

1555

1555

Экз. чит. зала



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

---

Ю.Н. Денисов, Ю.И. Сусов, П.Т. Шишляников

1555

**ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНЫЙ ЧАСТОТОМЕР**

Дубна 1964

Ю.Н. Денисов, Ю.И. Сусов, П.Т. Шишляников

1555

ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНЫЙ ЧАСТОТОМЕР

Дубна 1984

Электронно-счетный частотомер (ЭСЧ) является цифровым измерительным прибором, предназначенным для измерения усредненной на некотором интервале времени частоты электрических сигналов. Результат измерения, индицируемый на выходе прибора в цифровой форме, равен

$$N = \int_t^{t+\Delta t} f(t) dt,$$

где  $f(t)$  - мгновенное значение частоты в каждый момент времени,

$\Delta t$  - время измерения.

Если за время измерения частота не изменяется  $f(t) = f_0 = \text{Const}$ , то

$$N = f_0 \Delta t.$$

Следовательно, при  $\Delta t = 1$  сек результат измерения  $N$  численно равен частоте сигнала в герцах. В общем случае  $\Delta t$  может иметь любую заданную величину  $K$  и тогда  $N = K f_0$ .

Электронно-счетные частотомеры имеют существенно лучшие характеристики, чем широко используемые резонансные и гетеродинные волномеры. К достоинствам этих приборов следует отнести исключительно высокую точность измерений частоты, цифровую форму индикации результатов, автоматизм и, как следствие, быстроту измерений, возможность автоматической регистрации результатов измерений или их непосредственного ввода в перфорирующие устройства цифровых вычислительных машин.

В Лаборатории ядерных проблем ЭСЧ используются для измерения частоты автономного детектора ядерного магнитного резонанса в датчиках ядерных магнитометров. Диапазон частот используемых в этих приборах 1-100 МГц. Промышленностью в настоящее время выпускается ЭСЧ типа ЧЗ-4, имеющий диапазон измеряемых частот 100 кгц - 100 МГц. Однако этот прибор обладает всеми перечисленными выше положительными качествами только в диапазоне частот 100 кгц - 10 МГц. На более высоких частотах необходимо при каждом измерении, кроме выбора рабочего диапазона, настраивать входные блоки прибора. Это значительно усложняет работу с частотомером.

В Лаборатории ядерных проблем разработан новый электронно-счетный частотомер, лишенный этого недостатка. Блок-схема прибора показана на рис. 1. Для сокращения времени разработки и изготовления прибора в нем были использованы некоторые блоки опытного частотомера типа ЧЭ-1. На блок-схеме они отмечены звездочками.

Весь диапазон измеряемых прибором частот разбит на 6 поддиапазонов: 100 кгц - 20 МГц, 30-50 МГц, 50-70 МГц, 60-80 МГц; 70-90 МГц и 80-100 МГц.

На первом диапазоне входной сигнал после усиления и формирования поступает непосредственно на пересчетную схему прибора. На остальных диапазонах он предварительно преобразуется по частоте.

Сигнал, поступающий на вход ЭСЧ, усиливается широкополосным усилителем с распределенными параметрами (см. рис. 2) до величины, необходимой для нормальной работы преобразователя. Импеданс сеточной и анодной линии одинаков и равен 300 ом. Коэффициент усиления усилителя регулируется изменением смещения на управляющих сетках ламп первого каскада. Уровень сигнала на выходе усилителя контролируется диодным вольтметром. Полоса пропускания усилителя 110 Мгц.

Далее сигнал поступает на односеточный преобразователь частоты, выполненный на лампе 6Ж9П. Преобразователь вместе с полосовым усилителем имеет полосу пропускания от 10 кгц до 22 Мгц. Сложная схема коррекции полосового усилителя обеспечивает резкий завал частотной характеристики в области высших частот. На низших и средних частотах в выходном каскаде полосового усилителя происходит ограничение синусоиды, что облегчает формирование стандартных импульсов малой длительности.

Гетеродинный сигнал на преобразователь поступает с умножителя частоты кварцевого генератора с переменным коэффициентом умножения. Кварцевый генератор на 100 кгц с термостатированным кварцем и умножитель на 100 (до 10 Мгц) используются от ЧЭ-1. Гетеродинный сигнал с частотой 10 Мгц поступает на двухкаскадный умножитель с коэффициентом умножения 3, 5, 6, 7 и 8, выполненный на лампах 6Ж5П и 6К4П со сменными резонансными контурами в анодах. Соответственно с выхода умножителя на смеситель поступает гетеродинный сигнал с частотой 30, 50, 60, 70 и 80 Мгц.

С выхода полосового усилителя преобразователя частоты сигнал подается на формирователь запускающих импульсов для первой быстрой двоичной ячейки, имеющей время переключения не более 50 нсек. Формирование заключается в последовательном получении прямоугольных импульсов с крутыми фронтами, дифференцировании и усилении коротких импульсов до величины, необходимой для запуска двоичного счетчика. Прямоугольные импульсы формируются при помощи лампы типа ТРЛ, анодно-сеточная характеристика которой имеет характерный вид прямоугольной петли гистерезиса. Импульсы малой длительности формируются на лампе 6С15П, у которой анодной нагрузкой служит параллельный резонансный контур, зашунтированный сопротивлением, меньшим критического.

Быстродействующая двоичная пересчетная ячейка выполнена на лампах типа 6Э5П, имеющих высокую добротность. Запуск триггера осуществляется по сетке открытой лампы через диоды типа Д14. Выходные сигналы снимаются с корректирующей катушки анодной нагрузки одной из ламп триггера и поступают на формирователь импульсов запуска быстродействующего делителя на 16. Формирование сводится к ста-

билизации амплитуды импульсов во всем диапазоне их частот следования. Импульсы стандартизируются каскадом на лампе ТРЛ и затем усиливаются лампой 6С15П, нагруженной на согласованный отрезок кабеля РК 150, соединяющего блоки частотомера.

Принципиальная схема делителя на 16 показана на рис. 3. Делитель выполнен в виде четырех триггеров на лампах типа 6Н6П. Первый и второй триггеры разделены буферным усилительным каскадом на лампе 6Ж1П.

Продифференцированные импульсы с выхода четвертого триггера поступают на управляющую сетку селектора, выполненного на лампе 6Ж2П. Открывается селектор импульсами, подаваемыми на пентодную сетку с оконечного усилителя схемы формирования длительности стандартных временных интервалов  $\Delta t$ . Блок управления работой прибора (блок автоматики) и схема формирования временных интервалов 0,0032 сек; 0,032 сек; 0,32 сек; 3,2 сек и 32 сек состоят в основном из несколько измененных элементов, используемых в частотомере ЧЭ-1.

Пачки импульсов, пропущенных селектором, поступают на счетчик частотомера, состоящий из семи индицируемых пересчетных декад. Максимальная скорость счета первой декады 1 Мгц, а остальных шести - 100 кгц. Шесть последних декад унифицированы. В описываемом приборе использован блок счетных декад от частотомера ЧЭ-1, но к каждой декаде добавлена новая система индикации на цифровых газоразрядных лампах типа GR10G (см. рис. 4). Сигнал, управляющий включением цифры в газоразрядной лампе, снимается с сопротивления, последовательного с индикационной неоновой лампочкой счетных декад. Зажигание нужной цифры происходит путем замыкания соответствующего катода лампы на землю посредством реле типа РСМ-2. Управляются эти реле двухкаскадными усилителями на полупроводниковых триодах П16А и П25 (см. рис. 5).

В режиме разового лучка частотомера результаты измерений регистрируются на бумажной ленте. Система регистрации (см. рис. 4) выполнена применительно к суммирующей и цифропечатающей машинке типа СДМ-107 с электроприводом клавиш, в которой число набирается поразрядно, начиная со старшего разряда. Опрос счетных декад осуществляется при помощи коммутаторного декатрона типа GS10 C/S. В исходном состоянии декатрон находится в положении "0" и падение напряжения на катодном сопротивлении R 28 запирает диод Д19 (см. рис. 6), который не пропускает импульсы управления декатроном. Для того, чтобы сдвинуть декатрон с нулевого положения необходимо нажать кнопку КН1. В этом случае срабатывает реле Р1, которое через свои замыкающие контакты заряжает емкость С28 до напряжения стабилвольта Л11, что приводит к срабатыванию реле Р2. Замыкающие контакты реле Р2 включают цепь питания стабилвольта. Размыкающие контакты реле Р2 выключают питание дешифраторов и разрывают цепь делителя R 28, R 27, R 58, благодаря чему емкости

С28 начинает заряжаться. В момент зажигания тиратрона Л10 срабатывает реле Р3, разрывая цепь питания стабиловольта Л11 и тиратрона Л10. Реле Р1 и Р2, приходят в исходное состояния. Включается питание дешифраторов.

Одновременно импульс, полученный на сопротивлении R 55, запускает одновибратор, выполненный на лампе Л9. Сигнал с одновибратора поступает на каскад формирования импульсов сдвига декатрона и переводит его из нулевого положения в положение "1", после чего диод Д19 открывается. Задержка между моментом нажатия кнопки Кн.1 и срабатыванием одновибратора необходима для очередного измерения частоты, так как прибор запускается от этой же кнопки. Время измерения должно быть не более 0,32 сек. Далее декатрон срабатывает от импульсов тактового генератора, выполненного по схеме мультивибратора на лампе Л5. Декатрон последовательно проходит состояния "2", "3", "4" и т.д. и останавливается в состоянии "0", так как диод Д19 уже заперт.

Одновременно импульсы тактового генератора поступают на смесительный каскад, выполненный на лампе Л2. На этот же каскад поступают импульсы с генератора повышенной частоты, выполненного на лампе Л1 по схеме мультивибратора. Пачки импульсов со смесителя поступают на 9 диодных схем совпадения (см. рис. 6), управляемых потенциалами катодов коммутаторного декатрона. Пачка импульсов проходит только через ту схему совпадения, которая связана с горящим катодом декатрона. С выхода схемы совпадения пачки импульсов поступают на диодные детекторы и усилители постоянного тока (см. рис. 4).

Таким образом, тактовые импульсы последовательно попадают на 9 усилителей. Анодной нагрузкой каждого из семи первых усилителей, выполненных на лампах Л24-Л30, является обмотка одного из десяти реле цифр Р4-Р13, через контакты которых подается питание на соленоиды печатающей машинки. Связь между обмоткой реле цифр и анодом усилительной лампы осуществляется через вторые пары замыкающих реле дешифраторов одной из декад (см. рис. 5). Следовательно, реле цифр подключаются к усилителям одновременно с зажиганием цифровых ламп, но срабатывают они последовательно, начиная с цифры самой медленной декады (старшего разряда). Девятый усилитель, выполненный на лампе Л32, связан с соленоидом "Пуск печатающей машинки" через реле Р15 и срабатывает последним.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 февраля 1964 г.

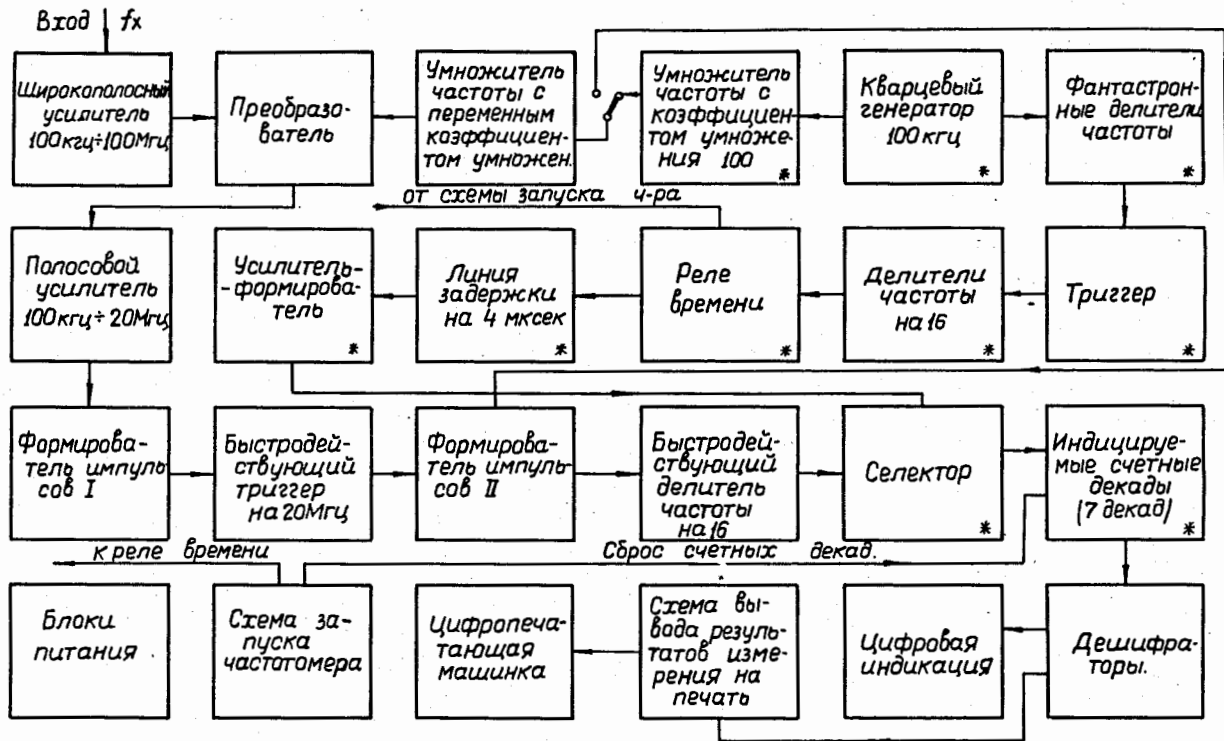


Рис. 1.





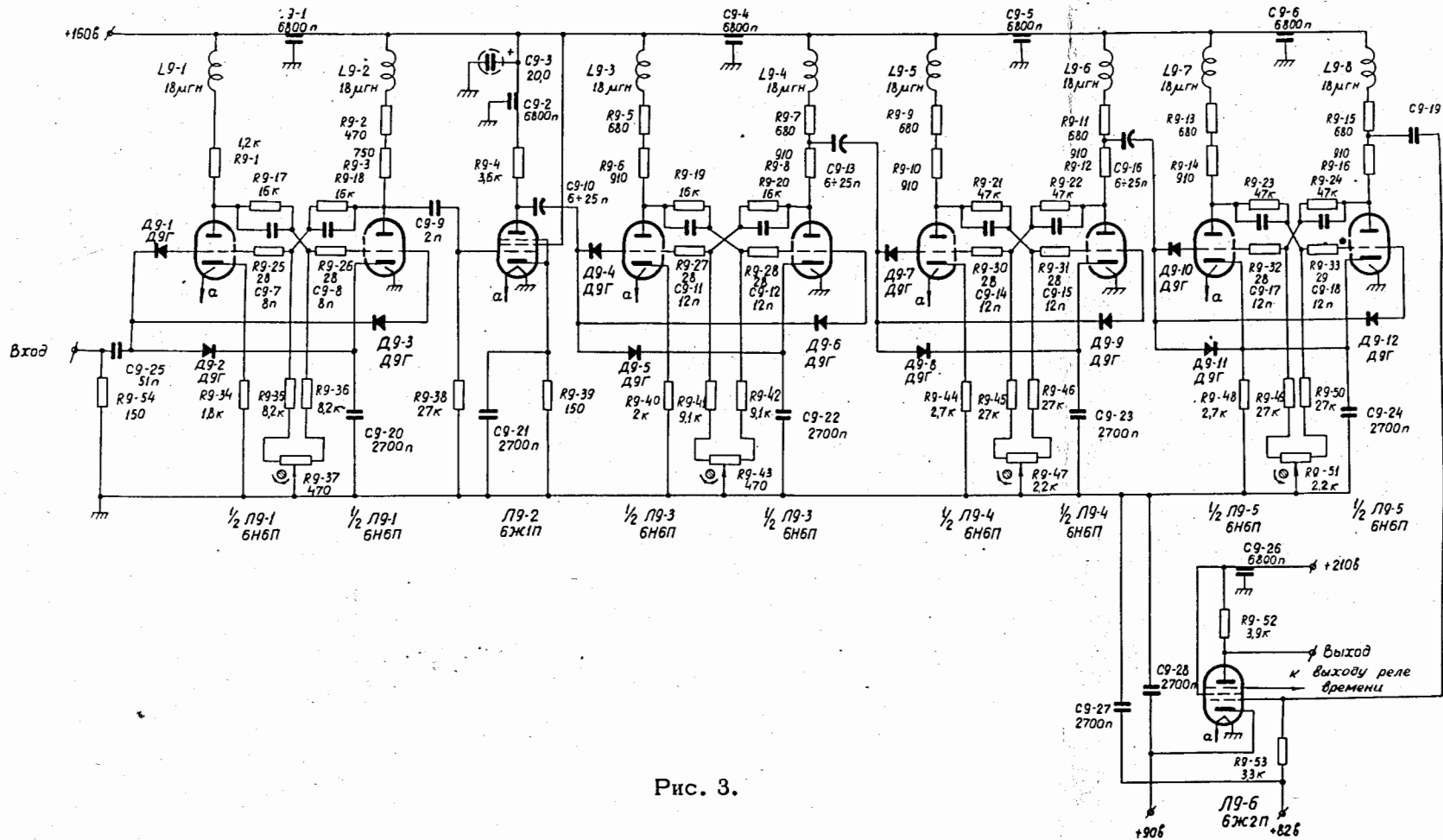


Рис. 3.

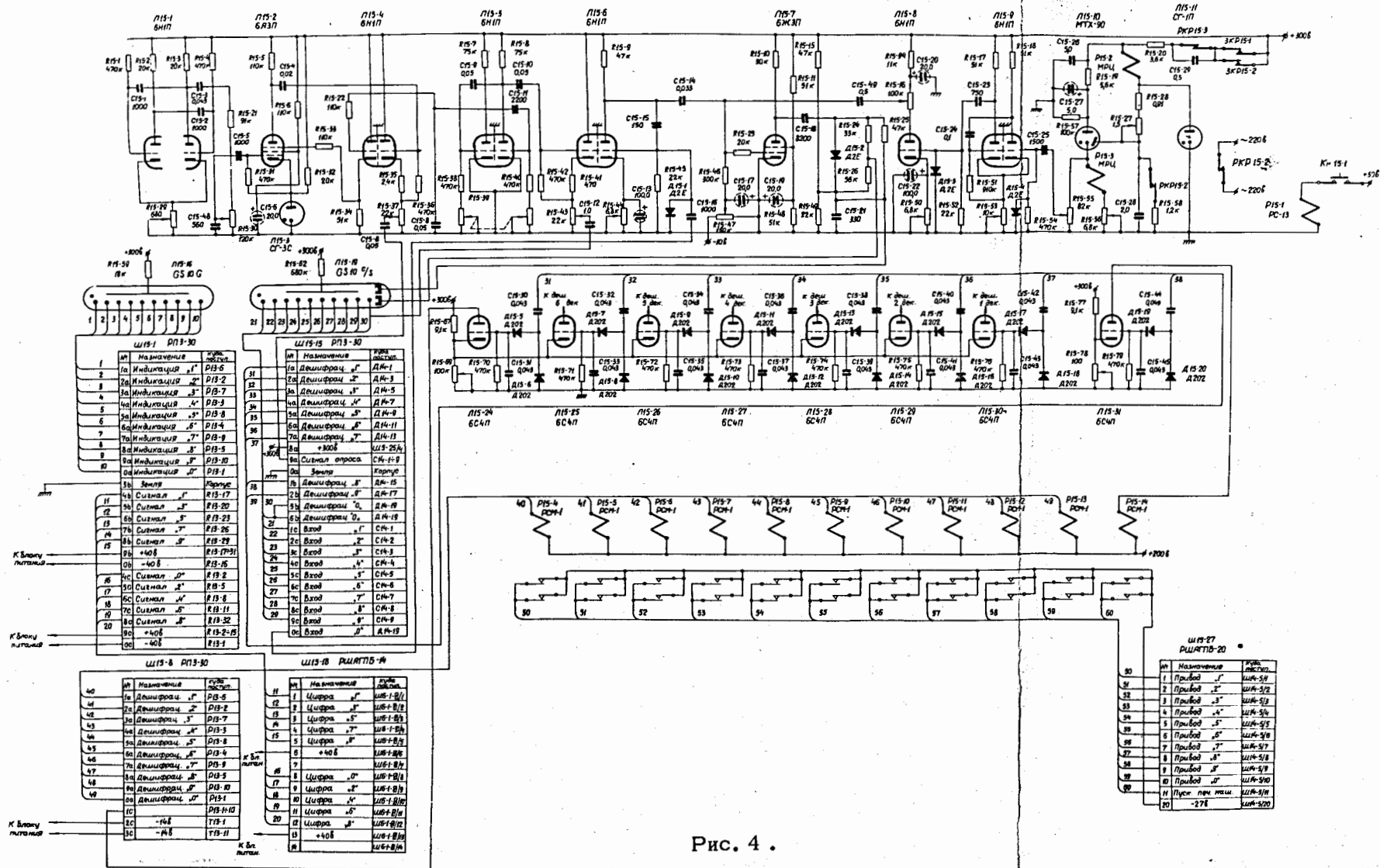
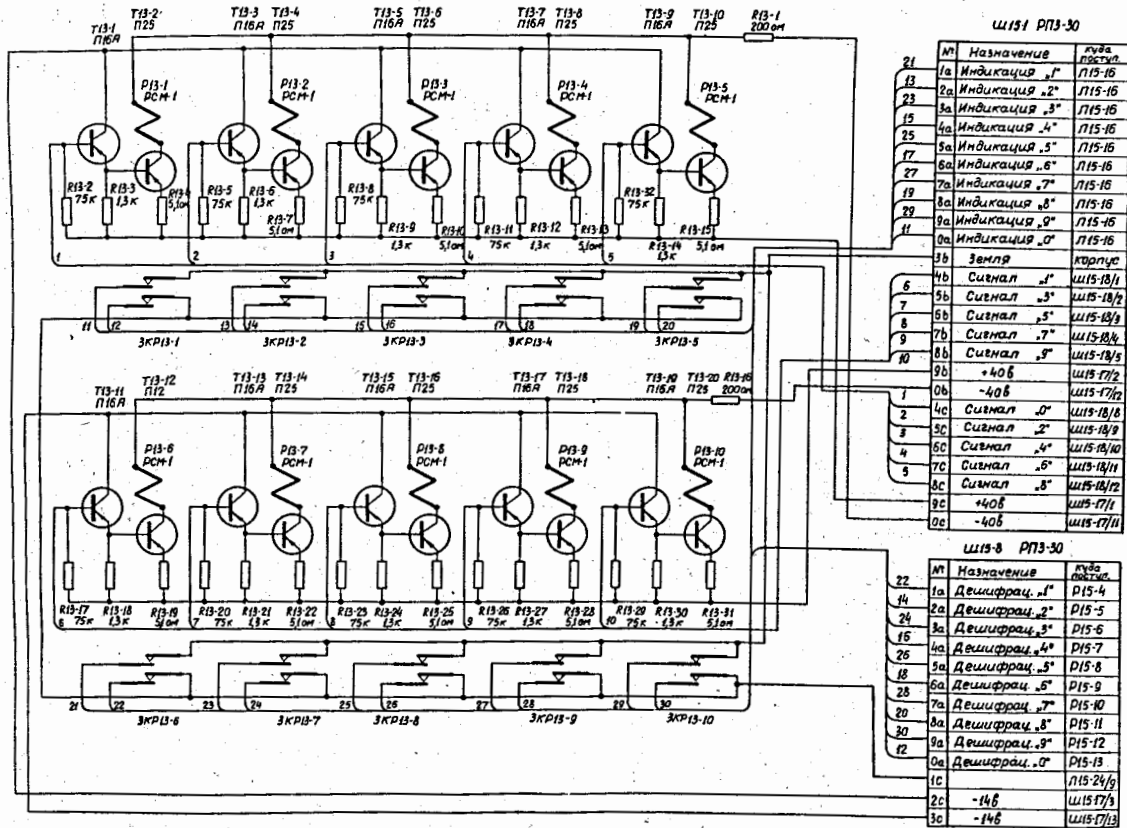


Рис. 4.



Ш151 Р13-30

№	Назначение	Код
21	1a	Индикация „1“ П15-16
22	2a	Индикация „2“ П15-16
23	3a	Индикация „3“ П15-16
24	4a	Индикация „4“ П15-16
25	5a	Индикация „5“ П15-16
27	6a	Индикация „6“ П15-16
27	7a	Индикация „7“ П15-16
19	8a	Индикация „8“ П15-16
29	9a	Индикация „9“ П15-16
11	0a	Индикация „0“ П15-16
3б	Земля	корпус
6	4b	Сигнал „1“ Ш15-13/1
7	5b	Сигнал „3“ Ш15-13/2
8	6b	Сигнал „5“ Ш15-13/3
9	7b	Сигнал „7“ Ш15-13/4
10	8b	Сигнал „9“ Ш15-13/5
3б	+40В	Ш15-7/2
1	0б	-40В Ш15-7/1
2	4с	Сигнал „0“ Ш15-13/8
3	5с	Сигнал „2“ Ш15-13/9
4	6с	Сигнал „4“ Ш15-13/10
5	7с	Сигнал „6“ Ш15-13/11
6с	Сигнал „8“ Ш15-13/12	
9с	+40В Ш15-7/1	
0с	-40В Ш15-17/11	

Ш15-8 Р13-30

№	Назначение	Код
22	1a	Дешифр. „1“ Р15-4
23	2a	Дешифр. „2“ Р15-5
24	3a	Дешифр. „3“ Р15-6
25	4a	Дешифр. „4“ Р15-7
16	5a	Дешифр. „5“ Р15-8
26	6a	Дешифр. „6“ Р15-9
18	7a	Дешифр. „7“ Р15-10
28	8a	Дешифр. „8“ Р15-11
20	9a	Дешифр. „9“ Р15-12
30	0a	Дешифр. „0“ Р15-13
1с		П15-24/3
2с	-14В	Ш15-17/3
3с	-14В	Ш15-17/3

Рис. 5.

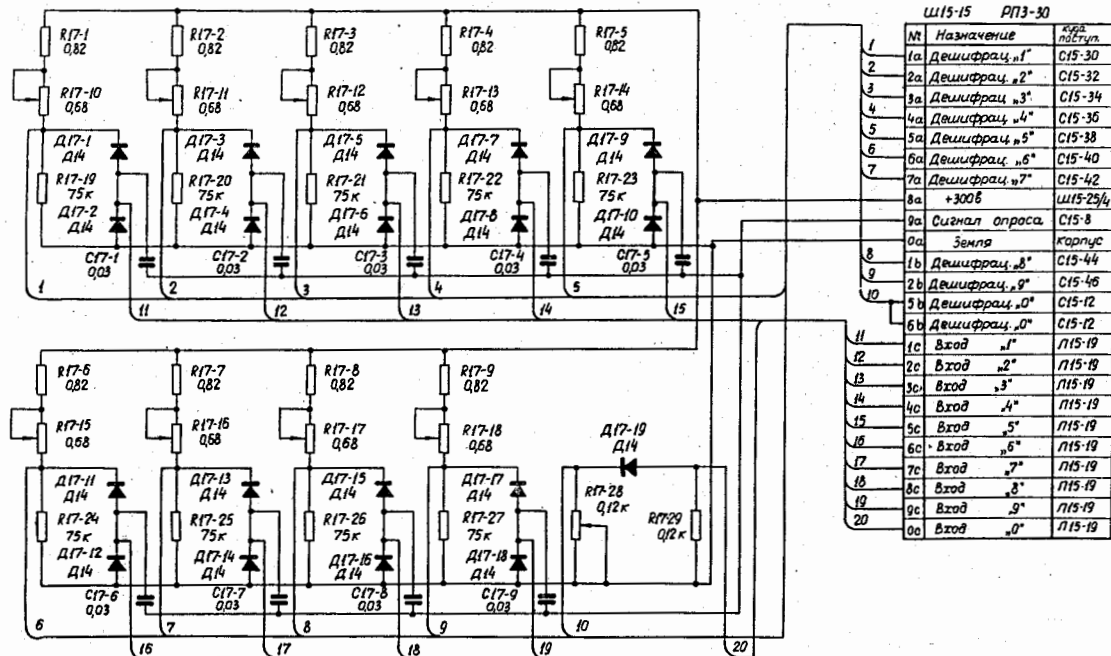


Рис. 6.