

Методические указания к лабораторной работе Э.3Б "Измерение напряжений и уровней сигналов с помощью электронных вольтметров и измерителей уровня" для студентов электро- и радиотехнических специальностей / Сост. А.М. Кострикин, А.П. Белошицкий, А.В. Гусинский. - Мн.: БГУИР, 1998. - 34 с.

Методические указания содержат цель работы, краткие сведения из теории, описание лабораторных макетов и приборов, используемых при выполнении лабораторной работы, домашнее и лабораторное задания, рекомендации по их выполнению, а также указания по оформлению отчета, контрольные вопросы для проверки знаний и список рекомендуемой литературы. Рассмотрены принципы работы электронных вольтметров и измерителей уровня сигналов, методики измерения соответствующих параметров с помощью этих приборов, источники методических погрешностей, возникающих при измерении переменного напряжения, метод поверки электронного вольтметра в части определения погрешности измерения переменного напряжения, обработка измерительной информации при многократном косвенном измерении коэффициента передачи четырехполюсника путем измерения переменных напряжений на его входе и выходе.

Ил. 18, табл. 11, прил. 7, список лит. - 14 назв.

© Составление. А.М. Кострикин,  
А.П. Белошицкий, А.В. Гусинский, 1998

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Изучение принципов работы электронных вольтметров и измерителей уровня сигналов.
- 1.2. Изучение методов измерения напряжений электронными вольтметрами и уровней сигналов передающего тракта измерителями уровня.
- 1.3. Изучение источников методических погрешностей, возникающих при измерении переменных напряжений с помощью электронных вольтметров.
- 1.4. Изучение метода поверки электронного вольтметра в части определения погрешности измерения переменного напряжения.
- 1.5. Изучение алгоритма обработки измерительной информации при многократном косвенном измерении коэффициента передачи четырехполюсника путем измерения переменных напряжений на его входе и выходе.
- 1.6. Приобретение практических навыков работы с генератором Г4.117, электронными вольтметрами В7-28, В3-38, В3-40, В4-12, осциллографом С1-72, псофометром 12XNO47.

## 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

### 2.1. Измерение напряжений электронными вольтметрами

В радиоэлектронике измерения напряжений весьма широко распространены. Особенности этого вида измерений обусловлены широким диапазоном измеряемых величин (от долей микровольта до сотен киловольт); широкой областью частот (от постоянного тока до частот в тысячи МГц); большим многообразием форм сигналов; малой мощностью источников.

Для измерения напряжений применяют приборы подгруппы В, в которой наиболее широко применяются следующие виды: В2 - вольтметры постоянного тока; В3 - переменного тока, В4 - импульсные, В7 - универсальные вольтметры. Вольтметры постоянного тока (вид В2) реализуются по структурной схеме, приведенной на рис. 2.1.

Такой вольтметр содержит: входное устройство (ВУ), усилитель постоянного тока (УПТ) и магнитоэлектрический измерительный механизм (ИМ). ВУ представляет собой аттенуатор, выполняющий функции переключателя пределов измерения. Оно может содержать также устройства, повышающие входное сопротивление вольтметра, например, истоковый или

амиттерный повторитель. УПТ, кроме усиления сигнала, осуществляет согласование ВУ с ИМ.

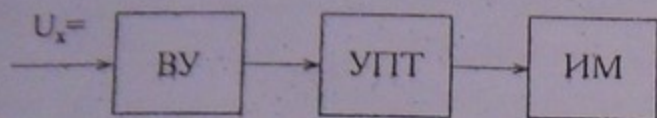


Рис. 2.1

Вольтметр (см. рис.2.1) может быть преобразован в вольтметр переменного тока путем включения в его состав преобразователя переменного напряжения в постоянное - детектора (Д) (рис.2.2,а).

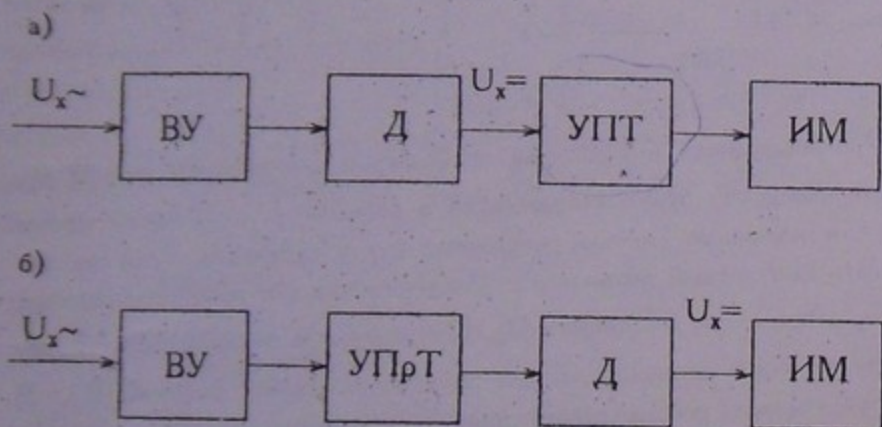


Рис 2.2

В таком вольтметре сигнал переменного тока после ВУ преобразуется в постоянное напряжение, которое затем усиливается и измеряется. Возможен и другой способ построения вольтметров переменного тока: усиление осуществляется в усилителе переменного тока (УПрТ) и только затем преобразуется в постоянное (рис.2.2,б). Практически все вольтметры переменного тока строятся по одной из схем рис.2.2 или путем их комбинации. Поэтому эти схемы называются типовыми. Импульсные вольтметры реализуются обычно по первой схеме во избежание возможных искажений сигнала в УПрТ.

Сравнение типовых схем позволяет сделать ряд выводов о их характеристиках:

схема с детектором на входе (см. рис.2.2,а) имеет более широкий диапазон частот. Ограничения по верхней частоте измеряемого напряжения налагаются величиной входной емкости и частотными свойствами нелинейного элемента детектора, т.е. частотный диапазон практически не ограничен. В схеме (см. рис.2.2,б) ограничения налагаются полосой пропускания УПрТ, которую технически сложно получить шире нескольких десятков МГц;

схема с детектором на выходе (см. рис.2.2,б) имеет более высокую чувствительность, ограниченную в основном собственными шумами УПрТ (они могут составлять единицы мкВ). В схеме (см. рис.2.2,а) пороговая чувствительность ограничена порогом открывания нелинейного элемента (для кремниевых диодов 0,6...0,8 В);

в схеме (рис.2.2,а) перед измерением требуется дополнительная операция "установка нуля" УПТ, от чего свободна вторая схема. С наличием УПТ связан еще один недостаток первой схемы: возможность температурных и временных дрейфов "нуля", т.е. появление дополнительных погрешностей.

Электрические сигналы в виде напряжения принято характеризовать четырьмя основными параметрами: пиковым (амплитудным)  $U_m$ , средним  $U_0$ , средневыпрямленным  $U_{св}$  и среднеквадратическим  $U_{ск}$  значениями [1]. Связь между этими параметрами устанавливается с помощью безразмерных коэффициентов амплитуды  $K_a$  и формы  $K_\phi$ :

$$K_a = U_m / U_{ск}; \quad K_\phi = U_{ск} / U_{св} \quad (2.1)$$

значения которых зависят от формы сигнала. Среднее значение определяет постоянную составляющую сигнала и на практике измеряется редко.

Серийные вольтметры переменного тока могут иметь детекторы различных типов: среднеквадратического, средневыпрямленного или амплитудного значения. Шкалы их чаще всего градуируются в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения. Поэтому при измерении одинаковых синусоидальных сигналов показания вольтметров будут одинаковыми и равными  $U_{ск}$  при любом типе детектора. Однако при измерении одинаковых синусоидальных сигналов искаженной или отличной от синусоиды формы, показания вольтметров с различными типами детекторов будут отличаться друг от друга. В этом случае для получения правильного отсчета следует учитывать градуировочное уравнение, устанавливающее связь меж-

ду показаниями  $U_v$  (градуировкой) вольтметра и фактически измеряемым параметром  $U_x$ :

$$U_v = C \cdot U_x, \quad (2.2)$$

где  $C$  - градуировочный коэффициент.

Фактически измеряемый параметр в уравнении с (2.2) определяется исключительно типом детектора и не зависит от формы сигнала. Очевидно, что при соответствии градуировки шкалы параметру  $U_x$   $C = 1$ . При несоответствии можно определить  $C$  по известным значениям  $K_a$  и  $K_f$  напряжения, на котором осуществлялась градуировка.

Например, для вольтметра с детектором средневыпрямленного значения фактически измеряемый параметр  $U_x = U_{св}$ . Так как шкала отградуирована  $U_v = U_{сксин}$ , в соответствии с (2.2)  $U_{сксин} = C \cdot U_{свсин}$ . Так как напряжение градуировки - синусоида, для которой  $U_{ск} = K_f \cdot U_{св} = 1,11 \cdot U_{св}$ , получим  $C = 1,11$ .

Для вольтметра с детектором амплитудного значения  $U_x = U_m$ ,  $U_v = U_{сксин}$ , следовательно,  $U_{сксин} = C U_{msin}$ . В то же время  $U_{ск} = U_m / K_a = U_m / \sqrt{2}$ . Поэтому  $C = 1 / \sqrt{2}$ .

При измерениях несинусоидальных напряжений вольтметрами переменного тока следует определить тип детектора (фактически измеряемый параметр) и характер градуировки шкалы по техническому описанию. При их соответствии принять  $C=1$ , в противном случае, используя  $C$ , выразить из уравнения (2.2) параметр  $U_x$  и по известным показаниям вычислить его значение. Для определения других параметров необходимо знать  $K_a$  и  $K_f$  измеряемого напряжения. Если форма сигнала неизвестна, определить эти параметры можно только экспериментальным путем, взяв вольтметры с другими типами детекторов.

Импульсные вольтметры реализуются исключительно с пиковым детектором и градуируются в большинстве случаев в амплитудных значениях. Следовательно, для них  $C=1$  и учитывать влияние формы сигнала не требуется. Однако пиковые детекторы могут иметь открытый или закрытый вход [1]. Поэтому наличие в исходном сигнале постоянной составляющей

( $U_0 \neq 0$ ) может привести к неверным результатам. На рис.2.3 изображены формы сигналов на выходах одно- и двухполупериодных выпрямителей без фильтра с равными амплитудами и различными постоянными составляющими  $U_0$ .

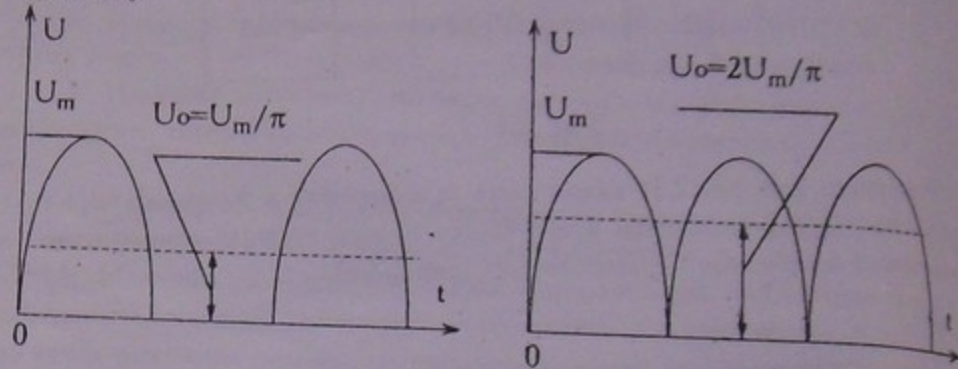


Рис. 2.3

При измерениях импульсным вольтметром с открытым входом результаты измерений будут одинаковыми и равными  $U_m$ . В случае смены полярности поданного сигнала результаты будут нулевыми. Если же использовать импульсный вольтметр с закрытым входом, вольтметр покажет  $U_m - U_0$ , а при смене полярности  $U_0$ . При этом, как видно из рис.2.3, результаты не будут одинаковыми для двух напряжений с равными  $U_m$ . В этом случае можно рекомендовать провести измерения для обеих полярностей, а  $U_m$  найти как сумму результатов.

Однако на практике возможны более сложные случаи (рис.2.4).

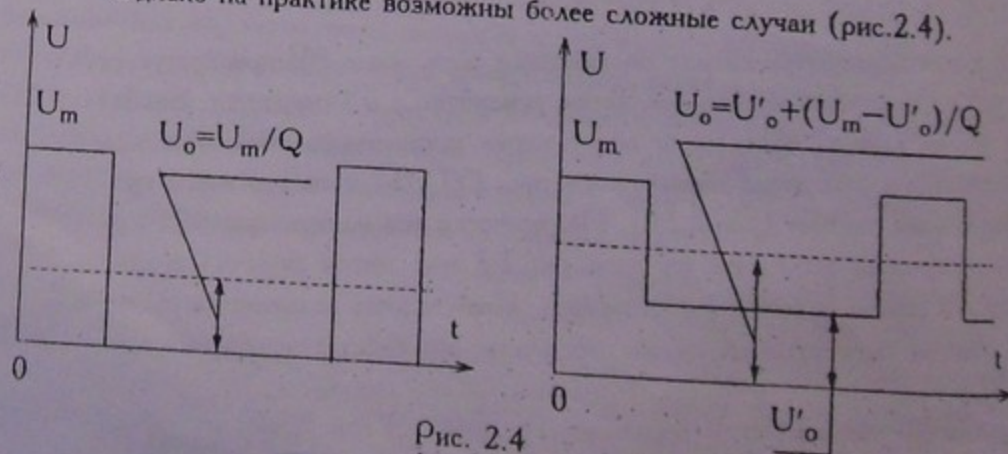


Рис. 2.4

При измерениях пикового значения вольтметров с открытым входом результат для обоих сигналов одинаков и равен  $U_m$ . При закрытом входе для первого сигнала результаты будут аналогичны ранее рассмотренному случаю, т.е.  $U_m - U_0$  и  $U_0$  при смене полярности. Для второго сигнала с постоянным смещением  $U'_0$  результат будет  $U_m - U_0$  и при смене полярности  $U_0 - U'_0$ . Поэтому использовать вольтметр с закрытым входом в таких случаях не рекомендуется.

К числу основных параметров вольтметров относится входное сопротивление, которое является источником методической погрешности измерения [1]. На переменном токе (в отличие от постоянного) учет этой погрешности возможен, если известна не только активная, но и реактивная составляющая полного входного сопротивления вольтметра  $Z_v$ . Поэтому обычно в технических данных импульсных вольтметров переменного тока приводятся значения входного сопротивления (активной составляющей)  $R_v$  и входной емкости  $C_v$ . Их можно определить экспериментально по схеме рис. 2.5.

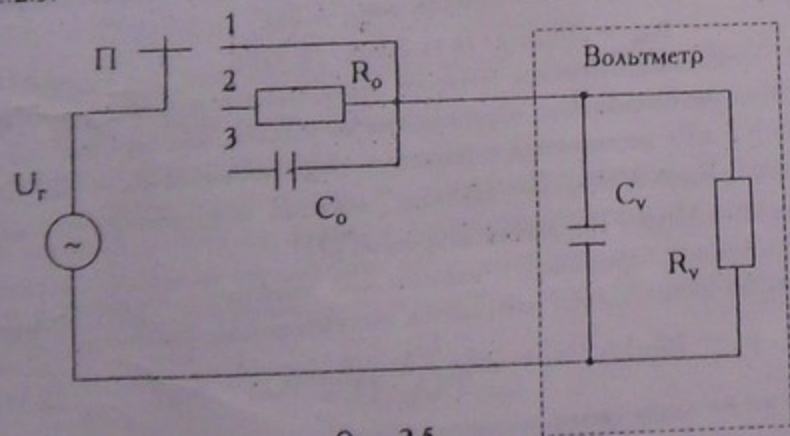


Рис. 2.5

Для измерений выбираются две рабочие частоты. Первая из них  $f_H$  выбирается достаточно низкой, чтобы можно было пренебречь влиянием  $C_v$ , т.е.  $X_{C_v} \gg R_v$ . Вторая  $f_B$  должна быть достаточно высокой, чтобы можно было пренебречь влиянием  $R_v$ , т.е.  $R_v \gg X_{C_v}$ . В положении 1

переключателя П вольтметр подключается ко входу источника и позволяет измерить его выходное напряжение  $U_{ГН}$  (на частоте  $f_H$ ) или  $U_{ГВ}$  (на частоте  $f_B$ ). В положении 2 последовательно с вольтметром включается известное активное сопротивление  $R_0$ , сравнимое по значению с  $R_v$ . В положении 3 включается известная емкость  $C_0$ . В этом случае при измерениях на низкой частоте  $f_H$  в положении 2 образуется резистивный  $R_0$ ,  $R_v$ , а на высокой  $f_B$  в положении 3 емкостной  $C_0$ ,  $C_v$  делители. После отсчета показаний вольтметра в первом случае  $U_{R_v}$ , а во втором  $U_{C_v}$  можно определить:

$$R_v = \frac{R_0}{U_{ГН} / U_{R_v} - 1}; \quad C_v = C_0 \left( \frac{U_{ГВ}}{U_{C_v}} - 1 \right). \quad (2.3)$$

Для уменьшения влияния разбросов  $R_0$  и  $C_0$  следует провести несколько таких измерений, например с различными значениями  $R_0$  и  $C_0$ . Результат измерений  $\bar{R}_v$  и  $\bar{C}_v$  находится в этом случае как среднее арифметическое.

Важнейшими метрологическими характеристиками приборов (в том числе и электронных вольтметров) являются погрешности этих приборов.

Инструментальная погрешность (т.е. погрешность прибора) может быть выражена в формах абсолютной ( $\Delta$ ), относительной ( $\delta$ ) и приведенной ( $\gamma$ ) погрешностей:

$$\Delta = X_N - Q; \quad (2.4)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{Q} \cdot 100\%; \quad (2.5)$$

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} \cdot 100\%; \quad (2.6)$$

$$\delta = \gamma \cdot \frac{X_N}{Q}, \quad (2.7)$$

при этом

где  $X_N$  - показание прибора;

$Q$  - действительное значение величины (оно при поверке соответствует показанию образцового прибора);

$X_N$  - нормируемое значение, правила выбора которого регламентированы ГОСТ 8.401-80.

Допускается в формулах (2.5) и (2.6) вместо  $Q$  использовать показание прибора  $X_N$ .

Согласно ГОСТ 8.401-80, если прибор имеет практически равномерную шкалу, значение  $X_N$  следует выбирать равным пределу измерения при нахождении нулевой отметки на краю диапазона измерений или равным сумме модулей пределов измерений, если нулевая отметка находится внутри диапазона измерений. Если прибор имеет существенно неравномерную шкалу, значение  $X_N$  принимают равным длине шкалы или ее части, соответствующей диапазону измерений.

Обобщенной характеристикой прибора является класс точности, определяемый пределами допускаемых погрешностей прибора. Если эти пределы выражаются значениями  $\delta$  и  $\gamma$  по формулам

$$\delta = \pm q; \quad \gamma = \pm p, \quad (2.8)$$

где  $q$  и  $p$  - отвлеченные положительные числа, выбираемые из ряда

$$K = [1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 5,0; 6,0] \cdot 10^n, \quad n = 1, 0, -1, -2, \dots, \quad (2.9)$$

то классы точности обозначаются числами, которые равны этим пределам (в процентах) и соответствуют ряду (2.9). Если же пределы допускаемых погрешностей выражаются значением  $\delta$  по формуле

$$\delta = \pm \left[ c + d \cdot \left( \frac{X_k}{X_N} - 1 \right) \right], \quad (2.10)$$

где  $X_k$  - больший (по модулю) из пределов измерений,  $c$  и  $d$  - положительные числа, не зависящие от измеряемой величины  $X_N$ , то классы точности обозначают числами  $c$  и  $d$ , разделяя их косой чертой.

Класс точности прибора проверяется путем поверки прибора, то есть сравнением показаний прибора с показаниями образцового прибора и последующим определением погрешности, которая нормирована для поверяемого прибора.

Для повышения точности измерений используются многократные прямые или косвенные измерения величины. Алгоритмы обработки измерительной информации при таких измерениях приведены в [1, 13, 14].

Электронные цифровые вольтметры как постоянного, так и переменного тока получили широкое распространение и содержат аналого-цифровые преобразователи (АЦП) измеряемого напряжения. В зависимости от мето-

да аналого-цифрового преобразования выделяют цифровые вольтметры, реализующие импульсный, частотно-импульсный и кодоимпульсный методы преобразования.

Более подробно вопросы измерения напряжений электронными вольтметрами рассмотрены в [1...5].

## 2.2. Измерение уровней звуковых сигналов

Напряжение сигналов, с которыми приходится иметь дело в технике связи, имеют значения от долей пиковольта до десятков вольт. С целью удобства измерения напряжений в широком диапазоне используется внесистемная безразмерная единица - децибел (дБ) [6], определяемая как

$$1 \text{ дБ} = 20 \lg U_2/U_1 \text{ при } U_2/U_1 = 10^{1/20} = 1,122. \quad (2.11)$$

При этом сравнение сигналов осуществляется не по абсолютным значениям, а по логарифмам отношения их напряжения к некоторым условным значениям, принятым за нулевую отметку логарифмической шкалы. Полученная в результате величина называется уровнем сигнала. Различают абсолютный, относительный и измерительный уровни напряжения. Абсолютный уровень напряжения определяется, как

$$P_{0\text{н}} = 20 \lg U/U_0 = 20 \lg U/0,7746, \quad (2.12)$$

где  $U$  - среднеквадратическое значение напряжения в вольтах;  $U_0$  - "нулевое" значение напряжения, определяемое из условия, что "нулевая" мощность  $P_0 = 1 \text{ мВт}$  рассеивается в резисторе сопротивлением  $R_0 = 600 \text{ Ом}$ , т.е.  $U = \sqrt{P_0 R_0} = 0,7746 \text{ В}$ . "Нулевое" значение мощности  $P_0 = 1 \text{ мВт}$  рекомендовано МККТТ и регламентировано [7].

Если уровни определяются относительно значения напряжения в некоторой точке схемы, то они называются относительными уровнями:

$$p_n = 20 \lg U_2/U_1 = 20 \lg \frac{U_2}{U_0} \cdot \frac{U_0}{U_1} = P_{0\text{н}1} - P_{0\text{н}2}. \quad (2.13)$$

Если же ко входу схемы подведен сигнал с абсолютным уровнем 0 дБ, то относительные уровни во всех точках, определенные относительно входа, будут называться измерительными и совпадать по значению с абсолютными.

Качество передачи информации через канал связи полностью определяется совокупностью параметров передающего тракта. К таким параметрам

относятся различные виды затуханий, одним из которых является остаточное затухание  $\alpha_{\text{ост}}$ , определяемое при условии согласования четырехполюсника на входе и выходе по мощности:

$$\alpha_{\text{ост}} = P_{\text{овх}} - P_{\text{овых}}, \quad (2.14)$$

где  $P_{\text{овх}}$  и  $P_{\text{овых}}$  - уровни сигнала на входе и выходе четырехполюсника, дБ.

Передача сигналов различных частот по каналу связи характеризуются следующей совокупностью параметров:

частотная характеристика остаточного затухания  $\alpha_{\text{ост}}(f)$  в пределах диапазона рабочих частот от нижней границы  $f_{\text{н}}$  до верхней  $f_{\text{в}}$ ;

основная измерительная частота  $f_0$ , на которой измеряются и нормируются номинальные значения параметров канала связи. Частота  $f_0$  обычно лежит в пределах диапазона рабочих частот;

частотная характеристика отклонения остаточного затухания от его значения на частоте  $f_0$ :

$$\Delta\alpha_{\text{ост}}(f) = \alpha_{\text{ост}}(f) - \alpha_{\text{ост}}(f_0); \quad (2.15)$$

эффективно передаваемая полоса частот, на границах которой  $\alpha_{\text{ост}}$  и  $\Delta\alpha_{\text{ост}}$  отличаются от значений  $\alpha_{\text{ост}}(f_0)$  и  $\Delta\alpha_{\text{ост}}(f_0)$  не более, чем на некоторое нормируемое значение.

При прохождении сигнала по каналу связи важна также неискаженная передача сигнала по форме, а также диапазон передаваемых уровней сигналов. Одним из параметров, обеспечивающим эти условия, является амплитудная характеристика, определяемая на основной измерительной частоте  $f_0$ :

$$P_{\text{овых}} = f(P_{\text{овх}}) \quad (2.16)$$

или

$$\alpha_{\text{ост}} = P_{\text{овх}} - P_{\text{овых}} = f_1(P_{\text{овх}}). \quad (2.17)$$

Более подробно параметры трактов и линий связи рассмотрены в [8,9,11].

В технике связи уровни напряжений наиболее часто измеряют с помощью специальных приборов - измерителей уровня (ИУ), шкалы которых градуируются в абсолютных уровнях напряжения. Структурные схемы ИУ в целом соответствуют схемам электронных вольтметров переменного тока

второй модификации (см. рис.2.2,6). Отличия ИУ от вольтметров обусловлены спецификой проведения измерений в каналах связи и заключаются прежде всего в особенностях построения входных устройств (ВУ). ИУ, как правило, имеют симметричный и несимметричный относительно земли входы. Входное сопротивление ИУ может быть как высоким, так и низким. Детекторы ИУ имеют линейную характеристику и могут быть пиковыми или средневыпрямленного значения. С целью расширения динамического диапазона измеряемых уровней в состав ИУ после детектора могут включаться логарифмические преобразователи измеряемых сигналов.

При практическом измерении уровней сигналов в различных точках канала связи используют две основные схемы включения ИУ: параллельное или "врез". При параллельном включении к точке соединения элементов канала подключают ИУ с высоким входным сопротивлением (рис.2.6,а). При включении "врез" к выходу элемента канала связи взамен всей последующей части канала включают ИУ с низким входным сопротивлением (рис.2.6,б).

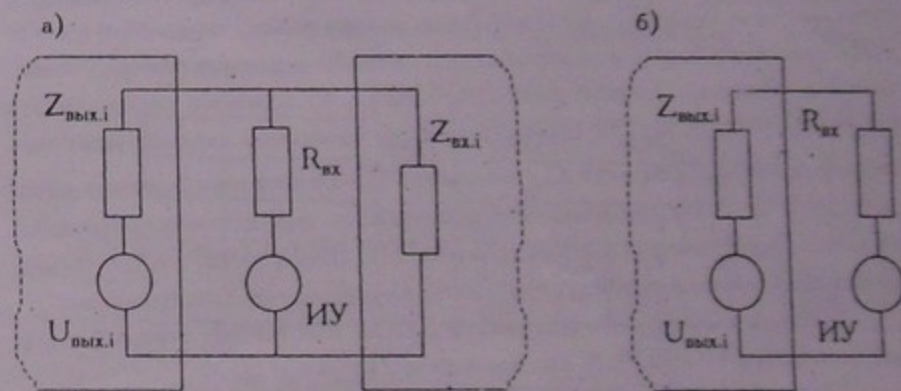


Рис. 2.6

При параллельном включении уровни сигналов измеряются без нарушения связей и режима работы канала. При включении ИУ "врез" должно обязательно выполняться условие согласования по мощности, и в этом случае измеряется непосредственно абсолютный уровень мощности  $P_0$ , рассеиваемой на  $R_{\text{вх}}$ . Более подробно вопросы измерения уровней сигналов рассмотрены в [8...11].

### 3. ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

- 3.1. Генератор сигналов низкочастотный Г4-117.
- 3.2. Вольтметр универсальный цифровой В7-28.
- 3.3. Милливольтметр В3-38.
- 3.4. Милливольтметр В3-40.
- 3.5. Милливольтметр импульсного тока В4-12.
- 3.6. Электронно-лучевой осциллограф С1-72.
- 3.7. Псофометр 12ХN047.
- 3.8. Лабораторные макеты М1 и М2.

### 4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ МАКЕТОВ

В качестве лабораторной установки при выполнении работы используются макеты М1 и М2.

В состав макета М1 (рис. 4.1) входят генераторы синусоидальной, пилообразной форм напряжений и напряжения типа "меандр". С помощью переключателя ФОРМА СИГНАЛА к выходу макета подключаются выходы соответствующих генераторов напряжений, амплитуда которых изменяется с помощью переключателя ВАРИАНТ. С помощью переключателя ПЗ РЕЖИМ РАБОТЫ задаются режимы измерения входных активного сопротивления  $R_v$ , емкости  $C_v$  вольтметра В7-28 или многократных измерений (МИ). Для проведения МИ используется переменное сопротивление УРОВЕНЬ. С помощью переключателя П4 ВХОД-ВЫХОД к выходу макета подключается соответственно вход или выход четырехполюсника.

Проверка электронного вольтметра (В3-38 или В3-40) осуществляется при положении ПОВЕРКА переключателя П1.

Макет М2 (рис. 4.2) содержит активный полосовой RC-фильтр, выполненный на операционном усилителе. Переключатель П2 ВАРИАНТ макета изменяет полосу пропускания и коэффициент передачи фильтра. С помощью переключателя П1 к выходу подключается вход макета или выход RC-фильтра. Макет М2 имеет следующие параметры:  $R_{\text{вых}} = 600 \text{ Ом}$ ; полоса рабочих частот 100...5000 Гц; основная измерительная частота  $f_0 = 1 \text{ кГц}$ . С помощью переключателя П1 ВХОД-ВЫХОД осуществляется подключение псофометра 12ХN047 ко входу и выходу макета М2.

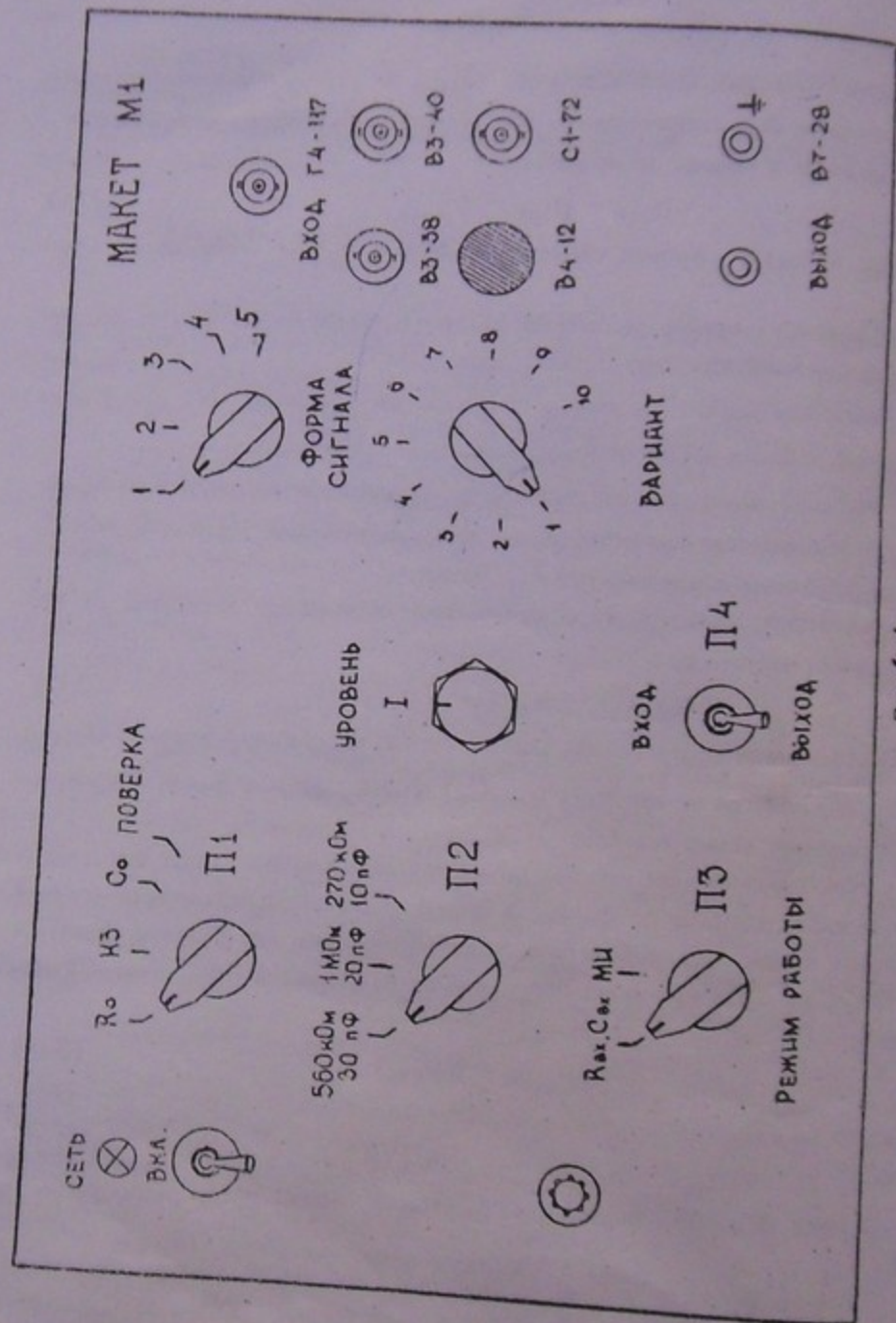


Рис. 4.1

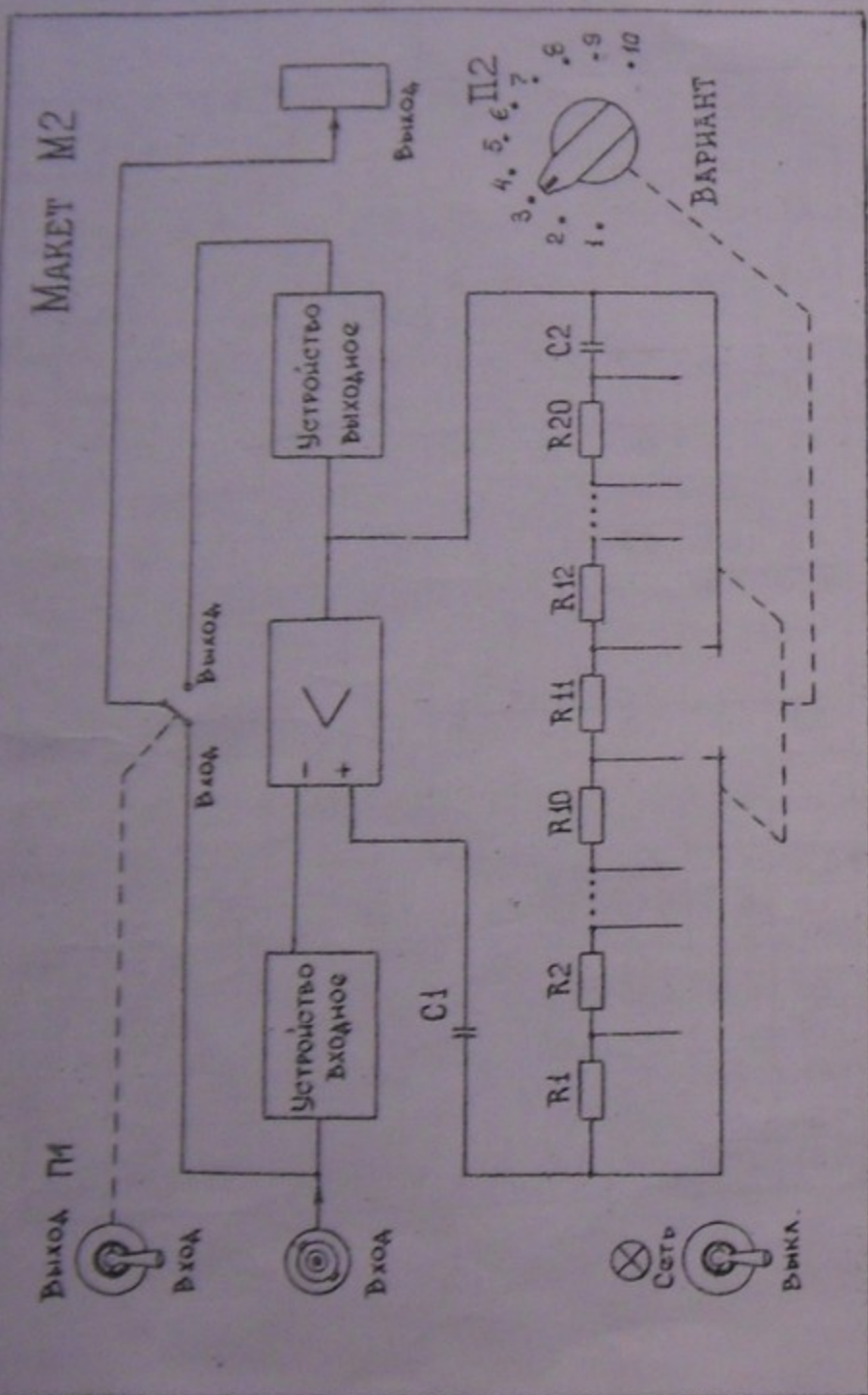


Рис. 4.2

## 5. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

5.1. По рекомендуемой литературе изучить методы измерения напряжений электронными вольтметрами и уровней сигналов передающего тракта измерителями уровней.

5.2. По приложениям к настоящим методическим указаниям изучить приборы, применяемые при выполнении лабораторной работы, методику проведения измерений с их помощью, оценку полученных результатов.

5.3. Ответить на контрольные вопросы.

5.4. Сделать заготовку отчета (один на бригаду) по лабораторной работе в соответствии с требованиями настоящих методических указаний.

5.5. Выполнить домашнее задание и включить его в заготовку отчета.

Напряжение сигнала неизвестной формы измерялось тремя вольтметрами, имеющими открытые входы, шкалы их отградуированы в среднеквадратических значениях, детекторы соответственно пиковый, среднеквадратического и средневыпрямленного значения. Определить коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_f$ , если показания вольтметра с пиковым детектором  $U_1$ , с детектором среднеквадратического значения  $U_2$ , с детектором средневыпрямленного значения  $U_3$  (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Параметр	Вариант (номер бригады)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_1$ , мВ	26,4	515	42	72	276	15,7	152	61	550	246
$U_2$ , мВ	24,6	455	36	58	216	12,4	113	44	380	174
$U_3$ , мВ	24,2	440	33	49	178	9,5	86,6	32	280	110

## 6. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

6.1. Измерить переменные напряжения с помощью вольтметра В7-28. Оценить инструментальные погрешности измерения переменных напряжений.

6.2. Определить входное сопротивление  $R_v$  и входную емкость  $C_v$  вольтметра В7-28.

6.3. Провести поверку вольтметра В3-38 или В3-40 в части определения погрешности измерения переменного напряжения при использовании



вольтметра В7-28 в качестве образцового. Оценить абсолютную, относительную и приведенную погрешности вольтметра В3-38 или В3-40 при измерении переменного напряжения.

6.4. Провести многократное косвенное измерение коэффициента передачи  $K_{\text{п}}$  четырехполюсника с помощью вольтметра В7-28 путем измерения переменных напряжений на входе и выходе четырехполюсника.

6.5. Определить для заданных сигналов различной формы пиковое  $U_{\text{п}}$ , среднеквадратическое  $U_{\text{ск}}$ , средневыпрямленное  $U_{\text{св}}$  значения напряжения, коэффициент амплитуды  $K_{\text{а}}$  и коэффициент формы  $K_{\text{ф}}$ .

6.6. Снять частотную характеристику остаточного затухания макета М2 с помощью приборов Г4-117, 12ХН047.

6.7. Снять амплитудную характеристику остаточного затухания макета М2 с помощью приборов Г4-117, 12ХН047.

## 7. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

Каждая бригада выполняет работу по номеру варианта, соответствующего номеру бригады.

7.1. Выполнить измерения в соответствии с п.6.1 задании к лабораторной работе.

7.1.1. Подготовить к работе генератор Г4-117 и вольтметр В7-28 согласно п.4 прил.1 и п.4 прил.2 соответственно. Переключатель ВОЛЬТМЕТР генератора Г4-117 установить в положение "3V".

7.1.2. Тумблер включения макета М1 установить в выключенное положение, переключатель П1 - в положение "К3". Разъем "Вход Г4-117" макета М1 подключить через кабель к разьему "3V" генератора Г4-117, а клеммы входного кабеля Нх и Lху вольтметра В7-28 соединить с зажимами "Выход В7-28"

7.1.3. Согласно п.5 прил.1 установить на генераторе Г4-117 первые значения частоты  $f$  и напряжения  $U$ , заданные в табл.7.1. Измерить с помощью вольтметра В7-28 напряжение  $U_{\text{в}}$  в режиме ручного выбора пределов согласно п.5 прил.2. Значения  $f$ ,  $U$ ,  $U_{\text{в}}$ , а также предел  $U_{\text{пр}}$  вольтметра В7-28, на котором проводилось измерение, занести в табл.7.2.

Таблица 7.1

Номер бригады (вариант)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f$ , кГц	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	1,2	1,5	2,5	3,5	4,5
	6,0	7,0	8,0	9,0	10	12	14	16	18	20
	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
$U$ , В	0,6	0,06	1,0	1,6	0,5	0,09	0,6	2,5	2,2	0,1
	0,08	0,8	0,05	2,4	1,8	0,7	0,06	0,8	1,0	1,8
	3,0	0,1	2,0	0,07	0,6	1,5	0,15	0,07	0,4	0,05
	1,2	2,4	0,8	0,4	0,04	0,1	2,0	3,0	0,08	0,7
$U_{\text{г}}$ , В	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$f_{\text{п}}$ , Гц	20	25	30	35	40	40	30	35	25	20
$f_{\text{в}}$ , кГц	40	45	40	55	60	60	55	40	45	50
$f_{\text{г}}$ , кГц	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0	10	20	50	100
Тип проверяемого вольтметра	В3-38	В3-40	В3-38	В3-40	В3-38	В3-40	В3-38	В3-40	В3-38	В3-40
Предел измерения $U_{\text{пр}}$ , В	3,0	0,30	1,0	3,0	0,30	1,0	0,30	3,0	1,0	0,30
$U_{\text{в}}$ , В	0,50	0,05	0,10	0,50	0,05	0,10	0,05	0,50	0,10	0,05
	1,0	0,10	0,30	1,0	0,10	0,30	0,10	1,0	0,30	0,10
	1,5	0,15	0,50	1,5	0,15	0,50	0,15	1,5	0,50	0,15
	2,0	0,20	0,80	2,0	0,20	0,80	0,20	2,0	0,80	0,20
	3,0	0,30	1,0	3,0	0,30	1,0	0,30	3,0	1,0	0,30
$f_{\text{м}}$ , кГц	20	60	30	10	40	30	50	40	60	10
$n$	23	21	19	17	15	15	17	19	21	23
$P_{\text{д}}$	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99	0,95	0,99

7.1.4. Повторить операции, приведенные в п.7.1.3, для остальных трех частот  $f$  и напряжений  $U$ , заданных в табл.7.1.

7.1.5. Используя формулы табл. П2.1 прил.2 и формулу (2.5), считать пределы инструментальных относительных  $\delta_u$  и абсолютных  $\Delta_u$  погрешностей измерения напряжений. Результаты расчетов занести в табл.7.2.

Таблица 7.2

№ п/п	$f$ , кГц	$U$ , В	$U_{пр}$ , В	$\bar{U}_v$ , В	$\delta_u$ %	$\Delta_u$ %
1						
2						
3						
4						

7.2. Выполнить измерения в соответствии с п.6.2 задания к лабораторной работе.

7.2.1. Тумблер включения макета М1 установить в выключенное положение, переключатель П3 - в положение " $R_{вх}$ ,  $C_{вх}$ ", переключатель П1 - в положение "К3".

7.2.2. Установить на генераторе Г4-117 частоту  $f_H$  и напряжение  $U_G$ , заданные в табл. 7.1. Значения  $U_G$  и  $f_H$  занести в табл. 7.3. Измерить напряжение  $U_{ГН}$  с помощью вольтметра В7-28 в режиме автоматического выбора пределов согласно п.5 прил.2. Результат измерения  $U_{ГН}$  занести в табл. 7.3.

Таблица 7.3

$U_G$ , В	$f_H$ , Гц	$U_{ГН}$ , В	$R_0$ , кОм	$U_{RV}$ , В	$R_v$ , кОм	$\bar{R}_v$ , кОм	$f_B$ , Гц	$U_{ГВ}$ , В	$C_0$ , пФ	$U_{CV}$ , В	$C_v$ , пФ	$\bar{C}_v$ , пФ
			560						30			
			1000						20			
			270						10			

7.2.3. На макете М1 переключатель П1 установить в положение " $R_0$ ", переключатель П2 - в положение "560 кОм". Измерить напряжение

$U_{RV}$  с помощью вольтметра В7-28 в режиме автоматического выбора пределов. Результат измерения  $U_{RV}$  занести в табл. 7.3.

7.2.4. Повторить операции, приведенные в п.7.2.3, для положений переключателя П2 "1 МОм" и "270 кОм".

7.2.5. Используя значения  $U_{ГН}$ ,  $U_{RV}$ ,  $R_0$  и формулу (2.3), рассчитать значения  $R_v$  для трех различных значений  $R_0$  (560 кОм, 1 МОм, 270 кОм) и усредненное значение  $R_v$ . Результаты расчетов занести в табл.7.3.

7.2.6. Установить на генераторе Г4-117 частоту  $f_B$  и напряжение  $U_G$ , заданные в табл.7.1. Значение  $f_B$  занести в табл.7.3. На макете М1 переключатель П1 установить в положение "К3" и измерить напряжение  $U_{ГВ}$  с помощью вольтметра В7-28 в режиме автоматического выбора пределов. Результат измерения  $U_{ГВ}$  занести в табл.7.3.

7.2.7. На макете М1 переключатель П1 установить в положение " $C_0$ ", переключатель П2 - в положение "30 пФ". Измерить напряжение  $U_{CV}$  с помощью вольтметра В7-28 в режиме автоматического выбора пределов. Результат измерения  $U_{CV}$  занести в табл.7.3.

7.2.8. Повторить операции, приведенные в п.7.2.7, для положений переключателя П2 "20 пФ" и "10 пФ".

7.2.9. Используя значения  $U_{ГВ}$ ,  $U_{CV}$ ,  $C_0$  и формулу (2.3), рассчитать значения  $C_v$  для трех различных значений  $C_0$  (30 пФ, 20 пФ, 10 пФ) и усредненное значение  $C_v$ . Результаты расчетов занести в табл.7.3.

7.2.10. На основании сравнения с пределами допустимых значений входных сопротивления и емкости вольтметра В7-28, приведенными в техническом описании (п.2.5 прил.2), сделать вывод о соответствии измеренных характеристик ( $\bar{R}_v$ ,  $\bar{C}_v$ ) приведенным в техническом описании.

7.3. Выполнить измерения в соответствии с п.6.3 задания к лабораторной работе.

7.3.1. Тумблер включения макета М1 установить в выключенное положение, переключатель П3 - в положение " $R_{вх}$ ,  $C_{вх}$ ".

7.3.2. Подготовить к работе поверяемый вольтметр, тип которого указан в табл.7.1. (В3-38 или В3-40), согласно п.4 прил.3 или п.4 прил.4. Подключить кабелем разъем " $\rightarrow$ " этого вольтметра с соответствующим

разъемом ("В3-38" или "В3-40") макета М1. Установить на поверяемом вольтметре предел  $U_{пр}$ , заданный в табл. 7.1.

7.3.3. Переключатель П1 установить в положение ПОВЕРКА. Установить на генераторе Г4-117 частоту  $f_{п}$ , заданную в табл. 7.1. Ручкой РЕГ.ВЫХ генератора Г4-117 установить стрелку поверяемого вольтметра на отметку, соответствующую первому значению напряжения  $U_{н}$ , заданному в табл. 7.1. Затем переключатель П1 установить в положение "КЗ". Произвести измерение напряжения  $U_0$  с помощью вольтметра В7-28 в режиме автоматического выбора предела. Значения  $f_{п}$ ,  $U_{пр}$ ,  $U_{н}$ ,  $U_0$  занести в табл. 7.4.

Таблица 7.4

№ п/п	$f_{п}$ , кГц	$U_{пр}$ , В	$U_{н}$ , В	$U_0$ , В	$\Delta_{н}$ , В	$\delta_{н}$ , %	$\gamma_{н}$ , %
1							
2							
3							
4							
5							

7.3.4. Повторить операции, приведенные в п. 7.3.3, для остальных четырех напряжений  $U_{н}$ , заданных в табл. 7.1

7.3.5. Рассчитать абсолютную  $\Delta_{н}$ , относительную  $\delta_{н}$  и приведенную  $\gamma_{н}$  погрешности поверяемого вольтметра, используя формулы (2.4), (2.5) и (2.6). Результаты занести в табл. 7.4.

7.3.6. Сделать вывод о результатах поверки вольтметра в части определения погрешности измерения напряжения.

7.3.7. Выключить поверяемый вольтметр и отключить его от макета М1.

7.4. Выполнить измерения в соответствии с п. 6.4 задания к лабораторной работе.

7.4.1. Тумблер включения макета М1 установить в выключенное положение, переключатель ПЗ - в положение "МИ", переключатель ВХОД-ВЫХОД установить в положение ВХОД.

7.4.2. Установить на генераторе Г4-117 частоту  $f_{м}$  и напряжение, заданные в табл. 7.1.

7.4.3. Ручку УРОВЕНЬ макета М1 установить в крайнее левое положение. Перевести ручку УРОВЕНЬ в положение "Г" и отсчитать показание вольтметра В7-28  $U_{вх}$  в режиме автоматического выбора предела. Переключатель ВХОД-ВЫХОД переключить в положение ВЫХОД, отсчитать показание вольтметра В7-28  $U_{вых}$  в режиме автоматического выбора предела. Значения  $U_{вх}$  и  $U_{вых}$  занести в табл. 7.5. Переключатель ВХОД-ВЫХОД установить в положение ВХОД.

7.4.4. Повторить операции по п. 7.4.3  $p$  раз (значение  $p$  приведено в табл. 7.1).

7.4.5. Обработать результаты косвенных многократных наблюдений, определить коэффициент передачи четырехполосника ( $K_{п} = U_{вых}/U_{вх}$ ) в соответствии с рекомендациями, приведенными в [1,13,14]. Алгоритм обработки привести в отчете по лабораторной работе. Доверительная вероятность  $P_d$  выбирается из табл. 7.1. Результат измерений представить в форме, соответствующей требованиям ГОСТ 8.201-76 или МИ 1317-76, занести в табл. 7.5.

Таблица 7

Номер испытаний	1	2	...	i	...	n-1	n
$U_{вх}$ , В							
$U_{вых}$ , В							
Результат измерения	$K_{п} = \dots ; P_d = \dots$						

7.4.6. Выключить приборы Г4-117 и В7-28 и отключить их от макета М1.

7.5. Выполнить измерения в соответствии с п. 6.5 задания к лабораторной работе.

7.5.1. Подготовить к работе вольтметры В3-38, В3-40, В4-12 и осциллограф С1-72 согласно п. 4 прил. 3...6. С помощью кабелей соединить выходные разъемы этих приборов с соответствующими разъемами ("В3-38", "В3-40", "В4-12", "С1-72") макета М1. Переключатель ВАРИАНТ макета М1 установить в положение, соответствующее измерению.

варианта (бригады), а переключатель ФОРМА СИГНАЛА - в положение 1. Тумблер включения макета М1 установить в положение ВКЛ.

7.5.2. Измерить выходные напряжения макета М1  $U_{В3-38}$ ,  $U_{В3-40}$ ,  $U_{В4-12}$  с помощью вольтметров ВЗ-38, ВЗ-40, В4-12 согласно п.5 прил.3...5 соответственно. Форму напряжения контролировать с помощью осциллографа С1-72 (п.5 прил.6). Повторить измерения для положений 2-5 переключателя ФОРМА СИГНАЛА. Результаты измерений, а также пределы  $U_{пр В3-38}$ ,  $U_{пр В3-40}$ ,  $U_{пр В4-12}$ , на которых эти измерения проводились, занести в табл.7.6.

Таблица 7.6

Номер точки	1	2	3	4	5
Форма сигнала					
$U_{В4-12}$ , мВ					
$U_{пр В4-12}$ , мВ					
$U_{В3-40}$ , мВ					
$U_{пр В3-40}$ , мВ					
$U_{В3-38}$ , мВ					
$U_{пр В3-38}$ , мВ					
$U_{пр}$ , В					
$U_{ск}$ , В					
$U_{св}$ , В					
$K_a$					
$K_{ф}$					
$\delta U_{В4-12}$ , %					
$\delta U_{В3-40}$ , %					
$\delta U_{В3-38}$ , %					

7.5.3. По результатам измерений, используя формулы (ПЗ.1) прил.3, (П4.1) прил.4 и (П5.1) прил.5 определить пиковое  $U_m$ , среднеквадратическое  $U_{ск}$ , средневыпрямленное  $U_{св}$  значения исследуемых напряжений, а также из формул (2.1) - коэффициенты амплитуды  $K_a$  и формы  $K_{ф}$ . Ис-

пользуя формулу (2.7) значения пределов инструментальных приведенных погрешностей вольтметров ВЗ-38, ВЗ-40, В4-12 (п.2 прил.3...5), пределы  $U_{пр В3-38}$ ,  $U_{пр В3-40}$ ,  $U_{пр В4-12}$ , определить пределы инструментальных относительных погрешностей  $\delta U_{В3-38}$ ,  $\delta U_{В3-40}$ ,  $\delta U_{В4-12}$ .

7.5.4. Тумблер включения макета М1 установить в выключенное положение. Выключить приборы В4-12, ВЗ-40, ВЗ-38, С1-72 и отключить их от макета М1.

7.6. Выполнить измерения в соответствии с п.6.6 лабораторного задания.

7.6.1. Подготовить к работе генератор Г4-117 и псофометр 12ХN047 согласно п.4 прил.1 и п.4 прил.7.

7.6.2. Переключатель ВАРИАНТ макета М2 установить в положение, соответствующее номеру варианта (бригады). Подключить через кабель к разъему ВХОД макета М2 разъем "3V" генератора Г4-117, к гнездам ВЫХОД макета М2 - гнезда симметричного входа ВХОД СИММ. псофометра 12ХN047.

7.6.3. Установить выходной сигнал генератора Г4-117  $U_r = 300$  мВ и частоту сигнала  $f_r = 20$  Гц. В псофометре 12ХN047 переключатель режимов измерения установить в положение ЛИН, переключатель пределов измерения - в положение "+10 дБ".

7.6.4. На макете М2 переключатель ВХОД-ВЫХОД установить в положение ВХОД и включить макет М2. Согласно п.5 прил.7 измерить значение уровня входного сигнала  $P_{овх}$  с помощью псофометра 12ХN047. Переключатель ВХОД-ВЫХОД перевести в положение ВЫХОД и измерить значение уровня выходного сигнала  $P_{овых}$ . Результаты измерения  $P_{овх}$  и  $P_{овых}$  занести в табл. 7.7.

Таблица 7.7

$f_r$ , кГц	0,02	0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	20,0
$P_{овх}$ , дБ								
$P_{овых}$ , дБ								
$\alpha_{ост}$ , дБ								
$\Delta\alpha_{ост}(l)$ , дБ								

7.6.5. Перестраивая частоту генератора Г4-117, провести измерения уровней  $P_{овх}$  и  $P_{овых}$  на всех частотах, заданных в табл. 7.7. Результаты измерений занести в табл. 7.7.

7.6.6. По результатам измерений выполнить следующие расчеты: определить по формуле (2.14)  $\alpha_{ост}$  и по формуле (2.15)  $\Delta\alpha_{ост}(f)$  для каждой частоты, на которой проводились измерения ( $f_0 = 1$  кГц).

7.7. Выполнить измерения в соответствии с п.6.7 лабораторного задания.

7.7.1. Установить частоту генератора Г4-117  $f_0 = 1$  кГц и, последовательно изменяя выходной сигнал генератора по напряжению, как указано в табл. 7.8, измерить значения уровней сигналов  $P_{овх}$  и  $P_{овых}$ . Результаты измерений  $P_{овх}$  и  $P_{овых}$  занести в табл. 7.8.

Таблица 7.8

$U_{г}$ , мВ	3000	2000	1000	500	100	50	10	5	1	0,5
$P_{овх}$ , дБ										
$P_{овых}$ , дБ										
$\alpha_{ост}$ , дБ										

7.7.2. По аналогии с операциями, приведенными в п.7.6.6, рассчитать

$\alpha_{ост}$

7.7.3. Построить характеристику зависимости  $\alpha_{ост}$  от  $P_{овх}$ :

$\alpha_{ост} = f_1(P_{овх})$ .

7.7.4. Выключить приборы Г4-117 и 12ХN047 и отключить их от макета М2.

## 8. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется на стандартных листах бумаги. Текст отчета должен содержать цель работы, лабораторное задание, всю необходимую информацию об изучаемых приборах (В7-28, В3-38, В3-40, В4-12, 12ХN047) и проделанной работе, выводы. Результаты измерений и расчетов сводятся в таблицы, которые должны соответствовать приведенным в методических указаниях. Отчет должен содержать рабочие

схемы и расчетные формулы, в соответствии с которыми проводился эксперимент и осуществлялась обработка полученных данных, а также условие и ход решения задачи, приведенной в п.5.5 настоящих методических указаний.

Сведения об используемых измерительных приборах должны быть оформлены по форме, приведенной в табл. 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Наименование прибора	Тип прибора	Заводской номер	Основные технические характеристики

## 9. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение электронных вольтметров, их достоинства и недостатки.
2. Классификация электронных вольтметров и их технические характеристики.
3. Типовые схемы электронных аналоговых вольтметров постоянного тока, их характеристика.
4. Цифровые вольтметры, реализующие импульсный метод преобразования с двухтактным интегрированием (принцип действия, достоинства и недостатки).
5. Типовые схемы электронных аналоговых вольтметров переменного тока, их характеристика.
6. Параметры входной цепи электронных аналоговых вольтметров переменного тока, их характеристика.
7. Типы детекторов, применяемых в электронных вольтметрах переменного тока (принцип действия, характеристики).
8. Характеристики напряжения сигналов переменного тока, их взаимосвязь.
9. Влияние формы кривой измеряемого напряжения на показания вольтметров.
10. Особенности измерений напряжений пиковыми вольтметрами.

8.4  
14.05.15

11. Порядок выбора вольтметра для измерения напряжения в радиотехнических цепях.
12. Абсолютная, относительная и приведенная погрешности приборов.
13. Класс точности приборов.
14. Проверка приборов в части определения погрешностей измерения.
15. Алгоритм обработки результатов наблюдений при косвенном измерении.
16. Специфические особенности измерения уровня напряжения в передающих трактах и требования, предъявляемые к измерителям уровня.
17. Типовая структурная схема измерителя уровня, градуировка его отсчетных шкал.
18. Исследование каналов связи с помощью измерителей уровня (снятие диаграммы уровней и определение остаточного затухания)
19. Снятие амплитудной и частотной характеристик канала связи с помощью измерителей уровня.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Елизаров А.С. Электрорадиоизмерения: Учебник для вузов по спец. "Радиотехника". - Мн.: Высшая школа, 1986. - 320 с.
2. Винокуров В.И., Каплин С.И., Петелин И.Г. Электрорадиоизмерения. - Высш. шк., 1986. - 351 с.
3. Мирский Г.Я. Электронные измерения. - М.: Радио и связь, 1986. - 440 с.
4. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. - М.: Радио и связь; 1985. - 368 с.
5. Кушнир Ф. В. Электрорадиоизмерения. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с.
6. СТ СЭВ 1052-78. Единицы измерения физических величин.
7. ГОСТ 23854-79. Измерители уровня. Общие технические требования и методы испытаний.
8. Кушнир Ф.В., Савенко В.Г., Верник С.М. Измерения в технике связи. - М.: Связь, 1976. - 432 с.
9. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. Б.П.Хромого. - М.: Радио и связь, 1986. - 423 с.

10. Никонов А.В., Папернов Л.Э. Измерители уровня звуковых сигналов. - М.: Радио и связь, 1981. - 112 с.

11. Рамбо В.С., Фарбер Ю.Д. Измерение характеристик многоканальных систем связи. - М.: Связь, 1977. - 272 с.

12. Технические описания и инструкции по эксплуатации измерительных приборов В7-28, В3-38, В3-40, В4-12, 12ХН047, С1-72, Г4-117.

13. Архипенко А.Г., Кострикин А.М., Реуцкий В.С. Методические указания по применению вычислительной техники для обработки результатов измерений. - Мн.: МРТИ, 1989. - 23 с.

14. Основы метрологии и стандартизации: Учебно-методическое пособие для индивидуальной работы студентов/Под общ. ред. С.В. Лялькова, Мн.: БГУИР, 1995. - 81 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ Г4-117

#### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Генератор Г4-117 предназначен для испытания и настройки различных широкополосных систем и устройств видеочастоты.

#### 2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

2.1. Диапазон генерируемых частот от 20 Гц до 10 МГц (шесть поддиапазонов). Основная погрешность установки частоты не превышает  $\pm(0,02f+1)$  Гц, на участке 100...200 Гц не более  $\pm(0,02f+4)$  Гц.

2.2. Выходное напряжение регулируется в пределах 100 мкВ ... 3 В ступенями через 10 дБ с помощью ступенчатого аттенюатора и плавно в пределах каждой ступени ручкой РЕГ.ВЫХ (выход "3 V"); в пределах (3...30) В - в диапазоне частот до 2 МГц (1...5 поддиапазоны) и (3...20) В - в диапазоне частот (2...10) МГц (6 поддиапазон) на выходе "30 V" только ручкой РЕГ.ВЫХ. Основная погрешность установки выходного напряжения по шкале стрелочного индикатора не превышает  $\pm 10\%$  от номинального конечного значения соответствующей шкалы.

### 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА

3.1. Структурная схема генератора Г4-117 приведена на рис. П1.1. Внешний вид и расположение органов управления на лицевой панели приведены на рис. П1.2.

3.2. RC-генератор выполнен по схеме с мостом Вина. Диапазон частот выбирается переключателем поддиапазонов МНОЖИТЕЛЬ - МГц, а рабочая частота ручкой ЧАСТОТА (Рис. П1.1, П1.2).

3.3. Синусоидальные колебания с RC-генератора поступают на регулируемый усилитель и усиливаются до 3 В усилителем ВЧ. Часть сигнала с усилителя ВЧ поступает на систему АРУ, детектируется и сравнивается с опорным уровнем  $U_{оп}$ . В результате вырабатывается постоянное напряжение, управляющее регулируемым усилителем. Таким образом, напряжение на выходе усилителя ВЧ определяется значением  $U_{оп}$ , которое устанавливается потенциометром РЕГ. ВЫХ.

3.4. Сигнал с усилителя ВЧ поступает через высоковольтный усилитель на выход "30V" и через ступенчатый аттенюатор на выход "3V". Уровень выходного сигнала измеряется вольтметром, который переключателем ВОЛЬТМЕТР включается на выход усилителя ВЧ (вход аттенюатора) или на выход высоковольтного усилителя (положение 1 или 2).

### 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

4.1. Перед началом работы с прибором по надписям на лицевой панели ознакомиться с назначением органов управления.

4.2. Установить ручку РЕГ. ВЫХ в крайнее левое положение.

4.3. Включить прибор в сеть при помощи соединительного шнура и установить тумблер в положение СЕТЬ. При этом должна загореться сигнальная лампочка. Прогреть прибор в течение 2...3 минут.

4.4. За время самопрогрева убедиться в работоспособности прибора. Для этого необходимо:

нажать одну из кнопок переключателя МНОЖИТЕЛЬ-МГц;

установить тумблер ВОЛЬТМЕТР в правое положение и, вращая ручку РЕГ. ВЫХ, убедиться в наличии напряжения на выходе "3V".

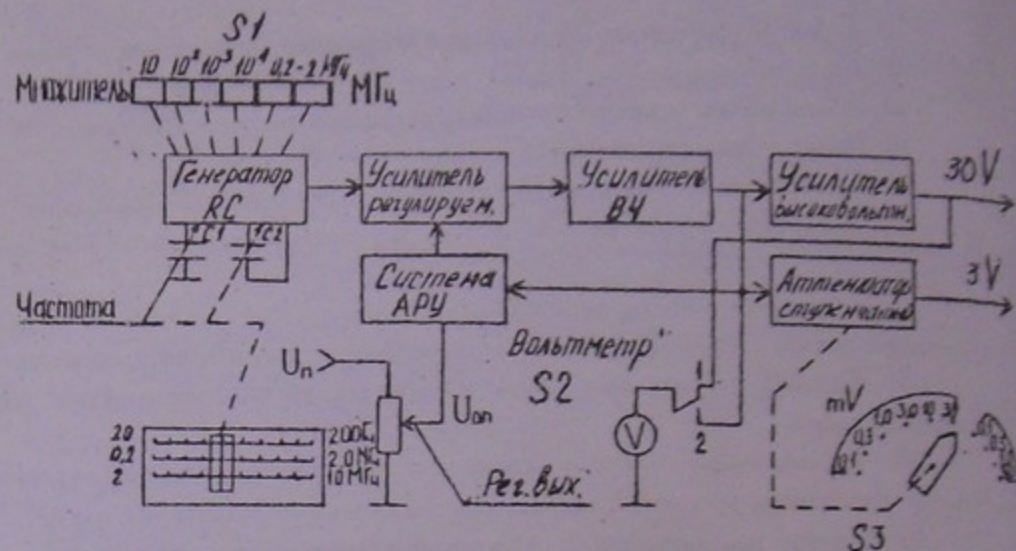


Рис. П1.1

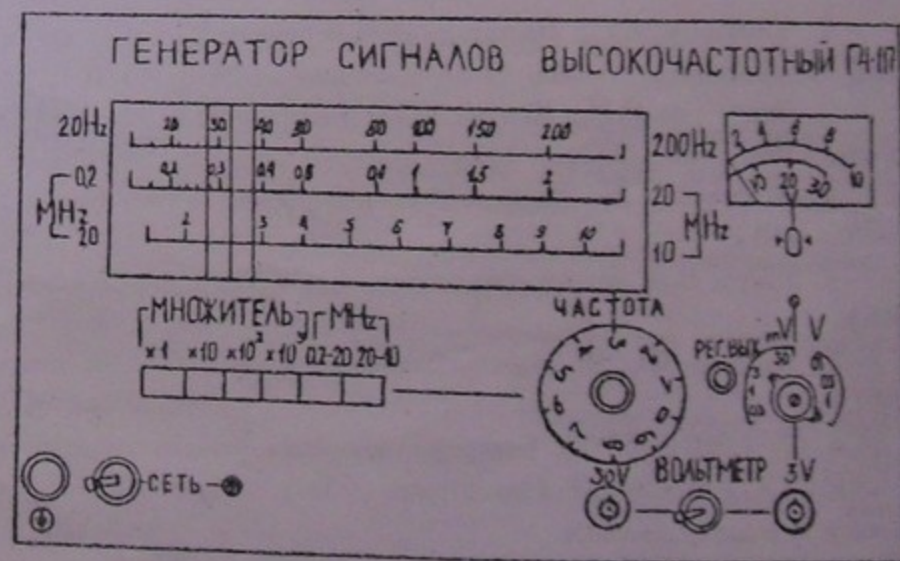


Рис. П1.2

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Установить необходимое значение частоты включением одного из поддиапазонов переключателем МНОЖИТЕЛЬ-МНz и ручкой ЧАСТОТА. Отсчет значения частоты в области 20 Гц...200 кГц (1...4-й поддиапазоны) осуществляется по верхней шкале с умножением на соответствующий множитель, а в области (0,2...2) МГц (5-й поддиапазон) и (2...10) МГц (6-й поддиапазон) - соответственно по средней и нижней частотным шкалам.

5.2. Подключить исследуемое устройство к выходу генератора "3V", если необходимое значение выходного напряжения не превышает 3,0 В, или к выходу "30V", если оно не более 3,0 В.

5.3. Установить необходимое значение выходного напряжения ступенчато ручкой аттенуатора и плавно ручкой РЕГ.ВЫХ при правом положении тумблера ВОЛЬТМЕТР, если используется выход "3V", или только ручкой РЕГ.ВЫХ при левом положении тумблера ВОЛЬТМЕТР, если используется выход "30V".

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ВОЛЬТМЕТР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ В7-28

#### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Вольтметр универсальный цифровой В7-28 предназначен для измерений постоянного и переменного напряжения, сопротивления постоянному току, отношения двух постоянных напряжений, отношения переменного напряжения к постоянному.

#### 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Вольтметр обеспечивает измерение постоянного напряжения положительной и отрицательной полярности в диапазоне от 1 мкВ до 1000 В на пределах измерений 0,1; 1; 10; 100; 1000 В.

2.2. Вольтметр обеспечивает измерение переменного напряжения в диапазоне от 100 мкВ до 300 В на пределах измерений 1; 10; 100; 300 В.

Диапазон частот измеряемого напряжения от 20 Гц до 100 кГц.

2.3. Основная относительная погрешность измерения переменного напряжения не превышает значений, приведенных в табл. П2.1.

Таблица П2.1

Частотный диапазон	(20...60) Гц	60 Гц ... 5 КГц	(5...20)-Гц	(20...100) кГц
Основная относительная погрешность измерения переменного напряжения $\delta$ , %	$\pm(0,25 + 0,15U_{пр}/U_v)$	$\pm(0,15 + 0,05U_{пр}/U_v)$	$\pm(0,35 + 0,05U_{пр}/U_v)$	$\pm(0,5 + 0,1U_{пр}/U_v)$

$U_{пр}$  - предел измерения по входу  $H_x$  вольтметра, В;

$U_v$  - показание вольтметра, В.

2.4. Вольтметр имеет следующие режимы работы:

ручной выбор пределов измерений;

автоматический выбор пределов измерений;

разовый запуск;

периодический запуск.

2.5. Входное сопротивление вольтметра по входу  $H_x$  при измерении переменного напряжения составляет  $(1,1 \pm 0,2)$  МОм на всех пределах измерений. Входная шунтирующая емкость не превышает 50 пФ, а со входным кабелем - не превышает 120 пФ.

#### 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

В основу принципа измерения постоянного напряжения положен метод двухтактного интегрирования. В основу принципа измерения сопротивления и переменного напряжения положен метод преобразования измеряемых величин в пропорциональное постоянное напряжение с дальнейшим измерением его по методу двухтактного интегрирования.

На рис. П2.1 приведена структурная схема универсального цифрового вольтметра и подключение его к объектам при измерении различных параметров, показаны основные функциональные узлы вольтметра, с помощью которых реализуются выбранные принципы измерения.



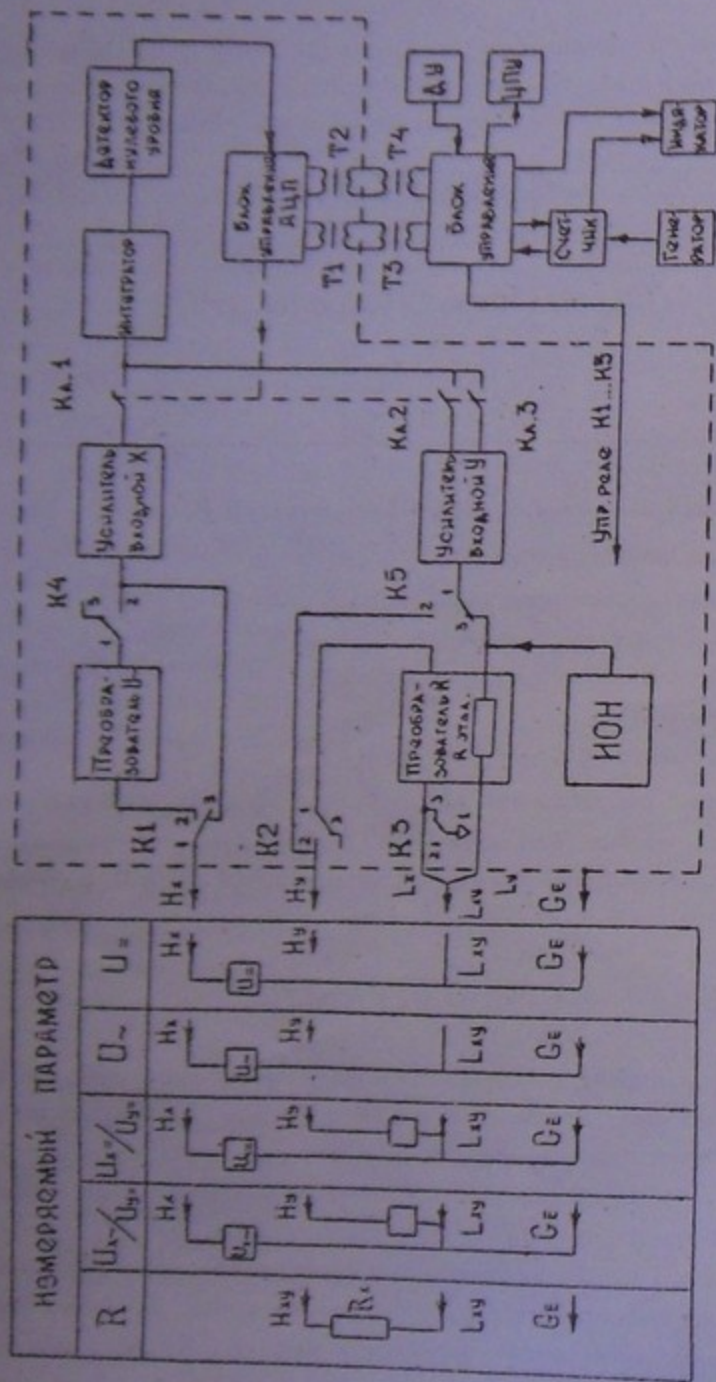


Рис. П2.1

Вольтметр состоит из двух основных частей: аналоговой и цифровой.

Аналоговая часть предназначена: для преобразования измеряемого постоянного напряжения в пропорциональный временной интервал; преобразования измеряемого переменного напряжения и сопротивления в пропорциональное постоянное напряжение; определения полярности измеряемого постоянного напряжения; передачи в цифровую часть информации о значении и полярности измеряемого постоянного напряжения.

Цифровая часть предназначена: для управления аналоговой частью; получения визуального отсчета измеряемых постоянного и переменного напряжения, сопротивления, отношений двух постоянных напряжений  $U_{x=} / U_{y=}$  и отношения переменного напряжения к постоянному напряжению  $U_{x~} / U_{y=}$ ; для вывода результата измерения на внешнее цифровое устройство (ЦПУ); обеспечения дистанционного управления (ДУ) работой вольтметра.

На рис. П2.1 аналоговая часть изображена внутри защитного экрана. Связь между аналоговой и цифровой частями осуществляется через импульсные трансформаторы Т1-Т4.

Измеряемое постоянное напряжение подключается к вольтметру с помощью зажимов  $H_x$  и  $L_{xy}$  входного кабеля. В режиме измерения постоянного напряжения реле К1-К5 находится в положении 3. Измеряемое напряжение подается на вход усилителя входного X. Выходной ток усилителя X, пропорциональный измеряемому постоянному напряжению, подается через замкнутый ключ Кл.1 на вход интегратора, находящегося в исходном (нулевом) состоянии, и заряжает интегратор в течение промежутка времени  $T_0$  (прямое интегрирование). После окончания прямого интегрирования выход усилителя входного X отключается от входа интегратора и при помощи ключей Кл.2 и Кл.3 в зависимости от полярности измеряемого напряжения подключается к одному из выходов усилителя входного Y.

Выходной опорный ток усилителя Y, пропорциональный опорному напряжению  $U_0$ , вырабатываемому источником опорного напряжения (ИОН), разряжает интегратор в течение промежутка времени  $T_x$  (обратное интегрирование).

Разряд интегратора происходит до тех пор, пока он не возвратится в исходное (нулевое) состояние, которое фиксируется детектором нулевого уровня (ДНУ).

Метод интегрирования описывается выражением

$$T_x = T_0 \cdot U/U_0,$$

где  $T_x$  - время обратного интегрирования;  $T_0$  - время прямого интегрирования;  $U$  - значение измеряемого напряжения;  $U_0$  - значение опорного напряжения.

Счетчик, считая количество импульсов генератора в течение времени  $T_x$ , дает возможность получить индикацию результата измерения в виде числа импульсов.

В режиме измерения сопротивления реле К1 и К4 переключаются в положение 2. Измеряемое переменное напряжение подключается с помощью зажимов  $H_x$  и  $L_{xy}$  входного кабеля на вход преобразователя  $U_{\sim}$ , где преобразуется в пропорциональное постоянное напряжение, которое, в свою очередь, измеряется описанным выше способом.

В режиме измерения сопротивления реле К1, К4, К5 переключаются в положение 3, реле К2, К3 - в положение 2. В режиме измерения отношения двух постоянных напряжений  $U_{x=}/U_{y=}$  реле К1-К4 находятся в положении 3, К5 - в положении 2. В режиме измерения отношения переменного напряжения к постоянному  $U_{x\sim}/U_{y=}$  реле К1, К4, К5 находятся в положении 2, реле К2, К3 - в положении 3.

#### 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

4.1. Включите тумблер в сеть при помощи соединительного шнура и установите тумблер СЕТЬ в положение ВКЛ. Прогреть прибор в течение 2...3 мин.

4.2. Установите переключатель пределов измерений в положение АВТ при работе в режиме автоматического выбора пределов измерений или положение "1000 (~300)" при работе в режиме ручного выбора пределов измерений.

#### 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

5.1. Для проведения измерений переменного напряжения: установите переключатель рода работы в положение "V~";

установите переключатель пределов измерений при работе в режиме ручного выбора предела измерений в положение, соответствующее значению измеряемого напряжения. При работе в режиме автоматического выбора пределов измерений переключатель пределов измерений установить в положение АВТ;

присоедините зажим  $G_E$  входного кабеля к зажиму  $L_{xy}$ ;

присоедините зажимы  $H_x$  и  $L_{xy}$  входного кабеля к измеряемому объекту;

произведите считывание результата измерений по индикаторному табло.

5.2. Для проведения измерения постоянного напряжения установите переключатель рода работы в положение "V=". В остальном методика проведения измерения аналогична приведенной в п.5.1 прил.2.

Внешний вид прибора приведен на рис. П2.2.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### МИЛЛИВОЛЬТМЕТР ВЗ-38

##### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Милливольтметр ВЗ-38 предназначен для измерения напряжения переменного тока.

##### 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Пределы измерения: 1, 3, 10, 30, 100, 300 мВ; 1, 3, 10, 30, 100 и 300 В.

2.2. Диапазон частот измеряемых напряжений: 20 Гц ... 5 МГц.

2.3. Основная приведенная погрешность прибора, выраженная в процентах от установленного предела измерения, не превышает  $\pm 2,5\%$  в поддиапазонах (1...300) мВ и  $\pm 4\%$  в поддиапазонах (1...300) В для диапазона частот 45 Гц ... 1 МГц.

2.4. Входное сопротивление не менее 5 МОм на пределах измерения (1...300) мВ и не менее 4 МОм на пределах измерения (1...300) В.

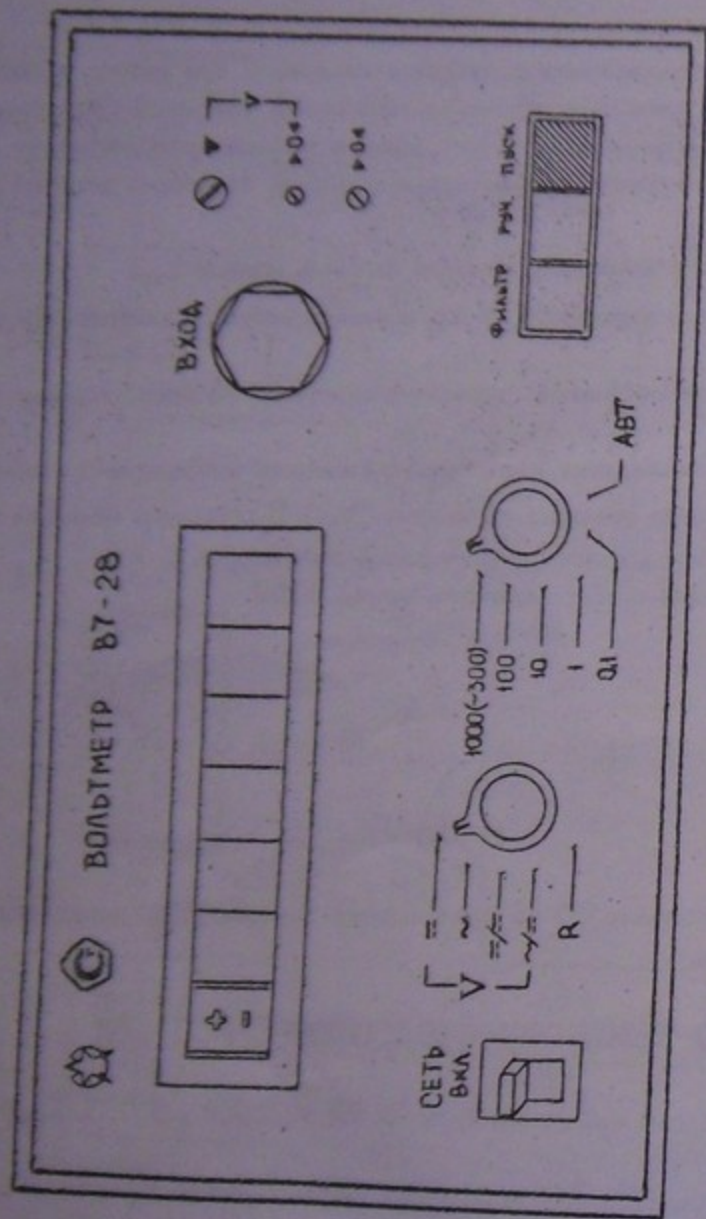


Рис. П2.2

2.5. Входная емкость не превышает 30 пФ на пределах измерения (1...300) мВ и не превышает 15 пФ на пределах измерения (1...300) В.

### 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

- 3.1. Милливольтметр В3-38 является электронным аналоговым вольтметром прямого преобразования.
- 3.2. Милливольтметр имеет детектор средневыпрямленного значения.
- 3.3. Шкала прибора проградуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения.
- 3.4. Вход прибора закрытый.
- 3.5. Структурная схема милливольтметра соответствует рис. 2.2,б.

### 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

- 4.1. Установить переключатель пределов измерения "30 В", включить питание (тумблер СЕТЬ в верхнем положении), прогреть прибор в течение 2...3 мин.
- 4.2. Подать исследуемый сигнал на вход прибора путем подключения входного кабеля к исследуемому участку электрической цепи.

### 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИБОРОМ

5.1. Согласовать прибор с параметрами исследуемого сигнала путем установки переключателя пределов измерения в положение, соответствующее уровню измеряемого напряжения (стрелка индикатора должна оказаться за пределами первой трети отсчетной шкалы).

5.2. Измерить  $U_{св}$  исследуемого сигнала путем снятия показаний прибора  $U_v$  и вычисления

$$U_{св} = U_v / 1,11. \quad (П3.1)$$

Внешний вид прибора приведен на рис. П3.1.

МИКРОВОЛЬТМЕТР ВЗ-40

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Микровольтметр ВЗ-40 предназначен для измерения напряжения переменного тока произвольной формы.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 2.1. Пределы измерения: 0,03; 0,1; 0,3; 1; 3; 10; 30; 100; 300 мВ; 1; 3; 10; 30; 100; 300 В.
- 2.2. Диапазон частот измеряемых напряжений: 5 Гц...5 МГц.
- 2.3. Основная приведенная погрешность прибора, выраженная в процентах от установленного предела измерения, не превышает  $\pm 1,5\%$  на пределах (1...300) мВ,  $\pm 2,5\%$  на пределах (0,1...0,3) мВ, (1...300) В и  $\pm 4\%$  на пределе 0,03 мВ в диапазоне частот 45 Гц ... 1 МГц.
- 2.4. Входное сопротивление прибора не менее 2,5 МОм.
- 2.5. Входная емкость не превышает 30 пФ на пределах (0,3...300) мВ и 15 пФ на пределах (1...300) В.

3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

- 3.1. Микровольтметр ВЗ-40 является электронным аналоговым вольтметром прямого преобразования.
- 3.2. Микровольтметр имеет детектор среднеквадратического значения.
- 3.3. Шкала прибора проградуирована в среднеквадратических значениях напряжения произвольной формы.
- 3.4. Вход прибора закрытый.
- 3.5. Структурная схема микровольтметра соответствует рис. 2.2,6.

4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

- 4.1. Установить переключатель пределов в положение "300 В", включить питание (тумблер СЕТЬ в верхнем положении), прогреть прибор в

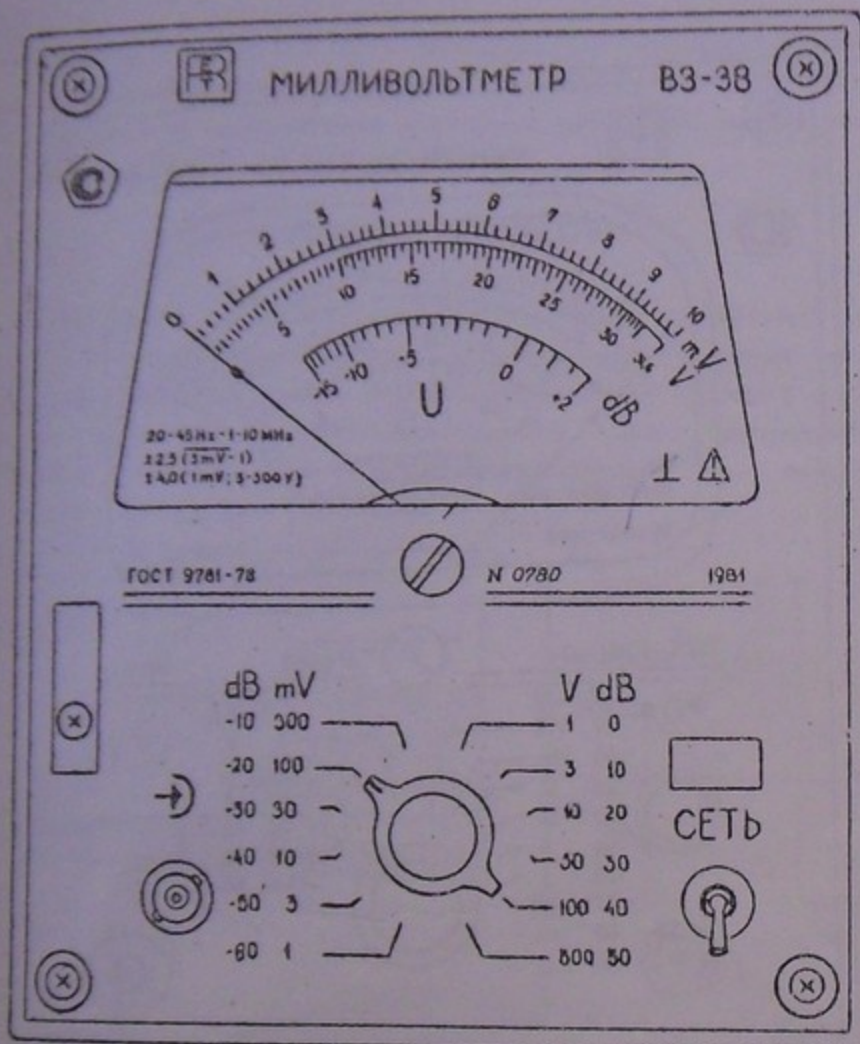


Рис. ПЗ.1

течение 2...3 минут, установить стрелку прибора ручкой "▷0◁" на зачерченный сектор шкалы.

4.2. Подать исследуемый сигнал на вход прибора путем подключения входного кабеля к исследуемому участку электрической цепи.

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИБОРОМ

5.1. Согласовать прибор с параметрами исследуемого сигнала путем установки переключателя пределов измерения в положение, соответствующее уровню измеряемого напряжения (стрелка индикатора должна оказаться за пределами первой трети отсчетной шкалы).

5.2. Измерить  $U_{ск}$  исследуемого сигнала путем снятия показания прибора:

$$U_{ск} = U_v \quad (П4.1)$$

Внешний вид прибора приведен на рис. П4.1.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### МИЛЛИВОЛЬТМЕТР ИМПУЛЬСНОГО ТОКА В4-12

#### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Милливольтметр В4-12 предназначен для измерения амплитудных значений видеосигналов прямоугольной формы положительной и отрицательной полярности, отсчитываемых от линии среднего значения, а также амплитуд синусоидальных напряжений.

#### 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Пределы измеряемых значений напряжений: 3, 10, 30, 100, 300, 1000 мВ.

2.2. Основная приведенная погрешность, выраженная в процентах от конечного значения рабочей части шкалы, не превышает  $\pm 4\%$  при измерении амплитуды напряжений видеосигналов длительностью от 0,4 до 300 мкс и амплитуды синусоидальных напряжений в области частот от 500 Гц до 1 МГц, а также не превышает  $\pm 6\%$  при измерении импульсов

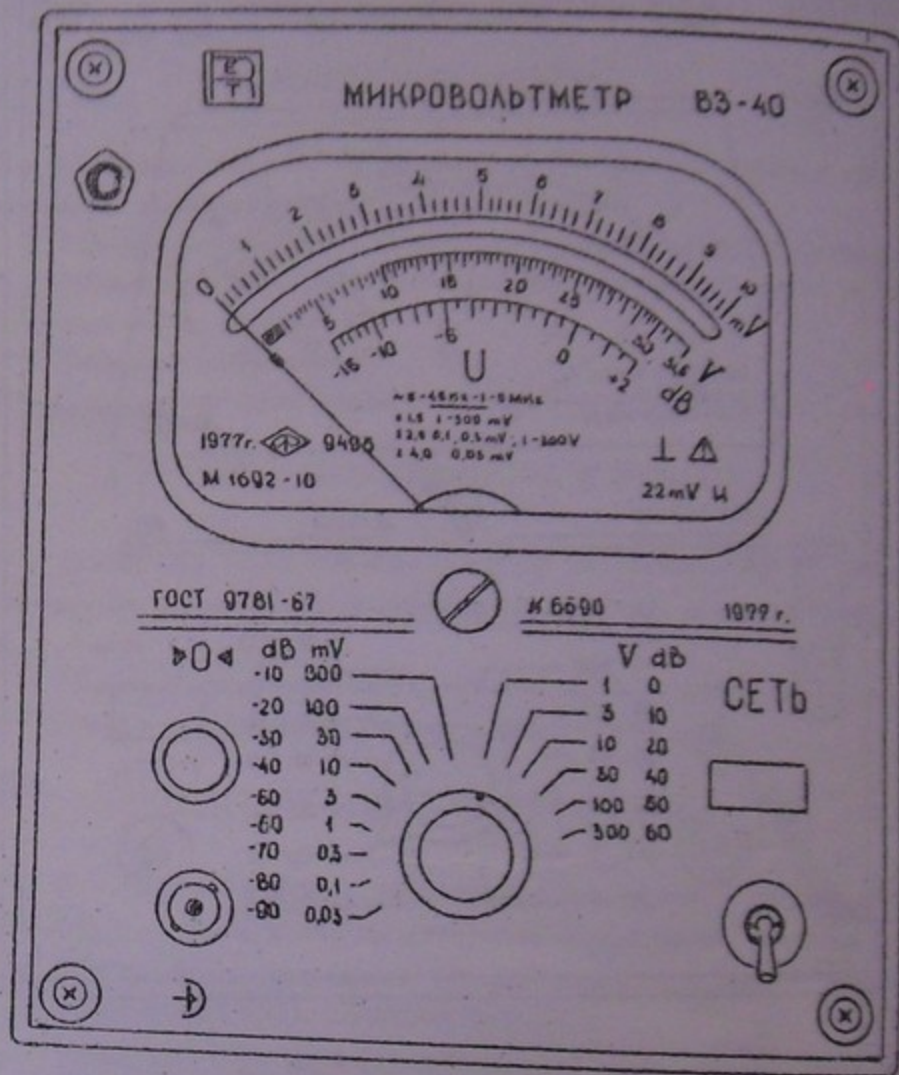


Рис. П4.1

длительностью от 0,1 до 0,4 мкс и амплитуды синусоидальных напряжений в расширенной области частот выше 1 МГц до 5 МГц.

2.3. Входное сопротивление прибора не менее 1 МОм, входная емкость не более 10 пФ.

### 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Структурная схема милливольтметра В4-12 соответствует схеме рис. 2.2,6. Милливольтметр содержит детектор пикового значения, его шкала проградуирована в пиковых значениях напряжения. Детектор пикового значения выполнен по автокомпенсационной схеме, приведенной на рис. П5.2,а. Принцип работы детектора поясняется временными диаграммами, приведенными на рис. П5.2,б.



Рис. П5.2

С приходом измеряемого импульса заряжается один из конденсаторов формирователя импульсов. После окончания импульса он медленно разряжается через резистор, обеспечивая появление на выходе формирователя импульсов, наличие расширенных импульсов, длительность которых определяется амплитудой входного импульса. Усилитель усиливает импульсы до уровня, при котором их постоянная составляющая окажется равной амплитуде входного импульса. Управление коэффициентом усиления осуществляется сигналом на выходе схемы сравнения. Формирователь компен-

сационного напряжения формирует напряжение постоянного тока, равное постоянной составляющей импульсного сигнала на его входе.

### 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

4.1. Установить максимальный предел измерения 1000 мV, включить питание прибора (тумблер СЕТЬ в верхнем положении), прогреть прибор в течение 2...3 минут, установить электрический нуль прибора (вращая нажатую ручку БАЛАНС).

4.2. Подать исследуемый сигнал на вход прибора путем подключения входного кабеля к исследуемому участку электрической цепи.

### 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИБОРОМ

5.1. Согласовать прибор с параметрами исследуемого сигнала путем установки переключателей РОД РАБОТЫ и ПОЛЯРНОСТЬ в положения, соответствующие форме, длительности и полярности (при импульсных сигналах) исследуемого сигнала, и установить переключатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМ. мV в положение, соответствующее уровню исследуемого сигнала (стрелка прибора должна находиться за пределами первой трети отсчетной шкалы).

5.2. Измерить амплитудное значение  $U_m$  переменной составляющей исследуемого сигнала путем отсчета показаний прибора:

$$U_m = U_v \quad (\text{П5.1})$$

### ПРИЛОЖЕНИЕ 6

#### ОСЦИЛЛОГРАФ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ С1-72

##### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1. Осциллограф С1-72 предназначен для визуального наблюдения изменения напряжения электрических сигналов во времени, а также для измерения их амплитудных и временных параметров.

1.2. При выполнении лабораторной работы осциллограф С1-72 используется только для визуального наблюдения электрических сигналов.

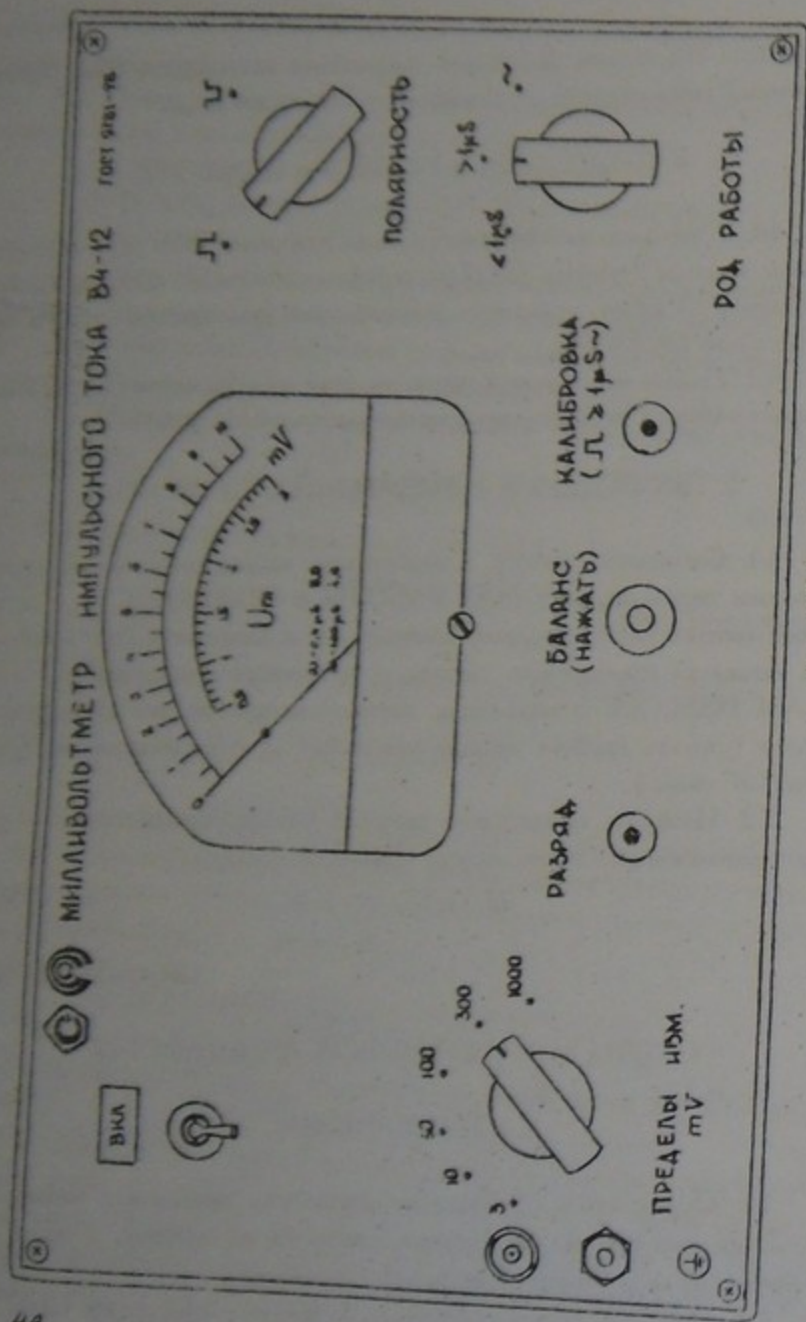


Рис. П5.1

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 2.1. Рабочая часть экрана не более 40 мм по вертикали и 80 мм по горизонтали.
- 2.2. Полоса пропускания канала вертикального отклонения: при открытом входе от постоянного тока до 10 МГц; при закрытом входе от 5 Гц до 10 МГц.
- 2.3. Максимальная чувствительность канала вертикального отклонения 0,3 мм/мВ. Максимальная амплитуда исследуемого сигнала 60 В.
- 2.4. Коэффициент отклонения луча по вертикали калиброван и устанавливается ступенями от 20 мВ/дел до 10 В/дел (0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 В/дел).
- 2.5. Осциллограф может работать в режимах непрерывной и ждущей разверток, а также в режиме развертки внешним сигналом.
- 2.6. Синхронизация генератора развертки может осуществляться исследуемым сигналом (внутренняя синхронизация), внешним синусоидальным или импульсным частотой от 5 Гц до 10 МГц и амплитудой от 0,3 до 3 В (внешняя синхронизация), а также напряжением питающей сети.
- 2.7. Диапазон калиброванных длительностей развертки от 50 мс/дел до 0,05 мкс/дел (50; 20; 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,2; 0,1 мс/дел; 50; 20; 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,2; 0,1; 0,05 мкс/дел).

## 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Прибор С1-72 является типичным универсальным электронно-лучевым осциллографом. Принципы работы электронно-лучевых осциллографов рассмотрены в методических указаниях к лабораторной работе Э4.Б.

## 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

- 4.1. Нажать кнопку СЕТЬ, подключить вилку шнура питания к питающей сети, установить ручку "⊕" (фокусировка луча), "\*" (яркость луча) в среднее положение, установить ручку СТАБИЛЬНОСТЬ в крайнее правое положение (непрерывный режим работы генератора развертки), установить ручку ВРЕМЯ/ДЕЛЕН. в положение "0,1 мS", отжать кноп-

ку ВХОД X, установить ручку переключателя ВОЛЬТ/ДЕЛЕН. в положение "10".

4.2. Включить питание прибора (кнопка сеть наката), прогреть прибор в течение 2...3 минут, установить в середине экрана четкую горизонтальную линию с помощью ручек "↕", "↔", "⊕" и "⊗", подключить к гнезду ВХОД Y кабель.

4.3. Подать исследуемый сигнал на вход прибора путем подключения входного кабеля к исследуемой электрической цепи.

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИБОРОМ

Согласовать прибор с параметрами исследуемого сигнала путем выбора входа (кнопка "⊗" отжата - закрытый вход), выбрать ослабление Y канала (ручка переключателя ВОЛЬТ/ДЕЛЕН. в положении, при котором яркая горизонтальная полоса занимает наибольшую часть экрана, не выходя за его пределы), выбрать запуск генератора развертки (внутренняя синхронизация - нажата кнопка "⊕", выбрать параметры развертывающего сигнала (ручка "ВРЕМЯ/ДЕЛЕН. в положении, при котором изображение 2-3 периодов исследуемого сигнала медленно перемещается на экране), обеспечить неподвижность изображения исследуемого сигнала (ручка УРОВЕНЬ в крайнем левом положении, ручка СТАБИЛЬНОСТЬ - в положении, при котором исчезает изображение с экрана осциллографа, затем поворот ручки УРОВЕНЬ вправо до появления устойчивого изображения исследуемого сигнала).

Внешний вид прибора приведен на рис. 6.1.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ПСОФОМЕТР 12ХN047

#### 1. НАЗНАЧЕНИЕ

Псофометр 12ХN047 предназначен для измерения псофометрических уровней и напряжений в телефонных и радиовещательных цепях и в цепях с линейной частотной характеристикой.

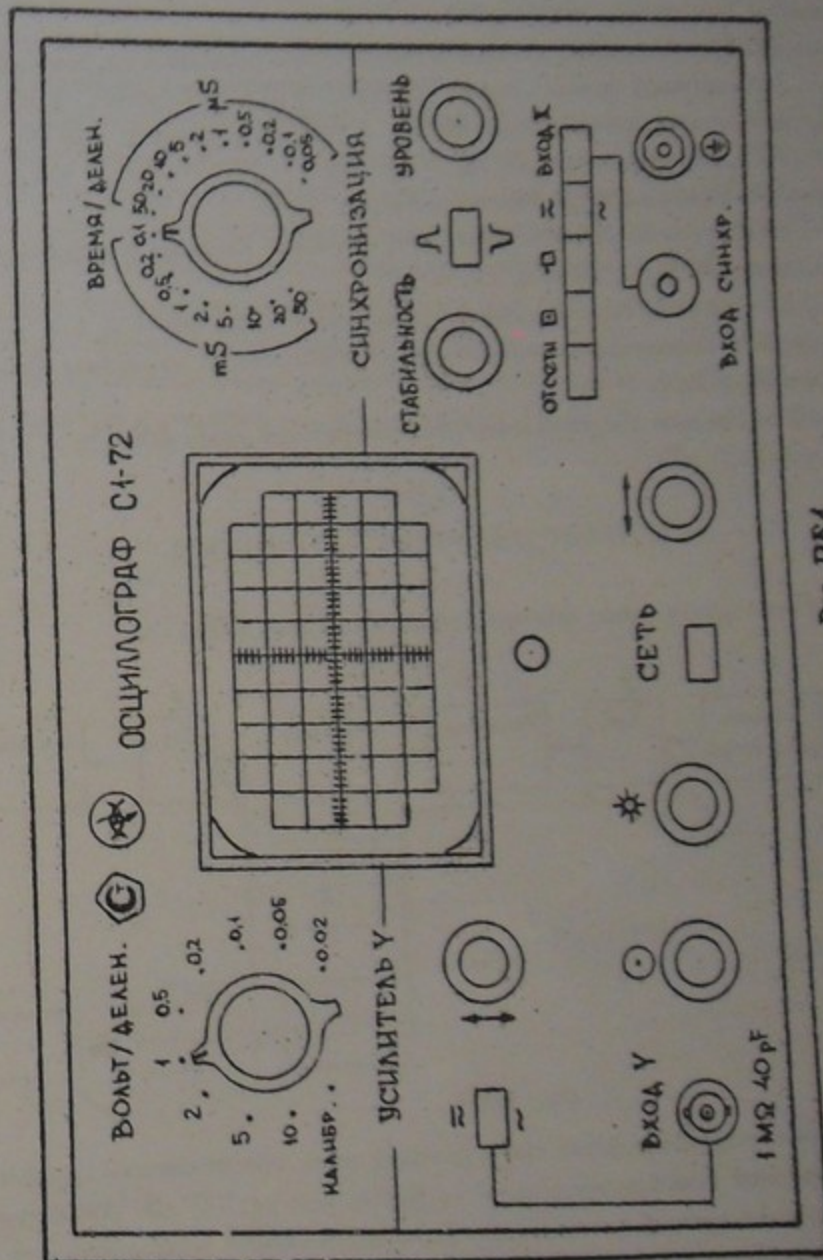


Рис. П6.1



## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

- 2.1. Пределы измерения псофометрических уровней и напряжений: в телефонной полосе - минус 90 дБ ... +12 дБ (30 мкВ ... 3 В); в полосе вещания - минус 80 дБ ... +22 дБ (100 мкВ ... 10 В).
- 2.2. Диапазон частот 20 Гц ... 20 кГц.
- 2.3. Основная погрешность измерения  $\pm 2\%$ .
- 2.4. Дополнительная погрешность, вносимая входным делителем в полосе частот 20 Гц ... 20 кГц,  $\pm 5\%$ .
- 2.5. Входное сопротивление симметричного входа  $600\ \text{Ом} \pm 2\%$ , закороченного относительно корпуса симметричного входа на частоте 800 Гц - 200 кОм.
- 2.6. Входное сопротивление несимметричного входа  $600\ \text{Ом} \pm 2\%$  и 100 кОм/150 пФ.

## 3. ПРИНЦИП РАБОТЫ ПРИБОРА

Структурная схема прибора приведена на рис. П7.1.

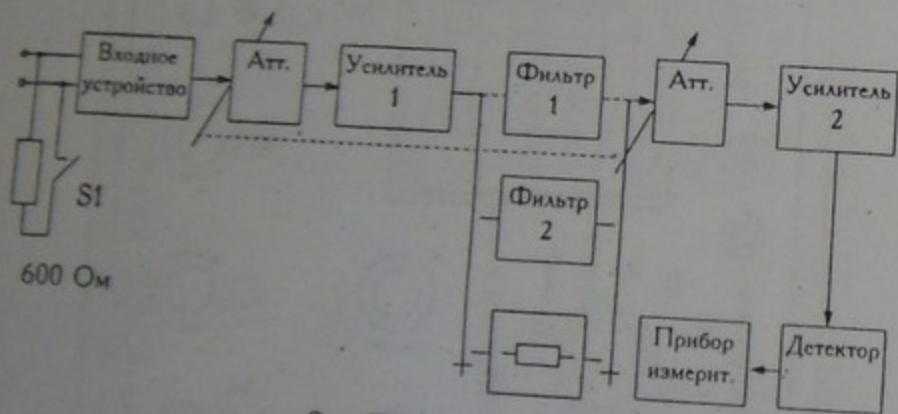


Рис. П7.1

Входное устройство имеет симметричный вход, обеспечивающий подавление продольной (сифазной) помехи не менее, чем на 100 дБ. Для согласованного подключения к измеряемой цепи высокоомный вход шунтируется резистором (сопротивлением 600 Ом), который подключается ключом 1. Атенуатор "Атт" позволяет вносить затухание до 90 дБ ступенями по

10 дБ. После первой секции аттенуатора и промежуточного усилителя 1 можно по выбору включить псофометрический вещательный фильтр Ф1 или телефонный фильтр Ф2, либо включить резистор для внесения эквивалентного затухания при использовании псофометра в качестве вольтметра. Среднеквадратический детектор, включенный после выходного усилителя У2, обеспечивает суммирование частотных составляющих сигналов с амплитудой, в 3-4 раза превышающей эффективное значение. Требуемое значение постоянной времени обеспечивается использованием в качестве показывающего прибора микроамперметра с облегченной подвижной системой.

Вид лицевой панели прибора приведен на рис. П7.2.

## 4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

- 4.1. Ознакомиться с расположением и назначением органов управления, расположенных на лицевой панели прибора.
- 4.2. Тумблер СЕТЬ установить в нижнее положение и подключить кабель питания и соединительный кабель (к гнездам ВХОД СИММ.).
- 4.3. Переключатель пределов измерения установить в положение "0 дБ".
- 4.4. Включить прибор и прогреть в течение 2...3 минут.
- 4.5. Переключатель режима измерения установить в положение УСТ. НУЛЯ и потенциометром УСТ. НУЛЯ установить стрелку прибора на нулевую отметку шкалы в мВ.
- 4.6. Переключатель режима измерения перевести в положение УСТ, переключатель пределов измерения установить в положение УСТ и установить стрелку прибора на калибровочную риску (под шкалой в дБ).

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПРИБОРОМ

- 5.1. Переключатель пределов измерения установить в правое положение "+10 дБ" и на входные зажимы подать измеряемый сигнал.
- 5.2. Переключатель режимов измерения установить в одно из положений РАДИО, ТЕЛЕФОН, ЛИН. в зависимости от режима измерения.
- 5.3. Переключатель "200 мс - 1 с" установить в положение, соответствующее требуемой постоянной времени прибора. Для точного определения

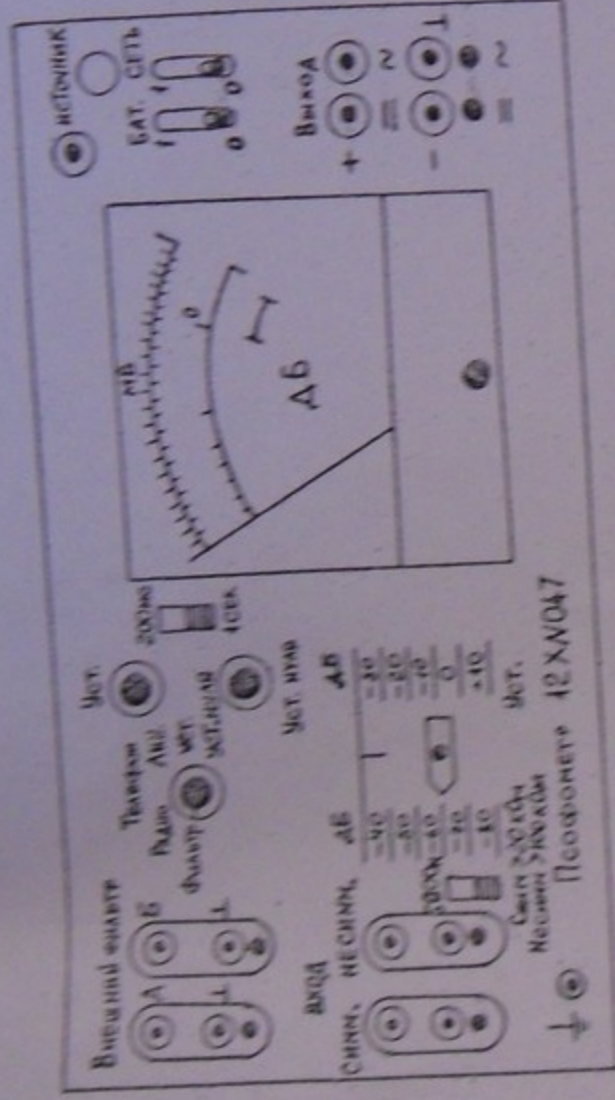


Рис. П7.2

величины пофотометрически напряжений, содержащих импульсы устанавливается газом с малой постоянной времени. Для камерной экспозиции выдержки выбирается постоянная времени 1 с.

5.4. Переключателем "600 Ом - 20 кОм" установить значение видимого сопротивления прибора "600 Ом".

5.5. Повернув переключателя пределов камерной протки часовой стрелки, добиться максимального отклонения стрелки на шкале прибора.

5.6. Измеренное значение определяется путем сложения показаний стрелочного прибора и положения переключателя пределов камерной. При положении переключателя режимов работы ЛИН., ТЕЛЕФОН, ВНЕШН. ФИЛЬТР следует ориентироваться на черные цифры переключателя пределов камерной, а при положении РАДИО - на красные цифры.