

15
Ф-40 816

23 V



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Лаборатория ядерных проблем

Э. Джаков, А. Марков, К. Сакалян, Б. Шебештьен

816

**ПЕРЕСЧЕТНАЯ СХЕМА ИМПУЛЬСОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОЙ СИСТЕМЫ
С МНОГИМИ РАВНОВЕСНЫМИ
СОСТОЯНИЯМИ**

Э. Джаков, А. Марков, К. Сакалян, Б. Шебештьен

816

ПЕРЕСЧЕТНАЯ СХЕМА ИМПУЛЬСОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОЙ СИСТЕМЫ
С МНОГИМИ РАВНОВЕСНЫМИ
СОСТОЯНИЯМИ

Предлагается новая пересчетная схема, основанная на применении системы с многими равновесными состояниями, при которой число поступающих на вход схемы импульсов отсчитывается по положению во времени одного внутреннего импульса, циркулирующего периодически в системе. Даются описание, расчет эффективности и результаты экспериментального исследования схемы.

1. Введение

Обычные пересчетные схемы на двоичных ячейках не удовлетворяют всем требованиям в отношении разрешающего времени, надежности и простоты конструкции и поэтому требуют усовершенствования. Кроме метода, основанного на применении специальных ламп для декадного счета - декатронов и трохотронов, который пока еще не нашел общего применения, появились и новые методы счета на базе сдвига во времени положения одного периодического импульса под действием считаемого импульса /1,2,3,4/.

Новым в предлагаемой нами схеме является способ определения положения периодического импульса, по которому производится счет, и самосинхронизация внутренних импульсов, позволяющая применить генераторы импульсов невысокой стабильности периода.

2. Описание и действие схемы

Принципиальная схема предлагаемого устройства показана на рис. 1. Импульсный генератор G_1 запускается периодически своим импульсом, прошедшим через линию задержки L_1 , которая определяет и период T импульсов. Линия состоит из множества последовательных секций с одинаковой задержкой. К началу линии и к отводам между секциями присоединены по одному из входов блоков совпадения K_0, K_1, K_2, \dots , на которые последовательно, через время задержки одной секции, поступает импульс генератора G_2 с тем же самым периодом T , определяемым второй линией задержки L_2 . Последовательно с этой линией включено устройство P , в котором при поступлении импульса на вход A пересчетной схемы создается дополнительная задержка времени, равная задержке одной секции линии L_1 . До поступления импульсов на вход A генераторы G_1 и G_2 работают синхронно, и в блоке K_0 /в начале линии/ регистрируется совпадение, которое повторяется каждый период. При поступлении импульса на вход импульс генератора G_2 задерживается в блоке P и совпадение появится в блоке K_1 . Совпадение задерживается в этом блоке до поступления на вход второго импульса. Тогда вновь срабатывает

устройство Р -импульс генератора G_2 сдвигается еще раз, совпадение появляется в блоке K_2 и т.д. В качестве индикаторов совпадения включены неоновые лампочки. Длительность импульсов обоих генераторов должна быть меньше времени задержки одной секции линии, чтобы не получалось совпадений в двух соседних блоках одновременно.

Такое устройство, однако, в действительности не будет работать, так как оно требует абсолютного равенства периодов генераторов G_1 и G_2 , что практически не осуществимо. Поэтому необходимо предусмотреть устройство, которое скорректировало бы расхождение во времени совпадающих импульсов в данном блоке из-за неравенства периодов генераторов G_1 и G_2 .

В предлагаемой пересчетной схеме осуществляется самосинхронизация импульсов от генераторов G_1 и G_2 с помощью выходного сигнала из блока совпадения, как это показано на рис. 2. Генератор G_2 запускается не собственным импульсом, а полученным от блока совпадения через промежуточный генератор G_3 . Последний необходим в качестве преобразователя импеданса, так как линию задержки L_2 нельзя подключить непосредственно к блокам совпадения K .

На рис. 2 показано в более развернутом виде также устройство Р. Импульс со входа А поступает в запоминающую емкость H_1 и заряжает ее. Генератор G_4 запускается от импульса генератора G_3 при наличии заряда в H_1 и только в этом случае посылает импульс во вторую запоминающую емкость H_2 . При этом снимается заряд емкости H_1 и схема готова принять следующий импульс со входа. Устройство H_2 /со второй запоминающей емкостью/ в отсутствие заряда от сигнала пропускает импульс от генератора G_3 без дополнительной задержки в линии L_3 . Таким образом, импульс генератора G_2 не сдвигается, и совпадение остается на прежнем месте. При наличии заряда в H_2 импульс от линии L_2 не пропускается прямо к G_2 , проходит через линию L_3 с задержкой, равной задержке одной секции линии L_1 . Эта задержка импульса генератора G_2 переносит совпадение в следующий блок совпадения. В другом варианте устройство Р приводит к сокращению задержки импульса на

входе и тогда получается смещение места совпадения в обратном направлении. Ноль устанавливается с помощью запуска специального импульса в блок K_0 .

При прямом поступлении импульса со входа в запоминающее устройство H_2 импульс генератора G_2 может приобрести сдвиг, при котором совпадение пропадает и накопленная информация в схеме теряется. Для предотвращения этого предусмотрены запоминающая емкость H_1 и генератор G_4 , которые подают считаемый импульс в H_2 всегда в благоприятный момент, выбранный с помощью задержанного импульса от G_3 . Генератор G_4 обеспечивает также зарядку емкости H_2 .

Числовая емкость пересчета равна числу секций линии L_1 и блоков совпадения. Это число может быть любым, и его максимальное значение ограничивается только затуханием и расширением импульса при прохождении через линию L_1 .

Нетрудно осуществить с помощью этой схемы и реверсивный счет, поставив дополнительно еще одно устройство сдвига места совпадения в обратном направлении.

На рис. 3 дается последовательность во времени импульсов разных блоков схемы. Для определенности принята декадная ячейка, у которой линия L_1 должна состоять из 10 секций с задержкой 0,1 Т. Импульсы генератора G_1 , распространяющиеся вдоль линии L_1 , всегда распределены равномерно. Статистически распределенные импульсы на входе А схемы создают заряд в запоминающей емкости H_1 , который задерживается до прихода импульса от генератора G_2 /через короткую линию с задержкой 0,2 Т/. Эта задержка нужна для отделения во времени процесса накопления заряда в запоминающей емкости H_2 от процесса его снятия. Заряд в H_1 ограничивается необходимым уровнем независимо от амплитуды и числа импульсов, попадающих в период Т. Импульсы подаются в запоминающую емкость H_2 всегда в определенный момент периода, и это ограничивает случайный сдвиг импульса генератора G_2 . В результате поступления импульсов на вход схемы расстояние между импульсами генера-

тора G_2 , а также G_3 становится непостоянным: после каждого счета оно равно $1,1 T$ (у второго варианта $0,9 T$), а в отсутствии счета — T .

Осуществление синхронизации импульсов генераторов G_1 и G_2 при совпадении в любом блоке K является основным условием для функционирования пересчетной схемы. Стабильное равновесное состояние системы устанавливается при определенном сдвиге импульсов от G_1 и G_2 и тогда периоды генераторов G_1 и G_2 равны. Каждое изменение этого сдвига выводит систему из равновесия и создает изменение амплитуды исходящего импульса блока совпадения. Это приводит к обратному сдвигу момента запуска генератора и равновесие восстанавливается.

Таким образом, совпадение в любом блоке совпадения при соблюдении определенных условий является состоянием стабильного динамического равновесия, которое поддерживается до момента сдвига совпадения в соседний блок под влиянием поступившего на вход импульса. В таком смысле схему можно назвать системой со многими равновесными состояниями.

3. Эффективность счета

Основным ограничением скорости счета этой схемы является то, что она в состоянии давать только один счет за время одного периода генераторов схемы. Кроме этого источника потерь, необходимо учесть еще мертвое время при процессе снятия заряда первой емкости H_1 . Далее мы покажем как можно подсчитать эффективность предлагаемой пересчетной схемы, предполагая, что на ее вход попадают импульсы незначительной длительности, распределенные по закону Пуассона.

Допустим вначале, что период T считающих импульсов, поступающих от генератора G_3 , постоянен, а накопленный заряд в H_1 снимается мгновенно. Счет будет равным числу периодов, во время которых поступает один или больше импульсов на вход схемы. Так как вероятность отсутствия импульсов в период T равна e^{-nT} , то вероятность попадания одного или больше импульсов на вход во время T равна

$$p = 1 - e^{-nT},$$

где n среднее число попадания на вход в единицу времени. Тогда среднее число счетов в единицу времени будет

$$m = \frac{1 - e^{-nT}}{T}. \quad /1/$$

Решая относительно n , получим

$$n = -\frac{\ln(1 - mT)}{T} = m \left(1 + \frac{mT}{2} + \frac{(mT)^2}{3} + \dots \right). \quad /2/$$

Сравнение с обычными пересчетными схемами показывает, что при небольших mT исследуемой схеме можно приписать эквивалентное мертвое время $\frac{1}{2} T$, а при больших нагрузках оно стремится к пределу T .

В действительности периоды счета неодинаковы - следующий после каждого счета период равен $/1 \pm 0,1/T$ $/+$ или $-$ в зависимости от варианта/. В отсутствие счета период генератора G_3 равен периоду генератора G_1 .

Точные подсчеты, однако, показывают, что если принять во внимание непостоянство периода, получается коррекция порядка доли процента, и она является беспредметной.

Кроме этого есть потери счета из-за конечного времени снятия заряда с H_1 , в течение которого информация теряется. Так как потери отражаются на счете только если в остальное время периода $T - \tau$ нет поступлений, вероятность этих потерь дается произведением вероятностей обоих событий. В единицу времени теряется

$$\Delta m = mnr e^{-nT} \quad /3/$$

счетов и их надо вычесть из /1/. Решая относительно n , получим

$$n = \frac{m}{1 - m\tau} \left(1 + \frac{mT}{2} + \dots \right). \quad /4/$$

Коррекционный множитель $\frac{1}{1 - m\tau}$ близок к единице и его приходится применять лишь в редких случаях при больших $m\tau$.

Как и во всех пересчетных схемах, влияние формирующего устрой-

ва на входе и отличие считааемых импульсов от идеальных делает распределение поступлений на вход пересчетной схемы не строго пуассоновским. Это требует дополнительной коррекции числа счетов, но в обычных случаях эта коррекция небольшая.

4. Измерения

Были проведены исследования работы одной декады по схеме с удлинением и с сокращением периода генератора G_2 на $0,1T$ при счете. На фотографии /рис. 4/ показан смонтированный декадный блок вместе с формирующим устройством. Размеры блока $150 \times 175 \times 36$ мм. Период основного генератора G_1 540 нсек. Генераторы G_1 , G_2 , G_3 , G_4 были ждущими блокинг-генераторами на лампах 6Н6П, которые работали с анодным напряжением 160 в и средним анодным током 17 ма. Мертвое время формирующего блока измерено с помощью генератора двойных импульсов и оказалось равным ~ 100 нсек.

Устойчивость во времени определенного состояния счета была проверена несколько раз за 10 часов, при этом не было никакого ложного счета или потери счета. Это является доказательством безотказной самосинхронизации совпадений в схеме.

При плавных колебаниях анодного напряжения до $+10$ и -27% и напряжения накала до $+14\%$ схема работала вполне устойчиво. Она переносила и импульсные понижения анодного напряжения на 13% при длительности 1 мксек, 22% - при 100 мксек, 13% - при 30 мсек.

Амплитуда считааемых импульсов должна находиться в интервале от 15 до 50 в.

Эффективное мертвое время при статистических импульсах было измерено с помощью хорошо проверенного пересчетного устройства ПС-10.000. При скорости счета до $3 \cdot 10^5$ имп/с, мертвое время оказалось равным $T/2$ при точности измерения 5% , которая подтверждается формулой (2), определяющей эффективность счета.

5. Оценка новой схемы

Предлагаемая новая пересчетная схема обладает следующими достоинствами.

Быстрота счета: на исследуемой декаде граничная частота счета составляла 2 мгц, но можно с уверенностью сказать, что применение генераторов более коротких импульсов позволит поднять быстроту еще на один порядок.

Малое число ламп на декаду - от 2 до 3 двойных триодов. Как известно, в обычных пересчетных схемах имеется 4 двойных триода на декаду, в быстрых - 8. Малое число ламп увеличивает надежность схемы и позволяет осуществить малогабаритную конструкцию. Кроме того, облегчаются питание и отвод тепла. При применении полупроводниковых триодов или тоннельных диодов их число в предлагаемой схеме также будет меньше по сравнению с обычными схемами.

При том же числе ламп можно просто осуществить пересчет на любое число. Его максимальное значение лимитируется только затуханием и расширением импульса в линии.

Устойчивость и надежность схемы хорошие благодаря высокому порогу срабатывания запертых генераторов и самосинхронизации совпадения для которой не нужна высокая стабильность периода генераторов.

При неисправности схемы теряются совпадения и это сразу обнаруживается по отсутствию индикации совпадений.

Можно ожидать, что эта система найдет применение не только в пересчетных схемах, но также в цифровой вычислительной технике в качестве переключающего устройства в многоканальных схемах временных и амплитудных анализаторов.

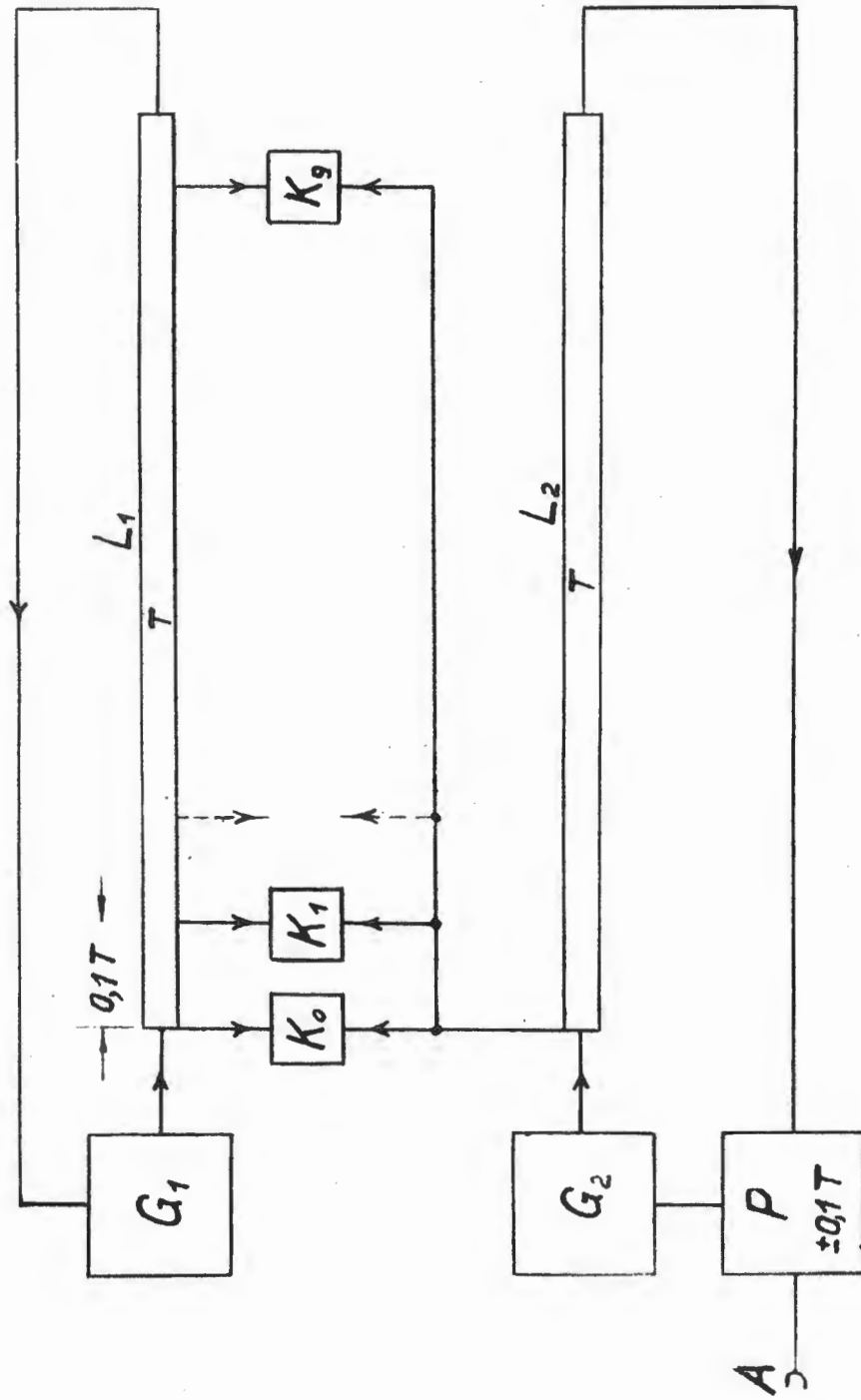


Рис. 1.

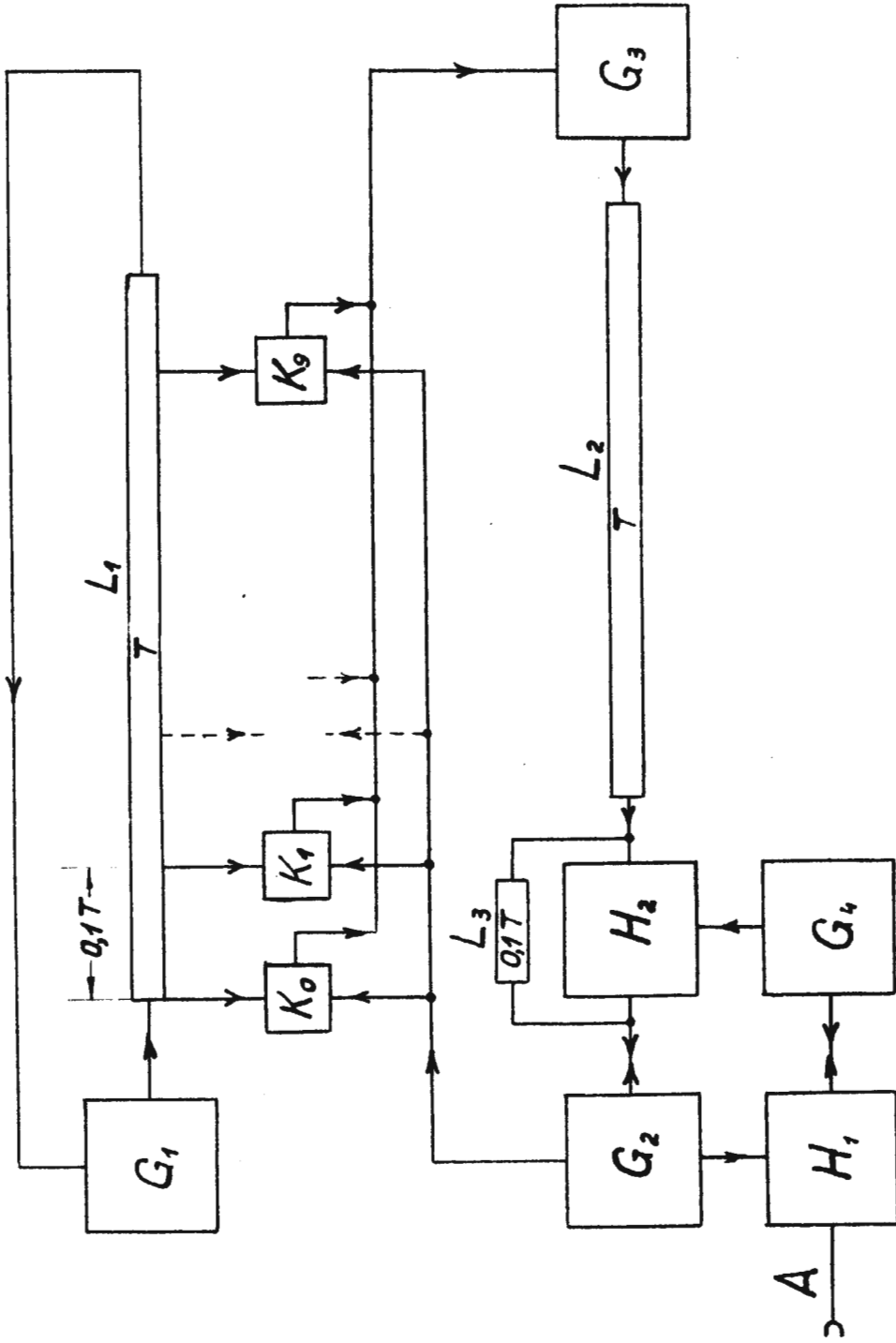


Рис. 2.

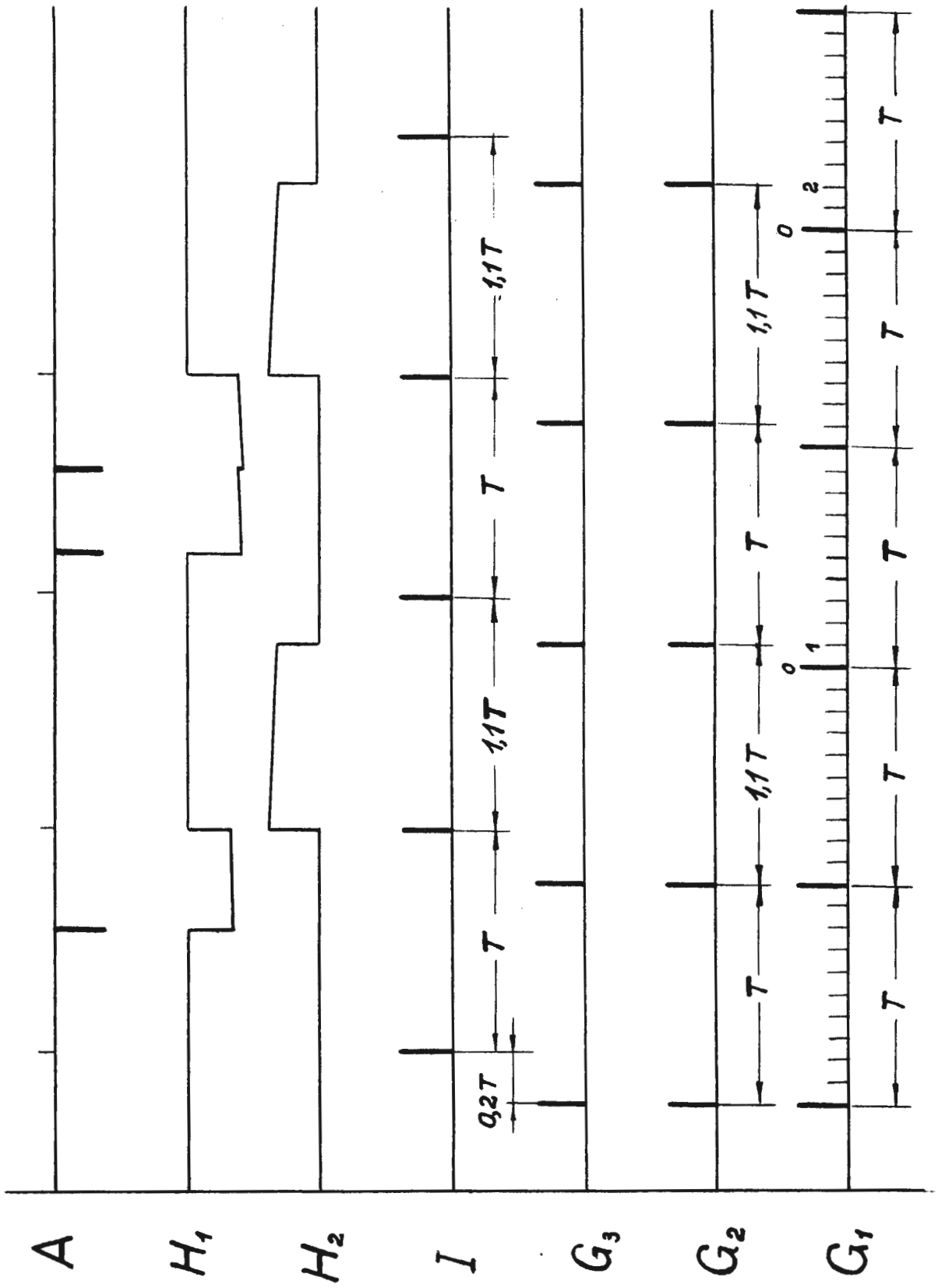


Рис. 3.

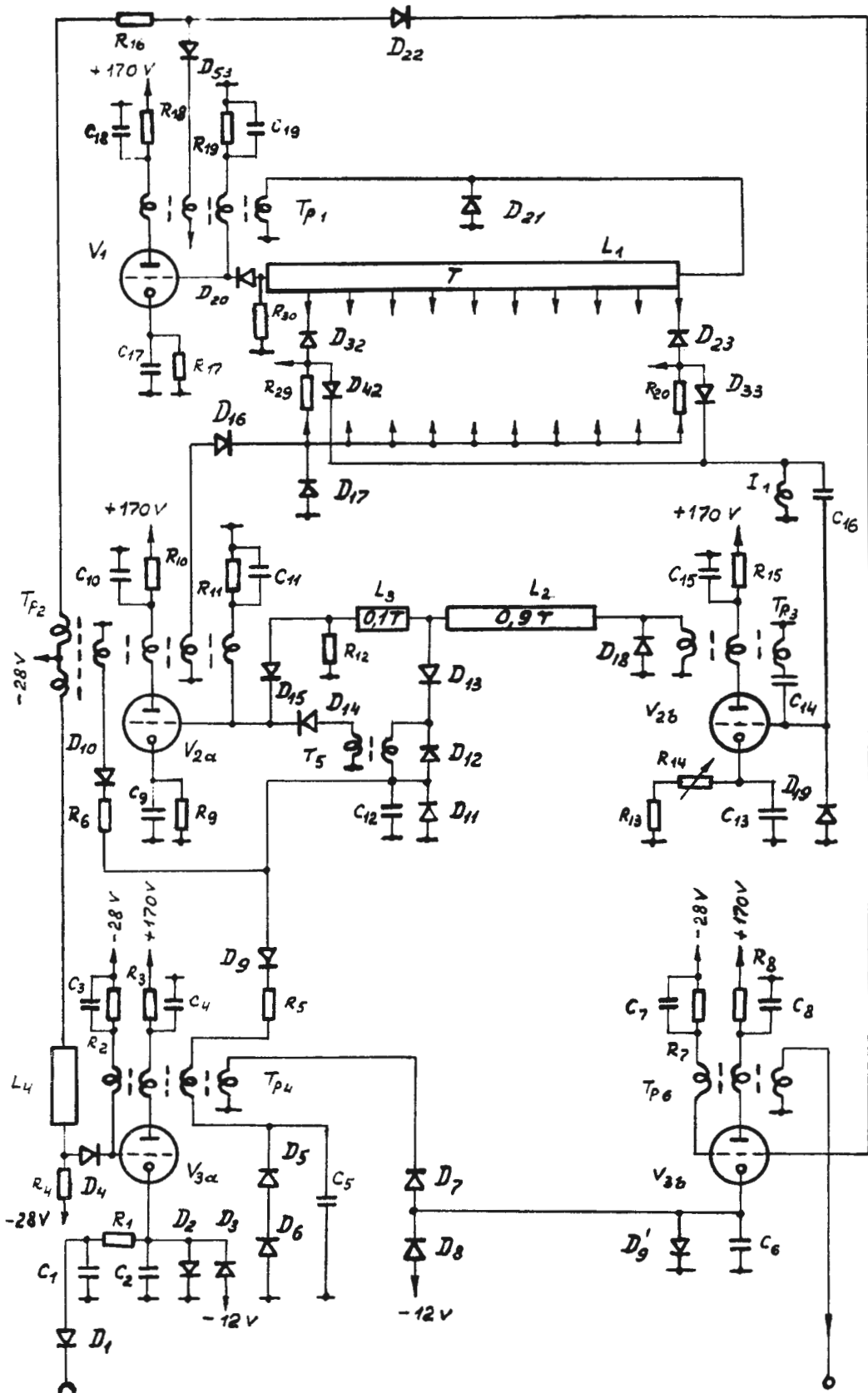
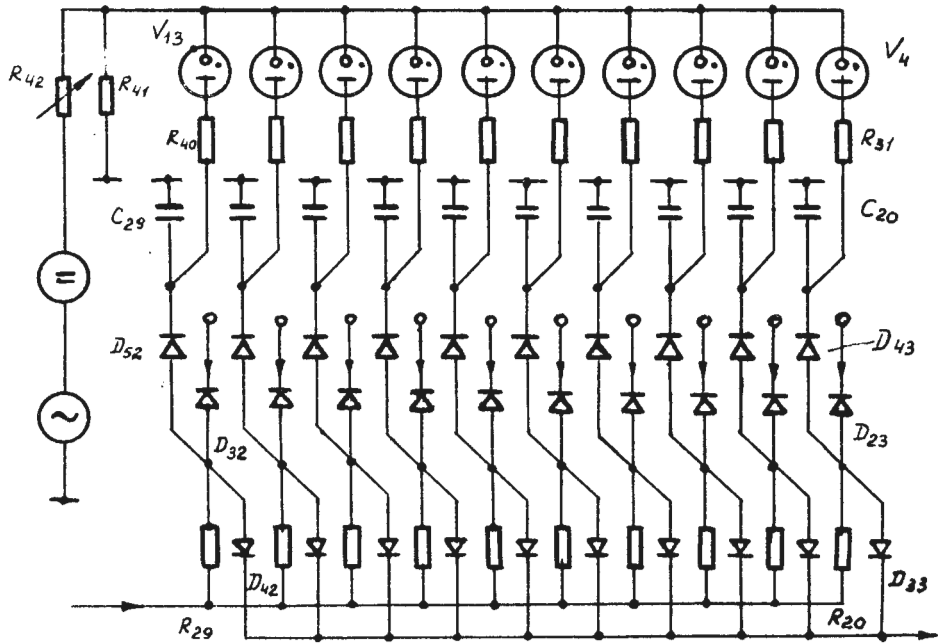


Рис. 4.



C_1 100 pF
 C_2 300 pF
 C_3 51 pF
 C_4 6,8 nF
 C_5 3 nF
 C_6 1 nF
 C_7 51 pF
 C_8 6,8 nF
 C_9 2 nF
 C_{10} 6,8 nF

C_{11} 51 pF
 C_{12} 51 pF
 C_{13} 1 nF
 C_{14} 24 pF
 C_{15} 6,8 nF
 C_{16} 1 nF
 C_{17} 3 nF
 C_{18} 6,8 nF
 C_{19} 24 pF
 C_{20-29} 5 pF

D_{1-4} D9D
 D_{5-6} D809
 D_{7-16} D9D
 D_{17-18} D2D
 D_{19-20} D9D
 D_{21} D2D
 D_{22-53} D9D

V_{1-3} 6H6П
 V_{4-13} TH-0,2

R_1 510 Ω
 R_2 3 kΩ
 R_3 1 kΩ
 R_{4-5} 220 Ω
 R_6 120 Ω
 R_7 3 kΩ
 R_8 1 kΩ
 R_9 300 Ω

R_{10} 1 kΩ
 R_{11} 3 kΩ
 R_{12} 220 Ω
 R_{13} 300 Ω
 R_{14} 510 Ω
 R_{15} 1 kΩ
 R_{16} 510 Ω
 R_{17} 300 Ω

R_{18} 1 kΩ
 R_{19} 3 kΩ
 R_{20-29} 3 kΩ
 R_{30} 220 Ω
 R_{31-40} 100 kΩ
 R_{41} 220 kΩ
 R_{42} 33 kΩ

Рис. 5.

Л и т е р а т у р а

1. А. Марков, К. Сакалян К. Заявка для авторского свидетельства № 503.
2. Hutchinson, G.W. and Scarrott, G.G. Phil. Mag., 42, 792 (1951).
3. Maeder, D. Helv. Phys. Acta., 29, 45 (1956).
4. Ember, G. Mag. Patent., 1959.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 октября 1961 г.