

**З. В. МАГРАЧЕВ**

*(Краснодар)*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ ОДНОКРАТНЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Рассмотрены вопросы построения автоматических входных устройств при однократных измерениях, проанализированы погрешности предложенных методов и приведены блок-схемы устройств.

Вольтметры одиночных импульсов, построенные на базе статических запоминающих устройств или амплитудно-временных преобразователей решают задачу измерения напряжения одиночного импульса, если полярность импульса и ориентировочное значение его амплитуды известны. Однако в ряде случаев при измерении однократных процессов предварительная информация об ожидаемом импульсном напряжении может отсутствовать. При этом наиболее серьезное ограничение на измерение накладывает динамический диапазон исследуемых сигналов, так как построение измерительного устройства, работающего в широком диапазоне напряжений без переключения пределов измерения, встречает ряд принципиальных трудностей.

Вследствие однократности процесса и его малой длительности возможность ручного или электромеханического переключения входной цепи для выбора предела измерения и полярности отсутствует, в связи с чем задача создания автоматического электронного устройства, осуществляющего указанные операции, представляется актуальной.

Задача автоматизации входных цепей связана и с измерением однократной «посылки», состоящей из нескольких не равных между собой импульсов. С поступлением такой посылки на вход вольтметра будет зарегистрирована или амплитуда максимального импульса, или амплитуда первого импульса, если предусмотрена блокировка от последующих срабатываний.

При радиоизмерениях важным является получение информации об амплитуде каждого импульса серии, поэтому задача отыскания способов построения многоимпульсного вольтметра тоже представляется актуальной.

#### **Электронная коммутация пределов измерения для длинных импульсов**

Один из возможных вариантов построения автоматического attenuатора показан на блок-схеме рис. 1, из которой видно, что устройство содержит три идентичных канала, состоящих из делителя  $D$  и ключа  $K$ .

Управление каналами осуществляется с помощью амплитудных дискриминаторов АД<sub>1</sub> и АД<sub>2</sub>. В исходном состоянии первый канал открыт, два других закрыты.

Если амплитуда входного сигнала превосходит верхний предел измерения по первому каналу, срабатывает дискриминатор АД<sub>1</sub>, закрывая ключ К<sub>1</sub> первого канала и открывая ключ К<sub>2</sub> второго. В этом случае измерение происходит по второму каналу. Если амплитуда сигнала превосходит верхний предел измерения по второму каналу, срабатывают оба дискриминатора АД<sub>1</sub> и АД<sub>2</sub>, закрываются два первых канала и открывается третий, по которому проводится измерение.

Дискриминаторы управляют ключами с помощью перепадов напряжения, длительности нарастания и спада которых не удается сделать полностью идентичными. Поэтому в момент переключения каналов на входе вольтметра возникают ложные импульсы.

Если длительность поступающих импульсов соизмерима с длительностью ложных импульсов, применение блок-схемы рис. 1 оказывается невозможным. Кроме того, дискриминаторы срабатывают с некоторой задержкой во времени. При длительности измеряемых импульсов, меньшей этой задержки, устройство не работает. Таковы основные недостатки рассмотренной системы.

Таким образом, создание автоматического аттенюатора по блок-схеме рис. 1 возможно лишь для импульсов, намного превышающих длительность ложных импульсов. Для измерения коротких сигналов необходимо вводить задержку исследуемого импульса на время переключения каналов.

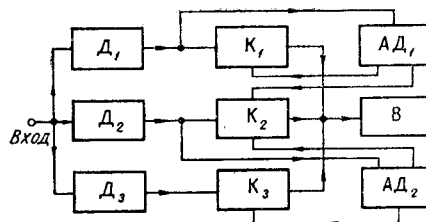


Рис. 1.

### Метод электронной коммутации пределов измерения с использованием линий задержек

Как видно из блок-схемы рис. 2, устройство состоит из трех каналов с почти идентичными блоками. На входе второго и третьего каналов имеются аттенюаторы, делящие сигнал в отношении 1 : 10 и 1 : 100.

Каскады выбора полярности ВП<sub>1</sub> — ВП<sub>3</sub> преобразуют импульсы любой полярности в однополярный положительный сигнал. Катодные повторители КП<sub>1</sub> — КП<sub>3</sub> с линиями задержки ЛЗ<sub>1</sub> — ЛЗ<sub>3</sub> предназначены для задержки измеряемого импульса на время, достаточное для срабатывания амплитудного дискриминатора и закрытия канала.

Ключи К<sub>1</sub> — К<sub>3</sub> совместно с амплитудными дискриминаторами АД<sub>1</sub>, АД<sub>2</sub> обеспечивают коммутацию каналов при ав-

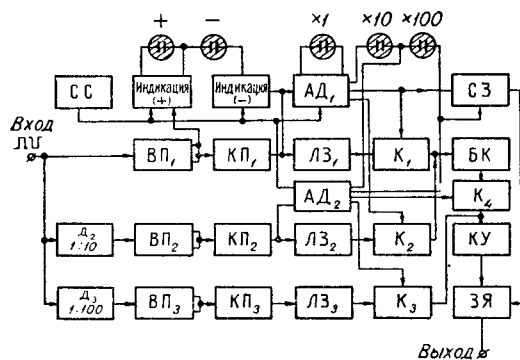


Рис. 2.

томатическом выборе предела измерения. Уровень дискриминации около 10 до 100 в, при которых запоминающая ячейка ЗЯ работает нормально.

В устройстве имеется схема сброса СС, возвращающая всю систему в исходное состояние в ручном и автоматическом режимах управления. Схема сброса запоминания СЗ предназначена для исключения ошибки измерения в случае прохождения импульсов по закрытому каналу.

*Принцип работы.* Рассмотрим работу устройства при поступлении на вход импульсов в диапазоне амплитуд от 1 до 1000 в. Пусть на вход устройства поступает импульс, не превышающий 10 в. Поскольку ключи  $K_1$  и  $K_4$  в исходном состоянии открыты, то импульс проходит через весь тракт первого канала, буферный каскад и поступает на вход КУ, где усиливается до напряжения 10—100 в.

При поступлении на вход импульса более 10 в, но не превышающего 100 в, срабатывает АД<sub>1</sub>, закрывая  $K_1$  и открывая  $K_2$ . Импульс, уменьшенный делителем второго канала в 10 раз, проходит через весь тракт второго канала, буферный каскад и поступает, как и в первом случае, на КУ.

При поступлении на вход устройства импульса в пределах 100—1000 в срабатывают дискриминаторы АД<sub>1</sub> и АД<sub>2</sub>, закрывающие ключи  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_4$  и открывающие ключ  $K_3$ . Импульс, уменьшенный делителем третьего канала в 100 раз, проходит через весь канал и поступает на компенсирующий усилитель. Индикация предела измерения и полярности осуществляется неоновыми лампочками. По окончании измерения импульс, поступающий со схемы сброса, возвращает систему в исходное состояние, после чего устройство готово к следующему измерению.

*Анализ метода.* Описанный метод измерения накладывает некоторые ограничения на амплитудно-временные параметры исследуемых импульсов. Так, при достаточно большой амплитуде и длительности фронта измеряемых сигналов напряжение на нагрузочном сопротивлении линии задержки успеет достигнуть некоторого значения, прежде чем сработает дискриминатор, закрывающий  $K_1$  и открывающий  $K_2$ .

При этом может оказаться, что напряжение, подаваемое на запоминающую ячейку с первого канала, превысит напряжение, снимаемое со второго канала, а индикатор предела измерения зарегистрирует второй предел, что внесет погрешность в измерение.

Для пояснения сказанного рассмотрим условия коммутации трапецеидального импульса с первого канала на второй, когда его амплитуда превосходит уровень дискриминации  $u_x = 10$  в.

Аппроксимируем передний фронт исследуемого импульса, появляющегося на входе линии задержки первого канала ЛЗ<sub>1</sub>, выражением

$$u(t)_{\text{вх}} = \frac{u_m}{\tau_{\text{ф}}} t \quad (0 \leq t \leq \tau_{\text{ф}}), \quad (1)$$

где  $u_m$  — амплитуда импульса;  
 $\tau_{\text{ф}}$  — длительность фронта.

Пусть время задержки линии ЛЗ<sub>1</sub> —  $\tau_{\text{зад}}$ , время срабатывания амплитудного дискриминатора —  $\tau_{\text{д}}$ . Тогда исследуемый импульс появится на выходе ЛЗ<sub>1</sub> через время  $\tau_{\text{зад}}$ , а передний фронт его будет описываться выражением

$$u_1(t)_{\text{вых}_1} = \frac{u_m}{\tau_{\text{ф}}} (t - \tau_{\text{зад}}) \quad (t \geq \tau_{\text{зад}}). \quad (2)$$

Из выражения (1) найдем время  $t_{\text{ср}}$ , соответствующее моменту достижения напряжением  $u(t)_{\text{вых}_1}$  уровня дискриминации  $u_{\text{д}}$ :

$$t_{\text{ср}} = \frac{u_{\text{д}}}{u_m} \tau_{\text{ф}}. \quad (3)$$

Таким образом, время задержки к моменту закрытия канала:

$$u(T)_{\text{вых}_1} = u_{\text{д}} - \frac{u_m}{\tau_{\text{ф}}} T_{\text{зад}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{зад}} = \tau_{\text{зад}} - \tau_{\text{д}}$ .

Аналогично (2) напряжение на выходе ЛЗ<sub>2</sub> будет равно

$$u(T)_{\text{вых}_2} = \frac{u_m}{n \tau_{\text{ф}}} (t - \tau_{\text{зад}}) \quad (t \geq \tau_{\text{зад}}),$$

где  $n$  — коэффициент деления аттенюатора во втором канале.

Полагая, что измерение после переключения осуществляется по второму каналу, и имея в виду, что максимальное напряжение во втором канале равно  $\frac{u_m}{n}$ , легко получить условие, при котором напряжение на выходе первого канала  $u(T)_{\text{вых}_1}$  не вносит погрешность в измерение:

$$u(T)_{\text{вых}_1} \leq \frac{u_m}{n}. \quad (6)$$

Тогда, учитывая (5) и (6), найдем относительную погрешность  $\delta U$ , возникающую в момент времени  $T$  за счет прохождения импульса по закрытому первому каналу:

$$\delta U = n \left( \frac{u_{\text{д}}}{u_m} - \frac{\tau_{\text{зад}} - \tau_{\text{д}}}{\tau_{\text{ф}}} \right) - 1. \quad (7)$$

Из (7) видно, что погрешность измерения может быть существенно снижена путем уменьшения коэффициента деления  $n$  и отношения  $\frac{u_{\text{д}}}{u_m}$ ; однако при этом возрастает число каналов измерения, что нецелесообразно. Наиболее правильный путь снижения погрешности — уве-

лишение  $\tau_{\text{зад}}$  линии задержки и уменьшение времени срабатывания амплитудного дискриминатора  $\tau_{\text{д}}$ .

Найдем, при каких условиях исключается погрешность  $\delta U$ . Полагая в (7)  $\delta U = 0$ , легко получить выражение

$$\tau_{\text{ф. доп}} = \frac{nT_{\text{зад}} \frac{u_m}{u_d}}{n - \frac{u_m}{u_d}}. \quad (8)$$

Из (8) видно, что допустимая длительность фронта  $\tau_{\text{ф. доп}}$ , при которой отсутствует погрешность  $\delta U$ , определяется отношением амплитуды импульса к уровню дискриминации  $\frac{u_m}{u_d}$ , коэффициентом деления  $n$ , задержкой  $T_{\text{зад}}$  и скоростью срабатывания дискриминатора  $\tau_{\text{д}}$ .

Практически несложно обеспечить  $T_{\text{зад}} \leq 0,5 \text{ мксек}$ . Тогда, задавшись коэффициентом деления аттенюатора  $n$  и уровнем дискриминации  $u_d$ , нетрудно рассчитать зависимость  $\tau_{\text{ф. доп}} = f\left(\frac{u_m}{u_d}\right)$  для проектируемого устройства.

В рассматриваемом устройстве приняты меры к снижению погрешности за счет прохождения импульса через закрытый канал. С этой целью в момент времени  $T$ , соответствующий переключению каналов, схема сброса запоминания, образованная двумя блокинг-генераторами, запускаемыми дискриминаторами АД<sub>1</sub> или АД<sub>2</sub>, подает импульс сброса на диод, через который происходит разряд конденсатора запоминающей ячейки ЗЯ. Импульс сброса должен быть малой длительности, с тем чтобы свести к минимуму потерю информации об измеряемом сигнале. Можно показать, что длительность импульса сброса не должна превышать значения

$$\tau_{\text{сб. max}} = \tau_{\text{зад}} - \tau_{\text{д}}. \quad (9)$$

Так как  $\tau_{\text{зад}} \gg \tau_{\text{д}}$ , то это условие легко реализуется.

Рассмотренный метод имеет некоторые недостатки.

1. В устройстве необходимо использовать широкополосные линии задержки, что вызывает ряд конструктивных трудностей. В случае применения неширокополосных линий возможна потеря амплитуды импульсов малой длительности или паразитные выбросы, искажающие результат измерения.

2. Схема коммутации вследствие неидентичности фронтов коммутирующих импульсов даже при хорошей балансировке дает на выходе ключей узкие паразитные импульсы, которые суммируются с измеряемыми импульсами малой длительности и могут привести к погрешности измерения.

### Метод электронной коммутации пределов измерения с использованием расширителей импульсов

Недостатки метода с использованием линий задержек можно устранить, если задержку измеряемых импульсов осуществлять расширителем импульсов с закрытым входом. Выходное напряжение последнего появляется по окончании подачи входного сигнала, так что к моменту

поступления расширенных импульсов на ключевые схемы устройство коммутации каналов успевает срабатывать.

Поскольку измерение осуществляется на расширенном импульсе, паразитные импульсы малой длительности не вносят погрешности в измерение.

Блок-схема входного устройства с пиковыми расширителями [1] представлена на рис. 3. Как и в предыдущей схеме, все три канала устройства идентичны и имеют на входе attenuаторы и каскады выбора полярности  $ВП_1 - ВП_3$ .

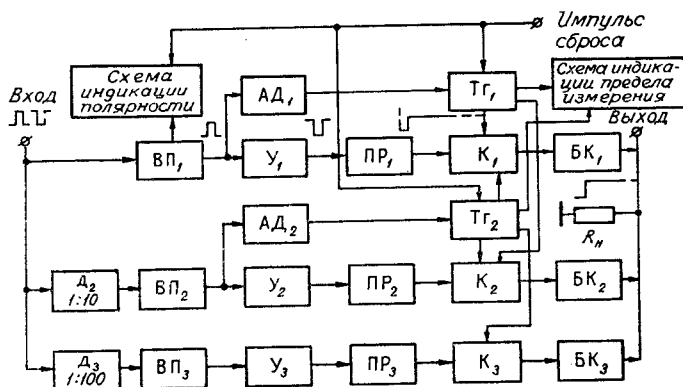


Рис. 3.

Усилители  $У_1 - У_3$  предназначены для усиления измеряемых сигналов до уровня 10—100 в, обеспечивающего линейный режим работы пиковых расширителей. Коэффициенты усиления усилителей выбирают такими, чтобы общие коэффициенты передачи каналов были равны:  $k_1 = 10$ ,  $k_2 = 1$  и  $k_3 = 0,1$ .

Пиковые расширители импульсов  $ПР_1 - ПР_3$ , идентичные во всех трех каналах, предназначены для предварительного расширения отрицательных импульсов, поступающих с выхода усилителей, и получения временной задержки, достаточной для коммутации каналов.

С выхода расширителей положительные расширенные импульсы поступают на ключи  $К_1 - К_3$ , управляемые триггерами  $ТГ_1$  и  $ТГ_2$ . В исходном состоянии ключ  $К_1$  открыт, ключи  $К_2$  и  $К_3$  закрыты. Запуск управляющих триггеров  $ТГ_1 - ТГ_2$  осуществляется амплитудными дискриминаторами  $АД_1 - АД_2$ , порог срабатывания которых равен  $u_n = 10$  в. Напряжение для запуска амплитудных дискриминаторов поступает с каскадов  $ВП_1 - ВП_2$ .

С ключей  $К_1 - К_3$  сигналы в каждом из трех каналов поступают на буферные каскады  $БК_1 - БК_3$ , работающие на общую нагрузку  $R_n$  по принципу схемы ИЛИ. С выхода буферных каскадов сигналы могут поступать на окончательный расширитель вольтметра одиночных импульсов или на любое другое регистрирующее устройство. Как видно из изложенного, переключение измерения с одного канала на другой идет не на измеряемом, а на расширенном импульсе. Это существенным образом облегчает балансировку ключей при коммутации и дает возможность устранить прохождение паразитных импульсов, возникающих при переключении каналов.

*Анализ метода.* Рассмотрим условия, при которых обеспечивается коммутация измерительных каналов и не вносятся погрешности в измерение. Пусть на вход устройства поступает трапецеидальный импульс

с длительностью фронта  $\tau_\phi$  (рис. 4, а). Предположим, что максималь-

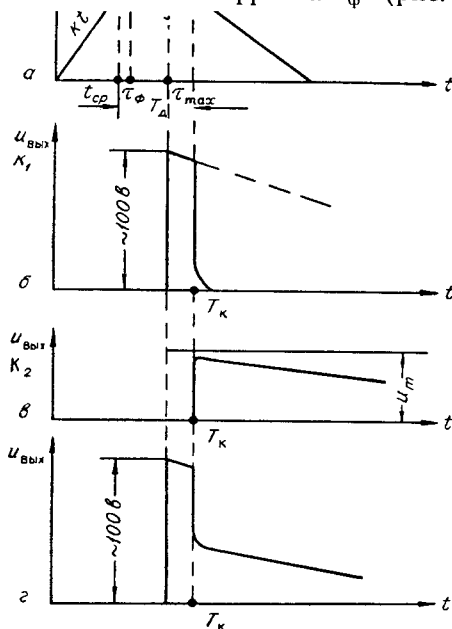


Рис. 4.

$$t_{cp} = \frac{u_d}{u_m} \tau_\phi. \quad (10)$$

Пусть время, в течение которого закрывается ключ  $K_1$  и открывается  $K_2$ , с учетом фронтов и времени срабатывания дискриминатора  $AD_1$  и триггера  $T_1$  будет равно  $T_d$ . Тогда к моменту времени

$$T_k = \frac{u_d}{u_m} \tau_\phi + T_d \quad (11)$$

закрывается ключ  $K_1$  и открывается ключ  $K_2$ .

Как мы уже отмечали, выходной сигнал пиковых расширителей с закрытым входом появляется в момент окончания импульса. При  $\tau_n > T_k$  к моменту времени коммутации  $T_k$  сигнал на выходе расширителей первого и второго каналов отсутствует. В момент появления расширенных импульсов на выходе  $ПР_1$

и  $ПР_2$  ключ  $K_1$  оказывается запертым, ключ  $K_2$  открытым и импульс с выхода  $ПР_2$  проходит на выход устройства без искажения. Условие отсутствия искажений можно записать в следующем виде:

$$T_d < \tau_n - t_{cp}. \quad (12)$$

Если

$$\tau_n < T_d, \quad (13)$$

то к моменту коммутации измерения с первого канала на второй на выходе устройства появится импульс с некоторой амплитудой, прошедший с первого канала (см. рис. 4, б). В этом случае часть выходного сигнала пикового расширителя  $ПР_1$  успеет пройти на выход устройства и будет суммироваться с сигналом, снимаемым с пикового расширителя второго канала  $ПР_2$ . Длительность этого паразитного импульса равна  $\tau_1 = T_k - \tau_n$  или с учетом (11)

$$\tau_1 = \frac{u_d}{u_m} \tau_\phi + T_d - \tau_n. \quad (14)$$

Наибольшей погрешность будет при условии, когда  $u_m = u_d$ , а  $\tau_n = \tau_\phi$ . Этот случай соответствует измерению амплитуды пилообразного импульса с фронтом  $\tau_\phi$  и амплитудой  $u_m$ , незначительно превышающей

Так как к выходу рассматриваемого устройства подключается оконечный расширитель пикового вольтметра одиночных импульсов, то паразитный импульс будет интегрироваться за счет сравнительно большой постоянной времени заряда накопительной емкости оконечного расширителя, благодаря чему погрешность за счет прохождения паразитного импульса через закрытый канал легко исключается.

### Измерение напряжения в однократной серии импульсов

Пусть имеется однократная серия импульсов различной амплитуды, которые нужно измерить. Для решения этой задачи необходимо, чтобы каждый из импульсов серии был направлен коммутирующим устройством в отдельный канал (количество каналов определяется числом импульсов в серии), к выходу которого подключен вольтметр одиночных импульсов. Такой способ неэкономичен, так как количество используемых вольтметров равно количеству импульсов в серии.

Более простой способ [2] решения поставленной задачи заключается в том, что каждый из измеряемых импульсов серии направляется коммутирующим устройством КУ в свое запоминающее устройство ЗУ, а измерение сводится к последовательному подключению ЗУ к отсчетной системе (рис. 5). При использовании подобного способа необходим один вольтметр одиночных импульсов.

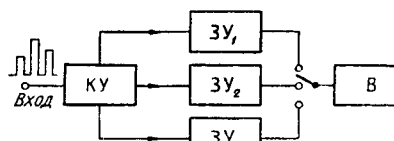


Рис. 5.

Более подробная блок-схема многоимпульсного вольтметра приведена на рис. 6, где для упрощения изображены лишь два канала вольтметра.

В исходном состоянии первый канал открыт, остальные закрыты с помощью ключей. При поступлении на вход прибора однократной серии импульсов первый импульс проходит через катодный повторитель КП<sub>1</sub>,

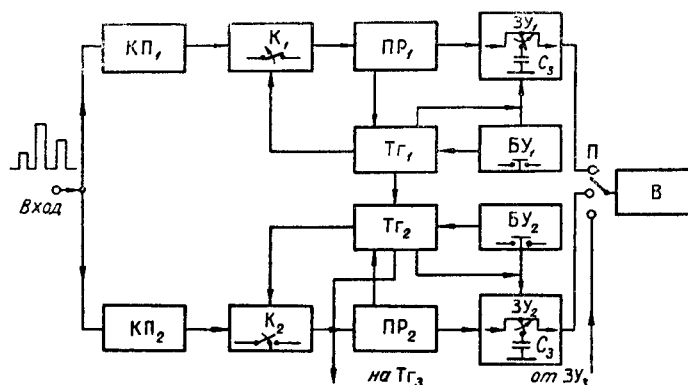


Рис. 6.



ключ  $K_1$ , пиковый расширитель  $ПР_1$  и поступает в запоминающее устройство  $ЗУ_1$ .

Одновременно с расширителя  $ПР_1$  в момент окончания входного сигнала поступает запускающий импульс, опрокидывающий триггер  $Тг_1$ . С выхода  $Тг_1$  управляющие сигналы подаются на  $K_1$ , запоминающее устройство  $ЗУ_1$  и триггер второго канала  $Тг_2$ .

В результате вход первого канала закрывается ключом  $K_1$ , запоминающее устройство  $ЗУ_1$  переходит в режим хранения информации, триггер  $Тг_2$  опрокидывается и открывает ключ второго канала  $K_2$ .

После принятия информации вторым каналом  $Тг_3$  открывает третий канал, а запоминающее устройство второго канала переходит в режим хранения информации. Работа третьего канала аналогична. Для получения информации о напряжении импульсов вольтметр  $В$  с помощью переключателя  $П$  подключается к  $ЗУ$  любого канала, а запоминающее устройство с помощью блока управления  $БУ$  переходит из режима хранения информации в режим считывания. При этом триггер данного канала опрокидывается, ключ открывается и канал вновь способен принимать информацию. При построении многоимпульсного вольтметра принципиальным является получение малого разрешающего времени (временное расстояние между соседними импульсами) и обеспечение достаточного времени хранения информации. Разрешающее время определяется быстродействием переключающих устройств и может быть получено достаточно малым. В экспериментальном макете разрешающее время равно одной микросекунде.

Остановимся более подробно на системе хранения информации. Запоминание напряжения в этой системе осуществляется конденсатором с малой утечкой, который коммутируется с помощью реле. В качестве запоминающего конденсатора используется пленочный полистироловый конденсатор типа ПО, имеющий емкость  $C = 0,03 \text{ мкф}$ . Сопротивление утечки таких конденсаторов равно  $R_C = 10^{13} \div 10^{14} \text{ ом}$ . Для улучшения изоляции контакты реле закреплены на фторопластовых изоляторах, благодаря чему сопротивление их утечки  $R_K$  больше  $2 \cdot 10^{15} \text{ ом}$ . Для устранения влияния влажности конденсатор  $C_3$  и коммутирующее реле герметизированы.

В режиме малых погрешностей запоминания, когда постоянная времени разряда запоминающего конденсатора много больше времени запоминания ( $\tau_{\text{раз. зн}} \gg T_{\text{зн}}$ ) погрешность запоминания может быть представлена выражением

$$\delta U_{\text{зн}} \approx - \left( 1 + \frac{U_0}{u_m} \right) \frac{I_{\text{зн}}}{\tau_{\text{раз. зн}}}, \quad (15)$$

где  $U_0$  — начальный заряд на конденсаторе.

При измерении общее эквивалентное сопротивление утечки контактов реле  $РП_1$  с фторопластовой прокладкой и сопротивление утечки конденсатора превысило  $10^{14} \text{ ом}$ , а постоянная времени разряда запоминающего конденсатора составила  $\tau_{\text{раз. зн}} > 0,03 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{14} = 3 \times 10^6 \text{ сек}$ . В соответствии с выражением (15) при  $\delta U_{\text{зн}} = 1\%$ ,  $u_m = 10 \text{ в}$  и  $U_0 = 1 \text{ в}$  теоретическое время хранения информации  $T_{\text{зн}} = 8,3 \text{ час}$ .

При исследовании макета вольтметра постоянная времени разряда  $\tau_{\text{раз. зн}}$  проверена экспериментально по формуле

$$\tau_{\text{раз. зн}} = \frac{\Delta t}{\ln \frac{u_1}{u_2}}, \quad (16)$$

где  $u_1$  и  $u_2$  — значения напряжения на конденсаторе, измеренные через интервал времени  $\Delta t$ .

Погрешность измерения постоянной времени разряда по этой формуле с учетом того, что величиной погрешности  $\delta \Delta t$  можно пренебречь, определяется выражением

$$\delta \tau_{\text{раз. зп}} = \frac{\sqrt{\delta U_1 + \delta U_2}}{\ln \frac{u_1}{u_2}}. \quad (17)$$

Из (17) видно, что для получения достаточной точности определения  $\tau_{\text{раз. зп}}$  выгодно в процессе измерения иметь большое отношение  $\frac{u_1}{u_2}$ , т. е. интервал времени  $T_{\text{зп}}$  должен быть достаточно велик. Первое измерение проводилось при подаче сигнала на систему запоминания, второе — через 20 суток. Результаты измерений:  $u_1 = 84$  в;  $\delta U_1 \approx \delta U_2 \approx 5\%$ ;  $u_2 = 62$  в;  $\Delta t = 480$  час.

В результате расчетов по формулам (16), (17) получаем:  $\tau_{\text{раз. зп}} = 1600$  час при  $\delta \tau_{\text{раз. зп}} = 23\%$ . Из (15) при  $\delta U_{\text{зп}} = 1\%$  определяем время запоминания  $T_{\text{зп}} = 16$  час. Полученное время запоминания больше теоретического, что может быть объяснено некоторым увеличением значения сопротивления утечки конденсаторов по сравнению с гарантированными по ТУ.

### Выводы

Задача автоматического выбора предела измерения и индикации полярности сигнала решается благодаря использованию автоматических электронных аттенюаторов.

При измерении коротких импульсов для уменьшения погрешности измерения автоматические электронные аттенюаторы должны выполняться по схемам с задержкой при помощи пиковых расширителей.

При измерении однократной серии из нескольких импульсов предпочтительнее использовать способ измерения, при котором каждый из импульсов серии поступает в свою систему хранения информации и измеряется последовательно вольтметром одиночных импульсов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. З. В. Маграчев. Электронное автоматическое устройство для выбора пределов измерения и регистрации полярности одиночных импульсов. Авторское свидетельство № 153076. Бюллетень изобретений, 1963, № 4.
2. З. В. Маграчев. Способ измерения амплитуды импульсов в одиночной пачке импульсов. Авторское свидетельство № 151722. Бюллетень изобретений, 1962, № 22.

Поступила в редакцию  
5 августа 1965 г.,  
окончательный вариант —  
18 ноября 1965 г.