



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

П.П. Гавриш, Ю.Н. Денисов, А.Г. Комиссаров,
В.М. Лачинов, В.И. Прилипко, Ю.И. Сусов, П.Т. Шишлянников

1582

ШИРОКОДИАПАЗОННЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ
ЭЛЕКТРОННО-СЧЕТНЫЙ ЧАСТОТОМЕР

ДТЭ, 1965, №2, с 94-100.

Автоматический электронно-счетный частотомер (ЭСЧ) является цифровым измерительным прибором, предназначенным для измерения усредненной на некотором интервале времени частоты электрических сигналов. ЭСЧ имеет существенно лучшие характеристики, чем широко используемые резонансные и гетеродинные частотомеры. К достоинствам ЭСЧ следует отнести исключительно высокую точность измерений частоты, цифровую форму индикации результатов, автоматизм и, как следствие, быстроту измерений. Десятичный или двоичнодесятичный код результата измерений может быть непосредственно введен в перфорирующие устройства цифровых вычислительных машин.

Описываемый широкодиапазонный автоматический ЭСЧ позволяет без каких-либо операций настройки измерять частоту синусоидальных или импульсных сигналов в диапазоне частот от 100 кГц до 100 МГц. Измерения производятся или периодически через 5-30 сек, или в "разовом" режиме с запуском прибора от кнопки. Результаты измерений печатаются на бумажной ленте при помощи машинки типа СДМ-107.

Блок-схема частотомера показана на рис. 1.

Усилитель-формирователь формирует стандартные запускающие импульсы для двоично-пятеричной пересчетной схемы с максимальной скоростью счета до 100 МГц /1/ во всем диапазоне измеряемых частот при амплитуде входных сигналов 0,05-1,0 в. С выхода быстрой декады счетные импульсы поступают на усилитель (см. рис.2), где они формируются по амплитуде и длительности, а затем подаются на вход селектора. Селектор представляет собой усилитель с общим эмиттером на триоде П403, с меняющимся принудительным смещением на базе. Смещение подается с одного из плеч быстрого триггера, со встроенными эмиттерными повторителями. Нормально селектор закрыт и открывается только на эталонные интервалы времени Δt_3 , формирующиеся во временном блоке.

Пачки импульсов, пропущенных селектором за время Δt_3 , пересчитываются восемью индипируемыми счетными декадами. Число сосчитанных импульсов равно

$$N = 0,1 \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t_3} f_x(t) dt,$$

где $f_x(t)$ - мгновенное значение измеряемой частоты. Если за время Δt_3 частота $f_x(t)$ остается неизменной, то $N = 0,1 f_x \Delta t_3$. Следовательно, при $\Delta t_3 = 10$ сек величина N численно равна f_x (в герцах). Однако в общем случае Δt_3 может иметь любую величину.

Разработанный в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований ЭСЧ используется как для непосредственного измерения частоты,

так и в совокупности с ядерными магнитометрами ^{/2/} для прецизионного измерения абсолютной величины напряженности стационарных магнитных полей. Резонансное значение частоты автодинного детектора я.м.р. связано с напряженностью магнитного поля следующим соотношением:

$$\nu_0 = \frac{\gamma}{2\pi} H_0,$$

где ν_0 - ларморовская частота прецессии, γ - гиромагнитное отношение используемых ядер, H_0 - напряженность магнитного поля.

Если эталонный временной интервал $\Delta t_{\text{э}}$ выбрать равным $\frac{2\pi}{\gamma}$, то результат измерения N будет индцироваться непосредственно в единицах напряженности магнитного поля. Это замечательное свойство ЭСЧ позволяет значительно упростить и ускорить процесс измерения магнитных полей ядерными магнитометрами.

Блок формирования эталонных временных интервалов включает в себя кварцевый генератор опорной частоты, селектор опорной частоты с управляющим триггером, семь декадных пересчетных схем, схему установки начальных состояний триггеров в декадных делителях и схему запуска частотомера. Точность формирования $\Delta t_{\text{э}}$ определяется точностью начальной установки и стабильностью частоты опорного кварцевого генератора на 1 Мгц, схема которого показана на рис. 3. Применяемые в приборе кварцевые резонаторы имеют ТКЧ $\pm 1 \cdot 10^{-6}$. Селектор опорной частоты предназначен для формирования пачки импульсов, поступающих на "временные" декады после пуска частотомера. Управляется селектор статическим триггером, со встроенными эмиттерными повторителями и раздельным запуском через диодно-конденсаторные вентили. Селектор открывается импульсом со схемы запуска, а закрывается в момент окончания эталонного временного интервала одновременно с селектором, пропускающим пачку счетных импульсов.

Формируемый временным блоком частотомера эталонный временной интервал в зависимости от характера и условий измерений может иметь величину 0,01; 0,1; 1,0; 10,0 и 0,234860 сек. Четыре первых временных интервала получаются простым делением частоты кварцевого опорного генератора соответственно в 10^4 , 10^5 , 10^6 и 10^7 раз. Схемы всех семи декадных делителей частоты одинаковы (см. рис.4). Для сокращения временного интервала между моментом подачи задающего импульса, открывающего селектор опорной частоты, и началом счета при $\Delta t_{\text{э}} = 10$ сек седьмая временная декада предварительно (тем же импульсом со схемы запуска) устанавливается в состояние, соответствующее "9". Для получения $\Delta t_{\text{э}} = \frac{2\pi}{\gamma} = 0,234860$ сек декады №№ 2, 3, 4, 5 и 6 в момент начала счета сбрасываются на дополнительные числа 4,1, 5,6 и 7, соответственно. Таким образом, временной интервал между импульсами на выходе шестой декады сократится на 0,765140 сек и станет равным необходимой

величине 0,234860 сек. Рассматриваемым способом можно получать практически любую величину Δt_{Σ} от десятков микросекунд до 10 сек.

Схема запуска (см. рис. 3) представляет собой релаксационный генератор на лампе с холодным катодом типа МТХ-90. При периодическом измерении частоты к аноду лампы подключается емкость $C = 4$ мкф, а частота релаксации изменяется зарядным сопротивлением $R_a = 3,9$ мом. Импульсы, опрокидывающие управляющий триггер селектора опорной частоты, снимаются с катодного сопротивления МТХ-90. В режиме одиночного запуска при замыкании кнопки "Пуск" цепь заряда анодной емкости размыкается, а емкость подключается к аноду МТХ-90. Тиратрон поджигается, на катодном сопротивлении возникает запускающий импульс. Импульсы сброса на "0" счетных декад и седьмой "временной" декады в состояние "9" снимаются с одного из плеч управляющего триггера и усиливаются составным триодом П16А, П26.

Блок индицируемых счетных декад содержит одну декаду с максимальной скоростью счета $f_{max} = 13$ Мгц, одну с $f_{max} = 1,5$ Мгц и шесть с $f_{max} = 600$ кгц. Логика работы всех декад 1-2-4-8. В первом и четвертом триггерах используются встроенные эмиттерные повторители, улучшающие их нагрузочные характеристики. Принципиальная схема первой декады с $f_{max} = 13$ Мгц показана на рис. 5. Используемые триоды имеют $f_{ген} = 200$ Мгц. Схемы двух других типов декад аналогичны. В них используются только другие диоды и триоды. Вентиль между первым и вторым триггерами в этих декадах выполнен на триодах П401 и П16А.

Состояние декад индицируется цифровыми газоразрядными лампами, размещенными на однострочном табло. Схема дешифрации и питания цифровых ламп, показанная на рис. 6, одинакова для всех типов декад. Дешифрация производится в два этапа. На первом этапе при помощи диодно-реостатных схем совпадений состояние триггеров декады переводится в шесть пар значений потенциалов на выходе шести эмиттерных повторителей: чет-нечет, 0-1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9. Эта часть дешифратора монтируется на одной плате с декадой. Дальнейшая дешифрация происходит на контактных группах реле РСМ-1 и РСМ-2, включающих питание цифровых ламп. Один из контактов обеих контактных групп реле РСМ-1 подключен к соответствующему катоду лампы GR10G, а второй - к шинам четных и нечетных цифр. При помощи реле РСМ-2 одна из этих шин замыкается на землю, и таким образом в цифровой лампе зажигается только одна цифра, соответствующая состоянию декады.

Для увеличения срока службы реле и уменьшения наводок на время счета питание реле и цифровых ламп отключается.

Индицируемое число может быть напечатано на бумажной ленте. Схема вывода

результатов измерения на печать, показанная на рис. 6, выполнена применительно к цифропечатающей машинке типа СДМ-107, оборудованной дополнительным соленоидным приводом клавиш. В этой машинке число набирается поразрядно, начиная со старшего разряда. Схема вывода на печать состоит из следующих узлов: генератора тактовых импульсов, декады коммутирующей опрашивающие сигналы, импульсно-потенциальных схем совпадения, на которых дешифрируется состояние опрашиваемой счетной декады, импульсных усилителей, одновибраторов, формирующих импульсы определенной длительности для управления соленоидным приводом клавиш и мощных усилителей этих импульсов. Тактовый мультивибратор, задающий темп опроса и набора цифр на печатающей машинке, работает на частоте 3 гц. Выходные импульсы этого мультивибратора через диодный ключ поступают на вход тактовой декады. Ключ управляется коллекторным потенциалом одного из плеч триггера на триодах П16А с раздельным запуском. В момент окончания эталонного временного интервала импульсом с временного блока этот триггер устанавливается в состояние, соответствующее открытому диодному ключу. Опрашивающие импульсы последовательно появляются на восьми выходах дешифратора тактовой декады, подсоединенных ко входам схем совпадений, на которых дешифрируется состояние индицируемых счетных декад. Десятый импульс возвращает декаду в исходное состояние и, опрокинув управляющий триггер, запирает диодный ключ.

Схема тактовой декады, показанная на рис. 7, аналогична схеме счетных декад с $f_{\max} = 600$ гц. Однако в отличие от этих декад на входах одноступенчатой схемы дешифрации возникают не постоянные потенциалы, а отрицательные импульсы, поступающие на соответствующие группы импульсно-потенциальных дешифраторов счетных декад.

Импульсно-потенциальные схемы совпадения предназначены для дешифрации кода чет-нечет, 0-1, 2-3, 4-5, 6-7, 8-9 в десятичный код. Схемы совпадения управляются коллекторными потенциалами триодов П10 релейного дешифратора. Импульс опроса, последовательно пройдя через схему совпадения чет-нечет и одну из схем парных цифр, поступает на выходную шину, соответствующую определенной цифре (0, 1...9). Эти же шины являются выходами схем дешифрации семи других счетных декад. Сигнал с каждой шины усиливается и подается на вход схемы формирования мощных импульсов тока, управляющих соленоидным приводом клавиш. По окончании опроса всех восьми счетных декад, выходным импульсом тактовой декады включается моторный привод печатающей машинки.

Л и т е р а т у р а

1. В.М. Лачинов. ПТЭ, № 1, 53 (1963).
2. Д.П. Василевская, Л.В. Васильев, Ю.Н. Денисов. Ядерный магнитометр для измерения сильно неоднородных магнитных полей. Препринт ОИЯИ, Р-1475, 1963.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 марта 1964 г.

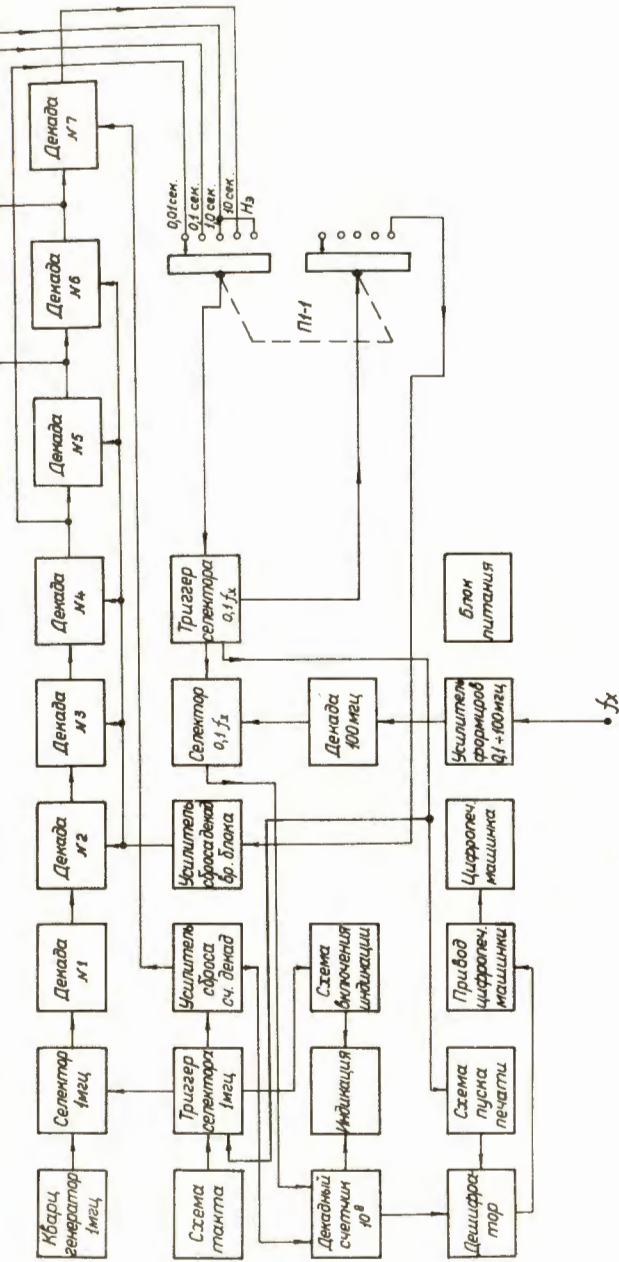


Рис. 1.

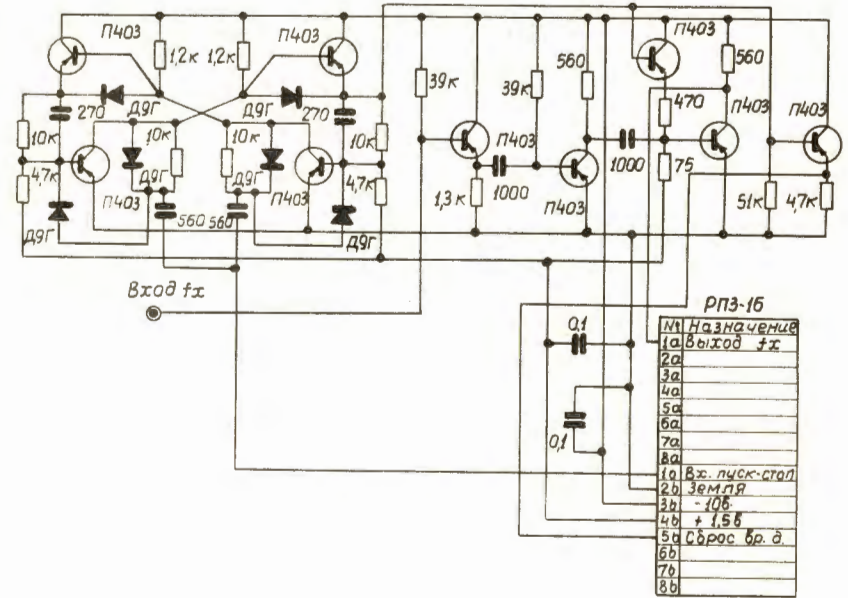


Рис. 2.

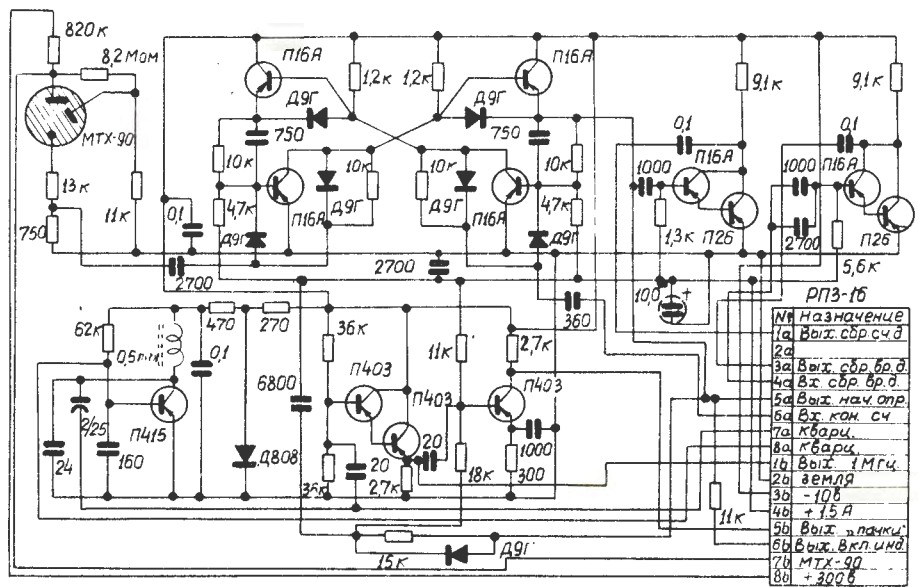


Рис. 3.

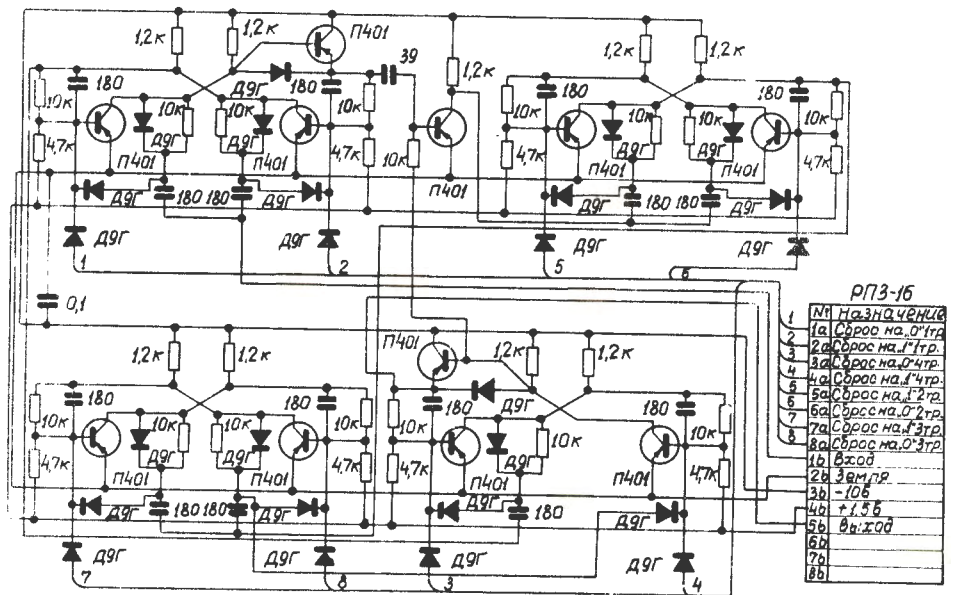


Рис. 4.

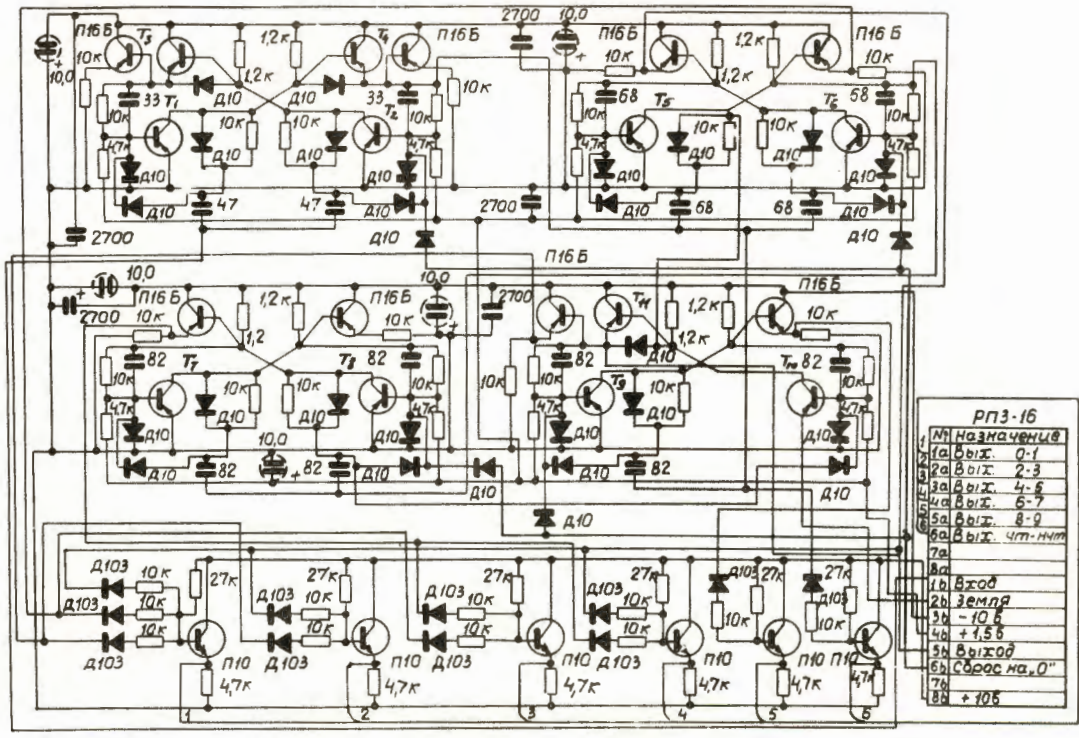


Рис. 5

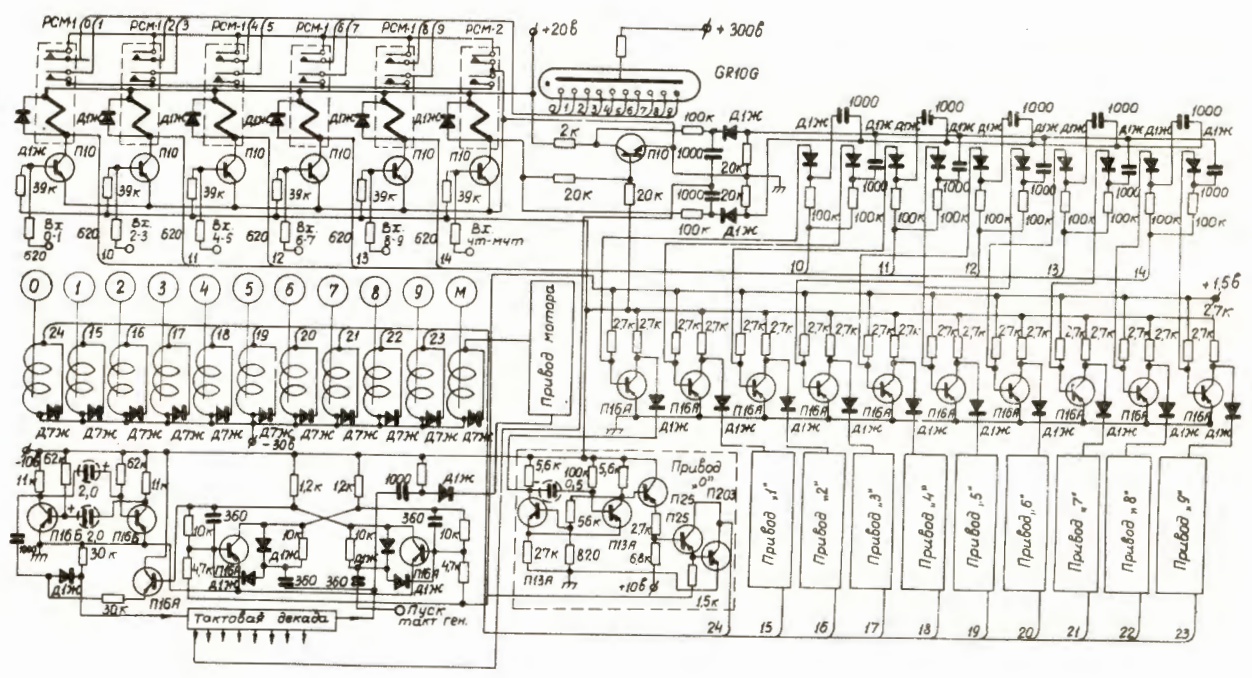


Рис. 6.

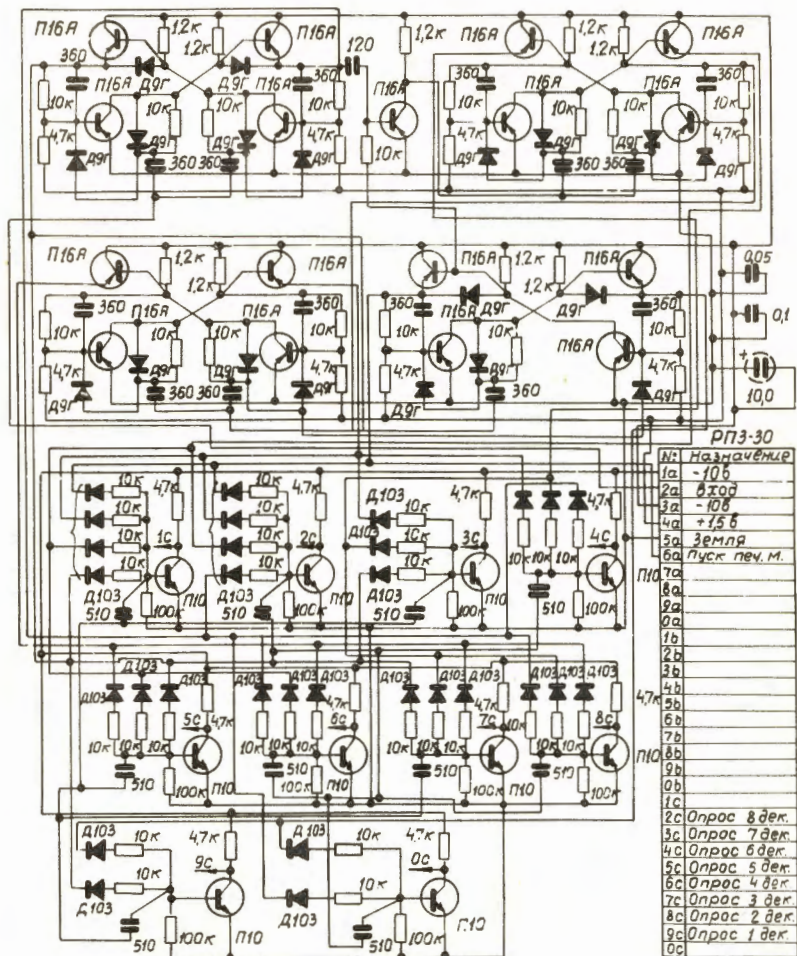


Рис. 7.