

2169

ЭКО. ЧИТ. 68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2169



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

И. Адам, Ю.Н. Денисов, А. Кокеш, В.Г. Чумин,
П.Т. Шишлянников

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ
СПЕКТРОВ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
НА МАГНИТНОМ β -СПЕКТРОМЕТРЕ

1965

2169

И. Адам, Ю.Н. Денисов, А. Кокеш, В.Г. Чумин,
П.Т. Шишляников

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ
СПЕКТРОВ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ
НА МАГНИТНОМ β -СПЕКТРОМЕТРЕ

Направлено в Изв. АН СССР

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Измерение спектров конверсионных электронов является, как правило, весьма длительным процессом, требующим непрерывного ведения опыта в течение нескольких суток, а иногда и недель. Автоматизация этого процесса позволяет рационализировать труд физиков-экспериментаторов, исключить субъективные ошибки, практически неизбежные при длительной работе на спектрометре с ручным управлением и в ряде случаев, особенно при коротких экспозициях, сократить время, потребное для измерения интересующего участка спектра. В настоящей работе описывается система автоматического управления β -спектрометром типа $\pi/2$ с железным сердечником, используемым в Радиохимической лаборатории ОИЯИ.

Устройство состоит из следующих функциональных блоков (см. рис. 1).

а) стабилизированного источника питания обмоток электромагнита спектрометра^{1/}, в котором величина тока I_M может регулироваться как вручную (декадным делителем напряжения), так и автоматически при помощи реостата с релейным управлением;

б) схем, анализирующих и регистрирующих информацию, поступающую со счетчиков;

в) центральной схемы управления, синхронизирующей работу пересчетных схем, вывод информации на печатающую машинку и изменение тока в обмотке электромагнита.

Эквивалентная схема входной части системы стабилизации и регулирования тока электромагнита показана на рис. 2. Принципиальные схемы декадного делителя и реостата с релейным управлением показаны соответственно на рис. 3 и 4. Номинальное значение тока магнита I_{MH} (когда $U_{BX} = 0$) для рассматриваемой схемы сравнения падения напряжения на эталонном сопротивлении $U_{R_3} = I_M R_3$ с эдс нормального элемента U_H может быть вычислено по формуле

$$I_{MH} = \frac{U_H}{R_3 R_{23} R_0} (R_0 + r + R_{23} + R_{33}) \left[R_3 + R_{13} \frac{R_2 (R_0 + r + R_{13})}{R_0 + r + R_{23} + R_{33}} \right], \quad (1)$$

где R_{13} , R_{23} и R_{33} - сопротивления, получающиеся в результате замены декадного делителя эквивалентной схемой "звезды". Из этого выражения следует, что при заданных неизменных значениях R_3 и R_0 величина тока I_{MH} может регулироваться

как декадным делителем, так и реостатом r . В описываемой системе значение тока магнита, соответствующее начальной точке исследуемого диапазона энергий электронов, устанавливается вручную при помощи декадного делителя. Дальнейшее изменение тока происходит автоматически при изменении сопротивления реостата r .

В начальный момент измерений величина r устанавливается равной нулю или r_{\max} . В первом случае ток I_M в дальнейшем будет увеличиваться, а во втором — уменьшаться. Начальное значение тока при $r=0$ равно

$$I_{M0} = \frac{U_H}{R_{29} R_{39} R_0} [R_{29} + R_{19} + \frac{R_{29}(R_0 + R_{39})}{R_0 + R_{29} + R_{39}}] (R_0 + R_{29} + R_{39}). \quad (2)$$

Величина относительного изменения тока магнита при увеличении сопротивления реостата определяется выражением

$$\frac{d I_{MH}}{I_{M0}} = \frac{(R_{29} + R_{19} + R_{39}) dr}{R_{29}(R_0 + R_{29} + R_{39}) + R_{19}(R_0 + R_{29} + R_{39}) + R_{29}(R_0 + R_{39})}. \quad (3)$$

Следовательно, если сопротивление реостата r изменяется дискретно постоянными шагами по $\Delta r = \text{const}$, то ток магнита также будет изменяться скачками, причем относительное изменение тока $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}$ не будет зависеть от величины r , т.е. будет постоянным во всем диапазоне автоматического изменения тока, что обеспечивает при постоянной относительной полуширине линий конверсионных электронов одинаковое число измеряемых точек, помещающихся на любой отдельной линии. Величина относительного изменения тока при каждом "шаге" изменяется выбором соответствующего значения сопротивления R_0 . В рассматриваемом приборе $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}$ может выбираться равным 0,01%; 0,02%; 0,03% или 0,04%. Из формулы (3) следует, что величина $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}$ зависит также и от коэффициента деления декадного делителя напряжения K_D , однако, при выбранных величинах параметров схемы сравнения и коэффициенте деления не более 0,5 "шаг" изменяется не более, чем на 5-10%. Например, если при $K_D=1$ $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}=0,01\%$ или 0,04%, то при $K_D=0,5$, соответственно, $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}=0,00857\%$ и 0,0359%. На рис. 5 приведена осциллограмма переходного процесса, возникающего при автоматическом изменении тока в обмотках электромагнита спектрометра.

Для удобства управления в разработанной системе реостат выполнен в виде "двоичного" магазина сопротивлений, величина которых равна $R_i = \Delta R \cdot 2^{i-1}$, где i — номер сопротивления ($i = 1, 2 \dots$). Схема управления в этом случае представляет собой двоичный счетчик (см. рис. 4), каждый из триггеров которого управляет реле, включающим или отключающим сопротивление R_i соответствующего разряда. Точность реализации линейного закона автоматического изменения тока магнита определяется в основном точностью изготовления сопротивлений реостата. Эти сопротивления наматывались

проводом ПШДТМ 0,15 и подгонялись с точностью, обеспечивающей неравномерность "шага" перестройки тока, не превышающую 2% от абсолютной величины "шага". На рис. 6 приведена зависимость относительного отклонения δ величины тока магнита I_{MH} после n "шагов" от величины тока, полученной при интерпретации

$$\delta = \frac{I_{Ma} - [n(\Delta I_M)_{\text{ср}} + I_{M0}]}{(\Delta I_M)_{\text{ср}}} \quad (4)$$

$$(\Delta I_M)_{\text{ср}} = \frac{I_{Ma, \max} - I_{M0}}{n_{\max}}. \quad (5)$$

В описываемом приборе автоматически может устанавливаться до 256 значений тока магнита через любой из приведенных ранее интервалов (0,01%—0,04%). Таким образом, в одной серии измерений в зависимости от величины $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}$, может быть пройден интервал токов магнита до 2,5—10%. Для получения такого количества значений сопротивления реостата r он должен состоять из 8 сопротивлений, управляемых восьмиразрядным двоичным счетчиком (см. рис. 4). Счетчик выполнен на статических триггерах, в которых используются полупроводниковые триоды типа П16. Каждый триггер управляет соответствующей парой исполнительных реле, из которых Р1—Р8 переключают сопротивление реостата, а реле Р10—Р17 используются в схеме дешифрации состояний счетчика. Триггер Т9 служит для автоматической остановки цикла измерений. С помощью переключателя П3 он может подключаться к выходу 4, 5, 6, 7 или 8 триггера, что позволяет прерывать цикл измерений после 16, 32, 64, 128 или 256 значений тока магнита. Для возвращения схемы в начальное состояние необходимо нажать кнопку Кн1, которая управляет каскадом на триоде П25, формирующем импульс сброса триггеров Т1—Т9.

Запускается счетчик импульсами, поступающими от центральной схемы управления.

Направление автоматического изменения тока в цикле измерений определяется положением переключателя П2. В верхнем (см. схему на рис. 4) положении переключателя П2 ток увеличивается, а в нижнем — уменьшается.

Величина относительного изменения тока $\frac{\Delta I_{MH}}{I_{M0}}$ устанавливается переключателем П1.

Как показано на блок-схеме, импульсы со всех 3-х счетчиков спектрометра поступают на схему совпадения. Отобранные импульсы регистрируются пересчетной схемой № 4, а импульсы первого счетчика — пересчетом № 2. В установке используются пересчетные приборы типа ВМ 353а (Чехословакия). На рис. 7 приведена принципиальная схема одной декады этого прибора и вывод напряжений с правых ламп триггеров на контакты шагового искателя Ш-3, используемого в схеме опроса. Состояние "открыто" и "закрыто" правых половин ламп 6СС42 характеризуются соответственно, напряже-

ниями 180 и 250 в. При поступлении напряжения 180 в на сетку используемой в схеме дешифрации лампы 6НЗП (см. рис. 9) триод останется закрытым, и реле в аноде лампы не сработает. Когда на сетку лампы 6НЗП подается 250 в, триод откроется, что приведет к срабатыванию соответствующего реле. Напряжение с триггеров первой декады подается на контакты второго ряда Ш-3, со второй декады - на контакты третьего ряда и т.д.

Второй пересчетный прибор устроен и работает точно так же, как и первый.

Схема регистрации состояний реле реостата и аналогична соответствующим схемам для декад пересчетных приборов. Отличия состоят только в том, что, поскольку десятичная дешифрация 8-разрядного двоичного счетчика достаточно громоздка, удобнее запись положения реле реостата вести в четверичной системе. Кроме того необходимо преобразовать положения реле реостата в напряжения, аналогичные напряжениям на анодах ламп в триггерах декад пересчетных схем. Это осуществляется делителями напряжения (см. рис. 8), где лампы имитируются контактами реле P10, ..., P17.

Схема центрального блока управления показана на рис. 9. После включения системы запускается часовое устройство, которое открывает пересчетные схемы на заданное оператором время экспозиции Δt . Конец экспозиции сопровождается сигналом, который запускает тактовый генератор с частотой в несколько герц. Импульсы тактового генератора используются для запуска схемы управления реостатом, дешифрации и вывода результатов измерений с декад пересчетных схем и для регистрации положения реле P1-P8 реостата. До включения установки шаговый искатель ШИ-1 находится в положении 1, и на ползунке Ш напряжение отсутствует. Система запускается оператором включением переключателя П6. Через этот переключатель на ползунок Ш ШИ-1 подключается напряжение, благодаря чему срабатывает реле P19 (его контакты замкнутся и разомкнутся ввиду наличия цепочки R=62 к и C=4 мкф). Контакты реле P19 включают датчик времени - часовое устройство марки "Орион-гом 1892" (Венгрия) с плавной регулировкой времени срабатывания от 1 до 3599 сек. Неточность определения экспозиции равна $\pm 0,5$ сек для $\Delta t = 1-60$ сек и $\pm 1\%$ для $\Delta t = 60-3599$ сек. При запуске датчика времени сработает реле P24. Переключением контактов пк P24 разрывается цепь питания генератора импульсов раньше, чем может возникнуть в нем первый импульс (на рис. 9 не показаны обмотки реле P24 и контакты реле P19). Одновременно сбрасываются в нулевое положение пересчетные схемы и открывается их вход. После истечения заданного времени Δt реле P24 возвращается в исходное состояние, и пк P24 подключает постоянное напряжение на генератор импульсов (см. диаграмму напряжений на рис. 10). Генератор импульсов выполнен на основе реле P21 и P22. При подаче напряжения на контакты рк 21а начинает заряжаться одна из емкостей (8 мкф, 12 мкф или 16 мкф) через переключатель П4. Величина емкости определяет

частоту генерирования импульсов. После зарядки емкости срабатывает реле P21, размыкается рк 21а, емкость 8 мкф начинает разряжаться. При срабатывании P21 замыкаются контакты эк P21 в и срабатывает P22, контакты пк P22а переходят в левое по схеме положение, начинается зарядка емкости 50 мкф через R=100, пк P22в переходят в левое положение и произойдет зарядка C=100 мкф. Контакты пк P22с переходят в правое положение и произойдет разрядка C=50 мкф. Таким образом возникает импульс (см. рис. 10 ползунок ШИ-1 - II). После разряда C=8,0 P21 приходит в исходное положение, замыкаются рк P21а, начинает заряжаться C=8 мкф и размыкается эк P22в, т.е. размыкается цепь обмотки электромагнита реле P22 и контакты пк P22в переходят в правое, пк P22с и пк P22а в левое положение - возникает импульс на ползунке ШИ-1- I и в обмотке якоря ШИ-1, который перебрасывает ШИ-1 в момент t_1 в положение 2 (см. рис. 9 и 10).

Весь описанный процесс образования импульсов повторяется до тех пор, пока на рк P21а подано напряжение. В положении 2 через ползунок ШИ-1 - III включается реле P18, контакты которого, эк P18, образуют импульс, поступающий в блок управления реостатом - производится изменение тока электромагнита спектрометра (этот импульс не показан на рис. 10). В момент t_2 импульс, поступающий на обмотку электромагнита ШИ-1, переводит шаговый искатель в положение 3. В положении 3 производится запись положения реле реостата на цифropечатающую машинку. В положении 5 происходит запись показаний первой пересчетной схемы на цифropечатающую машинку. Принципы работы схемы центрального управления в положениях 3 и 5 одинаковы, поэтому будут рассмотрены одновременно.

В положение 3(5) через ползунок ШИ-1 - II поступает импульс на обмотку якоря ШИ-2, блок регистрации положения реле цифрового реостата (ШИ-3, первая пересчетная схема) и перебрасывает ШИ-2 (ШИ-3) из положения 1 в положение 2. Тогда через ползунок ШИ-1 - IV разъемы А7, В6 (А9, С8) и ползунок ШИ-2-1 (ШИ-3-1), (см. рис. 7 и рис. 8), заземляется обмотка реле P23. Контакты рк P23а разрывают цепь обмотки электромагнита ШИ-1, контакты эк P23в включают дешифратор. В это время через ползунки ШИ-2 - III, ШИ-2 - IV (ШИ-3 - II), ШИ-3 - III, ШИ-3 - IV, ШИ-3 - V подается напряжение на сетки ламп 6НЗП (см. рис. 10), которые открываются или остаются закрытыми, т.е. реле P25, P26, P27, P28 при помощи контактов пк P25 пк P26а, пк P26в, пк P26с, пк P27в, пк P27с, пк P28а и пк P28в соединят нужную катушку в цифropечатающей машинке с ползунком ШИ-1-1. Импульс, идущий на ползунок ШИ-1-1, поступает на соленоид соответствующей цифры на цифropечатающей машинке. После этого импульс через ползунок ШИ-1 - II поступает на обмотку ШИ-2 (ШИ-3), и шаговый искатель ШИ-2 (ШИ-3) переходит в положение 3. В этот момент реле P25, P26, P27, P28 будут находиться в положениях, соответствующих положениям

реле Р8, Р7 реостата (положениям триггеров во второй декаде первой пересчетной схемы) и т.д. Это повторяется до тех пор, пока ШИ-2 (ШИ-3) не перейдет в положение 8 (7), когда разрывается заземляющий провод обмотки Р23 и контакт рк Р23а подключает обмотку электромагнита ШИ-1 к генератору импульсов. Одновременно контакт эк Р23в подключает дешифратор.

В момент времени t_3 ШИ-1 переходит в положение 4 (свободное положение). В момент времени t_4 ШИ-1 перебрасывается в положение 5 (действие схемы в этом положении рассмотрено выше).

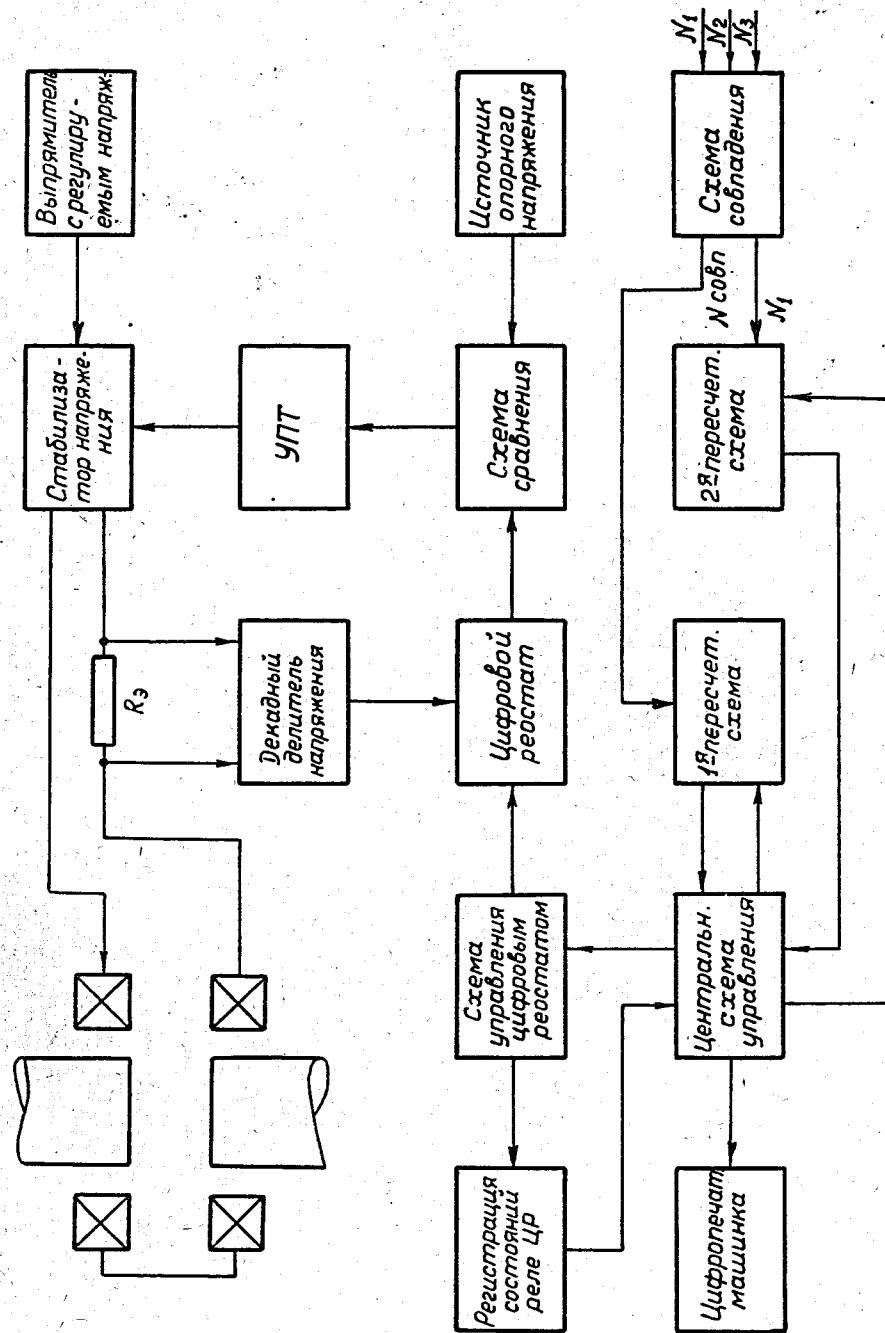
Шаговый искатель ШИ-1 в положение 8 переходит в момент времени t_5 . В этом положении импульс, поступающий через ШИ-1-1, заставляет сработать соленоид кнопки Б, и происходит запись положения реле цифрового реостата (в четверичной системе) и запись числа импульсов из первого пересчетного прибора (в десятичной системе). Кнопка А во время записи цифр печатающей машинки блокирует генератор импульсов. Если включен переключатель П5, то в положении 7 и 8 ШИ-1 происходит снятие и запись показаний 2-го пересчетного прибора, так же как в положении 5 и 6. При выключенном П5 положения 7 и 8 свободны. Остановка работы центральной схемы управления происходит при размыкании контактов рк Р8, т.е. после прохождения всего выбранного участка спектра.

Разработанная система введена в непрерывную эксплуатацию в сентябре 1984 года. Восемь месяцев непрерывной работы показали, что система достаточно надежна, удобна в эксплуатации и позволяет при работе короткими экспозициями существенно сократить время измерения.

Л и т е р а т у р а

1. И. Адам, Ю.Н. Денисов, С.А. Ивашкевич, М. Фингер. Препринт ОИЯИ № 1589, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
12 мая 1985 г.



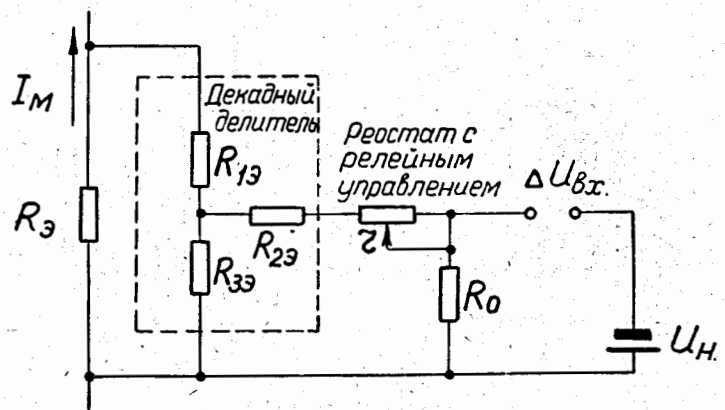


Рис. 2.

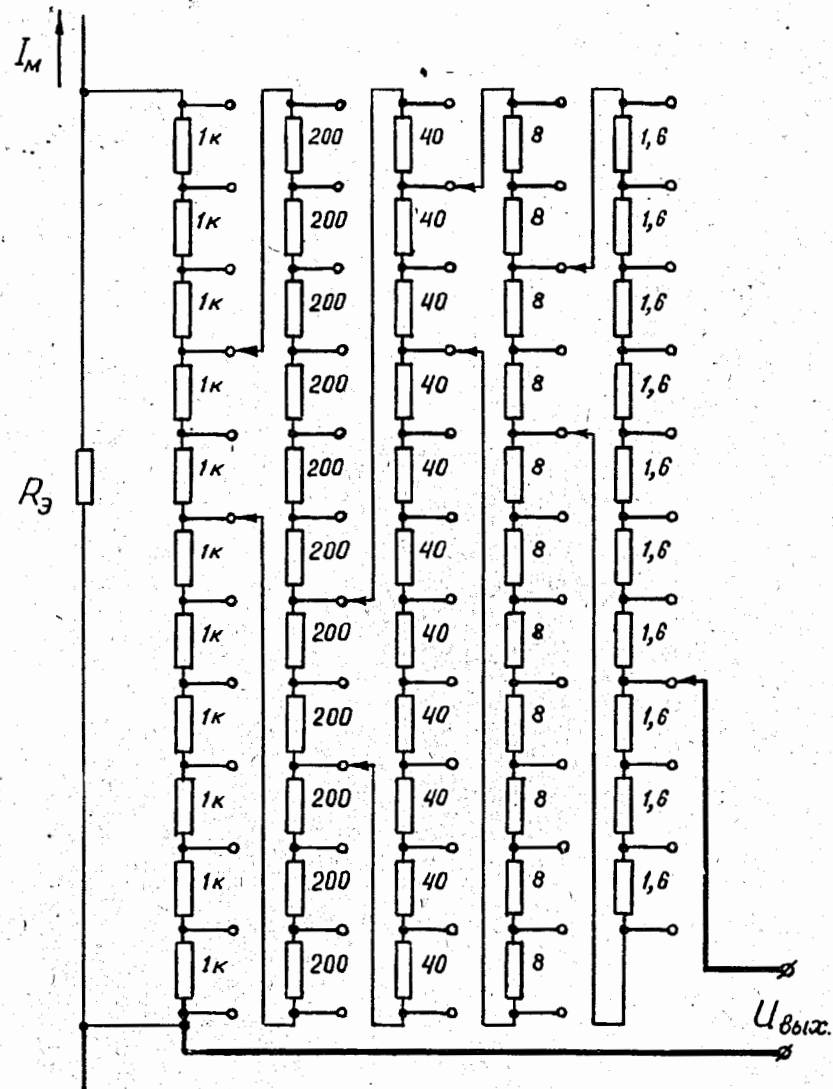


Рис. 3.

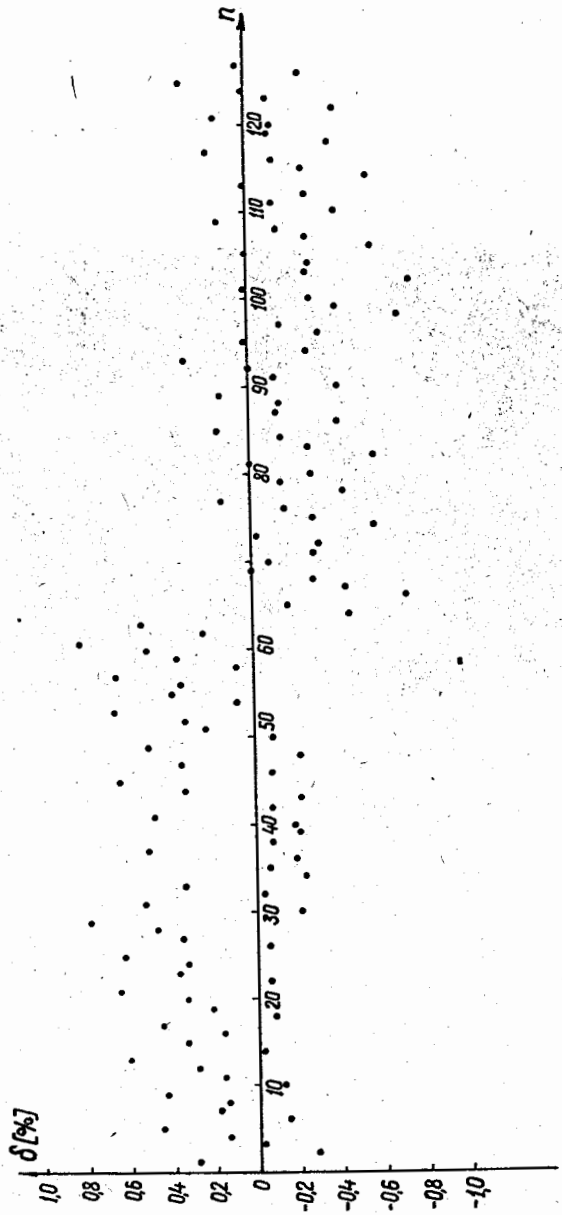


Рис. 6.

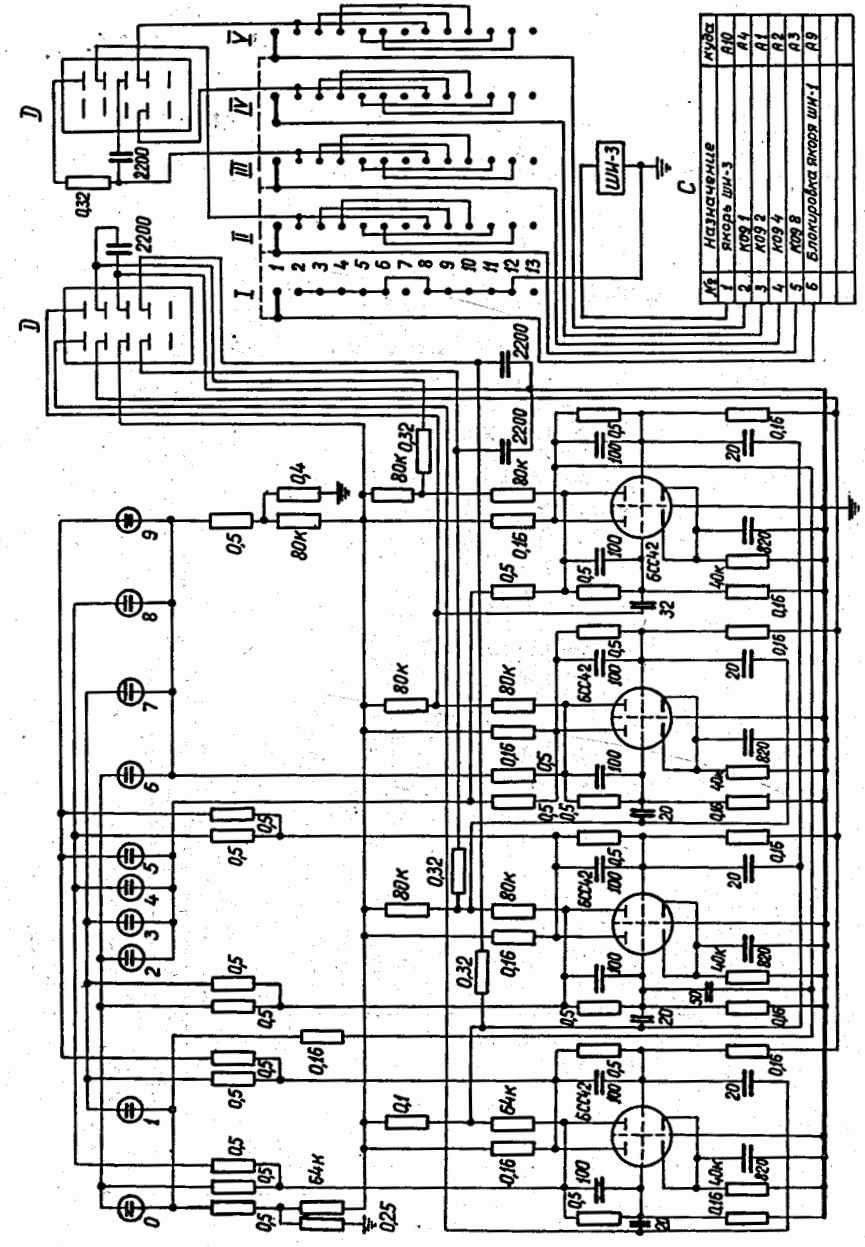


Рис. 7.

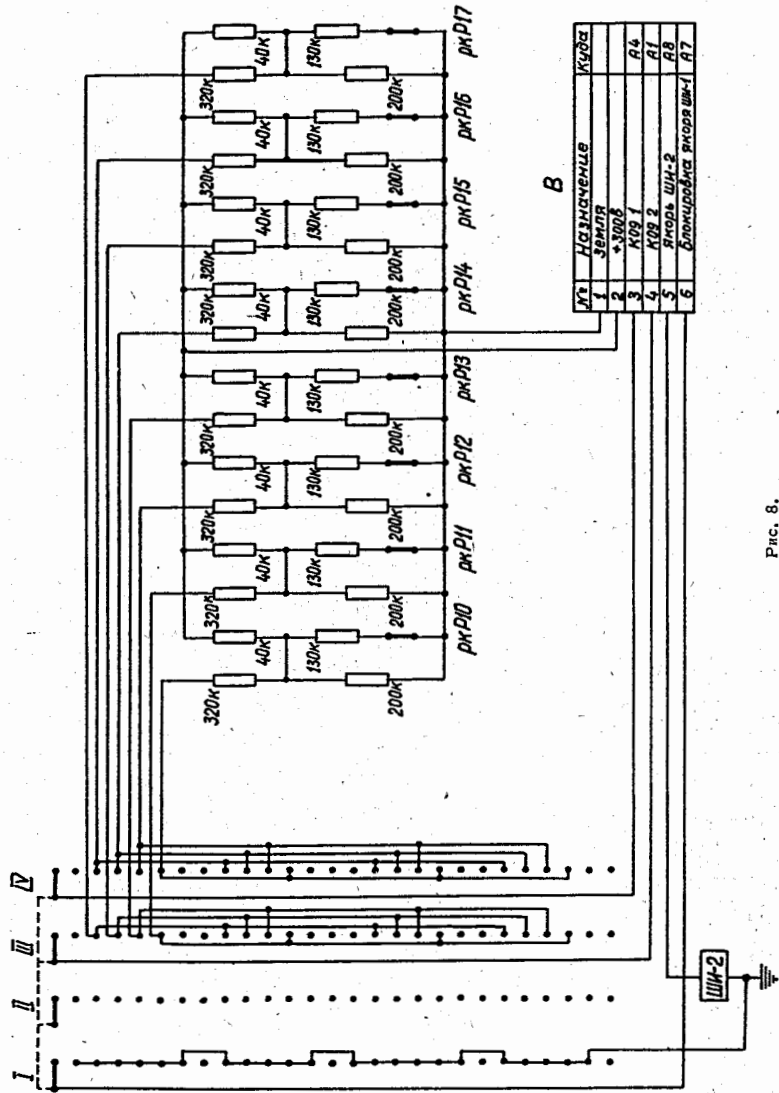


Рис. 8.

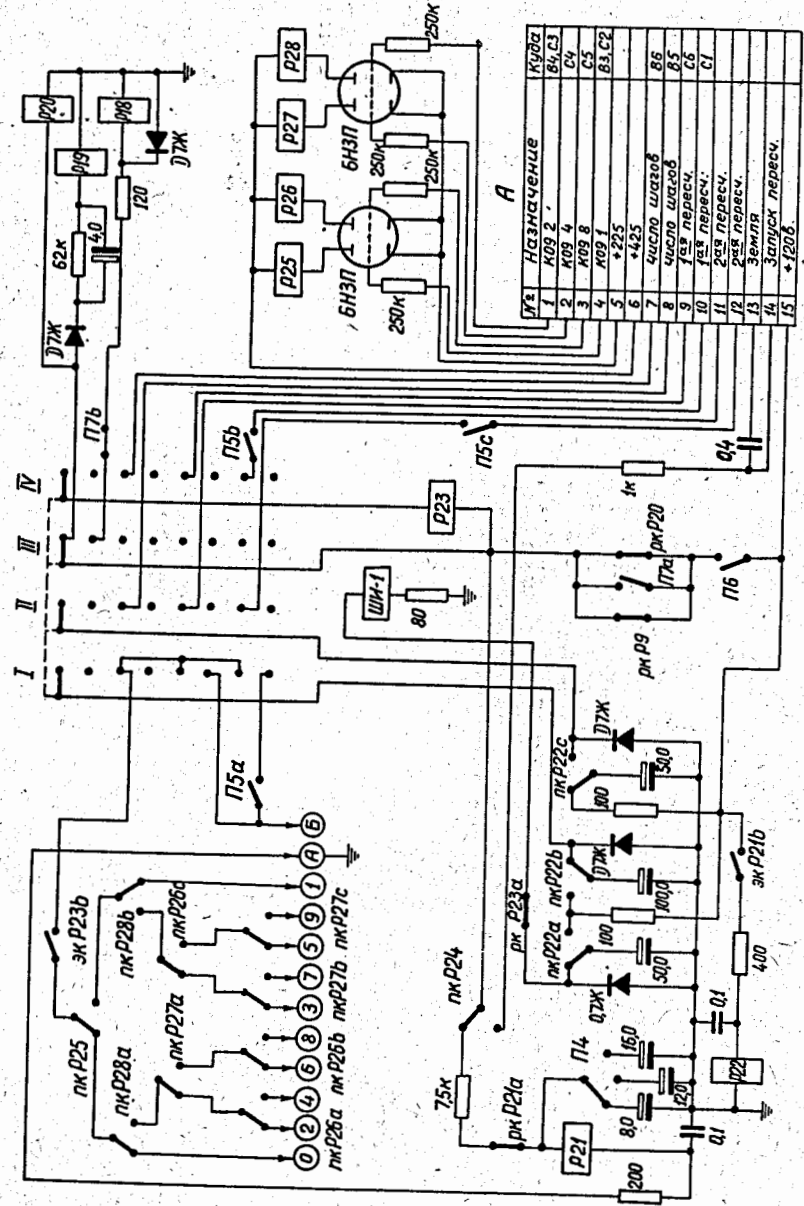


Рис. 9.

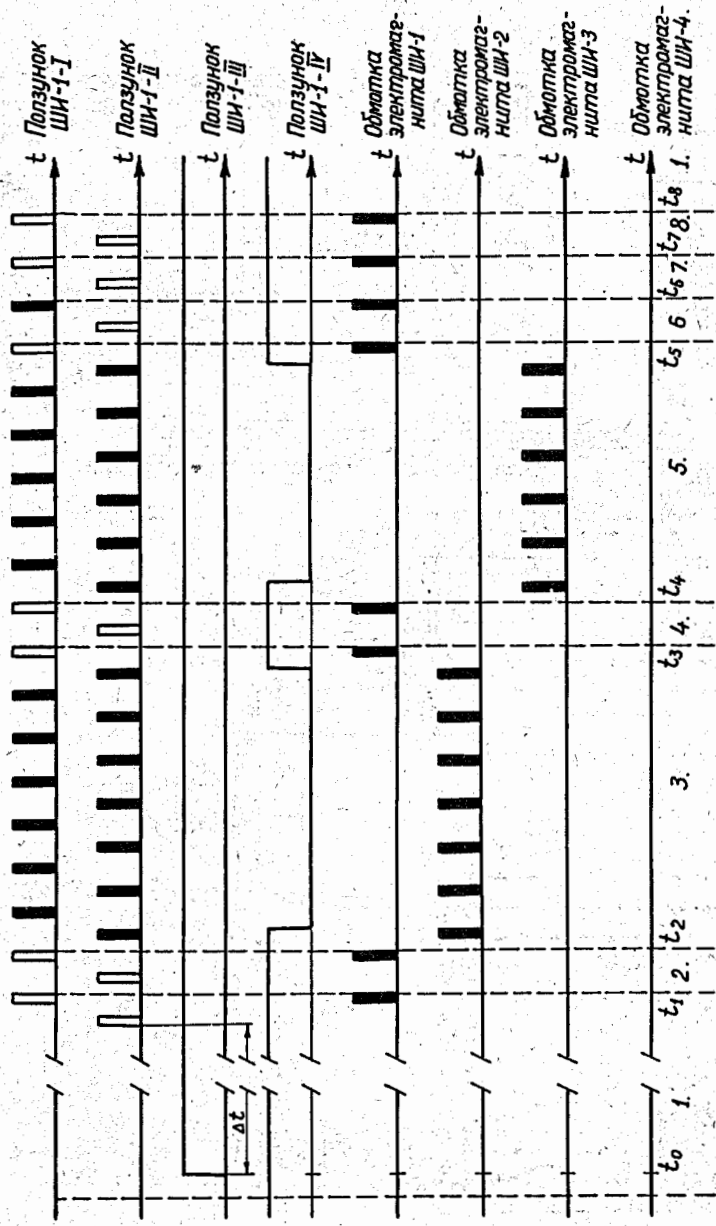


Рис. 10.