символы семисегментного кода;
I - номер индикатора, считая слева.

Принцип семисегментного кодирования поясняется рис.И7.ИО.

Осциллограмма токов синхронного детектора при $\Delta\varphi=0$

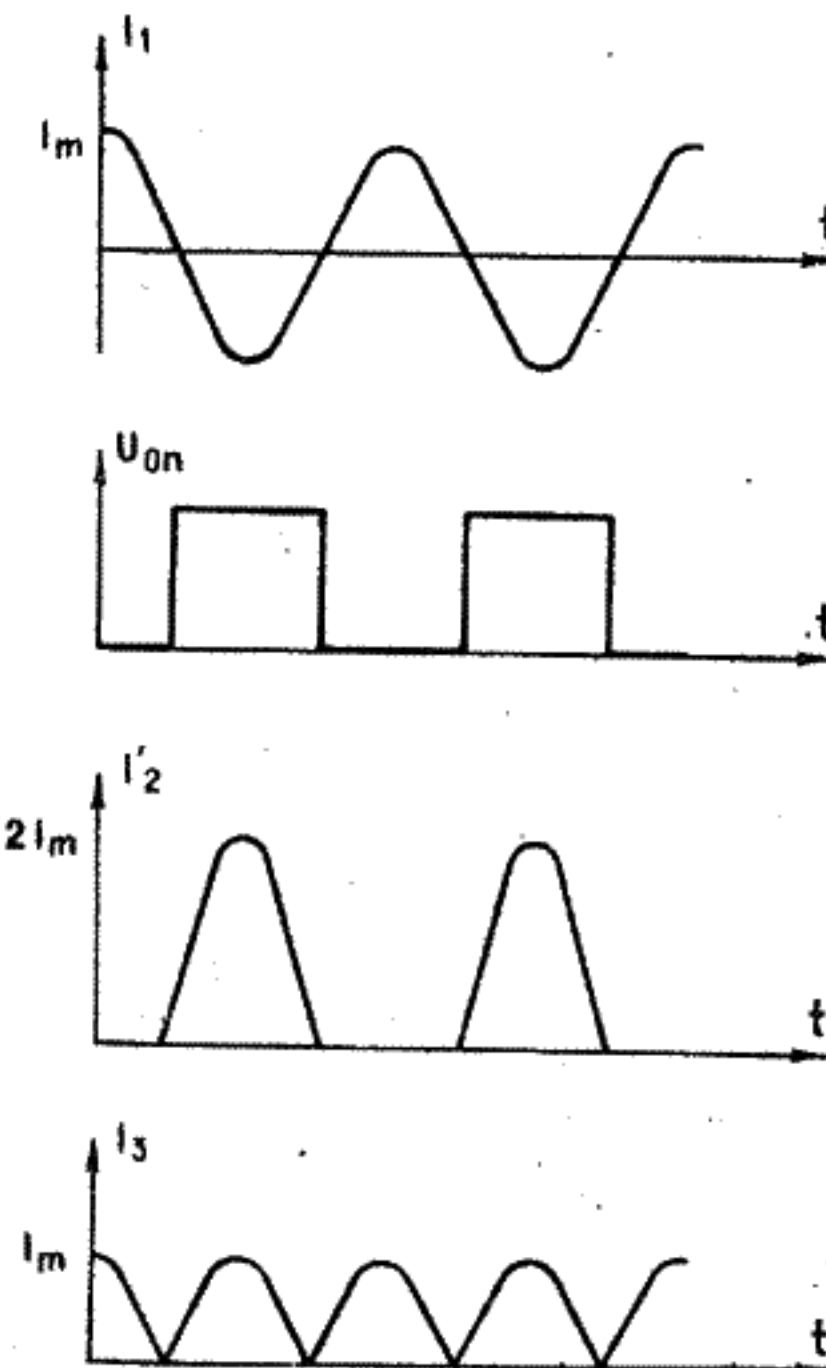


Рис.И7.5

Осциллограмма токов синхронного детектора при $\Delta \varphi = 90$

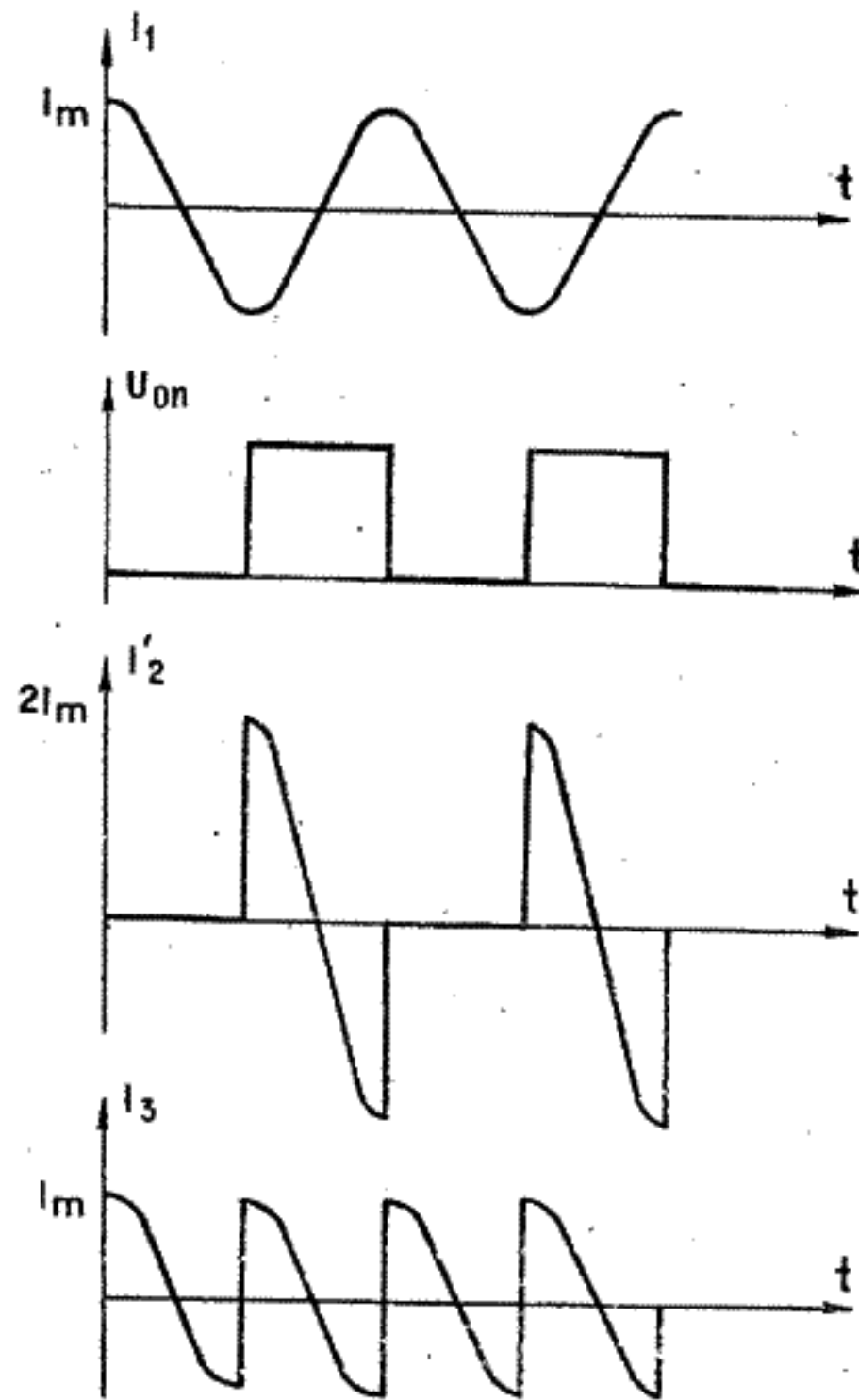


Рис.17.6

Схема электрическая функциональная контроллера

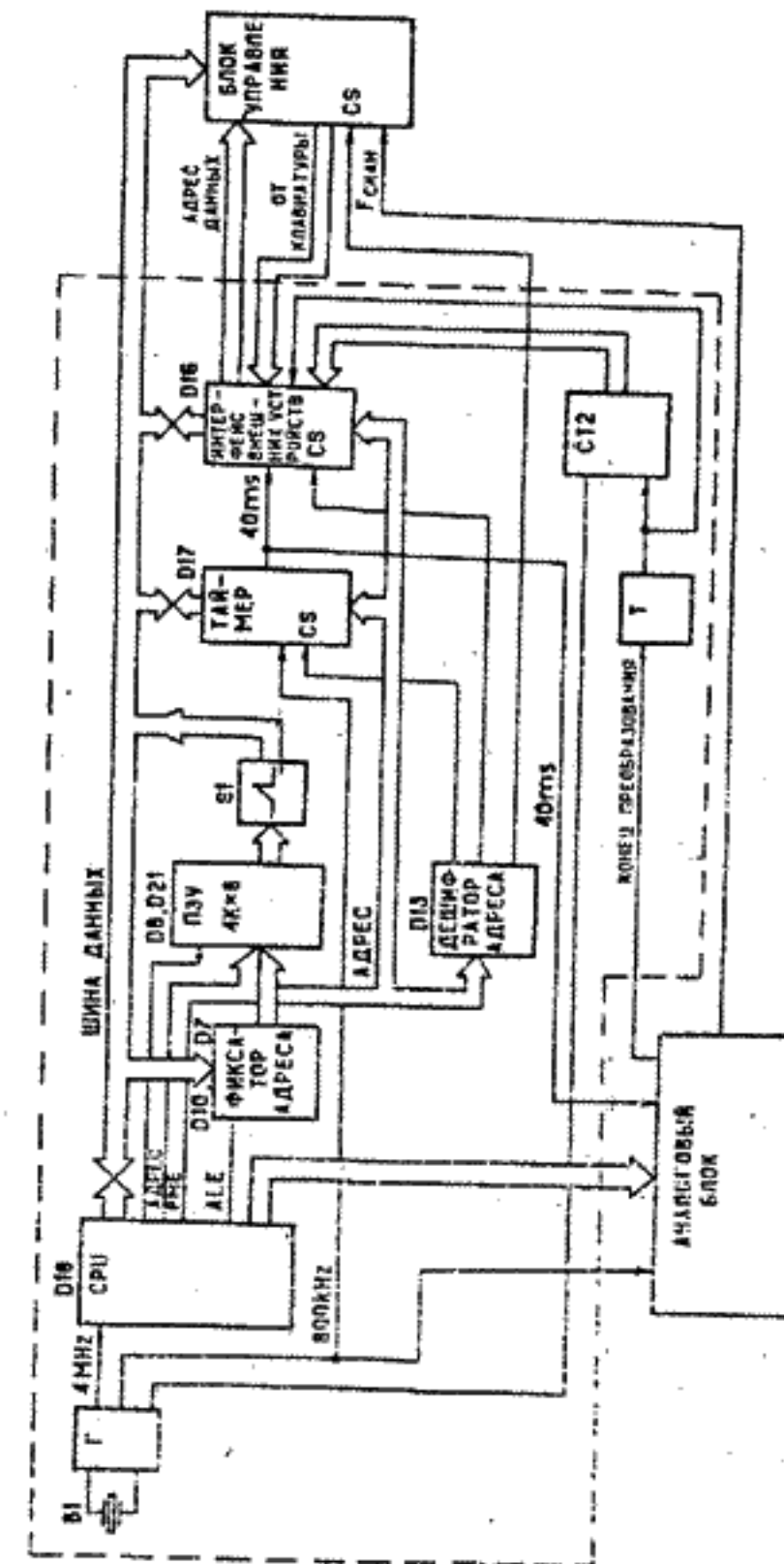


Рис.17.9

Продолжение табл. I7.2

Обозначение	Куда поступает	Уровень сигнала (лог.0 или .1)	Описание
ALR	D10, D7	I	Фиксация адреса чтения ПЗУ или ВУ
RD	D16, D17	0	Чтение таймера и интерфейса
WR	D16, D17, D13	0	Запись в таймер, интерфейс и дешифратор

Обозначение управляющих сигналов параллельного интерфейса и логические значения при выполнении различных функций приведены в табл. I7.3.

Таблица I7.3

Обозначение	Куда или откуда поступает	Уровень сигнала лог.0 или лог.1	Описание
DO-D7	D18	0,1	Шина данных
AO, AI	D10	0,1	Выбор регистра
RD	D18	0	Чтение
WR	D18	0	Запись
CS	D13	0	Выбор кристалла
PA0	D17	I	Переополнение счетчика результата
PA1	D17	I	Вход сигнала КОНЕЦ РАБОТЫ ТАЙМЕРА
PA2	D17	I	Вход сигнала КОНЕЦ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
PA3-PA7	D19, D20.2	0,1	Младшие разряды (0-4) счетчика результата
PC0-PC3	Блок управления	I	Сигналы клавиатуры
PC4-PC6	Блок управления	0,1	Адрес записи ОЗУ дисплея

Для упрощения схемы компаратора (выполнен на ОУ D13) к току I_3 добавляется ток смещения нулевого уровня интегратора I_4 , превосходящий по абсолютному значению ток I_3 . Следовательно, выходное напряжение интегратора всегда одного знака.

При измерении тока смещения нулевого уровня интегратора ("2" или нуля интегратора) измеряется также и дрейф нулей синхронного детектора.

На операционном усилителе D10 построен дополнительный ФНЧ для фильтрации высших гармоник измерительного сигнала. Ключ S13 замыкается на частоте 100Hz. При этом сигнал, уменьшившийся при прохождении разделительных цепей в масштабном усилителе, усиливается до уровня сигнала частоты 1 kHz.

Интегратор выполнен на операционном усилителе D12 с конденсатором в цепи обратной связи. Через ключ интегрирования S20 конденсатор C28 заряжается от нуля током I_x , значение которого надо определить, в течение фиксированного времени T_3 . Затем конденсатор разряжается до нуля известным током I_p .

Очевидны соотношения

$$U_c = \frac{I_x \cdot T_3}{C} ; U_c = \frac{I_p \cdot T_p}{C} , \quad (I7.3)$$

откуда

$$I_x = \frac{I_p \cdot T_p}{T_3} . \quad (I7.4)$$

При подстановке в формулу для расчета измеряемого параметра I_p и T_3 сокращаются.

Работой интегратора управляет контроллер.

На рис. I7.7 приведены осциллограммы выходного напряжения микросхемы D12, сигналов ВКЛ.О, РАЗРЯД, РАЗРЕШ.ИНТЕГР., ИНТЕГР, U_H / U_T ; ФАЗА $0^\circ/90^\circ$, X10(I), КОНЕЦ ПРЕОБР, а также осциллограммы напряжений на выходе коммутатора и выходах микросхем масштабного усилителя.

Сигнал ВКЛ.О управляет ключами S14 и S15, размыкающими цепь измерительного сигнала при измерении НУЛЯ ИНТЕГРАТОРА. Сигнал РАЗРЕШ.

Временная диаграмма работы прибора

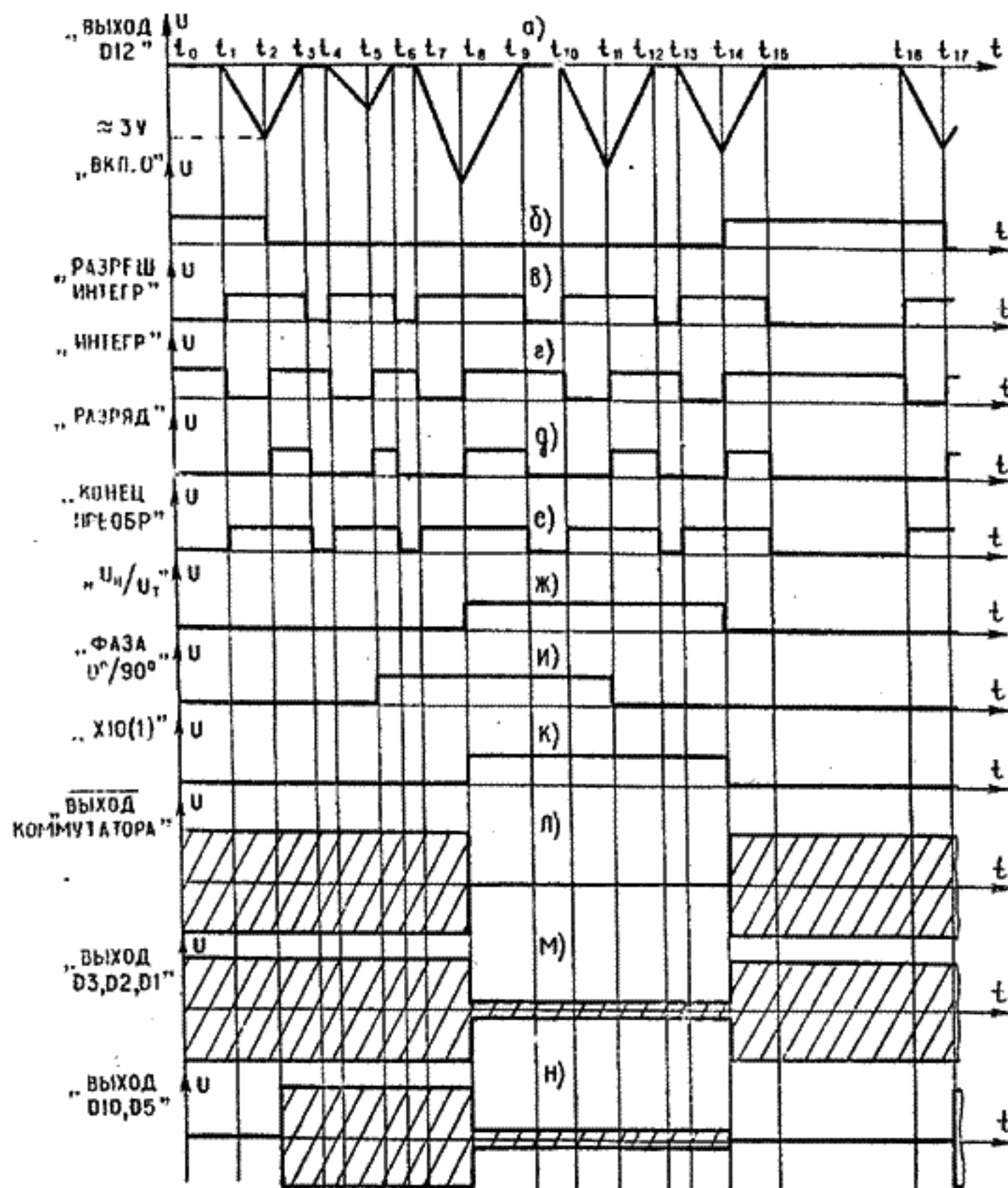


Рис. 17.7
60

Продолжение табл. 17.2

Обозначение	Куда поступает	Уровень сигнала (лог. 0 или 1)	Описание
PI.0	Аналоговый блок	0;1	и третьего каскадов усилителя соответственно 0-K=10 I-K=1
PI.1	"	0;1	Включение смещения 0 - включено, 1 - выключено
PI.2	"	0;1	Управление частотой: 1 - 1 кГц, 0 - 100 Hz
PI.3	"	0;1	Управление фазой опорного напряжения СД: 0 - 90 градусов, 1 - 0 градусов
PI.5	D20.1	0	Управление измерением тока смещения нулевого уровня интегратора ("нуля") 0 - измерение сигнала, 1 - измерение "нуля"
PI.6	Аналоговый блок	I	Установка триггера конца преобразования в состояние I
PI.7	D17	I	Разрешение интегрирования
PME	D8, D21	0	Разрешение счета таймера
			Считывание данных из ПКУ

Таймер содержит 3 независимых 16-разрядных двоичных счетчика. Счетчик 0 служит для счета старших разрядов результата измерения. Счетчики 1 и 2 соединены каскадно и служат для выработки времени интегрирования и задержек.

Параллельный интерфейс управляет адресом записи в ОЗУ блока управления, принимает информацию от клавиатуры, считывает состояние младших разрядов счетчика результата измерения, принимает сигналы интегрирования и конца преобразования.

Триггер конца преобразования фиксирует момент равенства нулю выходного напряжения интегратора и вызывает остановку счетчика результата.

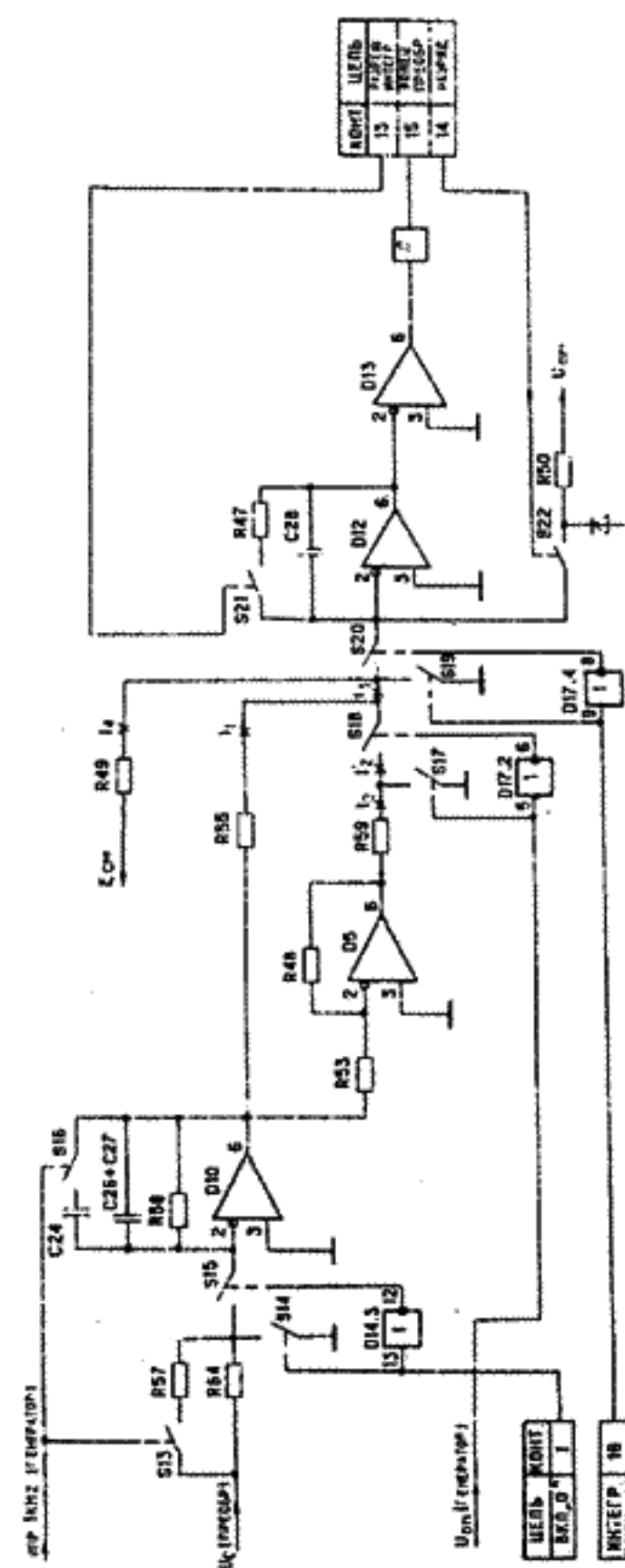
Размыкатель шины данных нужен для диагностирования прибора при размыкании шины данных микро-ЭВМ переходит в режим СВОБОДНОГО ПРОБЕГА, последовательно перебирая адреса на шине данных. Для обеспечения этого режима шину данных необходимо подключить к источнику +5 В через резисторы 3-10 кОм.

Обозначение управляющих сигналов микро-ЭВМ, их назначение и логические значения при выполнении различных функций приведены в табл. I7.2.

Таблица I7.2

Обозначение	Куда поступает	Уровень сигнала (лог.0 или 1)	Описание
D0-D7	D7, D8, D10, D16, D17, D21, X4	0;1	Шина данных
P2.0-P2.3	D8, D21	0;1	Старшие разряды адреса чтения ПЗУ
P2.4	Аналоговый блок	0;1	Управление коммутатором U_H/U_T , $0-U_H$, $1-U_T$
P2.5-P2.7	То же	0;1	Управление усилением масштабного усилителя первого, второго

Схема электрическая функциональная интегратора



ИНТЕГР управляет ключом S21, замыкающим конденсатор интегратора. После размыкания этого ключа интегратор может интегрировать. Сигнал ИНТЕГР управляет ключами S19 и S20 и подключает синхронный детектор к микросхеме D12 на время $T_3 = 40 \text{ мс}$. Это время кратно как периоду питающей сети, так и измерительного сигнала, что позволяет уменьшить случайную составляющую погрешности измерения.

Сигнал РАЗРЯД управляет ключом S22, подключающим ток разряда. Сигнал КОНЕЦ ПРЕОБР вырабатывается компаратором D13 и свидетельствует об окончании разряда конденсатора интегратора.

В исходном состоянии конденсатор интегратора замкнут ключом S21. В момент T0 конденсатор находится в исходном состоянии. Цепь измерительного сигнала разомкнута, синхронный детектор отключен от микросхемы D12, коммутатор U_H/U_T коммутирует на вход масштабного усилителя напряжение U_0 , фаза опорного напряжения – минус 90 градусов. Контроллер производит вычисления. В это время затухают переходные процессы в масштабном усилителе и ФНЧ интегратора.

В момент T1 размыкается ключ S21, замыкается ключ S20 и начинается интегрирование НУЛЯ ИНТЕГРАТОРА ("Z"). В момент T2 интегрирование заканчивается (размыкается S20) и начинается разряд конденсатора интегратора (замыкается S22). Одновременно счетчик результата измерения (в цифровом блоке) начинает считать тактовые импульсы, а цепь измерительного сигнала замыкается.

Когда напряжение на выходе интегратора достигнет нуля (T3), срабатывает компаратор D13 – появится сигнал КОНЕЦ ПРЕОБР. Этот сигнал вызовет остановку счетчика результата измерения, а контроллер замкнет ключ S21 и разомкнет S22. Содержимое счетчика результата переписывается в ОЗУ контроллера. После задержки 3 мс, необходимой для установки конденсатора интегратора в исходное состояние, начинается интегрирование составляющих знаменателя и числителя отношения $\dot{U}_x/\dot{U}_0$. Интегрирование составляющих $\dot{U}_0$ и $\dot{U}_x$ проходит аналогично интегрированию "Z" в следующем порядке: D, C, A, B. Задержка между D и C – 3 мс, C и A – 30 мс, A и B – 3 мс.

Увеличение задержки между интегрированием C и A связано с переключением коммутатора U_H/U_T и возникающими при этом переходными процессами. В момент окончания интегрирования B (T14) начинается

подготовка к новому циклу измерения – размыкается цепь измерительного сигнала, переключается коммутатор U_H/U_T , изменяется усиление масштабного усилителя. После окончания разряда конденсатора интегратора и задержки, необходимой для установления переходных процессов в масштабном усилителе и ФНЧ интегратора, измерительный цикл повторяется.

17.2.2. Блок цифровой

На плате блока цифрового 3.03I.152 размещены контроллер и блок питания.

Контроллер выполнен на базе однокристалльной микро-ЭВМ серии 1816. Функциональная схема контроллера приведена на рис.17.9. На ней можно выделить следующие узлы:

- генератор тактовых импульсов;
- центральное процессорное устройство (микро-ЭВМ);
- фиксатор адреса ПЗУ;
- ПЗУ;
- дешифратор адреса;
- таймер;
- параллельный интерфейс;
- размыкатель шины данных;
- триггер конца преобразования;
- счетчик младших разрядов результата измерения.

Генератор вырабатывает тактовые импульсы, необходимые для работы микро-ЭВМ, таймера и аналогового блока.

Микро-ЭВМ управляет работой аналогового блока, проводит расчет измеряемого параметра, выводит результат расчета на дисплей. Для сокращения времени измерения промежуточные вычисления начинаются уже во время интегрирования компонент A и B. Во время задержки перед новым измерительным циклом и во время интегрирования компонент Z, D нового измерительного цикла вычисления продолжают, а окончательный расчет параметров измерения и вывод на дисплей производятся во время задержки между интегрированием компонент C и A. Фиксатор адреса запоминает адрес чтения ПЗУ или адрес внешнего устройства (интерфейса, таймера или дисплея). ПЗУ содержит программу работы микро-ЭВМ. Дешифратор адреса выбирает заданное внешнее устройство (BV).

При этом напряжение между эмиттером и коллектором должно быть в пределах 18-20V, кроме транзистора VT10, для которого это напряжение должно быть около 10 V.

Для проверки открытого состояния базы через резистор 20k Ω нужно соединить с источником плюс 10 V или минус 10 V, в зависимости от проводимости транзистора. Напряжение между эмиттером и коллектором должно быть 0-1 V.

Для проверки транзисторов в цепи измерительного сигнала (P-N-P проводимости) базу транзисторов нужно отключить от схемы, например, перерезав проводник на плате, и через резистор 20 k Ω подключить к источнику плюс 10 V. При этом проверяется закрытое состояние транзисторов. Переменные напряжения на коллекторе и эмиттере резко отличаются друг от друга (не менее чем в 8 раз).

Открытое состояние проверяется подключением базы к источнику минус 10 V (через резистор 20 k Ω). В этом случае переменные напряжения на коллекторе и эмиттере практически равны.

Для проверки открытого состояния полевых транзисторов нужно замкнуть затвор и исток. При этом переменные напряжения на стоке и истоке практически равны.

Для проверки закрытого состояния транзисторов (кроме VT8) затвор подключается к источнику минус 10V. При этом переменные напряжения на стоке и истоке должны отличаться не менее чем в 8 раз.

Для проверки полевых транзисторов из состава микросхем D9, D6, D7, D1 в цепи стоков нужно включить резисторы 10 k Ω . Критерий правильности работы аналогичен приведенному выше. Устанавливать открытое и закрытое состояние следует с помощью имеющейся схемы управления, разрывая, при необходимости, сигнал управления.

При проверке транзисторов в цепи управления коммутатором U_H/U_T и транзисторов самого коммутатора необходимо исключить возможность одновременного включения транзисторов коммутатора, чтобы выходы микросхем D4 и D8 не замыкались друг на друга.

Транзисторы блока питания проверяются после проверки микросхем источников питания на соответствие режимам постоянного тока (см. приложение 2).

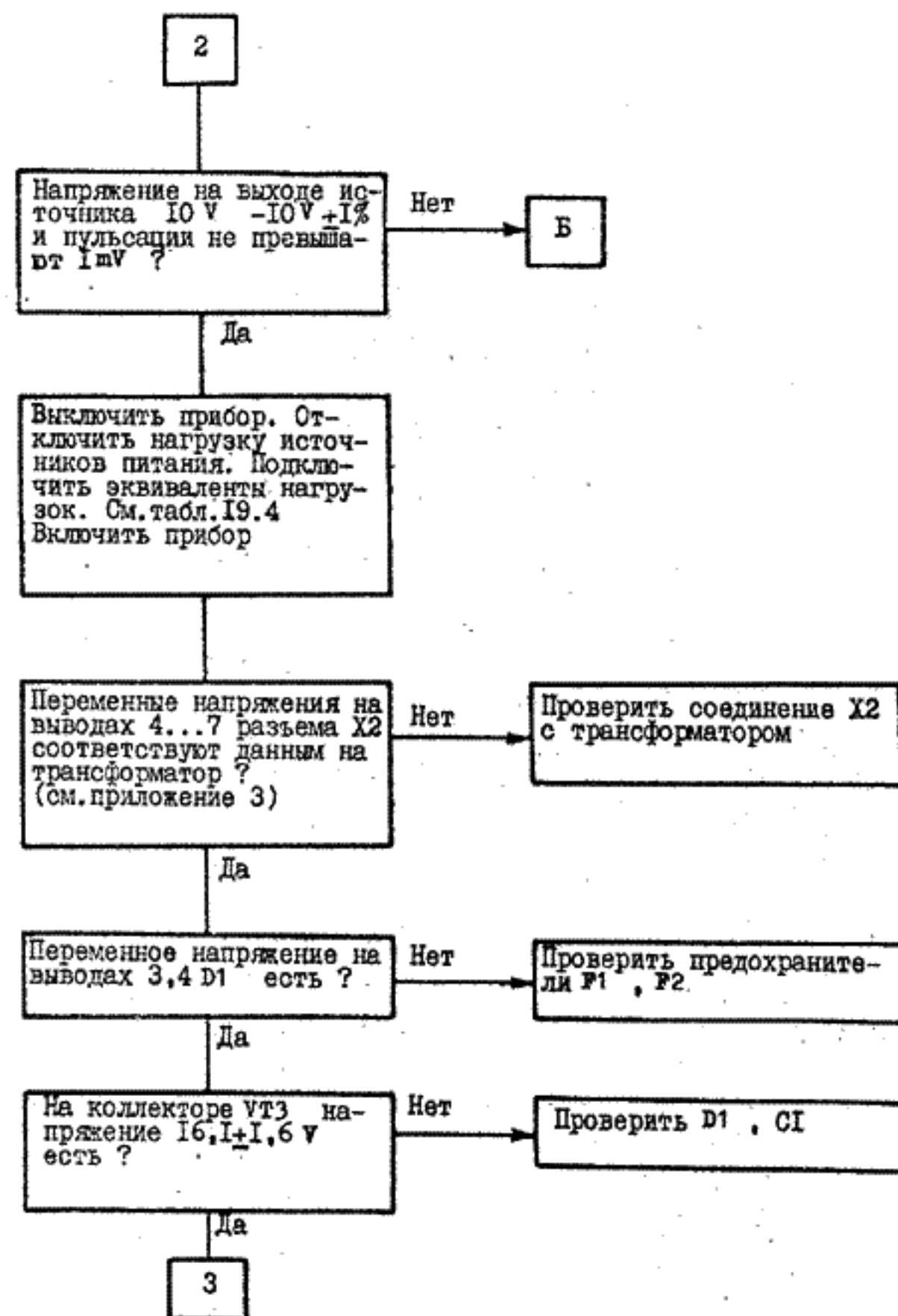


Рис. 19.4. Продолжение

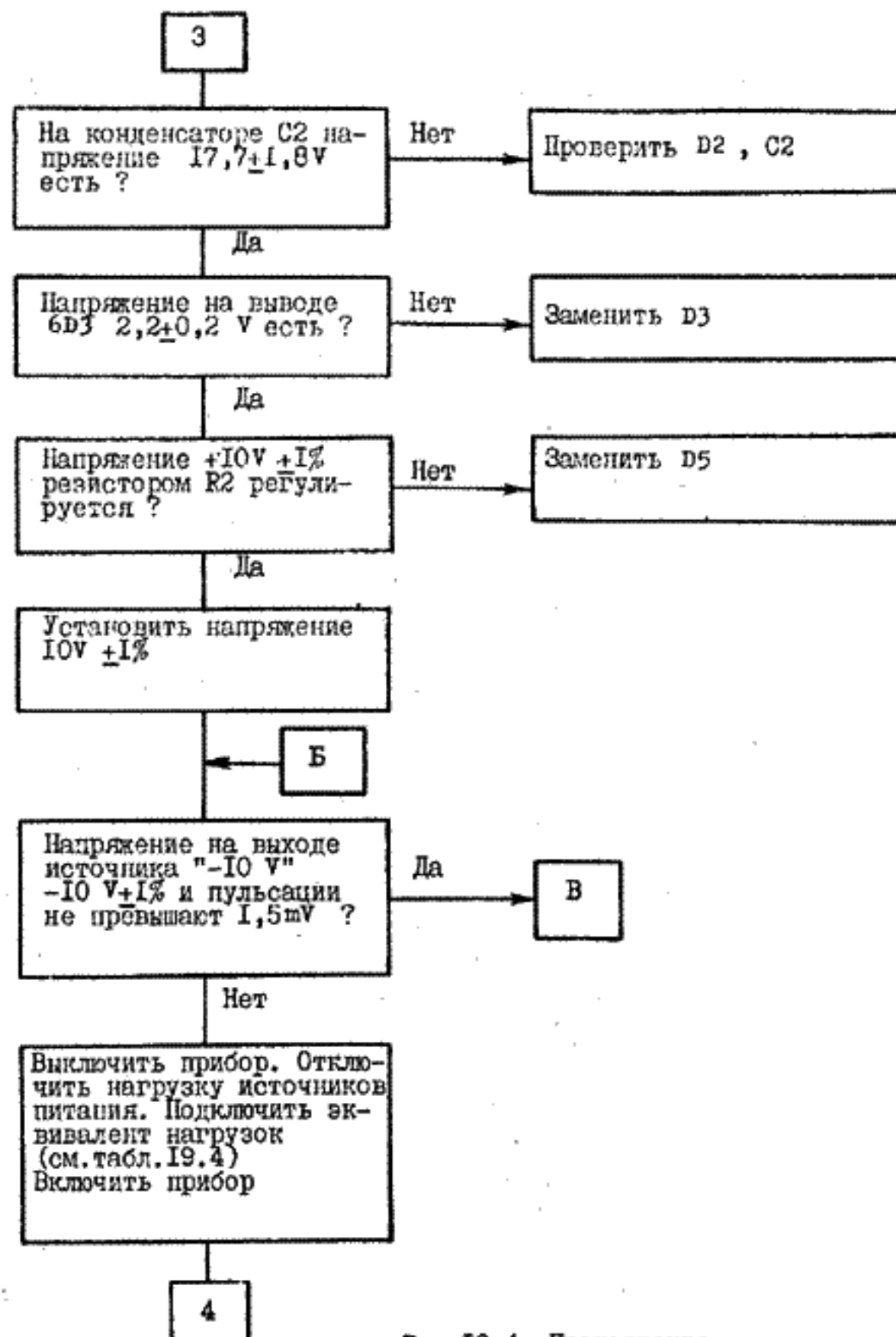


Рис.19.4. Продолжение

Рекомендации по проверке ЗРЭ при поиске неисправностей с помощью схем алгоритмов диагностирования (САД)

В САД имеются указания о замене или проверке микросхем, транзисторов, диодов. Несмотря на указания о замене, в тех случаях, где это возможно, следует все же проверить ЗРЭ без их выпаивания.

Перед проверкой необходимо убедиться в наличии питающих напряжений на соответствующих выводах микросхем.

Затем необходимо убедиться в отсутствии коротких замыканий или обрывов в проверяемом месте. Такую проверку следует проводить измерителем с выходным напряжением не более 0,4 В. Например, тестером Ц4353 в режиме измерения "а". Прибор должен быть выключен.

Логические микросхемы малой степени интеграции можно проверить с помощью логических стимулятора и пробника, например, из комплекта КИТ-2.

Операционные усилители (ОУ) можно проверить на функционирование, подключая ко входу ОУ через резистор 10-20 кОм напряжение ± 10 В. При подключении к инвертирующему входу знак напряжения на выходе ОУ должен быть инверсным, а при подключении к неинвертирующему входу — напряжение на выходе ОУ должно быть того же знака, что и на входе. Величина напряжения может быть различной, в зависимости от схемы включения ОУ, но при смене знака напряжения на входе должен меняться знак напряжения на выходе.

Микросхемы D9 и D3 источников питания можно проверить следующим образом: отключить нагрузку от всех источников, сняв разъем питания аналогового блока и перемычку в цепи источника "+5 В"; отключить от схемы силовые транзисторы VT4 и VT3; замкнуть выводы I0 и I3 микросхем. На выходах источников должны появиться напряжения плюс 5 В и плюс 10 В соответственно.

Биполярные транзисторы (кроме транзисторов блока питания) проверяются в ключевом режиме.

Для проверки закрытого состояния транзисторов, эмиттеры которых подключены к источникам питания, достаточно замкнуть базу и эмиттер.

Приложение 4

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕРКЕ СВЕЧЕНИЯ ИНДИКАТОРОВ

Единичные индикаторы (светодиоды) на плате 3.057.48I и сегменты цифровых индикаторов на плате 2.746.128 соединены в матрицу 8x7. Для их проверки необходимо каждый светодиод и сегмент подключать к источнику тока 2-10 мА. В качестве такого источника может служить источник напряжения 3-4,5 В с выходным сопротивлением 0,5-1 кОм. Положительный выход источника напряжения подключают к точкам 9-14 и коллектору транзистора VT5, а отрицательный - к точкам 1-8 на плате 3.057.48I. Вместо источника напряжения можно использовать тестер типа Ц-4353 или аналогичный в режиме измерения "кОм x0.01". Положительный выход источника питания в тестере подключен к клемме "-кОм".

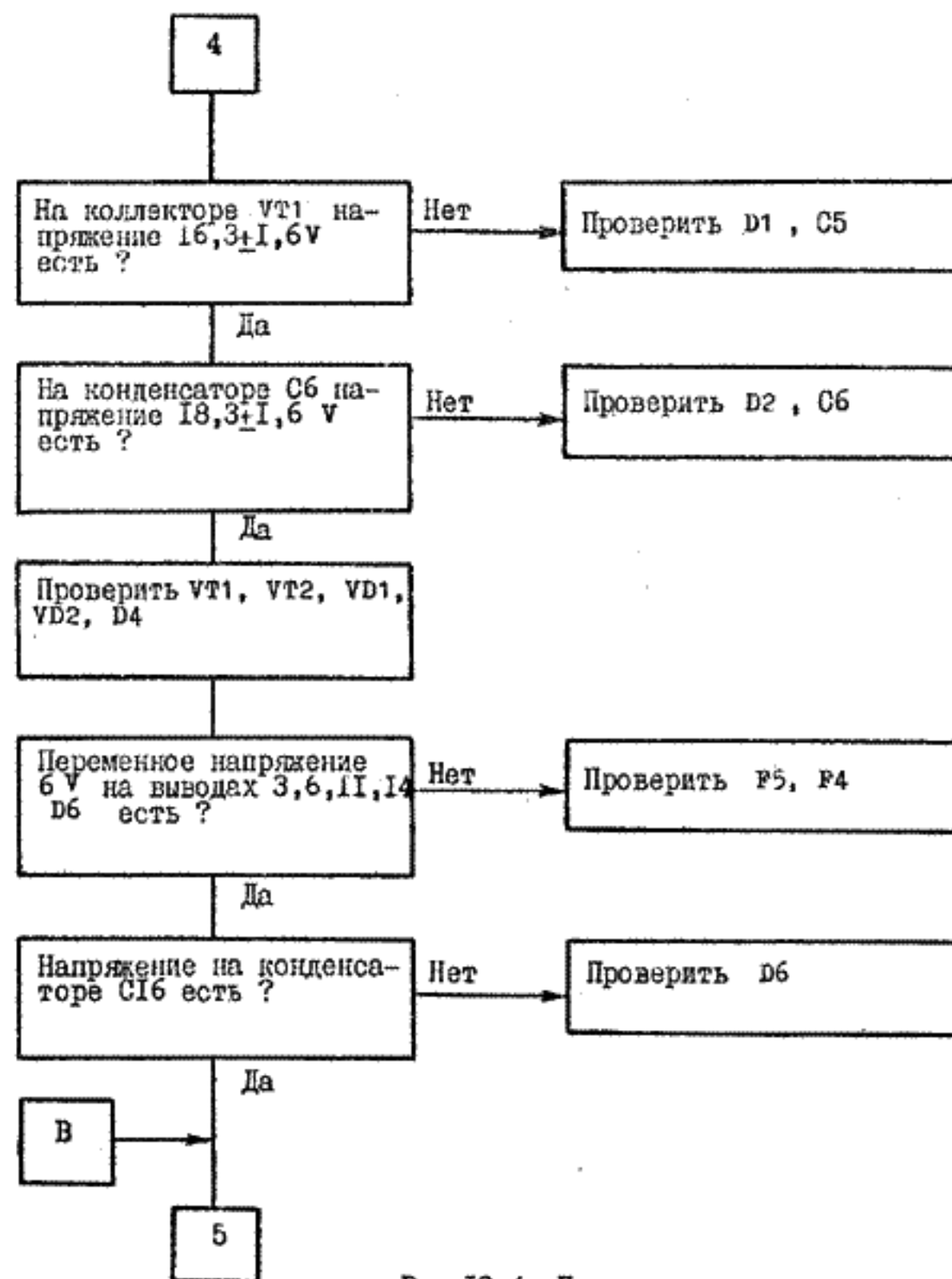


Рис.19.4. Продолжение

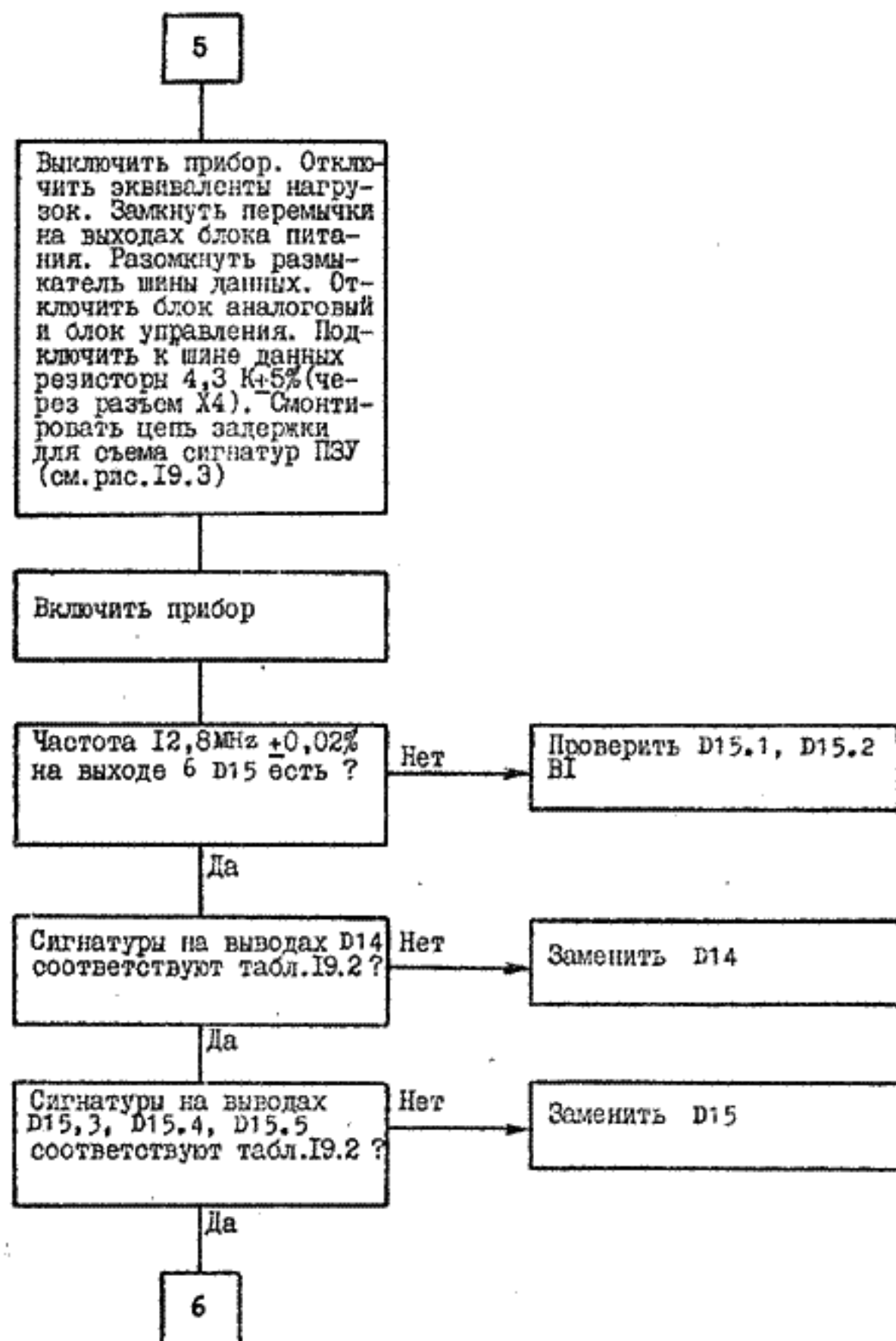


Рис. I9.4. Продолжение

Обозначение трансформатора по схеме	Тип магнитопровода	Номера выводов	Число витков	Тип и диаметр провода, мм	Напряжение
TI	ШЛ16х20	2-3	1514	ПЭТВ-2 0,16	110
		31-32	1514	ПЭТВ-2 0,16	110
		16	I	Лента ДПРНТ 0,05 35 НДМЗ	Экран
		11-12	15	ПЭТВ-2 0,08	1,0
		12-13	216	ПЭТВ-2 0,2	14,0
		13-14	216	ПЭТВ-2 0,2	14,0
		14-15	15	ПЭТВ-2 0,08	1,0
		4-5	99	ПЭТВ-2 0,355	6,3
		5-6	99	ПЭТВ-2 0,355	6,3
		21-22	85	ПЭТВ-2 0,1	5,4
		22-23	142	ПЭТВ-2 0,56	9,0
		23-24	142	ПЭТВ-2 0,56	9,0
		24-25	85	ПЭТВ-2 0,1	5,4

Приложение 2

Таблица режимов по постоянному току

Обозначение по электрической схеме	Напряжение, V			Положительный или отрицательный вывод
	К	Б	Э	
3.031.152 33				
VT1	-16,3	-10,9	-10,3	
VT3	+16,1	+10,63	+10,05	
VT4	+8,6	+6,3	+5,1	
C6				-18,3
C2				+17,7
C16				+6

Примечания: 1. Режимы сняты вольтметром В7-34А относительно корпуса прибора при напряжении сети $(220 \pm 5) \text{ V}$.

2. Органы управления прибором находятся в исходном положении.

3. Отклонение измеренных величин от указанных в таблице не должны выходить за пределы $\pm (0,15 U) \text{ V}$, где U — измеренное значение напряжения, указанное в таблице.

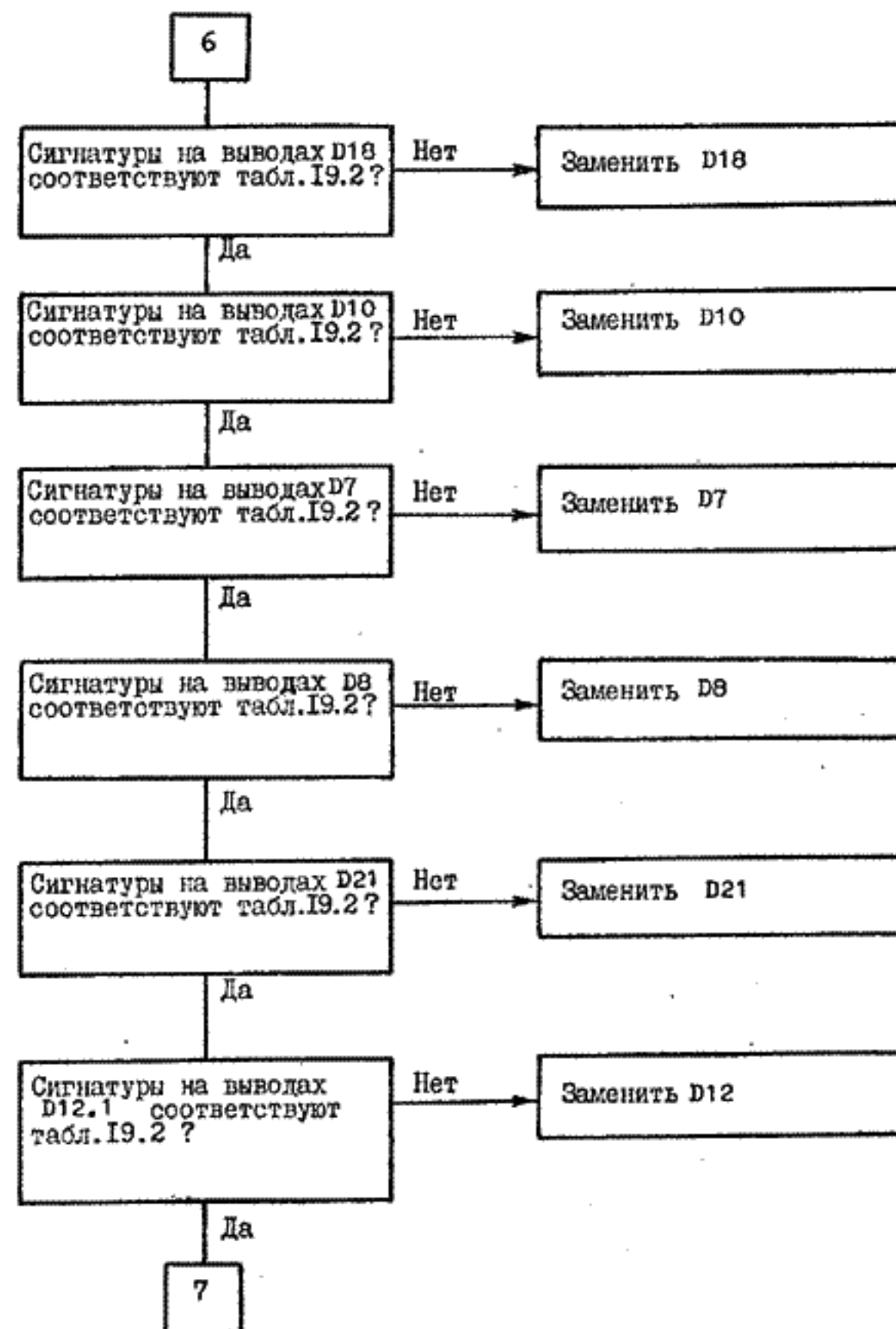


Рис. I9.4. Продолжение

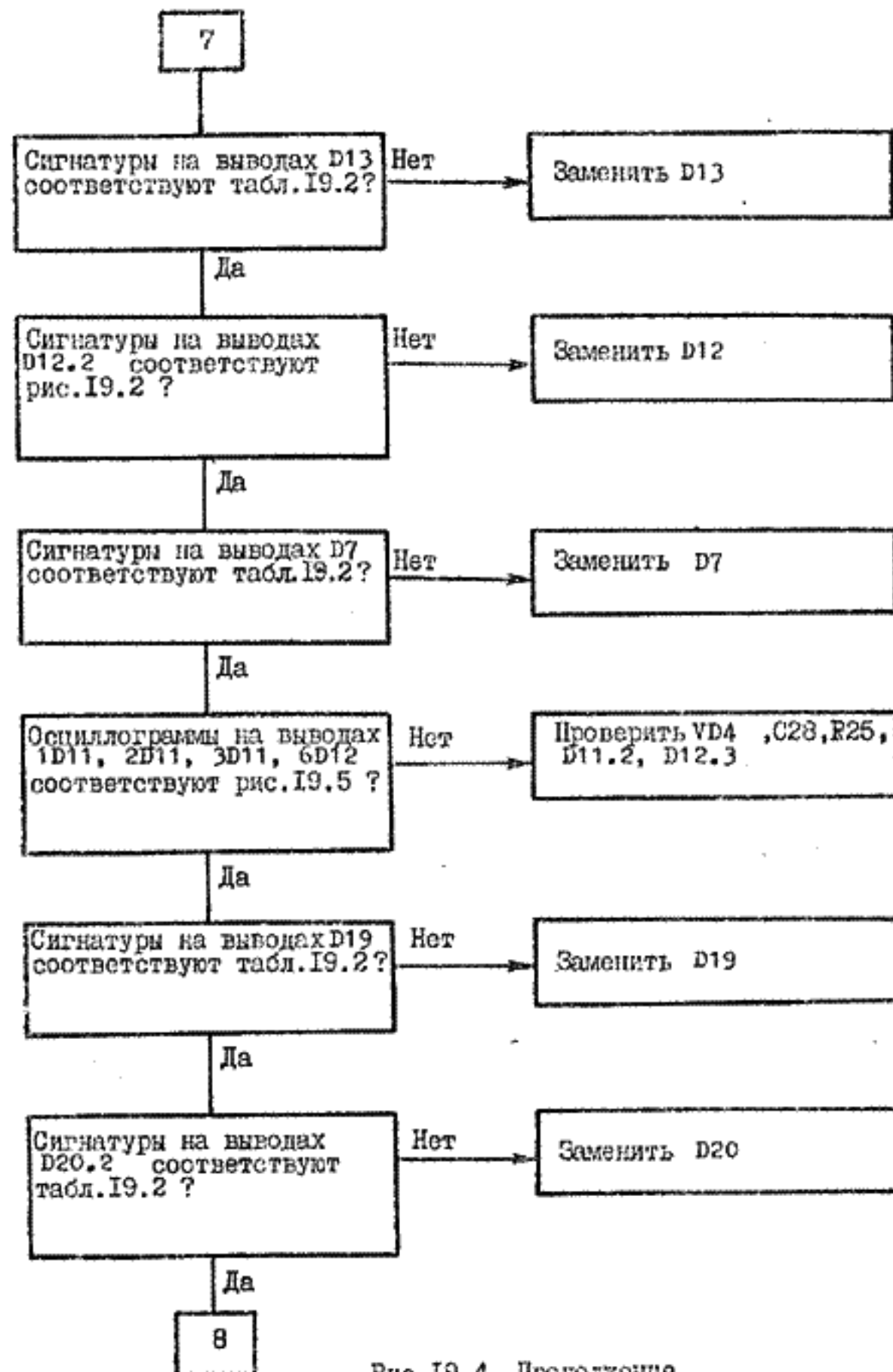


Рис.19.4. Продолжение
92

Продолжение

Измеряемый объект	Предел	Частота, кГц	R/G	I/C	D/Q	
			Результат измерения	Действительное значение	Погрешность измерения	Допускаемая погрешность
10 Ω	7	0,1 I		10,00 Ω 0,00 мН 10,00 Ω 0 μ Н		$\pm 0,04 \Omega$ $\pm 0,05$ мН $\pm 0,04 \Omega$ $\pm 5 \mu$ Н
1000 м Ω	8	0,1 I		1000 м Ω 0 μ Н 1000 м Ω 0,0 μ Н		± 5 м Ω $\pm 6 \mu$ Н ± 5 м Ω $\pm 0,6 \mu$ Н
1нФ + +400 пФ + +200 пФ	I	0,1				± 6 пФ $\pm 0,005$
1 нФ + +400 пФ + +200 пФ	2	I				± 5 пФ $\pm 0,04$
400 пФ + +200 пФ + +100 пФ	2	I				± 3 пФ $\pm 0,05$
200 пФ	2	I				± 2 пФ $\pm 0,011$

Примечание. XX – калибратор нуля проводимости,
КЗ – калибратор нуля сопротивления.

Продолжение

Измеряе- мый объект	Пре- дел	Часто- та, кГц	Н/О	Л/С	D/Q	
			Резуль- тат из- мерения	Действа- тельное значение	Погреш- ность измерения	Допускае- мая по- грешность
кЗ	8	0,1 1		0 мΩ 0 μH 0 мΩ 0,0 μH		±2 мΩ ±2 μH ±2 мΩ ±0,2 μH
1 МΩ	1	0,1 1		1,000 МΩ 0 pF 1,000 МΩ 0,0 pF		±0,005 МΩ ±6 pF ±0,005 МΩ ±0,6 pF
100 кΩ	2	0,1 1		100,0 кΩ 0,00 pF 100,0 кΩ 0 pF		±0,4 кΩ ±0,5 nF ±0,4 кΩ ±6 pF
10 кΩ	3	0,1 1		10,00 кΩ 0,0 nF 10,00 кΩ 0,00 nF		±0,04 кΩ ±0,5 nF ±0,04 кΩ ±0,05 nF
1 кΩ	4	0,1 1		1,000 кΩ 0 nF 1,000 кΩ 0,0 nF		±0,004 кΩ ±5 nF ±0,004 кΩ ±0,5 nF
1 кΩ	5	0,1 1		1000 Ω 0 мH 1000 Ω 0,0 мH		±4 Ω ±5 мH ±4 Ω ±0,5 мH
100 Ω	6	0,1 1		100,0 Ω 0,0 мH 100,0 Ω 0,00 мH		±0,4 Ω ±0,5 мH ±0,4 Ω ±0,05 мH

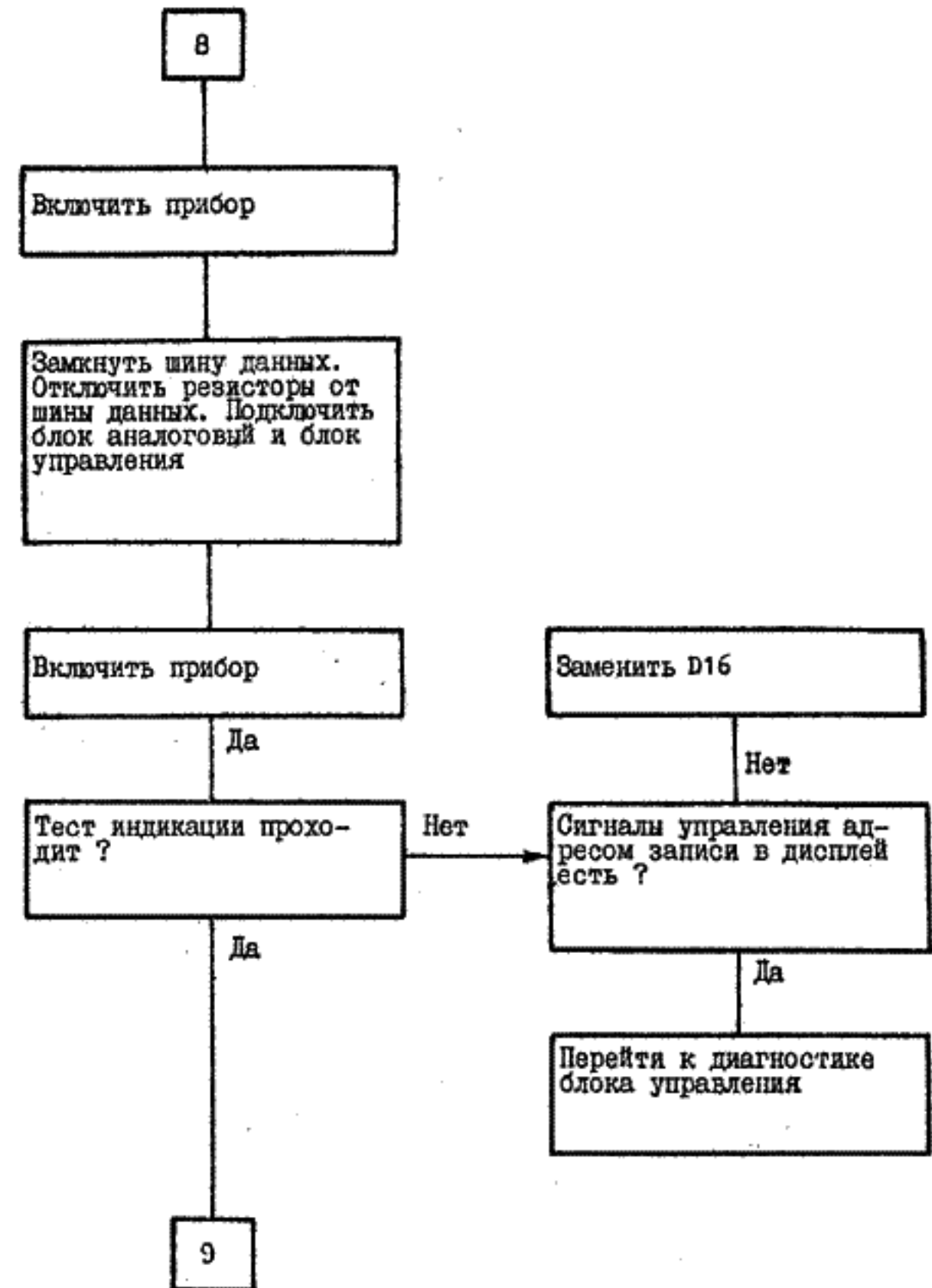


Рис.19.4. Продолжение

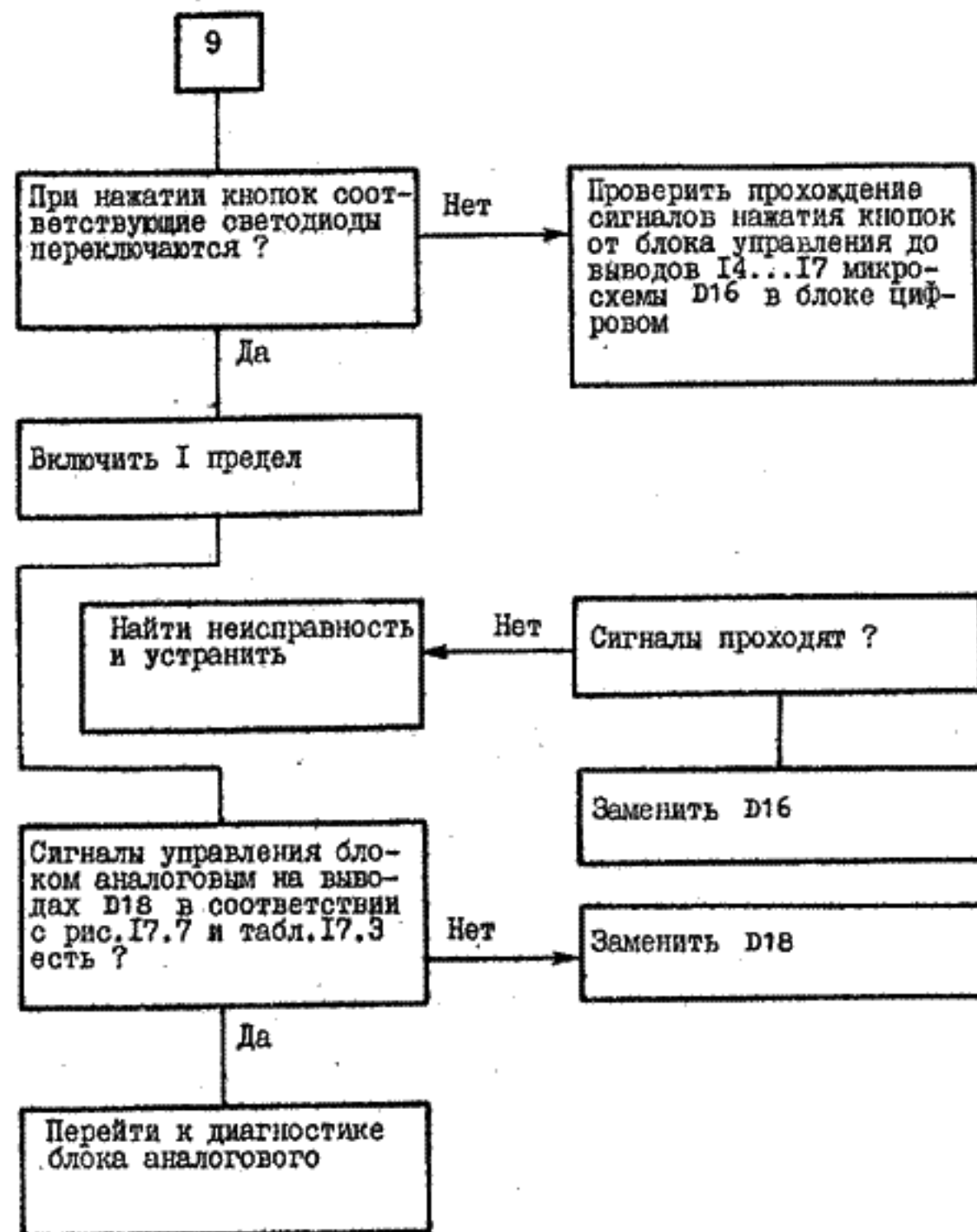


Рис. I9.4. Продолжение

Приложение I (рекомендуемое)

Формы таблиц протоколов испытаний

Измеряемый объект	Предел	Частота, кГц	R/G	L/C	D/Q	
			Результат измерения	Действительное значение	Погрешность измерения	Допускаемая погрешность
XX	I	0,1 I		0 нС 0 пФ 0 нС 0,0 пФ		± 2 нС ± 2 пФ ± 2 нС $\pm 0,2$ пФ
	2	0,1 I		0,00 мС 0,00 нФ 0,00 мС 0 пФ		$\pm 0,01$ мС $\pm 0,01$ нФ $\pm 0,01$ мС ± 1 пФ
	3	0,1 I		0,0 мС 0,0 нФ 0,0 мС 0,00 нФ		$\pm 0,1$ мС $\pm 0,1$ нФ $\pm 0,1$ мС $\pm 0,01$ нФ
	4	0,1 I		0 мС 0 нФ 0 мС 0,0 нФ		± 1 мС ± 1 нФ ± 1 мС $\pm 0,1$ нФ
K3	5	0,1 I		0 э 0 мН 0 э 0,0 мН		± 1 э ± 1 мН ± 1 э $\pm 0,1$ мН
	6	0,1 I		0,0 э 0,0 мН 0,0 э 0,00 мН		$\pm 0,1$ э $\pm 0,1$ мН $\pm 0,1$ мэ $\pm 0,01$ мН
	7	0,1 I		0,00 э 0,00 мН 0,00 э 0 мН		$\pm 0,01$ э $\pm 0,01$ мН $\pm 0,01$ э $\pm 0,1$ мН

Сигнатуры микросхем блока управления

Таблица I9.7

Микросхема	Вывод	Сигнатура
D2	3	0055
	4	0033
	5	00U1
D5	6	00AC
	10	00FH
	8	00OU
D1	I	00PP
	2	00HP
	3	00CP
	4	007U
	5	00UU
	6	00UF
	7	00UA

Примечания: I. Переключатели ПУСК, СТОП, ТАКТ сигнатурного анализатора 8I7 установлены в положение "I".

2. Входы ПУСК и СТОП подключены к выводу 5 микросхемы D2 блока управления.

3. Вход ТАКТ подключен к выводу 4 разъема X2.

Таблица I9.2

Микро-схема	Вы-вод	Условие	Сигнатура	Микро-схема	Вы-вод	Условие	Сигнатура
D14	II	I	UP73	D19	3	4	55HI
	3	I	SSH1		2	4	334U
	6	I	OU16		6	4	OU16
	7	I	UP8H		7	4	00UP
D15				D13	12	4	UP72
	4	I	FH3F		I3	2	AA4C
	8	I	FH3F		3	2	2U1H
D10	I2	I	33HU		I5	2	CP8I
	I3	2	AF5U		2	2	0000
	I2	2	IP45		II	6	6I97
	II	2	AA4C		7	2	9HP9
D12.1	I0	2	F4U1	D18	6	2	F409
					I2	2	H62U
D12.2	I	2	F4U1		I3	2	0A3F
	2	2	CP8I		I4	2	CA2A
D12.3	4	6	ICP7		I5	2	C6P3
	5	6	6I97		I6	2	69U0
D7	6	6	ICP7		I7	2	51AF
	I3	2	3750		I8	2	A3P3
	I2	2	6569		I9	2	H38F
	II	2	P0HH		2I	2	3209
D11.2	I0	2	2U1H		22	2	33U7
					23	2	2248
D20.2	I	6	ICP7		24	2	AF5U
	3	6	6I97	D21	9	3	7923
	9	5	UP73		I0	3	93P9
	8	5	F722		II	3	P50C
					I3	3	8AF1
					I4	3	A3F6
					I5	3	F9AA
					I6	3	U2A5
					I7	3	0040

Сигнатуры микросхемы ПИЗУ D8 приведены в формуляре 2.724.014 40

Таблица I9.3

№ усло- вия	ПУСК	СТОП	Точка под- ключения ПУСК/СТОП	ТАКТ	Точка под- ключения ТАКТ	Сигнатура при контро- ле +5V
1	┐	┐	7D14	┐	5D14	UP73
2	┐	┐	23D18	┐	11D18	7A70
3	┐	┐	23D18	┐	9D18*	
4	┐	┐	7D19	┐	5D19	UP73
5	┐	┐	9D20	┐	5D19	395I
6	┐	┐	23D18	┐	11D18**	7A70

* К данной точке вход ТАКТ подключается через цепь задержки (см. рис. I9.3).

** Вывод I4 микросхемы D13 отключить от схемы и соединить с выво-
дом I5 микросхемы D13 . При снятии сигнатур с использованием условия 4
необходимо соединить вывод 4 D20 с корпусом до появления лог. I на вы-
воде 5 D20 .

Таблица I9.4

Источник	Сопротивление нагрузки, Ω	Мощность, W
+5 V	7	5
+10 V	200	I
-10 V	200	I
+6 V	12	3

Осциллограмма напряжений на плате блока управления

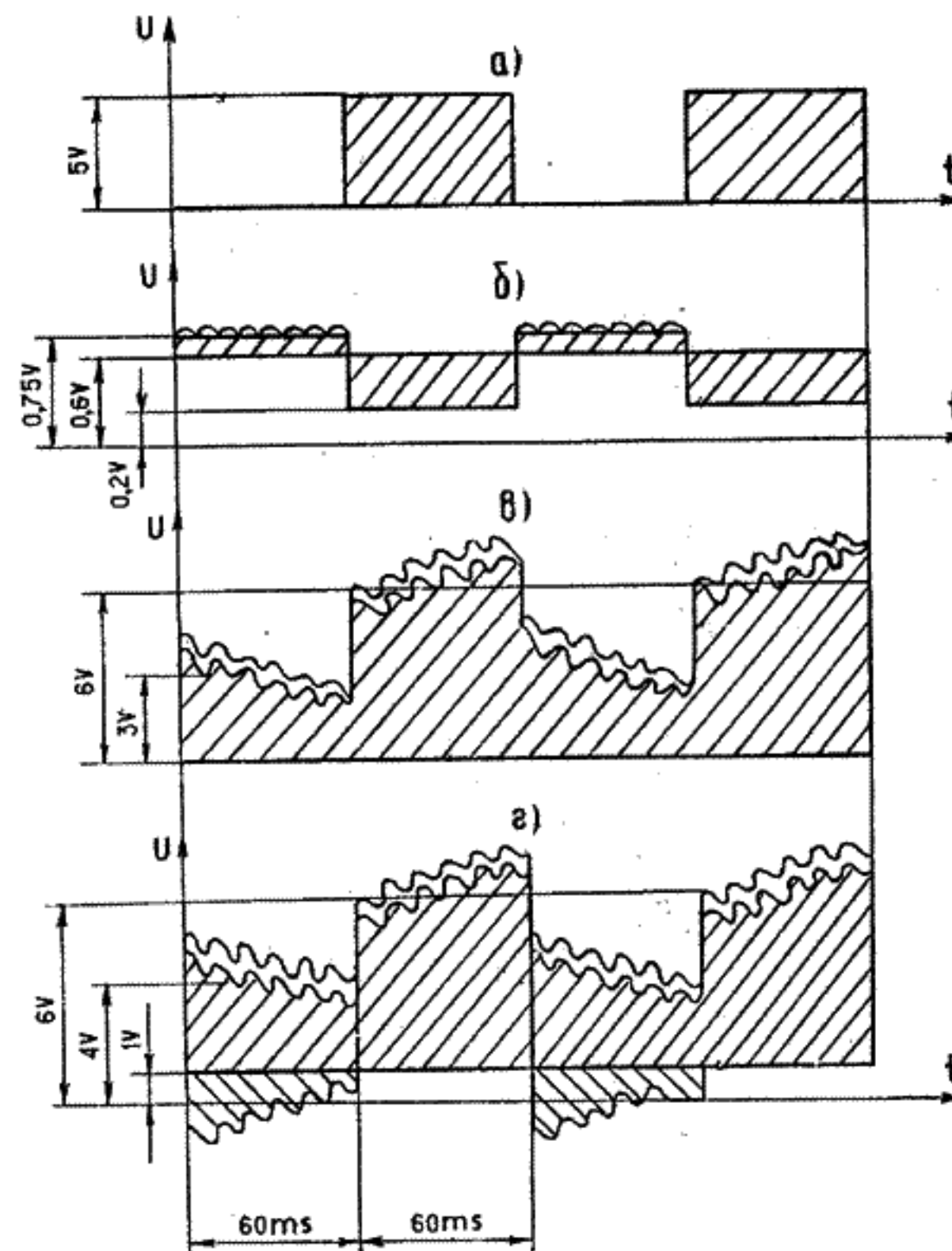


Рис. I9.9

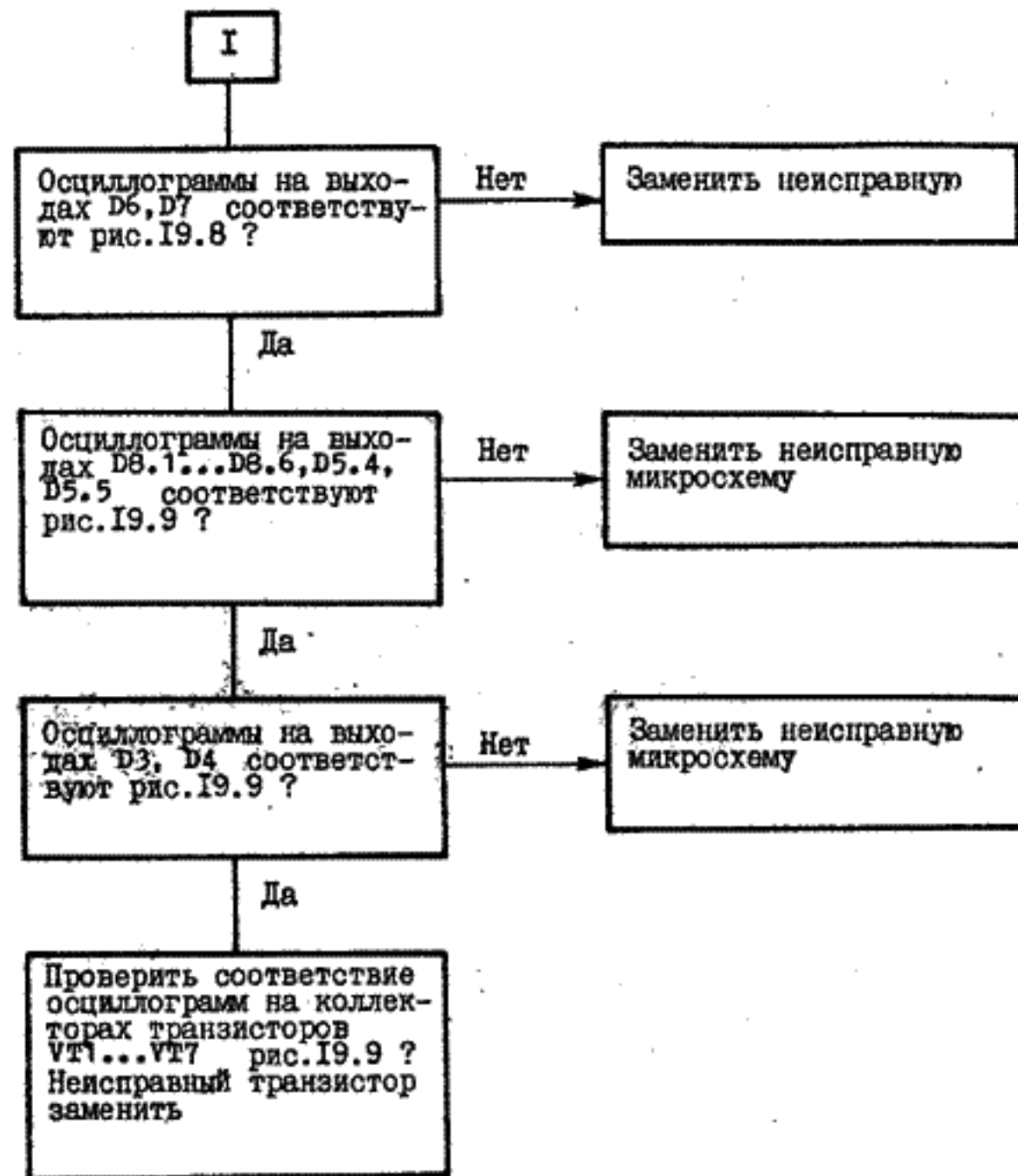


Рис. I9.8. Продолжение

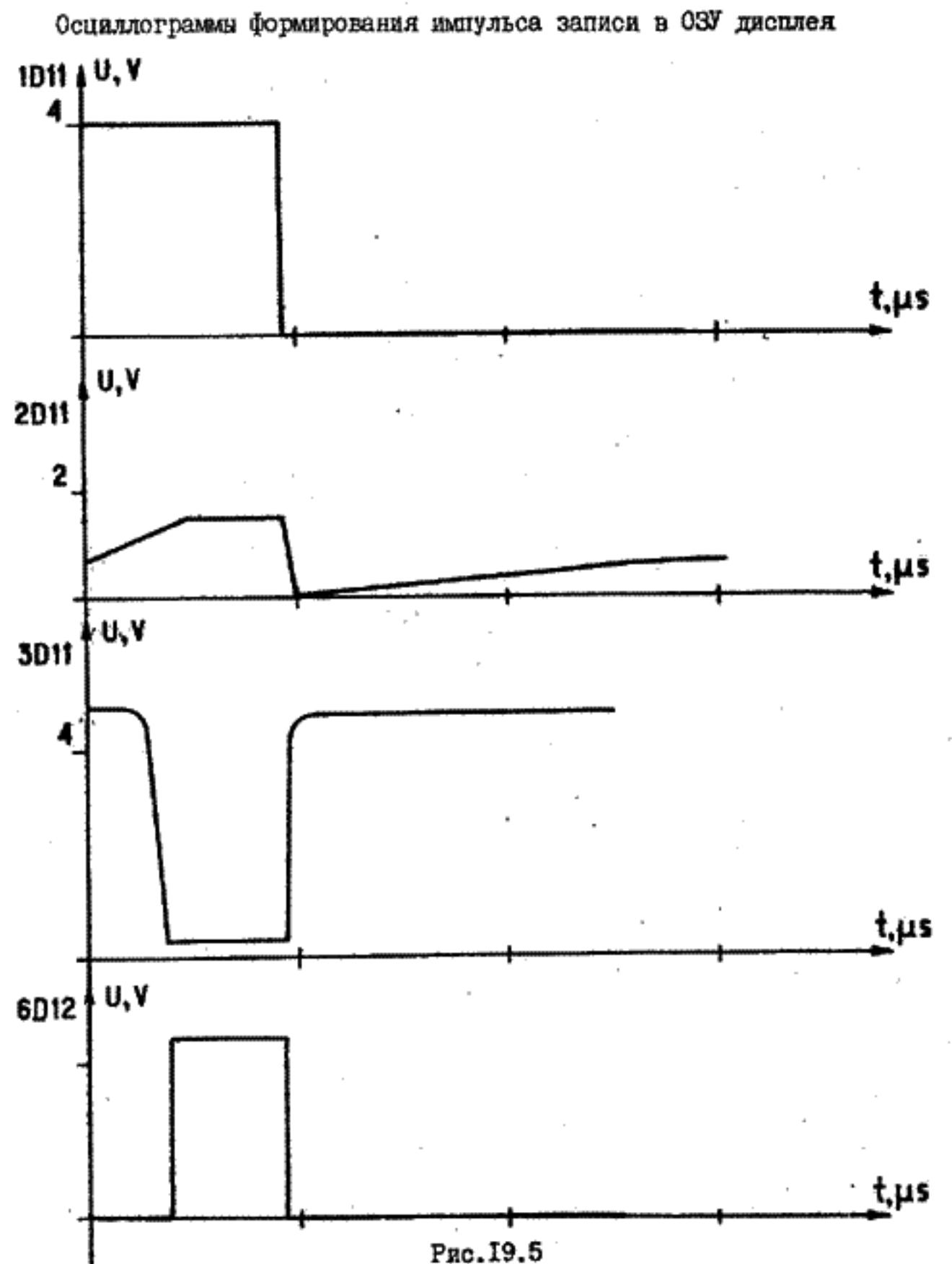


Рис. I9.5

19.4.3. Неисправности аналогового блока

При неисправностях в аналоговом блоке появляются сообщения Н-04, Н-06. В этом случае необходимо применить САД аналогового блока (рис.19.6). Другим внешним признаком неисправности аналогового блока является погрешность измерения, превышающая допустимую. К неисправностям аналогового блока можно отнести и неисправности устройства присоединительного УП-2. Эти неисправности и характер их проявления приведены в табл.19.5. При поиске неисправности в аналоговом блоке нужно в первую очередь проверить УП-2. Оценить, где неисправность – в аналоговом блоке или в УП-2 можно, замкнув попарно возможно более короткими проводами выводы I, U и I', U' на самом приборе. Если показания прибора не превышают приведенных в п.11.2 для холостого хода, то наиболее вероятно, что неисправно УП-2.

Таблица 19.5

Признаки неисправности	Наиболее вероятная причина
1. При отсутствии измеряемого объекта ХХ и измерении короткого замыкания КЗ показания прибора хаотические	Оборван вывод I УП-2 Вывод I (U) замкнут на корпус
2. При измерении ХХ показания хаотические, а КЗ – стабильные и составляют единицы миллиом	Оборван вывод U УП-2
3. При измерении резистора I к Ω показания завышены в 3...5 раз и стабильны	Оборван вывод I УП-2
4. При измерении резистора I к Ω показания завышены, но стабильны	Оборван вывод U УП-2
5. При измерении ХХ показания по емкости превышают 0,2 pF	Оборван один из экранов УП-2

Для удобства поиска неисправности с помощью осциллографа в приборе предусмотрены сигналы синхронизации внешней развертки. Адреса этих сигналов, полярность фронтов и соответствующие точки на временной диаграмме согласно рис.17.7 приведены в табл.19.6.

Схема алгоритма диагностирования блока управления

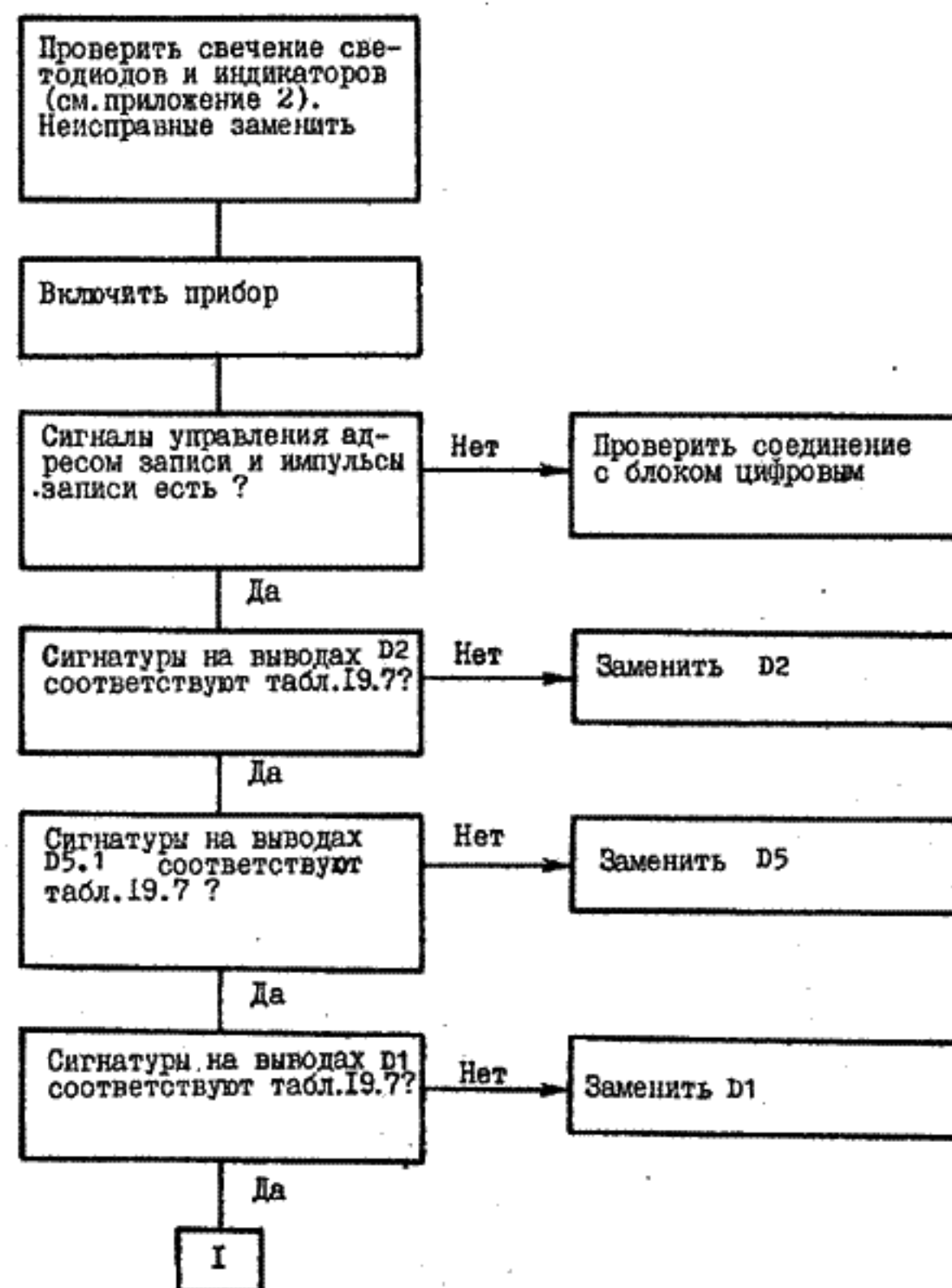


Рис.19.8

19.4.4. Неисправности блока управления

Если при проверке индикации загораются только некоторые сегменты и яркость их сильно увеличена, то отсутствует частота сканирования индикации. Отсутствие свечения некоторых сегментов при нормальной яркости может быть вызвано неисправностью самих индикаторов или неисправностью в цепях катодов негорящих сегментов. Если же не загорается целиком знакоместо, сегменты " ", " ", "M", " ", " ", "K", " ", " " или "P", "H", " ", "D", "Q", "S", то неисправность - в цепи анодов индикаторов. Для поиска конкретного неисправного элемента следует применить САД блока управления (рис.19.8). Сигнатуры микросхем блока управления приведены в табл.19.7.

Таблица 19.6

Адрес синхросигнала (номер вывода микросхемы D16 цифрового блока)	Фронт синхросигнала	Точка на временной диаграмме	Примечание
18	+	(T1)	Интегрирование "В"
	-	(T2)	
19	+	(T4)	"А"
	-	(T5)	
20	+	(T7)	"С"
	-	(T8)	
21	+	(T10)	"D"
	-	(T12)	
22	+	(T13)	"З"
	-	(T14)	

Схема алгоритма диагностирования аналогового блока

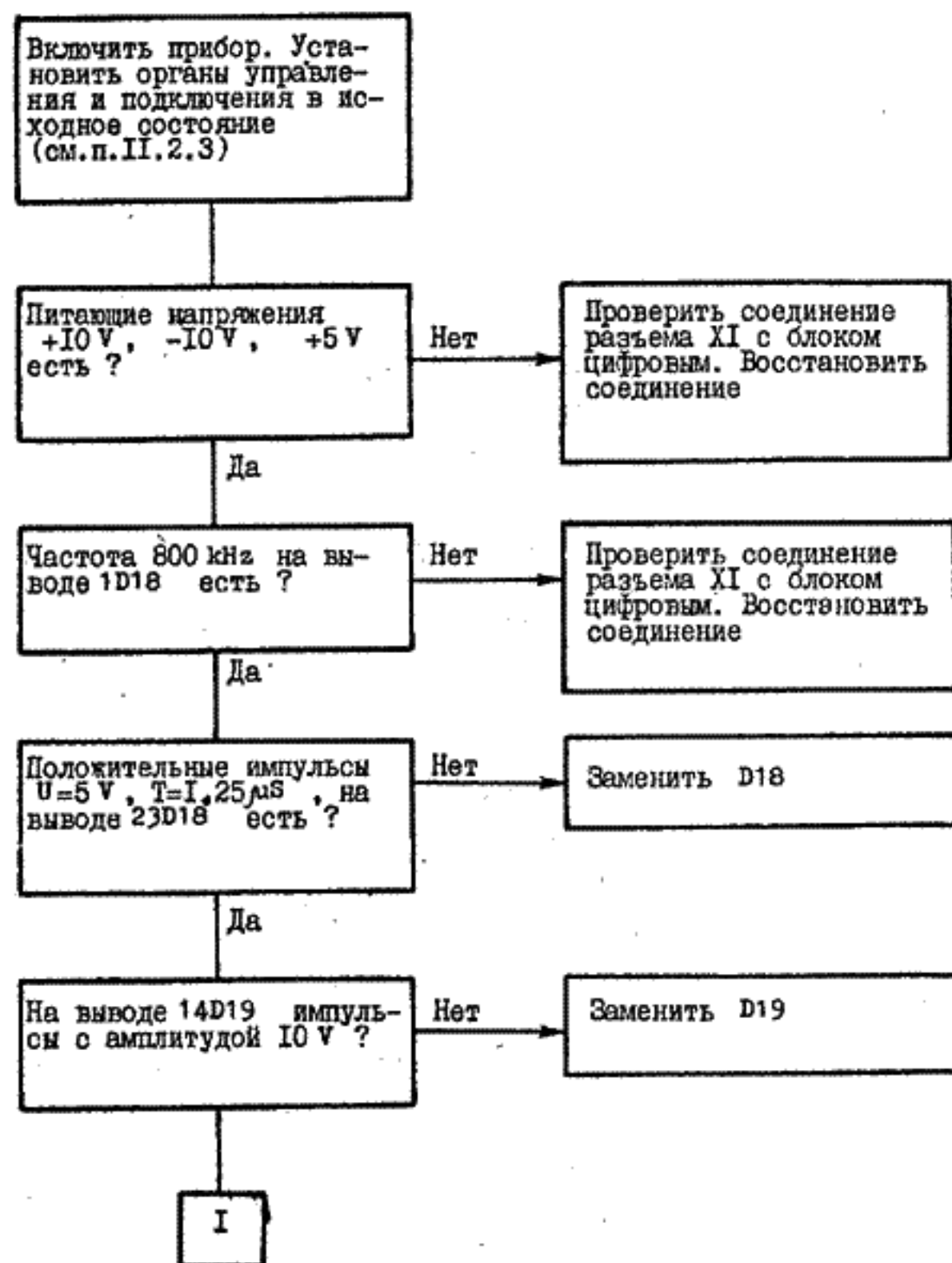


Рис. I9.6

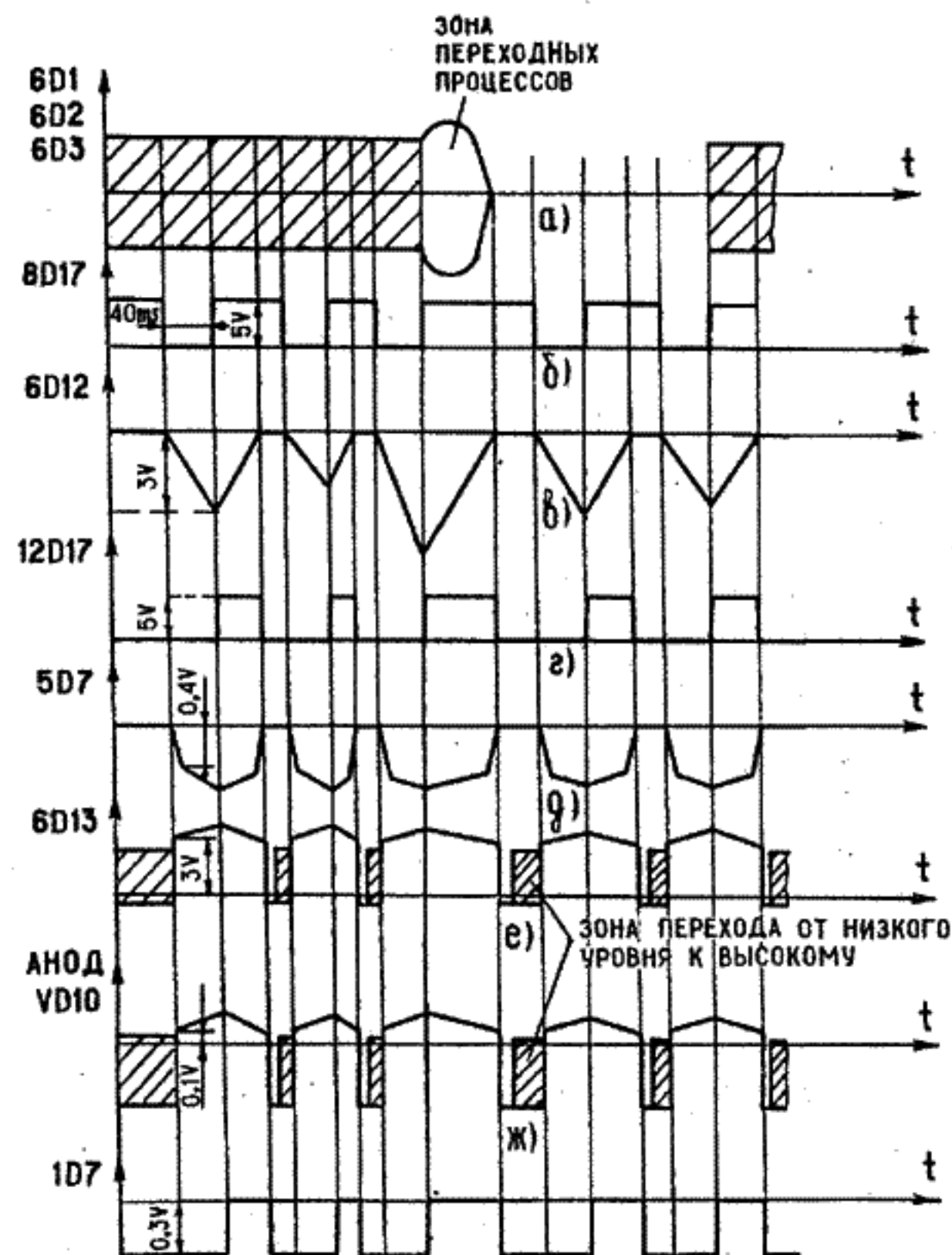


Рис. I9.7

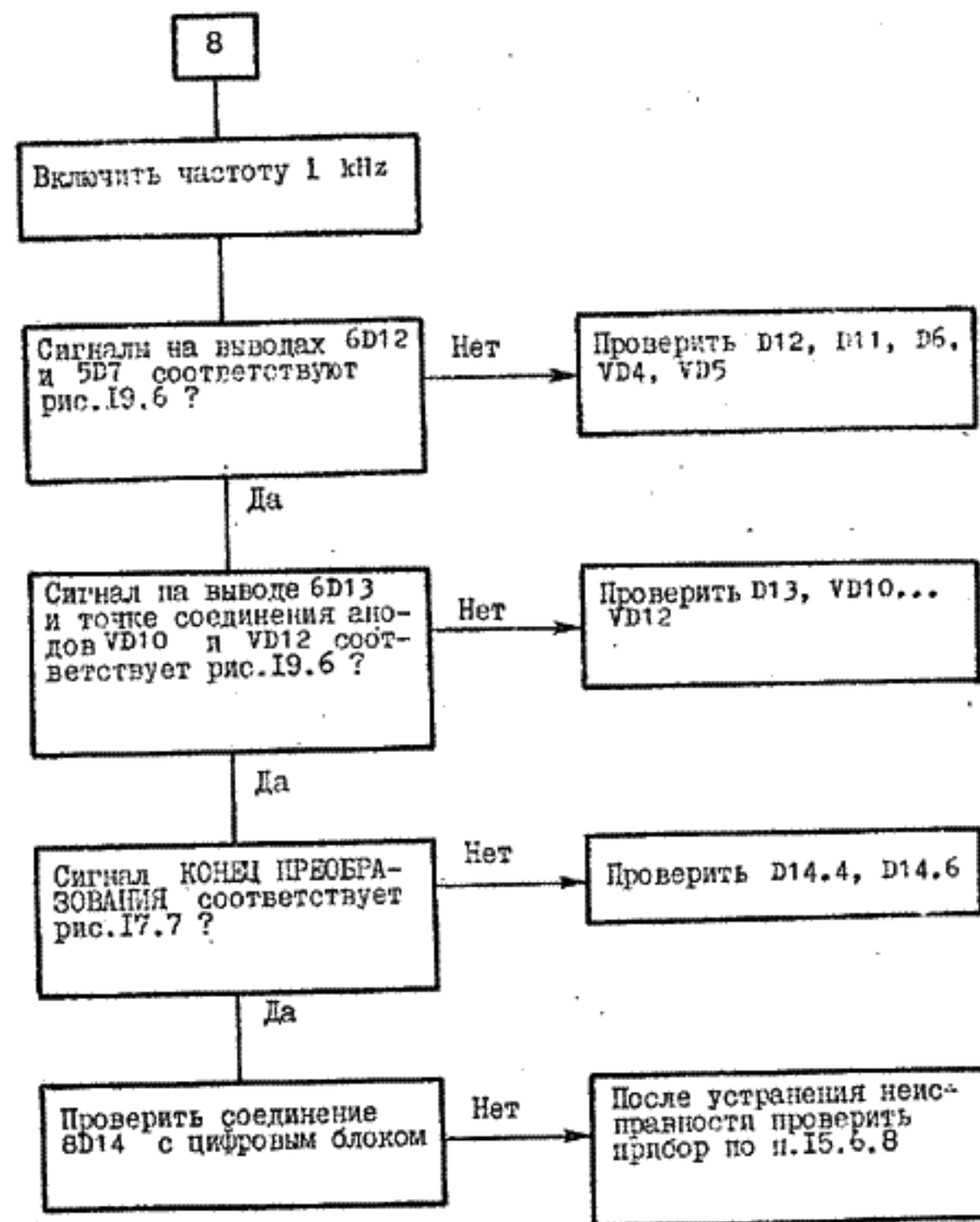


Рис.19.6. Продолжение

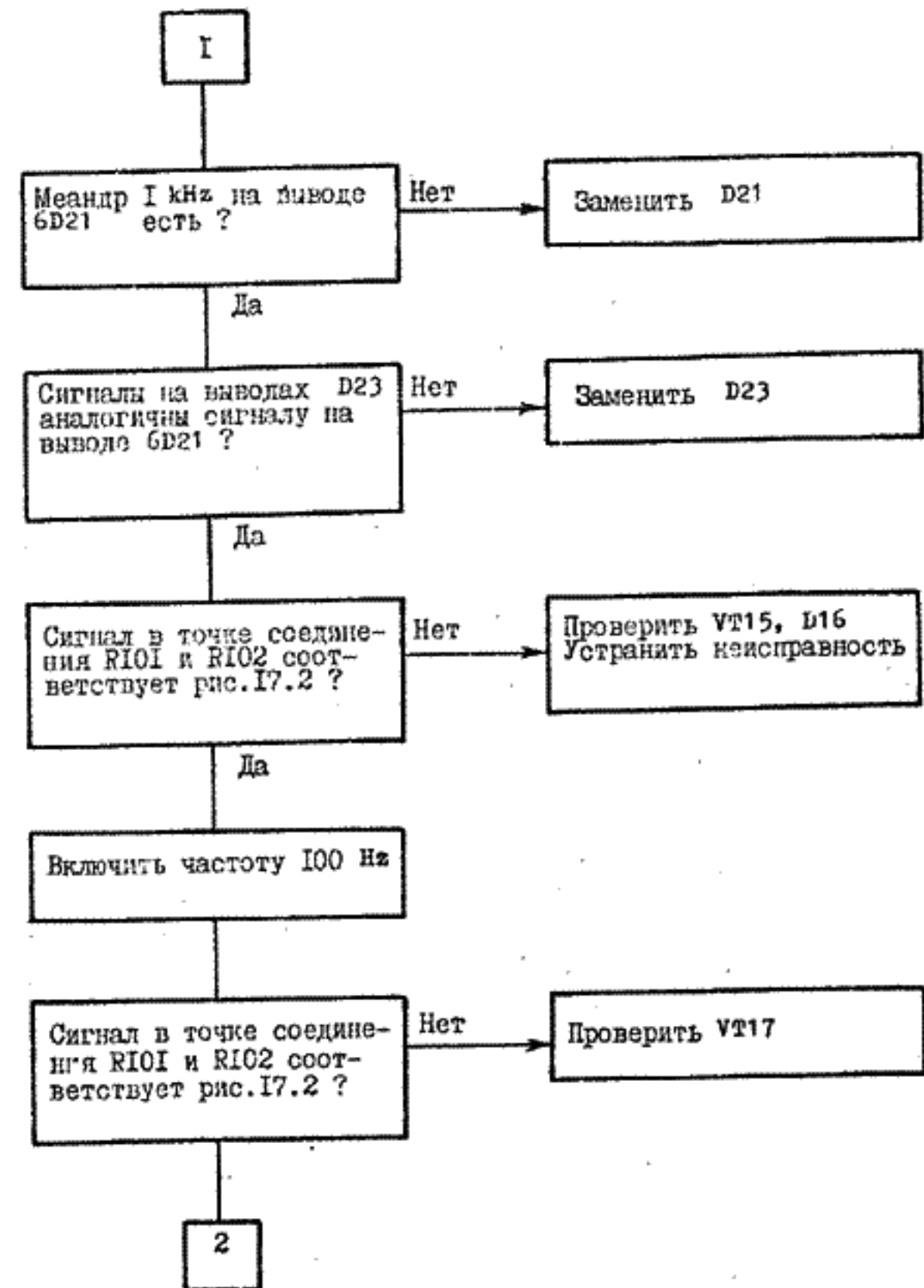


Рис.19.6. Продолжение

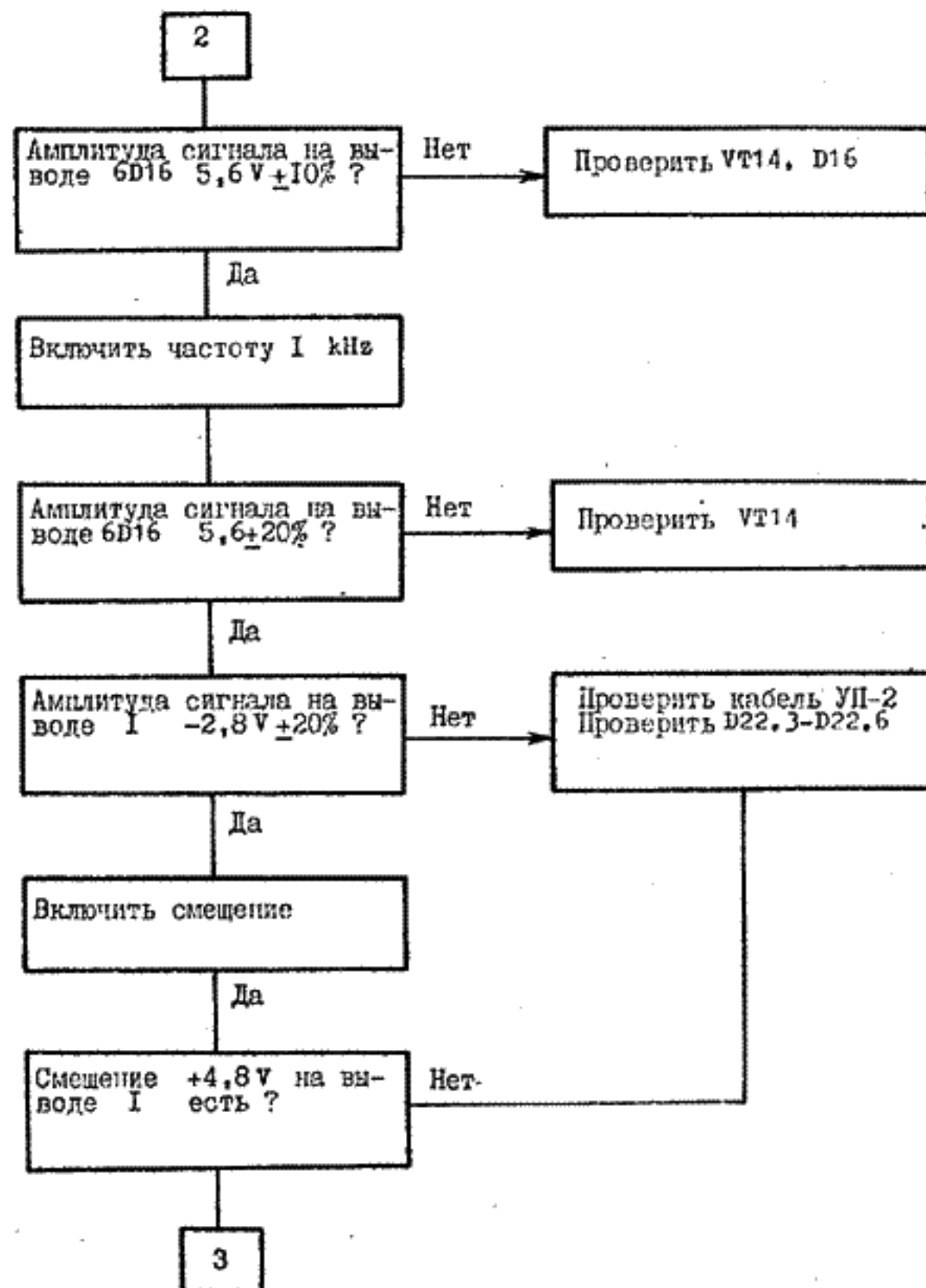


Рис.19.6. Продолжение

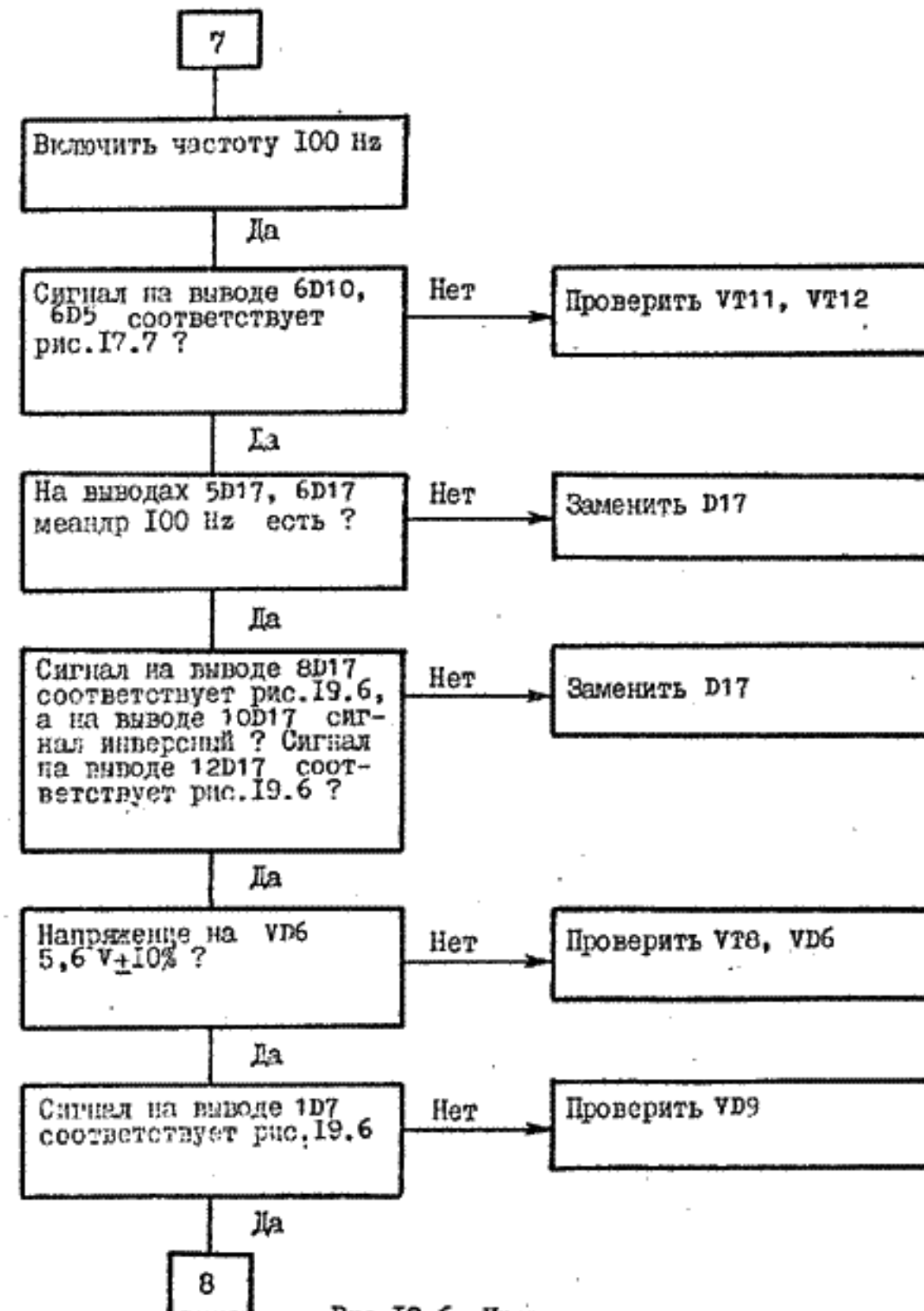


Рис.19.6. Продолжение

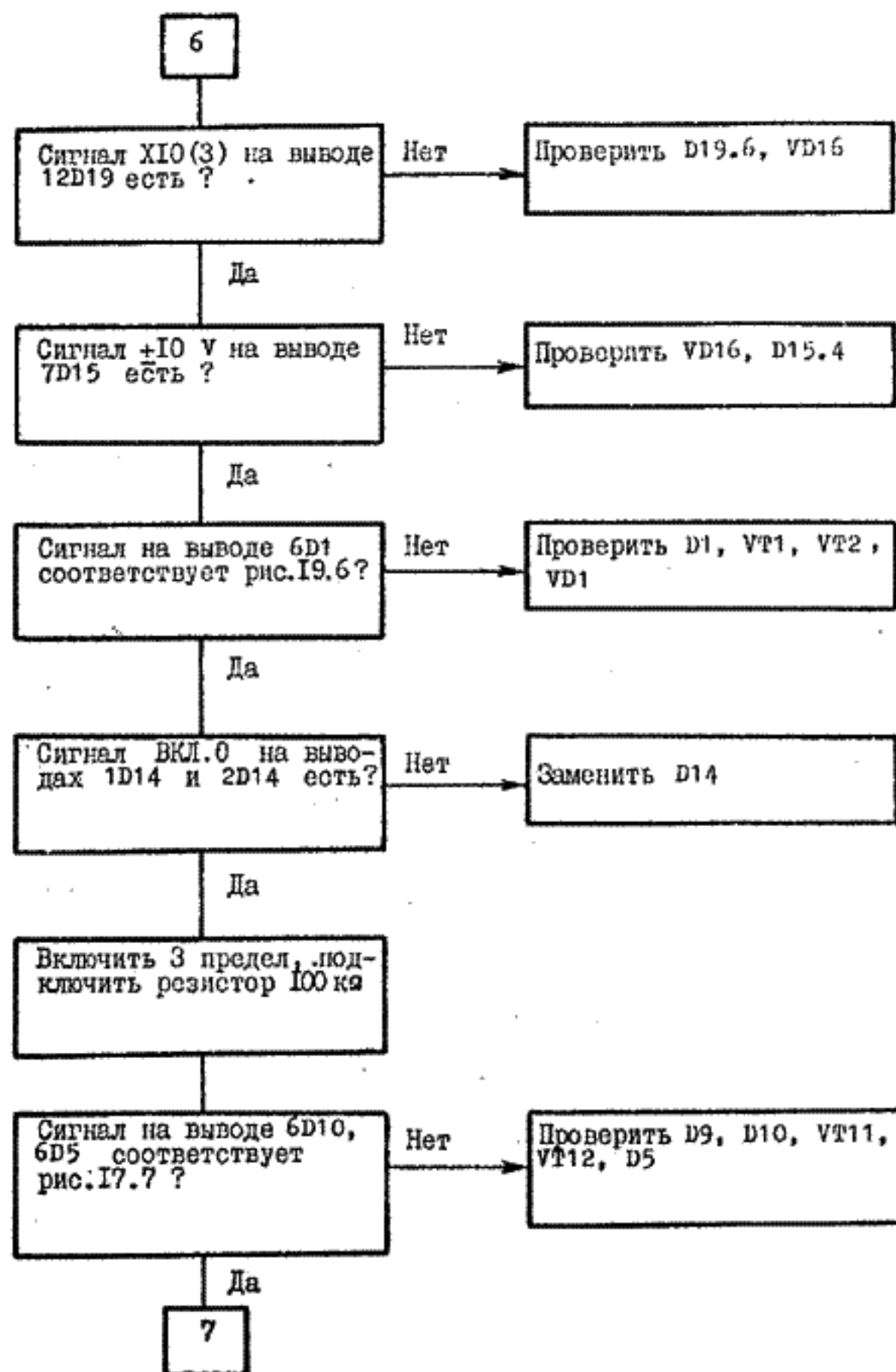


Рис.19.6. Продолжение

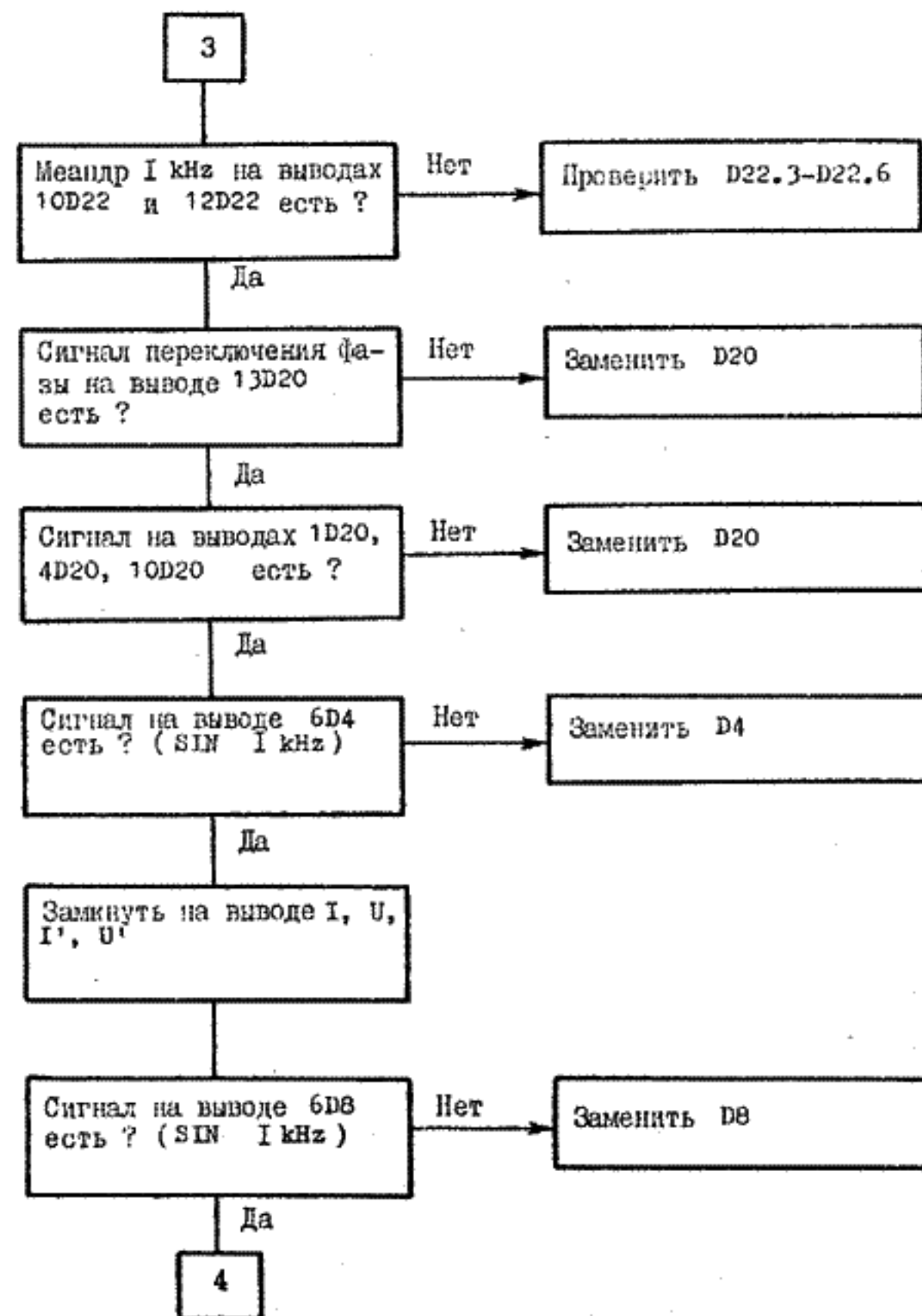


Рис.19.6. Продолжение

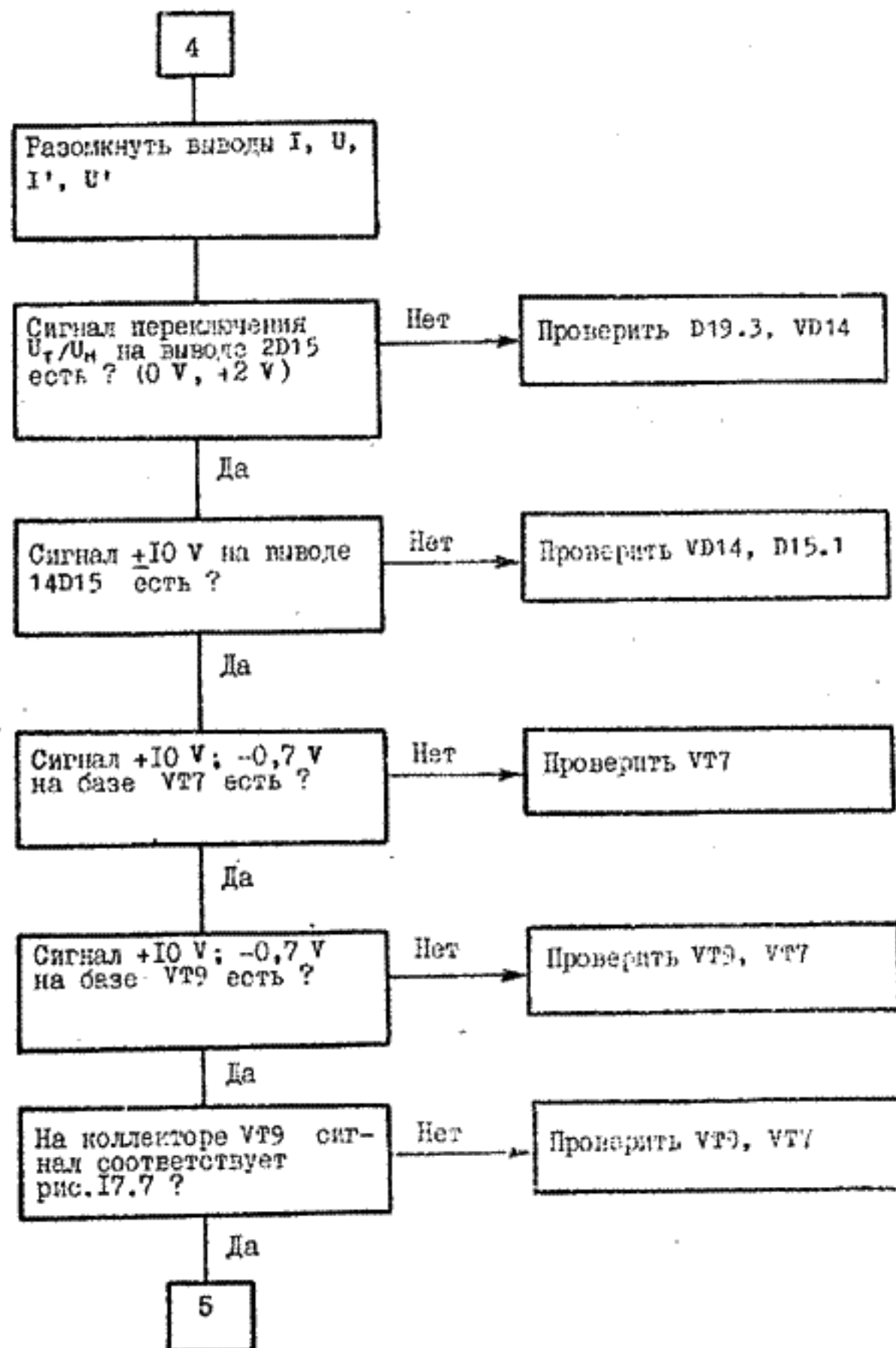


Рис.19.6. Продолжение

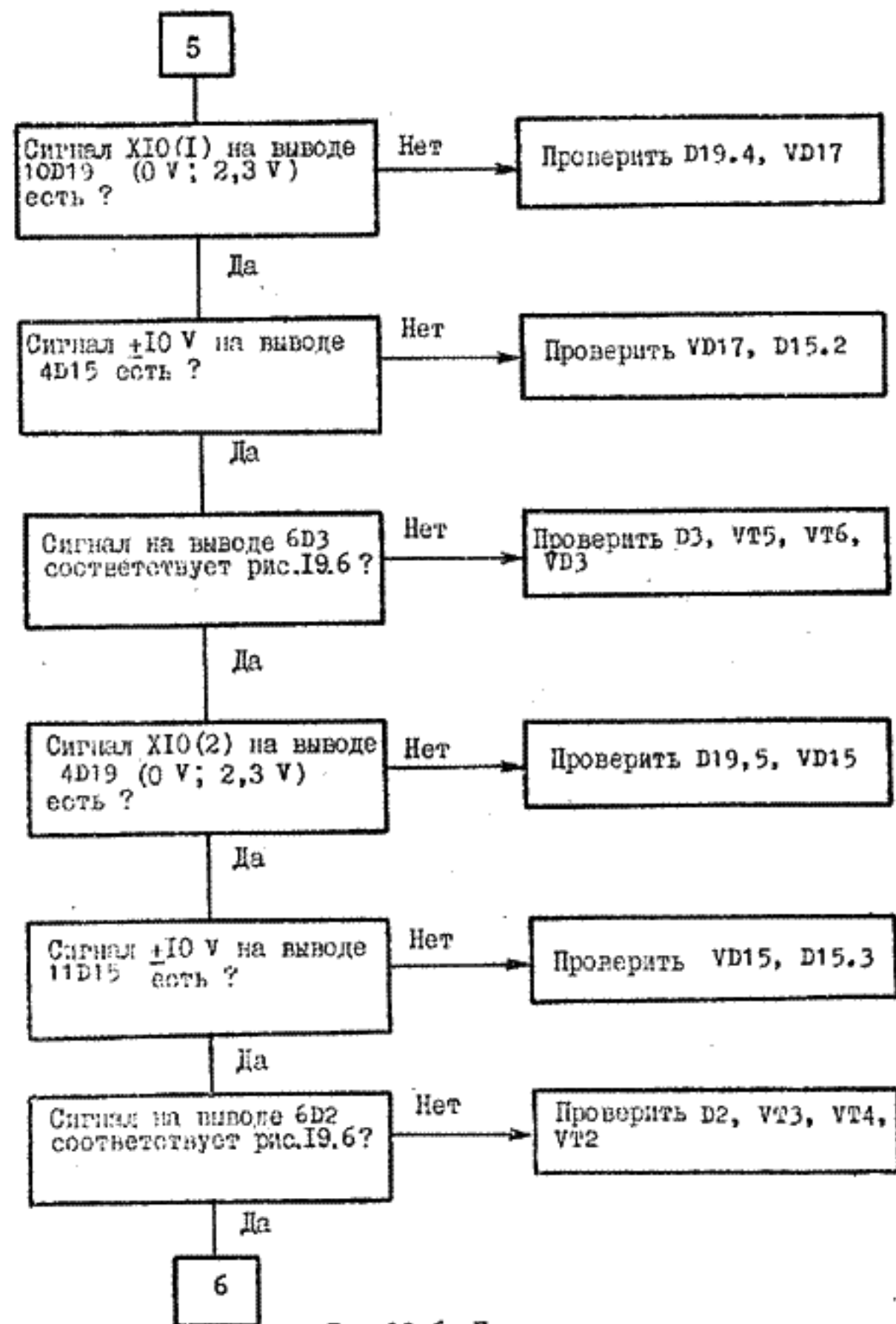


Рис.19.6. Продолжение



E7-15

ИЗМЕРИТЕЛЬ ИММИТАНСА

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**(Схемы электрические принципиальные
и планы размещения элементов
на печатных платах)**

2.724.014-ТО

Книга 2



ИЗМЕРИТЕЛЬ ИММИТАНСА Е7-15

Техническое описание и инструкция по эксплуатации
(Схемы электрические принципиальные и планы размещения элементов на печатных платах)

2.724.014 ТО
Книга 2

1991

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. Блок аналоговый

Схема электрическая принципиальная 3.034.046 ЭЗ	3
Схема электрическая принципиальная 3.034.046 ЭЗ (лист 2)	4
Схема электрическая принципиальная 3.034.046 ЭЗ (лист 3)	5
Перечень элементов 3.034.046 ПЭЗ	6
План размещения элементов 3.034.046 СБ	10

2. Блок цифровой

Схема электрическая принципиальная 3.031.152 ЭЗ	12
Схема электрическая принципиальная 3.031.152 ЭЗ (лист 2)	12
Перечень элементов 3.031.152 ПЭЗ	13
План размещения элементов 3.031.152 СБ	16

3. Блок управления

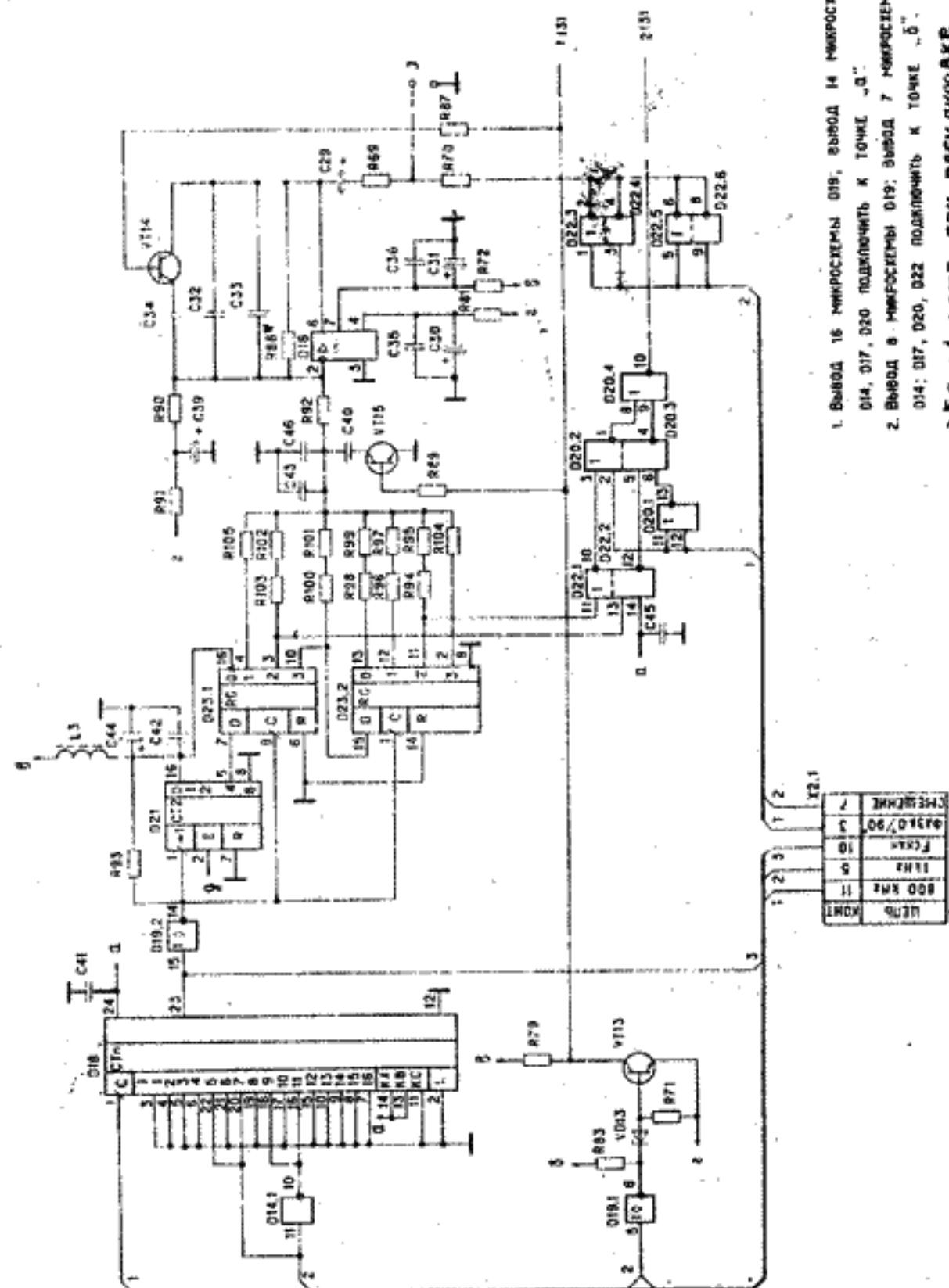
Схема электрическая принципиальная 3.057.481 ЭЗ	17
Перечень элементов 3.057.481 ПЭЗ	17
План размещения элементов 3.057.481 СБ	19
План размещения элементов 2.746.128 СБ	20

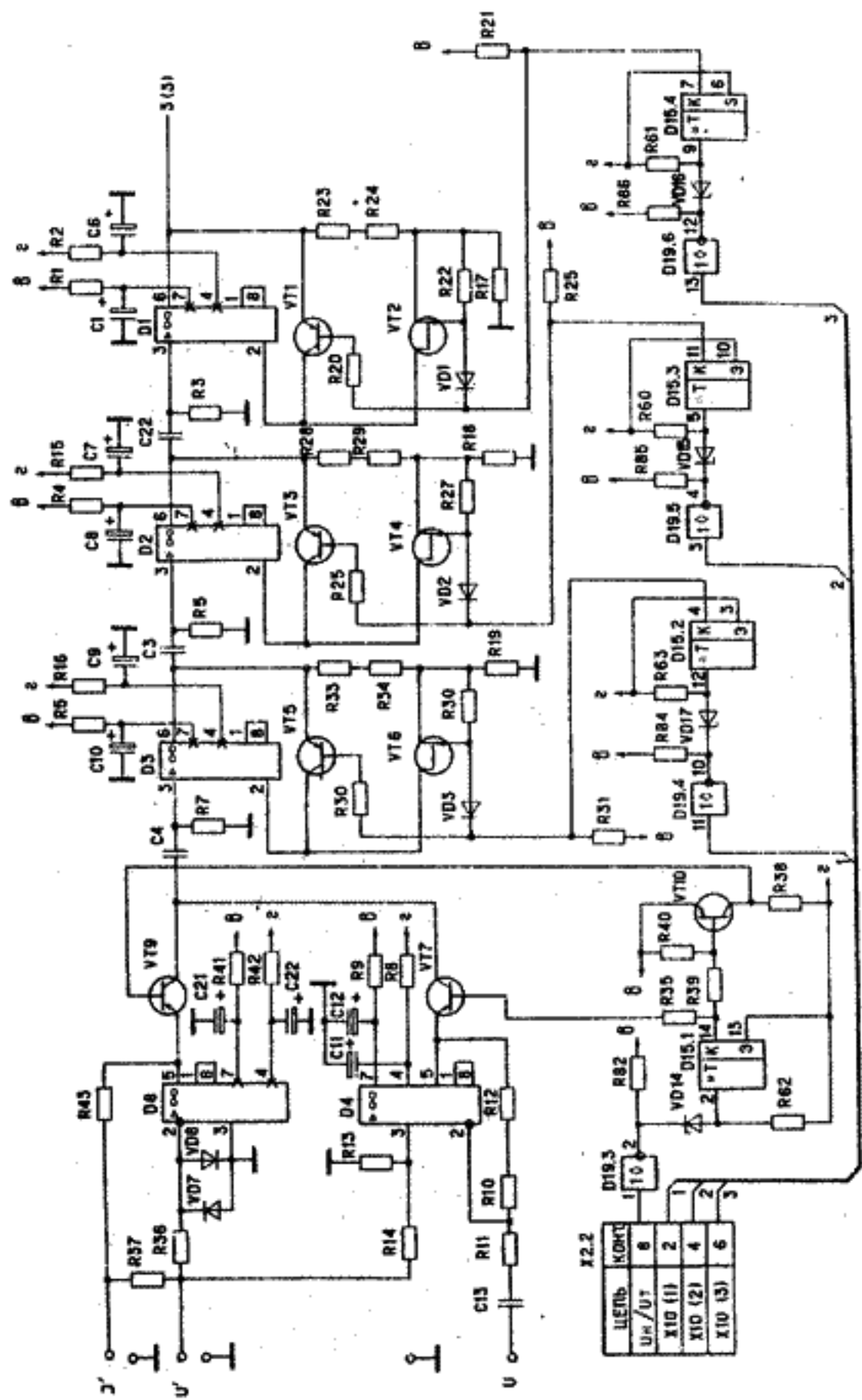
4. Измеритель иммитанса Е7-15

Схема электрическая принципиальная 2.724.014 ЭЗ	21
Перечень элементов 2.724.014 ПЭЗ	22

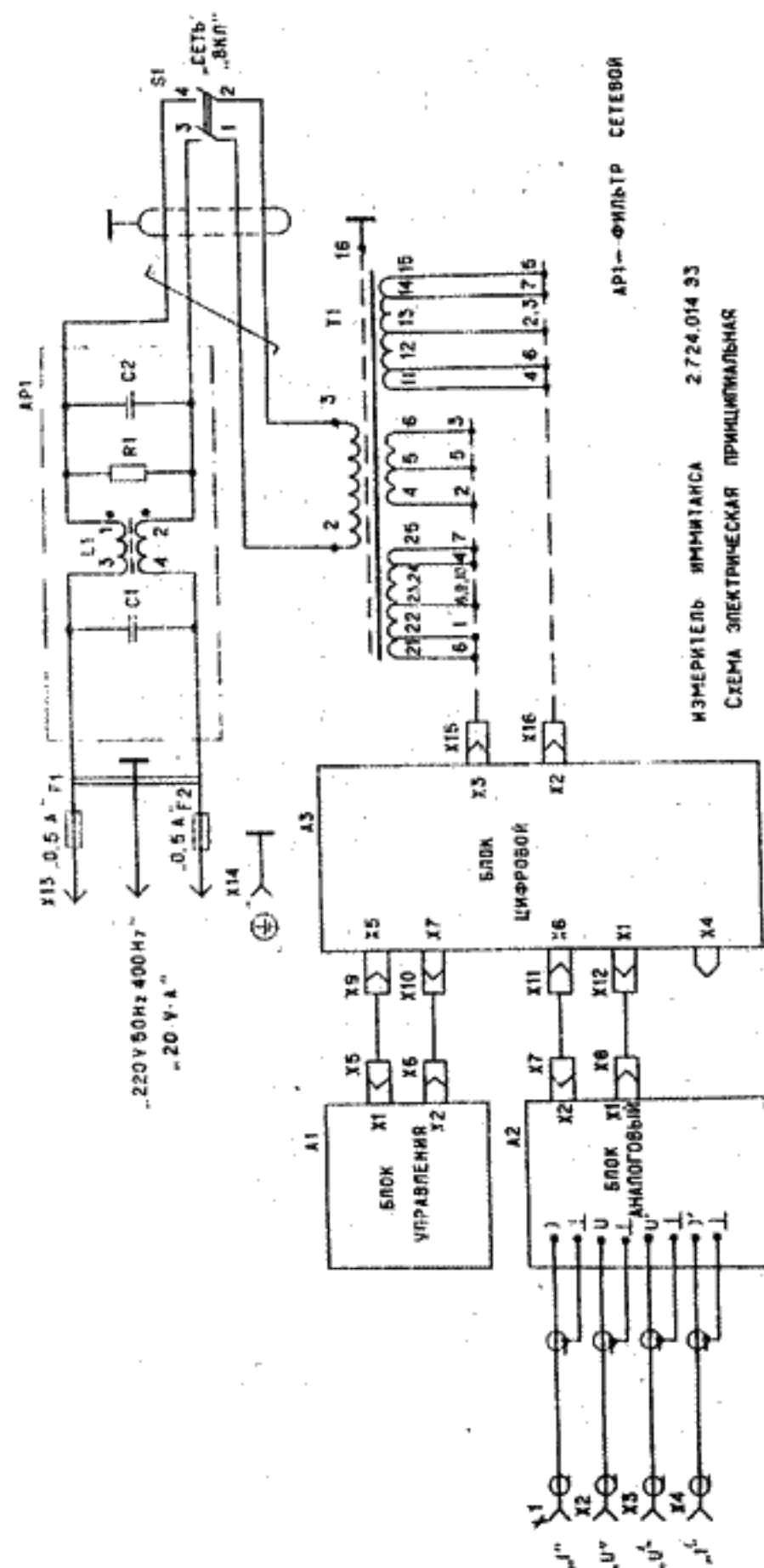
ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗМЕРИТЕЛЯ ИМПИТАНСА И7-15 2.724.014 ИЭЗ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Узлы			
A1	Блок управления 3.057.481	I	
A2	Блок аналоговый 3.034.046	I	
A3	Блок цифровой 3.031.152	I	
F1, F2	Вставка плавкая ВПЗБ-1В 0,5 А 250 В 0.481.005 ТУ	2	
S1	Тумблер ТЗ 0.360.007 ТУ	I	
TI	Трансформатор 4.702.555	I	
Соединители контактные			
X1...X4	Розетка СР-50-73 ФВ	4	
X5	Соединитель 3.640.040	I	
X6	Розетка 3.647.329-01	I	
X7	Соединитель 3.640.040	I	
X8	Розетка 3.647.329-01	I	
X9	Соединитель 3.640.040	I	
X10	Розетка 3.647.329-01	I	
X11	Соединитель 3.642.040	I	
X12	Розетка 3.647.329-01	I	
X13	Вилка 3.645.305	I	
X14	Клемма 4.835.018	I	
X15	Розетка 3.647.329-02	I	
X16	Розетка 3.647.329-03	I	
API	Фильтр сетевой 5.129.032	I	
C1, C2	Конденсатор К73-16-630 В-0,01 $\mu\text{F} \pm 10\%$ 0.461.108 ТУ	2	
L1	Катушка индуктивности 4.777.846	I	
RI	Резистор С2-33-0,5-1 М $\Omega \pm 5\%$ -А-В-В 0.467.093 ТУ	I	



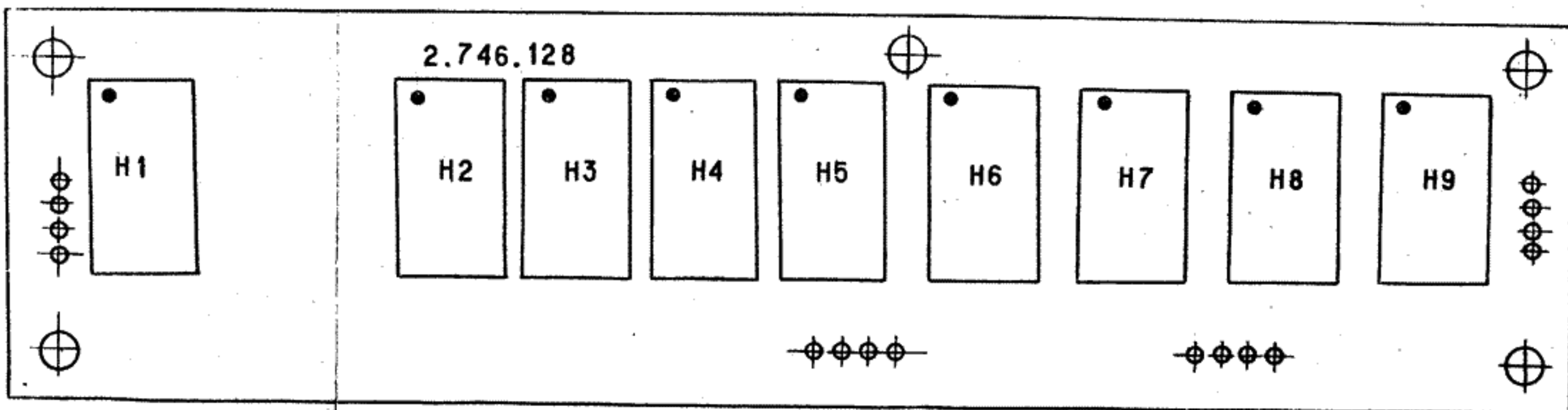


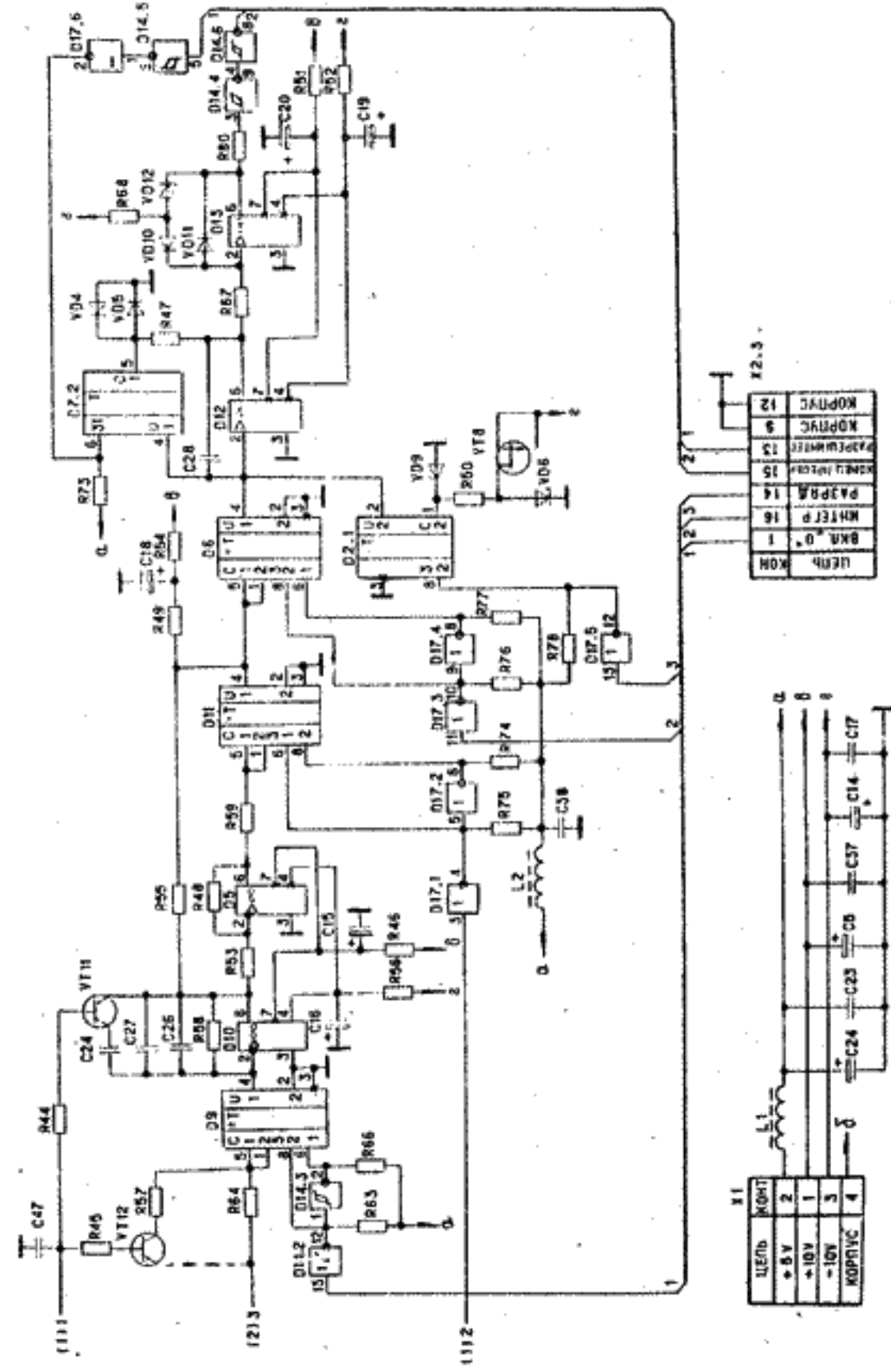
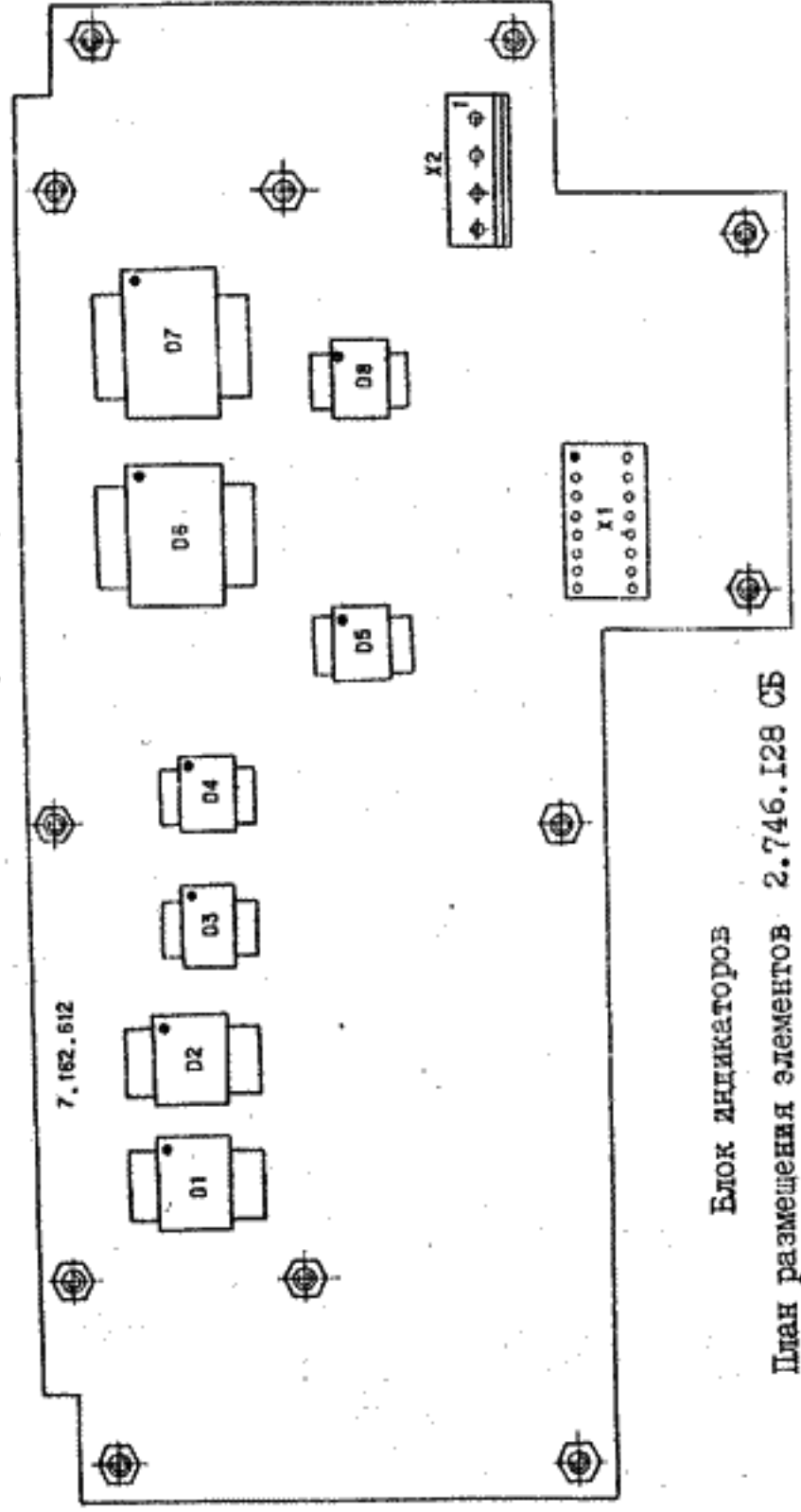
Блок аналоговый 3.034.046.33
Схема электрическая принципиальная
(лист 2)



ИЗМЕРИТЕЛЬ ИМИТАНСА 2.724.014.33
СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПАЛЬНАЯ

АР1-ФИЛЬТР СЕТЕВОЙ

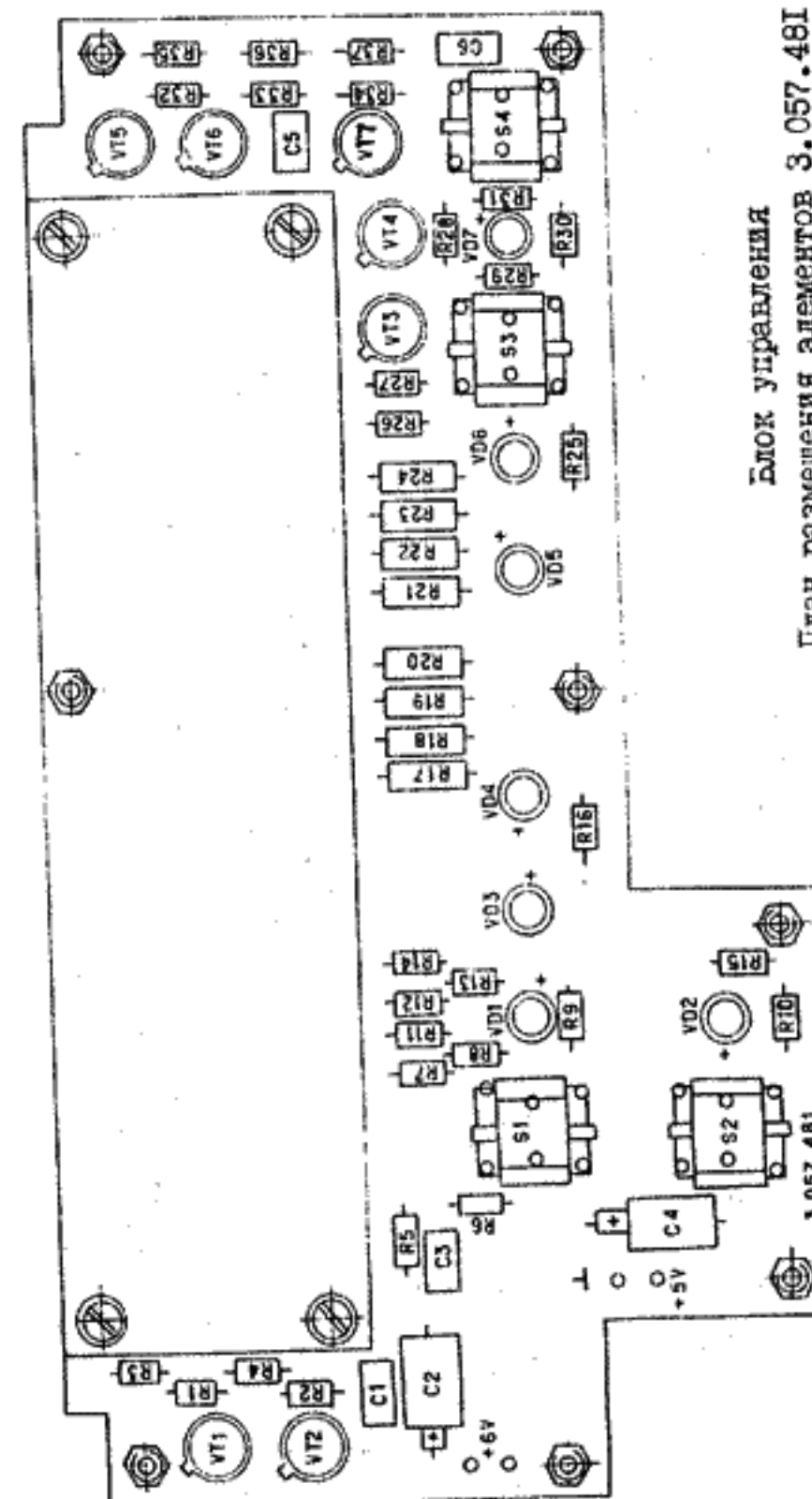




Блок аналоговый 3.034.046 33
 Схема электрическая принципиальная
 (лист 3)

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ БЛОКА АНАЛОГОВОГО 3.034.046 ПЭЗ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы К53-4А	0.464.149 ТУ	
	Конденсаторы К73-16	0.461.108 ТУ	
	Конденсаторы К10-17	0.460.107 ТУ	
С1	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	1	
С2...С4	К73-16-630V -0,01 $\mu F \pm 5\%$	3	
С5...С8	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	4	
С9...С12	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	4	
С13	К73-16-63V-1 $\mu F \pm 5\%$	1	
С14...С16	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	3	
С17	К10-17-16-Н90-0,15 μF	1	
С18...С22	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	5	
С23	К10-17-16-Н90-0,15 μF	1	
С24	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	1	
С25	К73-16-160V -0,068 $\mu F \pm 5\%$	1	
С26	К10-17-16-М47-680 pF $\pm 5\%$	1	
С27	К10-17-26-М47-6800 pF $\pm 5\%$	1	
С28	К71 -7-250-0,15 μF 0.461.024 ТУ	1	
С29	К53-4а-16V-68 $\mu F \pm 20\%$	1	
С30, С31	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	2	
С32	К10-17-16-М47-680 pF $\pm 5\%$	1	
С33	К10-17-16-М47-68 pF $\pm 5\%$	1	
С34	К10-17-26-М47-6800 pF $\pm 5\%$	1	
С35...С38	К10-17-16-Н90-0,15 μF	4	
С39	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	1	
С40	К73-16-160 V-0,068 $\mu F \pm 5\%$	1	
С41, С42	К10-17-16-Н90-0,15 μF	2	
С43	К10-17-16-М47-680 pF $\pm 5\%$	1	
С44	К53-4а-16V-15 $\mu F \pm 20\%$	1	
С45	К10-17-16-Н90-0,15 μF	1	
С46	К10-17-26-М47-6800 pF $\pm 5\%$	1	
С47	К10-17-16-Н90-0,15 μF	1	



Блок управления
План размещения элементов 3.057.481 СБ

Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
S1...S4	Кнопка 3.604.004-I6	4	
VD1...VD7	Диод световозлучающий ЗЛЗ41Б 0.339.189 ТУ	7	
VT1...VT7	Транзистор 2Т830А 0.339.139 ТУ	7	
	Соединители контактные		
X1	Панель 4.130.212-01	I	
X2	Вилка 3.645.308-01	I	
AP	Блок индикаторов 2.746.128	I	
И1...И9	Индикатор цифровой ЗЛС324Б1 0.339.103 ТУ доп. I	9	

Продолжение

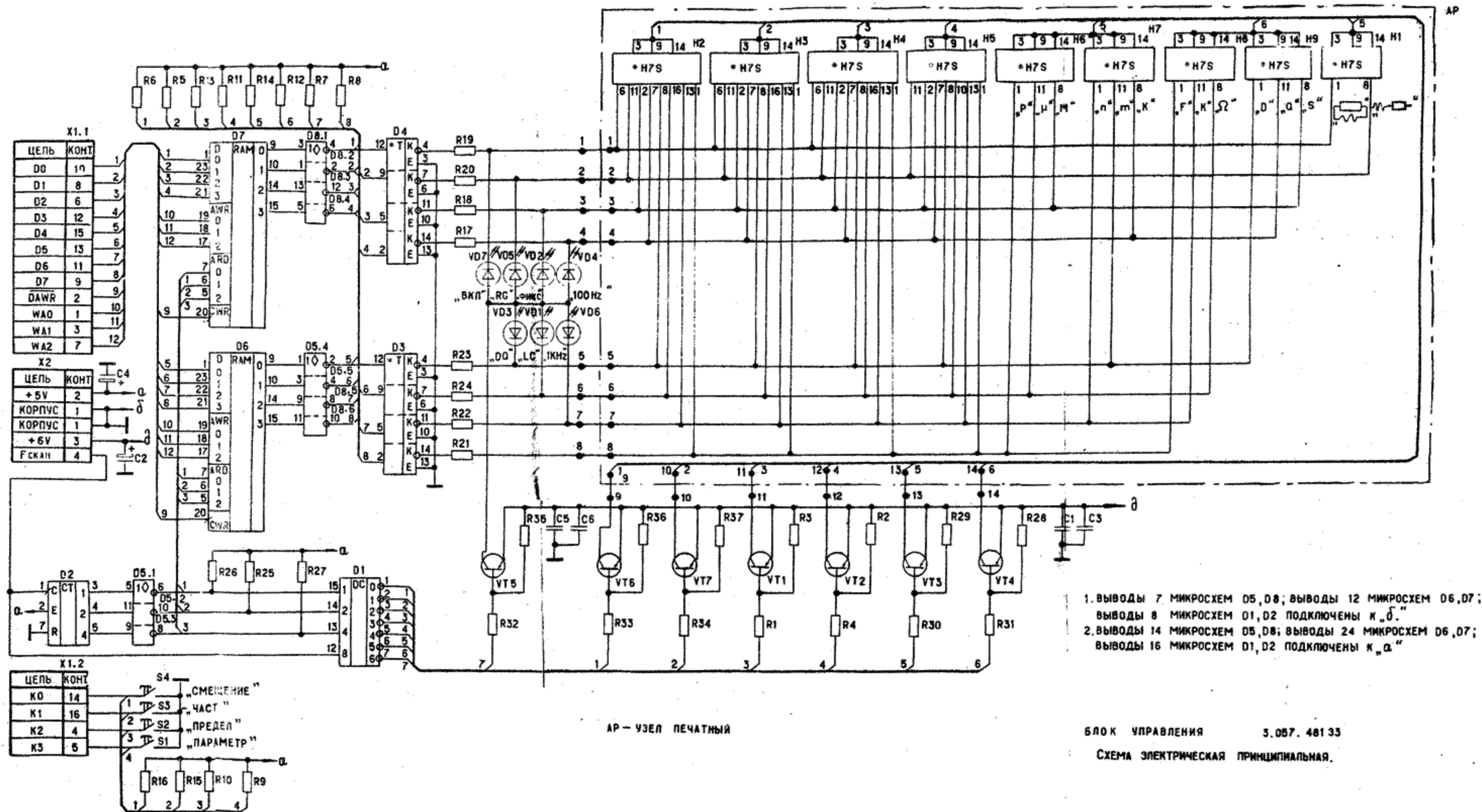
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Микросхемы		
D1...D4	544УД2А 0.347.040 ТУ	4	
D5	140УД6А 0.347.004 ТУ4	I	
D6, D7	504НТ4В 0.348.003 ТУ	2	
D8	544УД2А 0.347.040 ТУ	I	
D9	504НТ4В 0.348.003 ТУ	I	
D10	140УД7 0.347.004 ТУ5	I	
D11	504НТ4В 0.348.003 ТУ	I	
D12, D13	140УД7 0.347.004 ТУ5	2	
D14	533ТЛ2 0.347.141 ТУ16	I	
D15	Транзисторная матрица ИТ251А 3.456.000 ТУ	I	
D16	140УД7 0.347.004 ТУ5	I	
D17	533ЛН1 0.347.141 ТУ1	I	
D18	564ИЕ15 0.347.064 ТУ17	I	
D19	133ЛН5 3.088.023 ТУ43	I	
D20	533ЛЕ1 0.347.141 ТУ7	I	
D21	564ИЕ10 0.347.064 ТУ9	I	
D22	564ЛН2 0.347.064 ТУ2	I	
D23	564ИР2 0.347.064 ТУ11	I	
L1...L3	Дроссель высокочастотный ДМ-0,1-50 мкн± ±5%-В 0.477.005 ТУ	3	
	Резисторы С2-33 0.467.093 ТУ		
	Резисторы С2-29В 0.467.099 ТУ		
R1, R2	С2-33-0,125-10Ω ±5%-А-В-В	2	
R3	С2-33-0,125-300 кΩ ±5%-А-В-В	I	
R4	С2-33-0,125-10Ω ±5%-А-В-В	I	
R5	С2-33-0,125-300 кΩ ±5%-А-В-В	I	
R6	С2-33-0,125-10Ω ±5%-А-В-В	I	

Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Резисторы C2-33 0.467.093 TY		
	Резисторы C2-29B 0.467.099 TY		
	Резисторы P2-67 0.467.563 TY		
P7	C2-33-0,125-300 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R8, R9	C2-33-0,125-10Ω ±5%-A-B-B	2	
R10...R12	C2-29B-0,125-100 кΩ ±0,05%-0,5-C	3	
R13	C2-29B-0,125-20 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R14	C2-29B-0,125-10 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R15, R16	C2-33-0,125-10Ω ±5%-A-B-B	2	
R17...R19	P2-67-0,125-320Ω ±0,01%-1-A-B	3	
R20	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R21, R22	C2-33-0,125-51 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R23	C2-29B-0,125-10Ω ±0,5%-1,0-A	1	
R24	P2-67-0,125-2,87 кΩ ±0,01%-1-A-B	1	
R25	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R26, R27	C2-33-0,125-51 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R28	C2-29B-0,125-10Ω ±0,5%-1,0-A	1	
R29	P2-67-0,125-2,87 кΩ ±0,01%-1-A-B	1	
R30	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R31, R32	C2-33-0,125- 51 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R33	C2-29B-0,125-10Ω ±0,5%-1,0-A	1	
R34	P2-67-0,125-2,87 кΩ ±0,01%-1-A-B	1	
R35	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R36	C2-33-0,125-100Ω ±5%-A-B-B	1	
R37, R38	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R39	C2-33-0,125- 51 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R40	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R41, R42	C2-33-0,125-10Ω ±5%-A-B-B	2	
R43	P2-67-0,125- 2 кΩ ±0,01%-1-A-B	1	
R44	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R45	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R46	C2-33-0,125-10Ω ±5%-A-B-B	1	

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ 3.057.481 ПЗЗ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Конденсаторы K10-I7 0.460.107 TY		
	Конденсаторы K53-4a 0.464.149 TY		
C1	K10-I7-I6-H90-0,15 μF	1	
C2	K53-4a-I6V-33 μF ±20%	1	
C3	K10-I7-I6-H90-0,15 μF	1	
C4	K53-4a-6,3 V-47 μF ±20%	1	
C5, C6	K10-I7-I6-H90-0,15 μF	2	
	Микросхемы		
D1	I33ИД10 3.088.023 TY62	1	
D2	564ИЕ10 0.347.064 TY9	1	
D3, D4	Транзисторная матрица IHT251A 3.456.000 TY	2	
D5	533ЛН2 0.347.141 TY14	1	
D6, D7	564ИР11 0.347.064 TY15	2	
D8	533ЛН2 0.347.141 TY14	1	
	Резисторы C2-33 0.467.093 TY		
R1	C2-33-0,125-390Ω ±5%-A-B-B	1	
R2, R3	C2-33-0,125-100Ω ±5%-A-B-B	2	
R4	C2-33-0,125-390Ω ±5%-A-B-B	1	
R5...R8	C2-33-0,125- 1,3 кΩ ±5%-A-B-B	4	
R9, R10	C2-33-0,125- 20 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R11...R14	C2-33-0,125- 1,3 кΩ ±5%-A-B-B	4	
R15, R16	C2-33-0,125- 20 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R17...R24	C2-33-0,5-56 Ω ±5%-A-B-B	8	
R25...R27	C2-33-0,125- 1,3 кΩ ±5%-A-B-B	3	
R28, R29	C2-33-0,125- 100Ω ±5%-A-B-B	2	
R30...R34	C2-33-0,125- 390Ω ±5%-A-B-B	5	
R35...R37	C2-33-0,125- 100Ω ±5%-A-B-B	3	



Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Диоды и стабилитроны				
VD1	Стабилитрон 2C182K 3.362.825 TY	1		
VD2...VD4	2D522B 3.362.029-01 TY	3		
VD5, VD6	2D202B 3.362.035 TY	2		
VD7	Стабилитрон 2C156B 3.362.839 TY	1		
Транзисторы				
VT1	2T830A 0.339.139 TY	1		
VT2	2T313B 0.336.049 TY	1		
VT3	2T831A 0.339.140 TY	1		
VT4	2T827B 0.339.119 TY	1		
Соединители контактные				
X1	Вилка 3.645.308-01	1	Входит в 7.162.690	
X2	Вилка 3.645.308-03	1		
X3	Вилка 3.645.308-02	1		
X4		1		
X5, X6	Панель 4.130.212-01	2		
X7	Вилка 3.645.308-01	1		

Продолжение

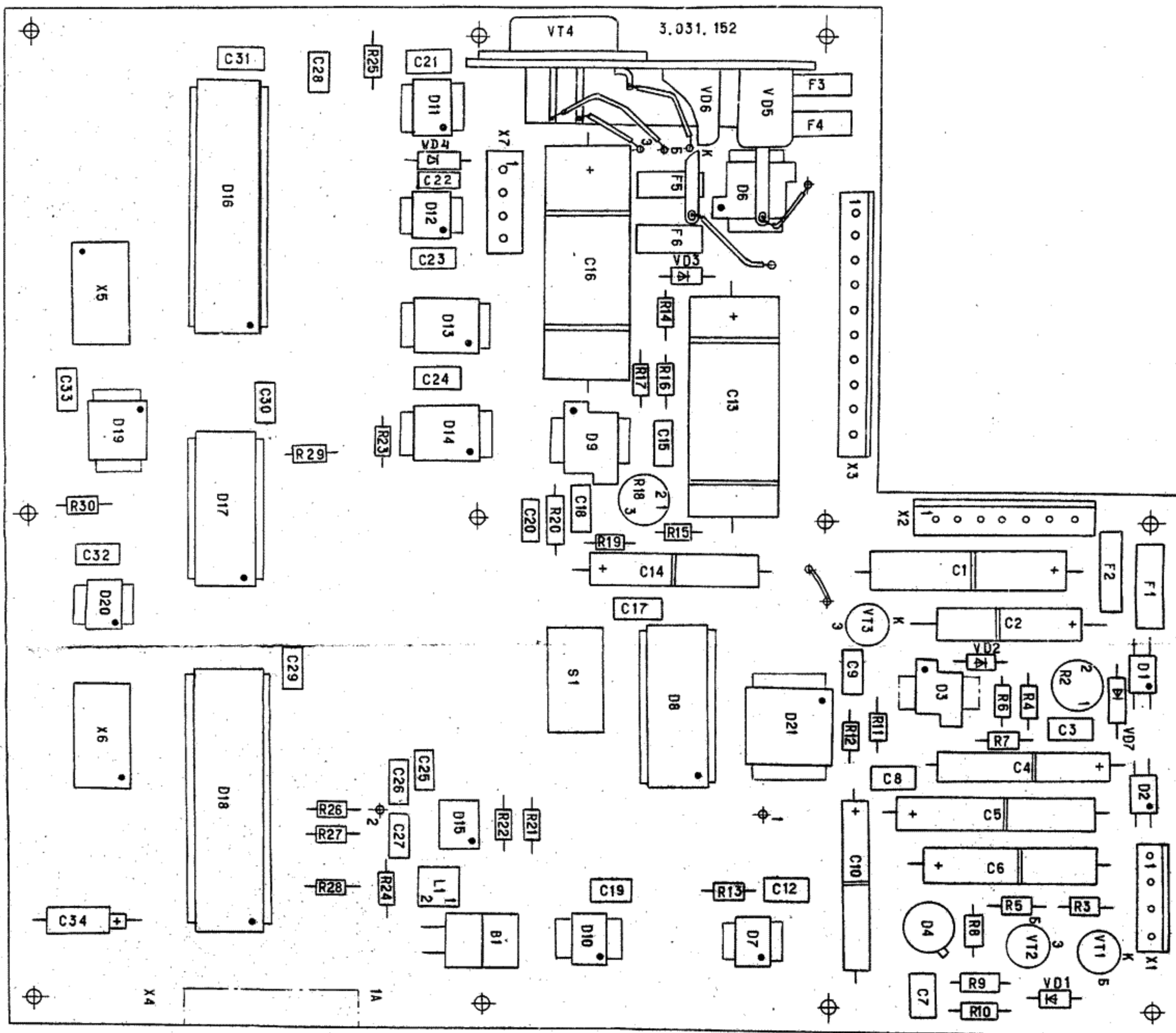
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Резисторы C2-33 0.467.093 TY			
Резисторы C2-29B 0.467.099 TY			
R47	C2-33-0,125-3,9 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R48	C2-29B-0,125-10 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R49	C2-29B-0,25-820 кΩ ±0,25%-1,0-A	1	
R50	C2-29B-0,125-361 кΩ ±0,25%-1,0-A	1	
R51, R52	C2-33-0,125-10 Ω ±5%-A-B-B	2	
R53	C2-29B-0,125-10 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R54	C2-33-0,125-15,4 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R55	C2-29B-0,125-312 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R56	C2-33-0,125-10 Ω ±5%-A-B-B	1	
R57	C2-33-0,125-36 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R58	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R59	C2-29B-0,125-156 кΩ ±0,1%-1,0-A	1	
R60...R63	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	4	
R64	C2-33-0,125-24 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R65, R66	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	2	
R67	C2-33-0,125-4,3 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R68	C2-33-0,125-10 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R69	C2-33-0,125-2,05 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R70	C2-33-0,125-2 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R71	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R72	C2-33-0,125-10 Ω ±5%-A-B-B	1	
R73	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R74...R78	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	5	
R79	C2-33-0,125-20 кΩ ±5%-A-B-B	1	
R80	C2-33-0,125-100 Ω ±5%-A-B-B	1	
R81	C2-33-0,125-10 Ω ±5%-A-B-B	1	
R82...R86	C2-33-0,125-20 кΩ ±5%-A-B-B	5	
R87	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R88*	C2-33-0,125-215 кΩ ±1%-A-B-B	1	
R89	C2-33-0,125-21,5 кΩ ±1%-A-B-B	1	180 кΩ

Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Резисторы C2-33 0.467.099 TY Резисторы C2-29 B 0.467.099 TY		
R90	C2-29B-0,125-160 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
R91	C2-33-0,125-15,4 кΩ ±1%-A-B-B	I	
R92	C2-33-0,125-36,5 кΩ ±1%-A-B-B	I	
R93	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R94	C2-33-0,125-2,67 кΩ ±1%-A-B-B	I	
R95	C2-29B-0,125-361 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
R96	C2-33-0,125-1,05 кΩ ±1%-A-B-B	I	
R97	C2-29B-0,125-277 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
R98	C2-33-0,125-2,49 кΩ ±1%-A-B-B	I	
R99	C2-29B-0,125-255 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
RI00	C2-33-0,125-1,05 кΩ ±1%-A-B-B	I	
RI01	C2-29B-0,125-277 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
RI02	C2-29B-0,125-361 кΩ ±0,1%-1,0-A	I	
RI03	C2-33-0,125-2,67 кΩ ±1%-A-B-B	I	
RI04, RI05	C2-29B-0,125-673 кΩ ±0,1%-1,0-A	2	
Диоды и стабилитроны			
VD1...VD5	2Д522Б 3.362.029-01 TY	5	
VD6	Стабилитрон 2С156В 3.362.839 TY	I	
VD7...VD11	2Д522Б 3.362.029-01 TY	5	
VD12	Стабилитрон 2С133Г 3.362.839 TY	I	
VD13...VD17	Стабилитрон 2С212Ж 3.362.825 TY	5	
Транзисторы			
VT1	2Т208Е 3.365.035 TY	I	
VT2	2П307А 3.365.008 TY	I	
VT3	2Т208Е 3.365.035 TY	I	
VT4	2П307А 3.365.008 TY	I	
VT5	2Т208Е 3.365.035 TY	I	

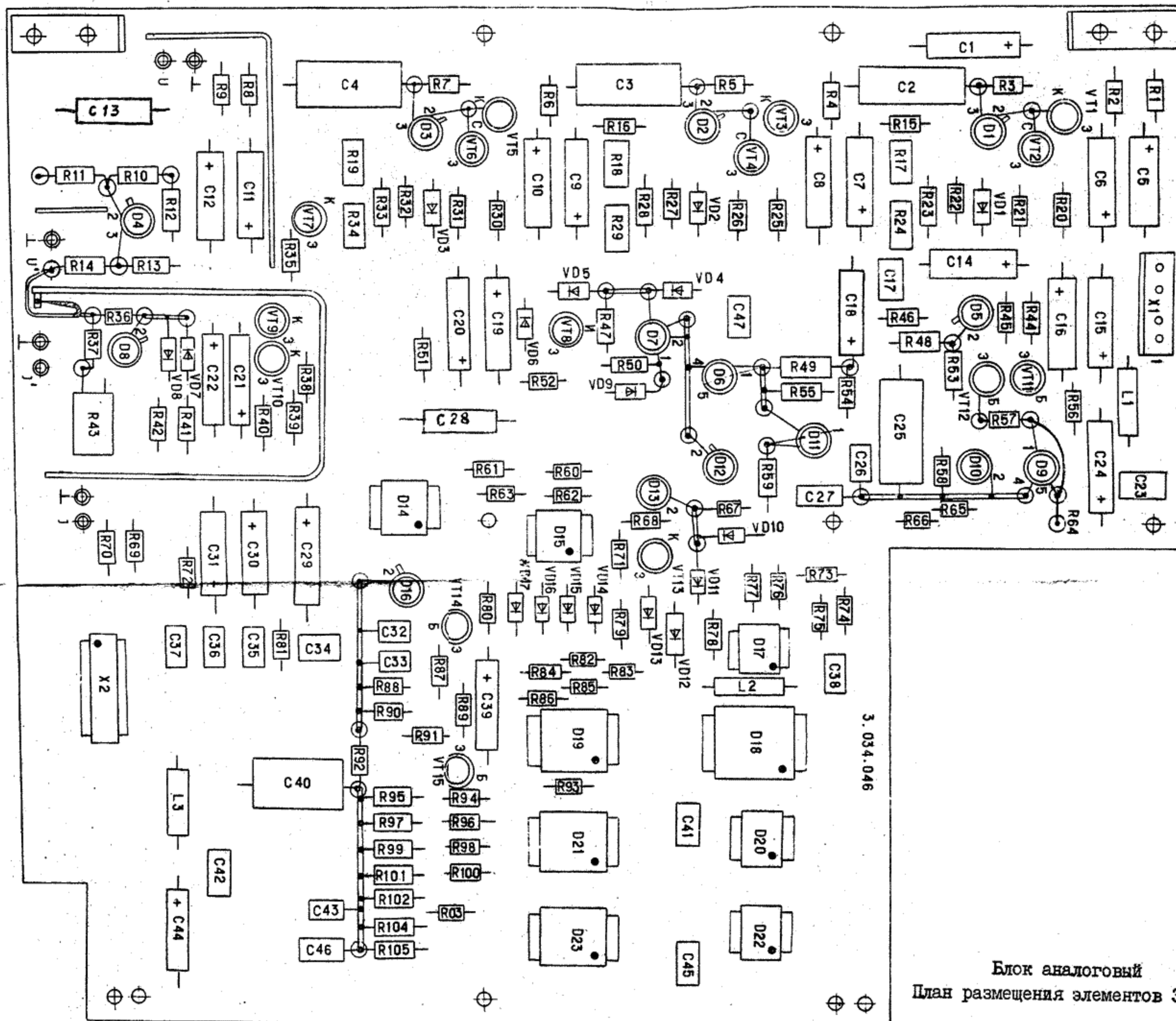
Продолжение

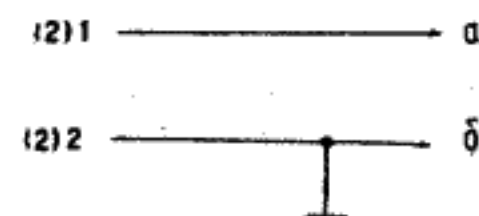
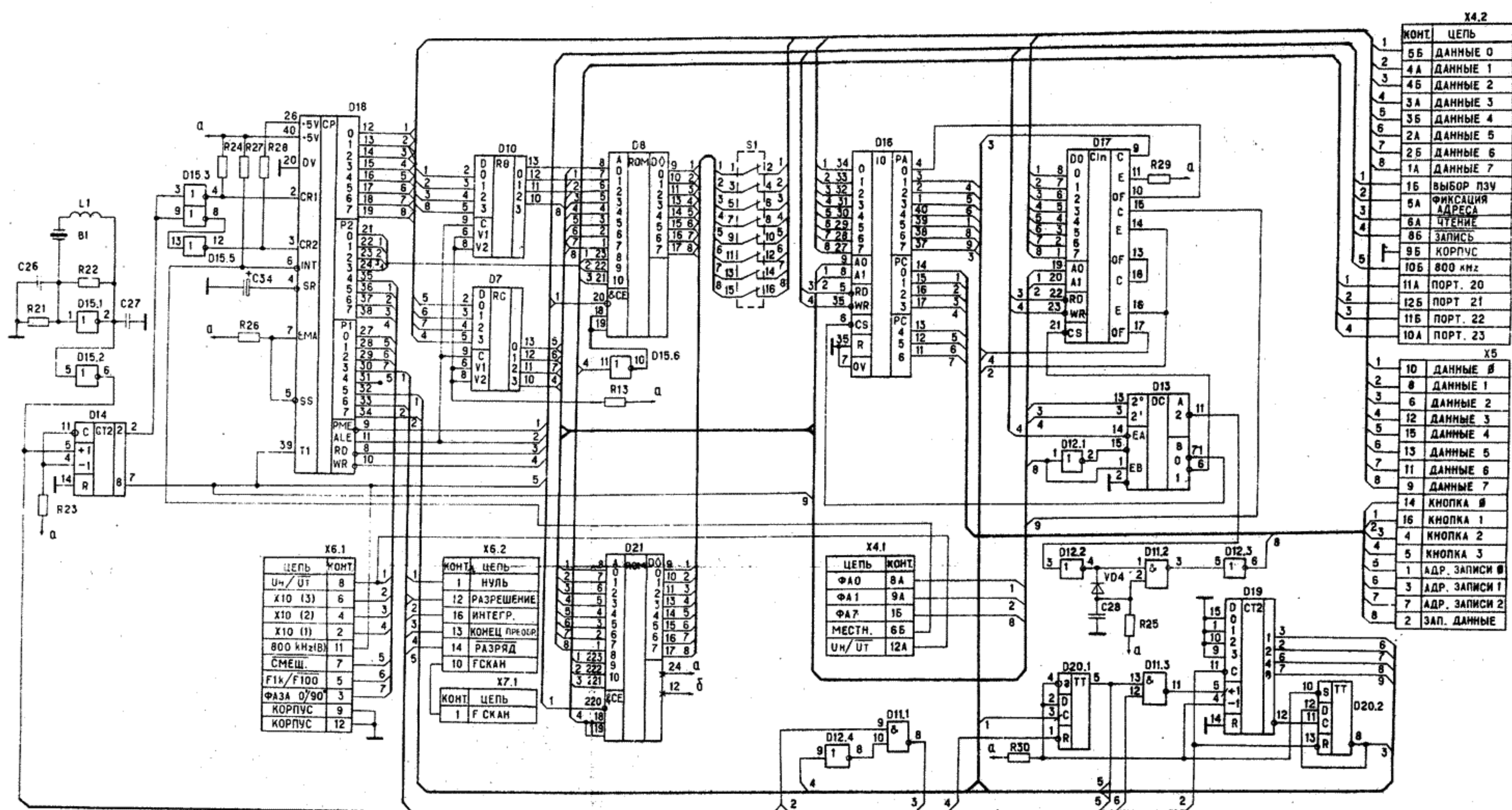
Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	Резисторы СП5-16 ВА 0.468.519 TY Резисторы C2-33 0.467.093 TY Резисторы C2-29 B 0.467.099 TY		
R7	C2-33-0,125-10 Ω ±5%-A-B-B	I	
R8	C2-33-0,125-1 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R9, RI0	C2-29B-0,125-10 кΩ ±0,1%-1,0-A	2	
RI1	C2-33-0,125-15 Ω ±5%-A-B-B	I	
RI2	C2-33-0,125-1 Ω ±5%-A-B-B	I	
RI3	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
RI4	C2-33-0,125-390 Ω ±5%-A-B-B	I	
RI5	C2-33-0,125-1 кΩ ±5%-A-B-B	I	
RI6	C2-33-0,125-1,8 кΩ ±5%-A-B-B	I	
RI7	C2-33-0,125-15 Ω ±5%-A-B-B	I	
RI8	СП5-16ВА-0,25 W-1,5 кΩ ±10%	I	
RI9	C2-33-0,125-820 Ω ±5%-A-B-B	I	
R20	7.714.932	I	
R21	C2-33-0,125-4,7 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R22	C2-33-0,125-2,2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R23	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R24	C2-33-0,125-1,3 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R25	C2-33-0,125-150 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R26	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R27	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R28	C2-33-0,125-1,3 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R29	C2-33-0,125-10 кΩ ±5%-A-B-B	I	
R30	C2-33-0,125-2 кΩ ±5%-A-B-B	I	
S1	Переключатель кодовый 3.600.066-02 0.360.000 TY	I	



Блок цифровой

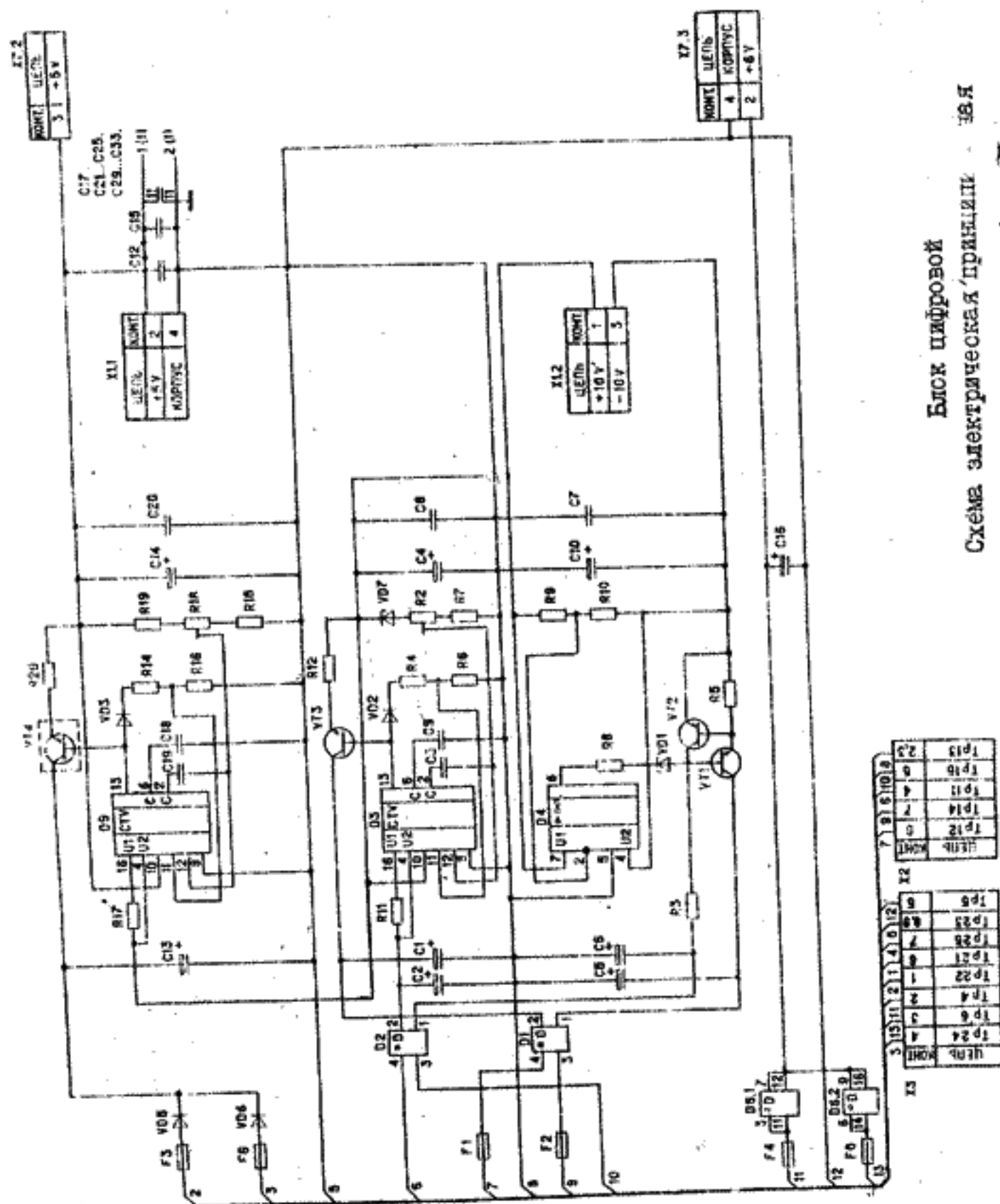
План размещения элементов 3.031.152 СБ





Вывод 14 МИКРОСХЕМ D7, D10...D12, D15, D20;
 Вывод 15 МИКРОСХЕМ D13, D14, D19;
 Вывод 24 МИКРОСХЕМ D8, D17;
 Вывод 26 МИКРОСХЕМ D16 СОЕДИНЕН С „a“.

2. Вывод 7 МИКРОСХЕМ D7, D10...D12, D15, D16, D20;
 Вывод 8 МИКРОСХЕМ D13, D14, D19;
 Вывод 12 МИКРОСХЕМ D8, D17 СОЕДИНЕН С „b“.



ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ БЛОКА ЦИФРОВОГО 3.031.152 ПЗЗ

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
В1	Резонатор К1-4 БИ-12.8М-В 3.382.255 ТУ	1	
	Конденсаторы К50-29 0.464.156 ТУ		
	Конденсаторы К10-17 0.460.107 ТУ		
С1	К50-29-25 В-220 мкФ	1	
С2	К50-29-25В-47 мкФ	1	
С3	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	1	
С4	К50-29-16В-100 мкФ	1	
С5	К50-29-25В-220 мкФ	1	
С6	К50-29-25В-47 мкФ	1	
С7...С9	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	3	
С10	К50-29-16В-100 мкФ	1	
С12	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	1	
С13	К50-29-16В-2200 мкФ	1	
С14	К50-29-16В-100 мкФ	1	
С15	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	1	
С16	К50-29-16В-2200 мкФ	1	
С17...С25	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	9	
С26	К10-17-16-М47-220 мкФ±10%	1	
С27	К10-17-16-М47-470 мкФ±10%	1	
С28	К10-17-16-М47-220 мкФ±10%	1	
С29...С33	К10-17-16-Н90-0,15 мкФ	5	
С34	К53-4а-6,3 В-10 мкФ±20% 0.464.149 ТУ	1	
	Микросхемы		
Д1, Д2	Диодная матрица 2Д906А 3.362.105 ТУ	2	
Д3	142ЕН1Б 0.347.098 ТУ1	1	
Д4	140УД6А 0.347.004 ТУ4	1	
Д6	542НД5 3.454.000 ТУ	1	
Д7	533ИР16 0.347.141 ТУ3	1	

Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Микросхемы			
D8	3.418.073-09	I	
D9	142ЕН1Б 0.347.098 ТУ1	I	
D10	533ИР16 0.347.141 ТУ3	I	
D11	533ЛАЗ 0.347.141 ТУ1	I	
D12	533ЛН1 0.347.141 ТУ1	I	
D13	533ИД4 0.347.141 ТУ15	I	
D14	533ИЕ7 0.347.141 ТУ3	I	
D15	533ЛН1 0.347.141 ТУ1	I	
D16	580ВВ55 0.347.281-02 ТУ	I	
D17	580ВВ53 0.347.281-06 ТУ	I	
D18	М1816ВВ39 0.347.659-01 ТУ	I	
D19	533ИЕ7 0.347.141 ТУ3	I	
D20	533ТМ2 0.347.141 ТУ44	I	
D21	3.418.073-10	I	
Вставки плавкие			
F1, F2	ВН1-2 0,25 А 250 В 0.480.003 ТУ	2	
F3...F6	ВН1-2 1,0 А 250 В 0.480.003 ТУ	4	
L1	Катушка индуктивности КО-Ш-0,8 4.777.097 Сп 0.477.001 ТУ	I	
Резисторы СМ5-16ВА 0.468.519 ТУ			
Резисторы С2-33 0.467.093 ТУ			
Резисторы С2-29В 0.467.099 ТУ			
R2	СМ5-16ВА-0,25 W-680 Ω $\pm 10\%$	I	
R3	С2-33-0,125-5,6 к Ω $\pm 5\%$ -А-В-В	I	
R4	С2-33-0,125-390 Ω $\pm 5\%$ -А-В-В	I	
R5	С2-33-0,125-7,5 Ω $\pm 5\%$ -А-В-В	I	
R6	С2-33-0,125-3,3 к Ω $\pm 5\%$ -А-В-В	I	

Продолжение

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Транзисторы			
VT6	2П307А 3.365.008 ТУ	I	
VT7	2Т208Е 3.365.035 ТУ	I	
VT8	2П307А 3.365.008 ТУ	I	
VT9...VT12	2Т208Е 3.365.035 ТУ	4	
VT13	2Т312Е 3.365.143 ТУ	I	
VT14, VT15	2Т208Е 3.365.035 ТУ	2	
Соединители контактные			
У1	Вилка 3.645.308-01	I	
У2	Панель 4.130.212-01	I	