

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
по высшему образованию
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждаю Зав каф. ИИТ
_____ Гольдштейн А.Е..
_____ 2009г.

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИБОРАМИ СРАВНЕНИЯ.
ПОВЕРКА ПРИБОРОВ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.

Методические указания к подготовке и выполнению лабораторной
№ 3 по курсу “Аналоговые измерительные устройства” для студентов
направления 200100 - “Приборостроение”, специальности
“Информационно-измерительная техника и технологии”

Томск 2009.

УДК 31.221. Измерение электрических величин приборами сравнения. Поверка приборов средств измерений. Методические указания к выполнению лабораторной работы N 3 для студентов направления “Приборостроение”.- Томск: Изд. ТПУ. 2009 г.

Составитель: доцент, к.т.н. Миляев Д.В.

Рецензент: доцент, к.т.н.Винокуров Б.Б.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры Информационно-измерительной техники.

“ _____ ” _____ 2009 г.

Зав.кафедрой ИИТ

Профессор Гольдштейн А.Е..

ВВЕДЕНИЕ

Приборы для измерения электрических величин, основанные на использовании метода измерения - метода сравнения, получили соответственно название приборов сравнениями или приборов уравнивающего преобразования.

В случае измерения напряжений приборы сравнения называются компенсаторами или потенциометрами.

Метод сравнения основан на компенсации неизвестного напряжения известным, компенсирующим напряжением, так чтобы в цепи сравнения выполнялось равенство: $U_x - U_k = 0$, где U_x и U_k - неизвестное и компенсирующее напряжения.

Таким образом измеряются токи и напряжения в цепях постоянного и переменного тока. Компенсирующая величина - ток или напряжение обычно организуются с помощью образцовых мер, а поэтому потенциометры отличаются высокой точностью измерения. Потенциометры постоянного тока используются, главным образом, при проверке других приборов. Образцовым источником постоянного напряжения является нормальный элемент - образцовая мера ЭДС. Временная нестабильность его ЭДС составляет 0,0001 - 0,001 % в час., класс точности 0,0005 - 0,02.

На переменном токе источниками образцовых напряжений являются специальные генераторы - калибраторы, вырабатывающие напряжение определенной формы, обычно синусоидальной, различной частоты и с нормированной амплитудой. Для создания набора мер переменных напряжений генераторы - калибраторы снабжаются прецизионными делителями и усилителями переменного напряжения.

Метод сравнения на переменном токе непосредственно реализуется на низких частотах, когда еще незначительно проявляются фазовые искажения в соединительных проводниках, а в качестве образцовых мер используются высокоточные электродинамические вольтметры или амперметры.

В данной лабораторной работе студентам предлагается изучить потенциометр постоянного тока при использовании его в качестве поверочного средства при проверке магнитоэлектрического прибора и регистрирующего потенциометра КСП4. Вторая часть работы связана непосредственно с проверкой приборов напряжения на переменном токе с помощью генератора - калибратора. Работа рассчитана на несколько академических занятий в зависимости от числа проверяемых приборов. Полный объем лабораторной работы рассчитан на 24 часа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Под ред. А.В.Фремке и Е.М.Душина. - Л.: Энергия, 1980. - 392 с., ил.
2. Аналоговые электроизмерительные приборы/Ф.С.Дмитриев, Е.А.Киселев и др.; Под ред. Д.А.Преображенского. - М.:Высшая школа, 1979.

Задание для самостоятельной работы:

- Изучить потенциометры постоянного и переменного тока.
- Изучить регистрирующие приборы.
- Изучить ГОСТ 8.401 - 80.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 3

“Измерение электрических величин приборами сравнения. Поверка средств измерений”.

1. **Цель работы:** научиться пользоваться приборами сравнения и усвоить приемы поверки средств измерений.
2. **Программа работы.**
 - 2.1. Ознакомиться с рекомендуемой литературой и выполнить задание самостоятельной работы.
 - 2.2. Изучить технические характеристики и принцип действия средств измерений, используемых в данной лабораторной работе. Ответить на контрольные вопросы по средствам измерения.
 - 2.3. Произвести поверку магнитоэлектрического микроамперметра с помощью потенциометра постоянного тока с ручным уравниванием. Определить погрешности измерений микроамперметра и установить его класс точности.
 - 2.4. Измерить внутреннее сопротивление микроамперметра с помощью потенциометра.
 - 2.5. Измерить токи и напряжения по п.2.3 с помощью цифрового прибора ВК2-20 и определить погрешности измерений.
 - 2.6. Произвести поверку регистрирующего потенциометра постоянного тока и цифрового вольтметра ВК2- 20.
 - 2.7. Определить динамические характеристики КСП4: измерить время пробега шкалы и снять частотную характеристику (АЧХ).
 - 2.8. Изучить методику поверки средств измерений с помощью генератора - калибратора В1-20.
 - 2.9. Произвести поверку приборов: вольтметров переменного тока ВЗ-38, ВЗ-48 и цифрового вольтметра В7-16 (Количество поверяемых пределов измерения указывается преподавателем).
 - 2.10. Внести данные поверки приборов в таблицы и определить классы точности поверенных пределов измерений.
 - 2.11. Оформить отчет по работе и выдать рекомендации по соответствию приборов их паспортным характеристикам.

Объекты измерения и исследования

3.1. Потенциометр постоянного тока с ручным уравниванием Р4833. Прибор универсальный измерительный Р4833 предназначен для измерения сопротивлений, постоянных ЭДС и напряжений и поверки приборов.

Класс точности при использовании в качестве:

- моста постоянного тока 0,1;
- потенциометра постоянного тока 0,05;
- магазина сопротивления 0,02/1,5 10^{-4} .

Диапазон измерений:

- моста от 10^{-4} до 10^6
- потенциометра от 0 до 111,10 мВ.
- пятидекадного магазина сопротивлений от 0,015 до 1111,10 Ом.

При использовании прибора в качестве потенциометра предел допускаемой основной погрешности, выраженной в вольтах, определяется по формуле:

$$U_x = \pm 5 \cdot 10^{-4} (0,1U_n + U_x), \quad \text{где } U_n - \text{нормирующее значение } (U_n = 0,1 \text{ В})$$

U_x - показания потенциометра в вольтах.

Дополнительная погрешность при использовании прибора в качестве потенциометра не превышает основную погрешность при изменении температуры на каждые 10°C в пределах рабочих температур от 10 до 35°C .

Питание потенциометра осуществляется от встроенных источников с напряжением от $1,2$ до $1,65 \text{ В}$. Время установления рабочего режима прибора не должно превышать 15 минут после включения питания.

Устройство и принцип действия потенциометра. Электрическая схема потенциометра, представлена на рис.1.

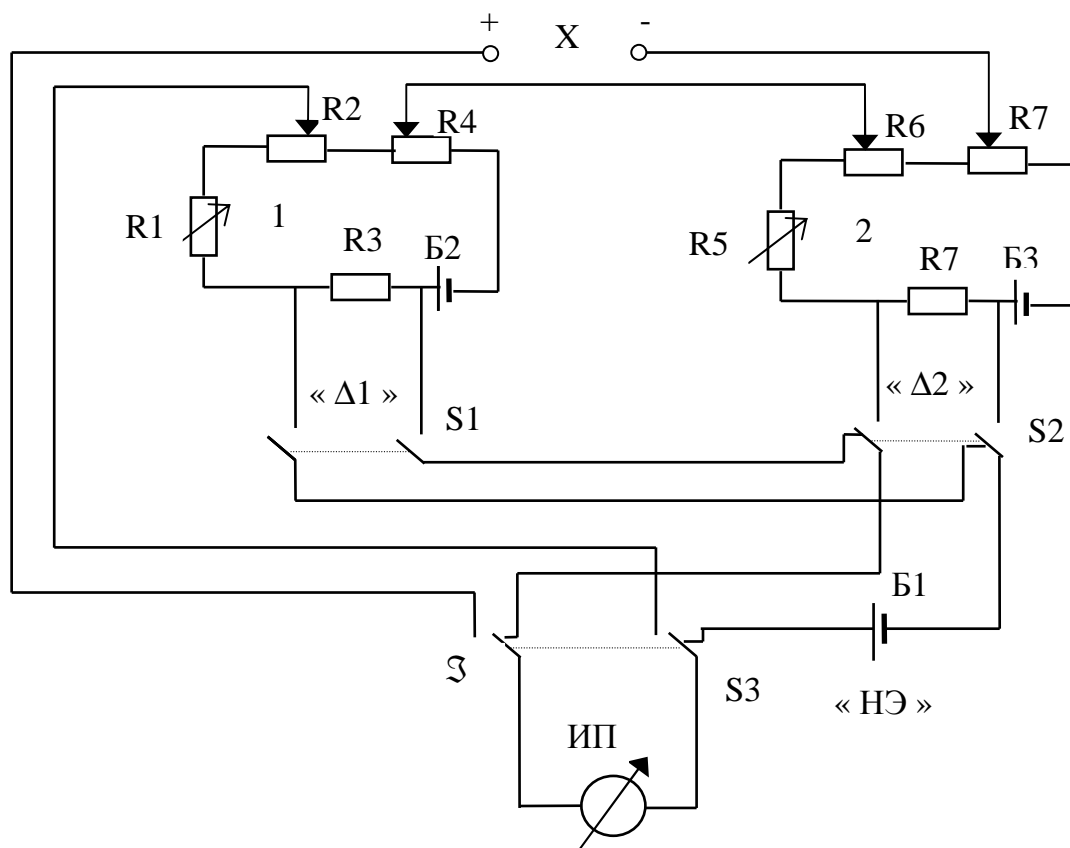


Рис. 1

Потенциометр имеет две рабочие цепи, два контура уравновешивания. В каждом контуре от источников Б2 и Б3 протекает рабочий ток, строго определенной величины (1mA).

Для установки рабочего тока в каждом контуре используется мера напряжения - нормальный элемент, ЭДС которого строго постоянна при неизменной температуре внешней среды с погрешностью до 4-го знака.

$E_{н.э.} = 1.01$ В, т. е. в пределах (1.0184 - 1.0194) В.

Два последних знака зависят от температуры и определяются по графику температурной зависимости ЭДС нормального элемента.

Установка рабочего тока производится путем регулирования тока установочными резисторами R1 и R5.

При включении S1 падение напряжения U_R сравнивается с ЭДС нормального элемента, т.е.

$$I_{p1} R_3 - E_{н.э.} = \Delta U,$$

где: I_{p1} - рабочий ток первого контура.

ΔU - напряжение некомпенсации, приложенное к индикатору ИП (гальванометру).

Регулируя I_{p1} добиваются минимальных (нулевых) показаний гальванометра.

При $\Delta U = 0$

$$I_{p1} = \frac{E_{н.э.}}{R_3}$$

Таким же образом регулируют ток во втором контуре. При этом замыкают S2 и регулируют R5. Периодически токи контролируют при нажатой кнопке:

“Δ1” - контроль тока первого контура.

“Δ2” - контроль тока второго контура.

Установка рабочих токов осуществляется регулировками “1 ▽ и ▽ ▽” - первого контура и “2 ▽ и ▽ ▽” - второго контура, грубо и точно.

Измерение неизвестного напряжения, которое подается на вход X с соблюдением полярности, производится так же как и при установке рабочего тока путем сравнения неизвестного напряжения с падением напряжения на декадных резисторах R2, R4, R6, R8. Индикатор компенсации ИП необходимо при этом подключить с помощью S3 на “1” измерение.

Регулируя декадные сопротивления добиваются нулевых показаний индикатора.

Таким образом: $U_x = U_k$, где U_k - компенсирующее напряжение, составленное из падений напряжений на декадных сопротивлениях.

3.2. Автоматический регистрирующий потенциометр (компенсатор) КСП 4.

Функциональная схема автоматического потенциометра приведена на рис.2.

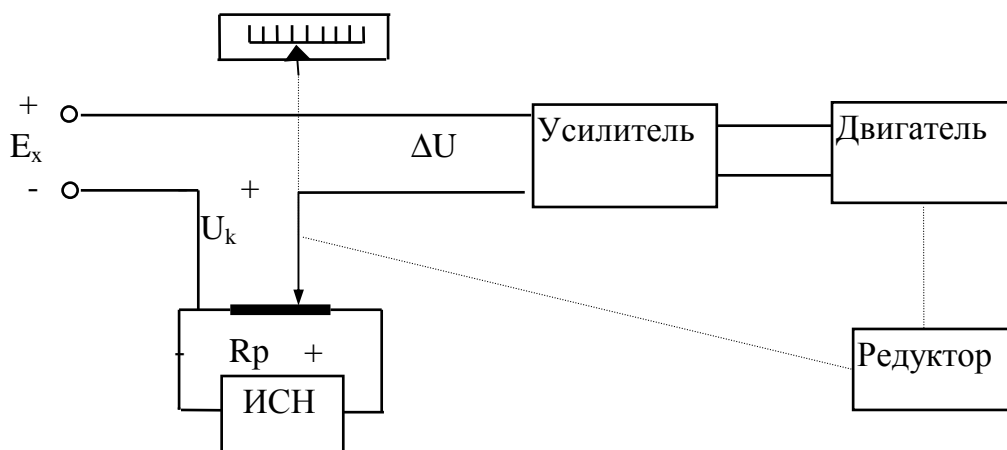


Рис.2.

Измерение E_x производится путем сравнения неизвестного напряжения с известным падением напряжения на калиброванном реохорде R_p . Уравновешивание производится автоматически, с помощью двигателя: разностное напряжение ΔU , усиленное и преобразованное в переменное напряжение подается на управляющую обмотку двигателя. Двигатель через редуктор имеет механическую связь с движком реохорда. Вращение двигателя, а вместе с ним перемещение реохорда происходит до тех пор, пока не исчезает некомпенсация ΔU . Если входное напряжение E_x равно нулю, движок реохорда смещается влево ($U_k = 0$). Максимальное измеряемое напряжение соответствует падению напряжения на всем реохорде. Зоной нечувствительности автоматического потенциометра является порог чувствительности усилителя и проволочного реохорда, у которого порог определяется шириной витка.

Для питания измерительной цепи в автоматических потенциометрах применяют стабилизированный источник питания ИПСЗ-014, с классом точности 0,1; выходным напряжением 5В и сопротивлением нагрузки 1кОм. Усилитель некомпенсации представляет высокочувствительное устройство, состоящее из преобразователя постоянного напряжения в переменное с частотой промышленной сети, и фазочувствительного усилителя мощности. Усиление по мощности требуется для управления реверсивным двигателем.

Чувствительность усилителя составляет величину порядка 1мкВ.

Для перемещения ползунка реохорда в регистрирующих потенциометрах используются реверсивные двигатели типа РД-09, в последнее время ДЗ2, выполненные конструктивно совместно с редуктором, снижающим обороты ротора до 24 или 72 об/мин на выходном валу редуктора.

Двигатель имеет две обмотки управления: одна запитывается через силовой трансформатор от сети, другая - управляющая сигнальная обмотка подсоединена к выходу усилитель мощности через разделительный конденсатор, образуя с ним колебательный контур, настроенный на частоту сети, 50 Гц. При изменении знака напряжения некомпенсации изменяется на 180^0 фаза напряжения на управляющей

обмотке, подсоединенной к усилителю, по отношению к напряжению на другой управляющей обмотке, подсоединенной к сети. Таким образом осуществляется изменение направления вращения вала ротора, а с этим и направление движения ползунки реохорда. Статор двигателя состоит из нескольких пар обмоток, образующих явно выраженные магнитные полюса.

Для перемещения диаграммой бумаги используется кинематический узел, состоящий из синхронного двигателя типа СД64 или ДСД2-П1-220 и редуктора с перестраиваемым коэффициентом редукции. Скорость перемещения устанавливается с помощью переключателя, установленного на передней панели. При соответствующей известной скорости перемещения диаграммной бумаги можно определить интервалы времени записываемого процесса.

3.3. Вспомогательный лабораторный макет

Вспомогательный лабораторный макет предназначен для получения измерительных сигналов при испытаниях регистрирующего потенциометра и поверке приборов на постоянном токе. Макет механически жестко соединен с потенциометром постоянного тока и запитывается от трансформатора, расположенного в блоке потенциометра. Электрическая схема макета изображена на рис.3 и на передней панели макета.

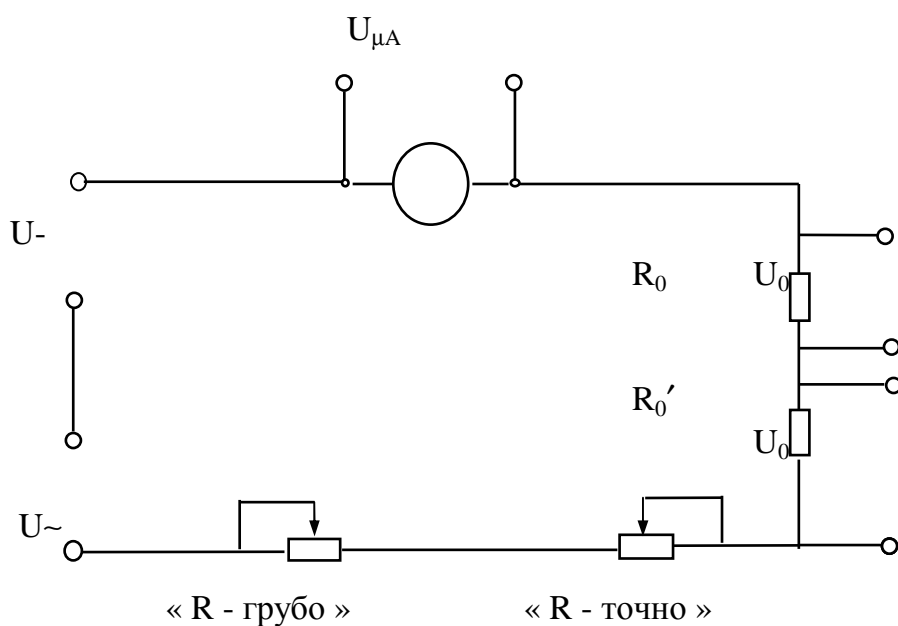


Рис.3

Постоянное напряжение $U=$ подается из потенциометра Р4833. Клеммы этого напряжения выведены для контроля. К зажимам $U\sim$ подсоединяется внешний генератор при снятии АЧХ КСП4. Образцовое сопротивление R_0 и R_0' используются при поверках микроамперметра и автоматического потенциометра. Падения напряжения устанавливаются на:

R_0 до ≥ 100 мВ

R_o' до ≥ 1.0 мВ

Постоянное напряжение служит для установки тока через микроамперметр с помощью грубого и точного резисторов “R - грубо” и “R - точно”. Ток в цепи точно измеряется потенциометром R 4833 по падению напряжения на известном, образцовом сопротивлении $R_o = 1000$ Ом.

Падение напряжения на образцовом резисторе R_o' подается на вход регистрирующего потенциометра, его действительное значение определяется по показаниям потенциометра R4833 путем измерения падения напряжения U_o :

$$U_o' \text{ действ.} = \frac{U_o}{R_o} R_o' = 0,01 U_o$$

При исследовании динамических параметров регистрирующего потенциометра подаются одновременно постоянное и переменное напряжения. Одно служит для смещения “нуля” регистрирующего потенциометра на середину шкалы, другое - переменное напряжение приводит в движение указатель и пишущее устройство. Характер движения записывается на бумаге. По графику и показаниям частоты внешнего генератора строится амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) регистрирующего потенциометра.

Установка величины напряжения переменного тока производится с помощью регулировки внешнего генератора, резисторы “R - грубо” “R - точно” для установки размаха переменного напряжения не используются.

3.4. Вольтамперметр электронный цифровой ВК2-20

Прибор предназначен для измерения напряжения и силы постоянного тока:

- пределы измерения напряжений 2; 20; 200 мВ; 2; 20; 200 В;
- пределы измерения токов 0,2; 2; 20; 200 мкА; 2; 20; 200 мА; 2А.

Погрешность в рабочих условиях не должна превышать:

- $\pm 0,3$ % от показаний прибора + 0,1 % от предела измерения 0,2; 2 мкА; 2 мВ.
- $\pm 0,2$ % от показаний прибора + 0,05 % от предела на остальных пределах измерения.

Входные сопротивления соответственно равны:

- 2 мВ, 20 мВ, 200 мВ, 2 В.
- 1 МОм, 1 МОм, 10 МОм, 100 МОм,
- 20 В и 200 В - 10 МОм ± 10 %.

Падение напряжения на амперметре:

- на пределе 0,2 мкА - 2 мВ,
- на всех остальных пределах - 20 мВ.

Условия эксплуатации прибора:

- а. Рабочие условия: температура от + 5 до + 10 С,

относительная влажность до 90 % при + 25 С.

б. Предельные условия: диапазон температур от - 50 С до + 60 С,
относительная влажность до 98 % при температуре + 30 С.

Блок-схема и принцип действия прибора.

По принципу действия вольтамперметр представляет цифровой прибор время-импульсного преобразования с 2-х тактным интегрированием: в первом такте интегрируется входное напряжение за определенный и постоянный интервал времени, во втором такте производится интегрирование с постоянной скоростью образцовое напряжения противоположного (по сравнению с входным) знака до момента, когда напряжение на выходе интегратора достигает нулевого значения.

Блок-схема прибора изображена на рис.4

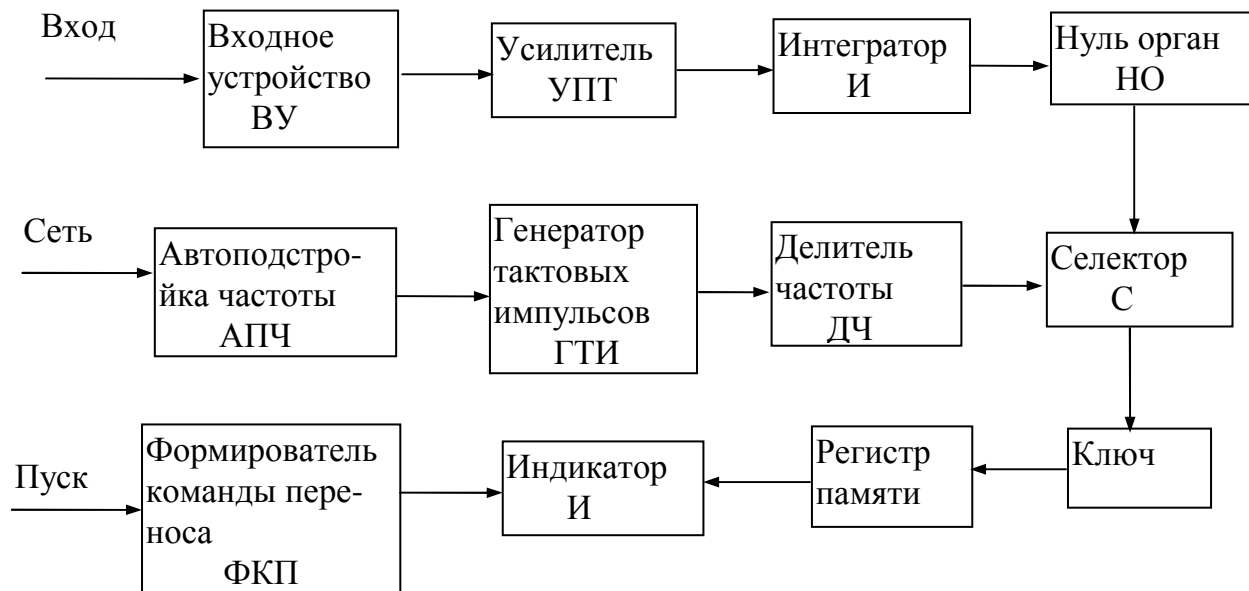


Рис. 4.

Входное устройство предназначено для преобразования напряжений и токов на всех пределах, кроме 2 мВ и 0,2 мкА, в напряжение стандартного уровня 20 мВ на верхних пределах. Входное устройство представляет набор резистивных делителей напряжений и шунтов. Во входном устройстве имеется источник калибровки прибора напряжением + 2000,5 мВ.

Напряжение далее усиливается УПТ до 10 В и поступает на интегратор, циклы интегрирования которого задаются управляющим напряжением частотой 25 Гц, формирующимся от сети по каналу: АПЧ, ГТИ, ДЧ и селектор.

Время второго такта интегрирования заполняются импульсами тактового генератора и через ключи подаются на регистр памяти и индикатор. Формирователь команды

переноса (ФКП) управляет ключами и устанавливает время индикации. Время первого такта устанавливается постоянным для каждого предела измерения. Напряжение в первом такте к концу интервала t_0 определяется:

$$U_{\text{инт.1}} = \frac{U_{\text{вх}} * t_0}{\tau_{\text{инт}}}$$

Второй такт интегрирования заканчивается через время t_x , когда $U_{\text{инт1}}$ достигает нулевого значения

$$U_{\text{инт1}} - U_{\text{инт2}} = 0,$$

$$\text{где } U_{\text{инт2}} = \frac{U_0 t_x}{\tau_{\text{инт}}}$$

Имеется третий такт работы интегратора - установка на выходе интегратора фиксированного уровня, близкого к нулю.

3.4. Объекты поверки приборов на переменном токе

3.4.1. Аналоговые электронные вольтметры переменного напряжения ВЗ-38 и ВЗ-40

ВЗ-38 представляет собой вольтметр средних значений, шкала которого проградуирована в действующих значениях напряжения синусоидальной формы от 0,1 мВ до 300 В диапазона частотой от 20 Гц до 5 МГц.

Диапазон измерения разбит на следующие пределы: 1, 3, 10, 30, 100 и 300 мВ и 1, 3, 10, 30, 100 и 300 В.

Диапазон частот прибора имеет рабочие области:

I - 45 Гц ÷ 1 МГц

II - 20 Гц ÷ 45 Гц

III - 1 ÷ 3 МГц

IV - 3 ÷ 5 МГц, частота градуировки - 1 кГц.

Основная погрешность прибора, выраженная в процентах от верхнего предела установленного поддиапазона, не более $\pm 2,5$ %.

Входное активное сопротивление, измеряемое на частоте 45 Гц не менее 5 МОм.

Входная емкость не более 25 пФ, емкость соединительного кабеля не более 80 пФ.

Мощность потребляемая от сети - 6 ВА.

Прибор имеет прямое преобразование измеряемой величины в постоянное напряжение, а затем в угол отклонения магнитоэлектрического вольтметра.

Блок-схема вольтметра изображена на рис.5

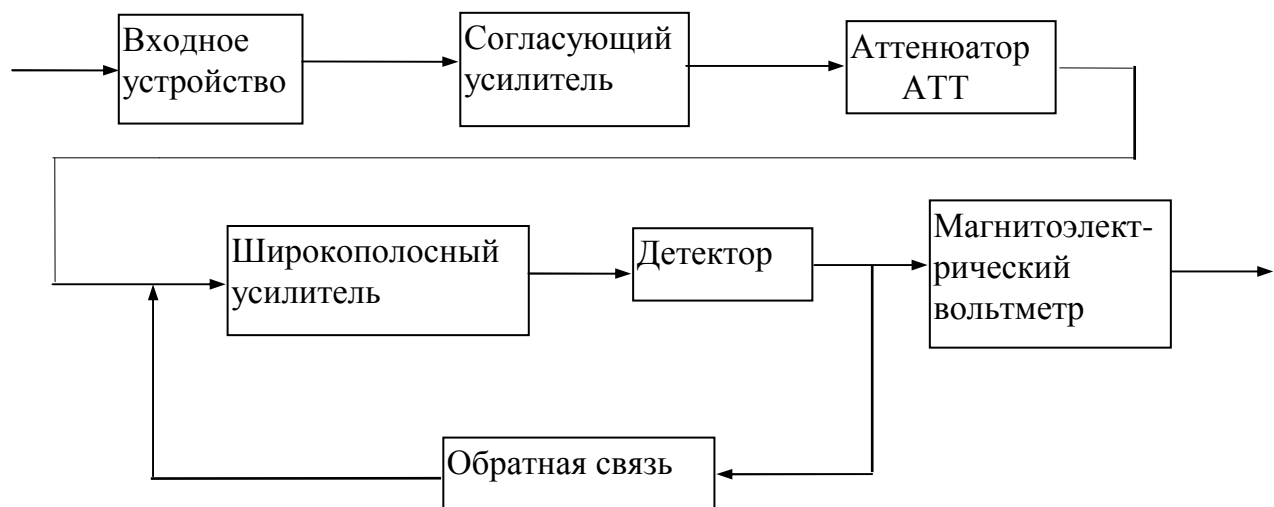


Рис . 5 .

Во входном устройстве производится масштабное преобразование входного напряжения более 1В и обеспечивается необходимое входное сопротивление вольтметра.

Входное устройство по электронной схеме представляет высокоомный резистивный делитель с коррекцией частотной погрешности и коэффициентами передачи 0,001 для всех вольтových пределов измерения и 1 для всех милливольтových пределов. Основное масштабирование входного сигнала производится аттенюатором Атт., представляющего П-образный низкоомный делитель с 6-ю ступенями затухания по 10 дБ каждая.

Для согласования высокоомного и низкоомного делителей между ними включен согласующий усилитель-повторитель с большим входным сопротивлением (более 1 МОм) и с коэффициентом передачи, равным 3.

На вход широкополосного усилителя на каждом из 12 пределов измерения подается переменное напряжение до 3 мВ, которое усиливается в 300 раз с учетом отрицательное обратной связи. После детектирования получается постоянное напряжение около 1 В, которое измеряется магнитоэлектрическим вольтметром, Широкополосный усилитель и детектор охвачены общей отрицательной обратной связью с целью линеаризации характеристики детектора.

3.4.2. Милливольтметр среднеквадратических значений ВЗ-48

Милливольтметр для измерения эффективного значения напряжения произвольной формы и преобразование эффективного (действующего) значения в пропорциональное постоянное напряжение.

Технические данные

- диапазон измеряемых напряжений от 0,3 мВ до 300 В разбит на 12 пределов: без наружного делителя 1, 3, 10, 30, 100 и 300 мВ; с наружным делителем ДН-117 1, 3, 10, 30, 100 и 300 В.
- частотный диапазон 10 Гц ÷ 50 МГц
- предел допускаемой основной приведенной погрешности не превышает $\pm 2,5 \%$. Частота градуировки 1 кГц.

На остальных частотах основная погрешность не превышает значений, указанных в таблице.

Диапазон напряжений	Область частот	Погрешность, %
1. 3 ÷ 300 мВ	45 Гц ÷ 10 МГц	$\pm 2,5$
	20 Гц ÷ 30 МГц	$\pm 4,0$
	10 Гц ÷ 50 МГц	± 10
2. 1 мВ, 1 ÷ 300 В	15 Гц ÷ 5 МГц	$\pm 2,5$
	30 Гц ÷ 10 МГц	$\pm 4,0$
	20 Гц ÷ 30 МГц	$\pm 6,0$
	10 Гц ÷ 50 МГц	± 10

- активное входное сопротивление на частоте 15 Гц не менее 20 МОм на пределах - милливольты, с выносным делителем - 3 ÷ 0.3 МОм
- входная емкость не превышает 8 пФ с делителем - 4 пФ.
- потребляемая мощность от сети не превышает 30 ВА.

Прибор имеет выход широкополосного усилителя со следующими параметрами: напряжение на выходе 200 ± 40 мВ (при установке указателя на крайнюю отметку): выходное сопротивление усилителя - 50 ± 5 Ом.

Структурная электрическая схема вольтметра ВЗ-48 приведена на рис.6

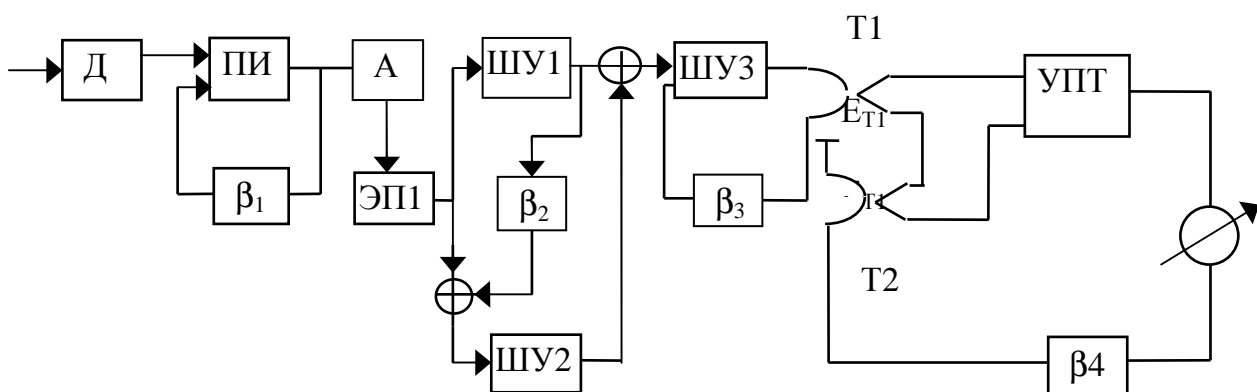


Рис.6

Д- делитель напряжения- ДН-117, с коэффициентом деления 1: 1000.

ПИ - преобразователь импеданса - повторитель с большим входным сопротивлением за счет обратной связи β_1 .

А - аттенюатор с коэффициентом затухания $0 \div 50$ дБ согласуется со входом широкополосного усилителя ШУ1 с помощью эмиттерного повторителя ЭП1.

Структура ШУ1, ШУ2 и β_2 реализуют структурный способ коррекции мультипликативной погрешности основного усилителя ШУ1 за счет включения вспомогательного усилителя ШУ2 и обратного преобразователя β_2 по указанной схеме.

Математические доказательства сводятся к следующим формулам:

Исходные данные: $K_1 = K_{10} (1 + \gamma_1)$, $K_2 = K_{20}(1+\gamma_2)$, $\beta_2 = \beta_{20}(1+\gamma\beta_2)$

Но $K_{10} = K_{20}$

$$\beta_2 = \frac{1}{K_{10}}; \quad \gamma\beta_2 \approx 0$$

На вход ШУ2 подается разность сигналов: входного сигнала ШУ1 и поделенного в K_{10} раз его выходного сигнала:

$$U_{вх_2} = U_{вх_1} - U_{вх_1} K_{10}(1+\gamma_1) \beta_2$$

Выходной сигнал ШУ2, равный $(-U_{вх_2} K_2)$ складывается с выходным сигналом ШУ1.

Суммарный сигнал на выходе всей структуры:

$$U_{вых} = U_{вх_1} K_{10}(1+\gamma_1) - U_{вх_1} K_{20} (1+\gamma_2) \gamma_1 = U_{вх_1} K_{10}(1 - \gamma_1\gamma_2)$$

Таким образом, два одинаковых усилителя включенных по такой структуре имеют мультипликативную погрешность, равную произведению их погрешностей.

Но при γ_1 и $\gamma_2 < 1$, произведение $\gamma_1 \gamma_2 \ll 1$

Следующий широкополосный усилитель ШУ3 является усилителем мощности, работающего на низкоомный ($100 \div 300$ Ом) нагреватель термопары Т1.

Структура Т1 - Т2 - УПТ и β_1 реализуют еще один способ уменьшения мультипликативной погрешности за счет нелинейности характеристики термопары. Способ получил название взаимно-обратных преобразований, т.е. нелинейность одной термопары компенсируется нелинейностью другой, включенной в обратную связь. Математически это доказывается следующим образом.

Пусть $e_{T1} = K_{T1} I_1^{n1}$, $e_{T2} = K_{T2} I_2^{n2}$ - функции преобразования термопар: K_{T1} и K_{T2} - постоянные термопар, I_1 , I_2 - токи нагревателей, n_1 и n_2 - показатели степени приблизительно близкие к двум.

Если усиление УПТ стремится к бесконечности, то входной сигнал УПТ равен нулю. Входной сигнал УПТ представляет разность термоЭДС:

$$e_{T1} - e_{T2} \approx U_{вых} / K_{УПТ}$$

Следовательно выходной ток $I_{n2} = C I_{n1}$, так как $n_1 / n_2 \approx 1$, $K_{T1} \approx K_{T2}$

При идентичных термопарах реализуется полная линейность преобразования переменного тока I_{n1} в постоянный выходной ток I_{n2} . Таким образом, структурный способ позволил выполнить операцию извлечения квадратного корня.

Усилитель постоянного тока кроме большого усиления должен иметь малую аддитивную погрешность. В данном вольтметре УПТ построен по схеме модуляция - демодуляция. Частота модуляции - 3 кГц, в качестве модуляторов и демодуляторов используются полупроводниковые ключи 101КТ1.

3.4.3 Вольтметр универсальный цифровой типа В7-16А

Вольтметр предназначен для измерения напряжений постоянного и переменного тока и активного сопротивления.

Технические данные:

- диапазон измеряемых напряжений постоянного тока, В $10^{-4} \div 1000$
- диапазон напряжений переменного тока на частотах 20 Гц \div 20 кГц, В $10^{-4} \div 1000$
- на частотах 20 кГц \div 50 МГц (с высокочастотным преобразователем), В $0.1 \div 1$
- на частотах 20 кГц \div 30 МГц, с преобразователем и делителем 1:10, В $0.1 \div 1$
- диапазон измерения активных сопротивлений, Ом $0.1 \div 10^7$.

Погрешность измерения вольтметра по поддиапазнам представлена в таблице.

Измеряемая величина	Пределы измерений	Дискретность измерений	Предел допускаемой относительной основной погрешности, %	Изменение измеряемой величины на входе вольтметра в пределах поддиапазона
1	2	3	4	5
Напряжение постоянного тока при времени преобразования 20 мс и 100 мс	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В		$1 \cdot 10^{-4}$ В - 1 В
	10 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В		$1 \cdot 10^{-3}$ В - 10 В
	100 В	$1 \cdot 10^{-2}$ В		$1 \cdot 10^{-2}$ В - 100 В
	1000 В	$1 \cdot 10^{-1}$ В		0.1 В - 1000 В
Напряжение переменного тока при времени преобразования 100 мс : в диапазоне частот 20 Гц – 20 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В		$1 \cdot 10^{-4}$ В - 1 В
	10 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В		$1 \cdot 10^{-3}$ В - 10 В

частот 20 Гц – 20 кГц	100 В 1000 В	$1 \cdot 10^{-2}$ В $1 \cdot 10^{-1}$ В	$1 \cdot 10^{-2}$ В - 100В 0,1 В - 1000 В
в диапазоне частот 20 кГц – 50 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	$1 \cdot 10^{-4}$ В - 1 В
в диапазоне частот 50 кГц – 100 кГц	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	$1 \cdot 10^{-4}$ В - 1В
Напряжение переменного тока при времени преобразовани я 100 мс :	1 В	$1 \cdot 10^{-4}$ В	0,1 В - 1 В
в диапазоне частот 100 кГц - 50 МГц (с вы сокочастотным преобразовател ем)			
в диапазоне частот 20 кГц – 30 МГц (с высокочастотн ым преобразовател ем и делителем 1: 10)	10 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В	1 В - 10 В
Активное сопротивление при времени преобразовани я 20 мс и 100 мс	1 кОм 10 кОм 100 кОм 1000 кОм 10 МОм		$1 \cdot 10^{-4}$ кОм-1 кОм $1 \cdot 10^{-3}$ кОм-10 кОм $1 \cdot 10^{-2}$ кОм-100кОм 0,1 кОм-1000кОм 1 кОм - 10МОм
Напряжение постоянного тока при времени преобразовани я 1 мс	1 В 10 В 100 В 1000 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В $1 \cdot 10^{-2}$ В $1 \cdot 10^{-1}$ В 1 В	$1 \cdot 10^{-3}$ В - 1В $1 \cdot 10^{-2}$ В - 10 В 0.1 В - 100 В 1 В - 1000 В

При измерении напряжения переменного тока вольтметр должен градуироваться в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения. Основная погрешность вольтметра должна обеспечиваться при измерении напряжения синусоидальной формы в диапазоне частот от 20 Гц

до 100 кГц с содержанием гармоник не более 0,1% на пределе 1 В и не более 0,2% на остальных пределах. В диапазоне частот от 100 кГц до 50 МГц основная погрешность вольтметра должна обеспечиваться при содержании гармоник в измеряемом напряжении не более 1%.

Органы установки значения калибровочного напряжения должны обеспечивать изменение калибровочного напряжения в пределах ± 50 знаков от указанного на шильдике. Значение величины калибровочного напряжения на шильдике должно быть $(9,1 \pm 0,5) В$. В 40 дБ и при времени преобразования 20 мс не менее 30 дБ в режиме измерения напряжения постоянного тока и выключенном фильтре. Сумма амплитудного значения напряжения помехи и измеряемого напряжения не должна превышать 120% от установленного предела измерения.

Вольтметр имеет встроены фильтр для дополнительного подавления помех последовательного вида в режиме измерения напряжения постоянного тока. Подавление прибором помех, синхронных, с частотой питающей сети, равной 50 Гц, при времени преобразования 20 и 100 мс в случае включенного фильтра составляет не менее 60 дБ.

Предел допускаемой относительной основной погрешности вольтметра в процентах при измерении напряжения переменного тока при времени преобразования 100 мс должен соответствовать таблице, где U_k – конечное значение установленного поддиапазона измерений напряжений переменного тока, В; U_x – показания вольтметра, В.

Предел допускаемой относительной основной погрешности в процентах при измерении активного сопротивления при времени преобразования 20 и 100 мс должен соответствовать таблице, где R_k – конечное значение установленного поддиапазона измерений сопротивлений, кОм; R_x – показания вольтметра, кОм.

Мощность рассеивания на измеряемом сопротивлении не превышает 25 мВт.

Предел допускаемой дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды при всех видах измерений не должен превышать половины предела основной погрешности на каждые 10°C изменения температуры. Предел дополнительной погрешности от воздействия повышенной влажности не должен превышать предела основной погрешности.

Предел допускаемой дополнительной погрешности при всех видах измерений вследствие дрейфа во времени составляет ± 15 единиц счета 16 часов работы (без периодической установки нуля и калибровки).

Входное сопротивление вольтметра составляет:

– не менее 10 МОм при измерении напряжения постоянного тока;

– не менее 1 МОм при измерении напряжения переменного тока вольтметром, а также высокочастотным преобразователем с делителем 1 : 10.

Входная емкость вольтметра при измерении напряжения переменного тока не превышает 100 пФ. Входная емкость высокочастотного преобразователя с делителем 1 : 10 – более 10 пФ

Вольтметр имеет выход на внешнее печатающее устройство.

Выходной кодированный сигнал, соответствующий логическому нулю, имеет уровень напряжения не более $\pm 0,3$ В. Выходной кодированный сигнал, соответствующий логической единице, имеет уровень напряжения не менее +2,4 В при нагрузке не менее 10 кОм.

Изоляция цепей вольтметра выдерживает без пробоя :

- цепи питания относительно клеммы " \perp " – 1500 В 50 Гц в нормальных условиях и 900 В 50 Гц при повышенной влажности ;

- клеммы " 0 " относительно клеммы " \perp " – 500 В постоянного напряжения в нормальных условиях и 350 В при повышенной влажности ;

клеммы " \rightarrow " ~ 1000 \rightarrow , " \rightarrow " = 1000 " относительно клеммы " \perp " .

-3000 В 50 Гц и клемма \rightarrow " \rightarrow " \cong 100 В, R " относительно клеммы " \perp " .

-1000 В 50 Гц в нормальных условиях .

Сопротивление изоляции цепей питания относительно клеммы " 0 " и клеммы " 0 " относительно клеммы " \perp " составляет не менее :

- 20 МОм в нормальных условиях ;
- 5 МОм при повышенной температуре ;
- 2 МОм при повышенной влажности .

Вольтметр обеспечивает свои технические характеристики после времени самопрогрева в течение 1 ч в нормальных условиях и 2 часа в условиях повышенной влажности .

Питание вольтметра осуществляется от сети переменного тока напряжением

(220 ± 22) В частотой ($50 \pm 0,5$) Гц ; напряжением (220 ± 11) В и напряжением

($115 \pm 5,75$) В частотой (400 ± 12) Гц и содержанием гармоник до 5% .

Мощность, потребляемая прибором от сети при максимальном напряжении питания должна не превышать 35 Вт.

Вольтметр допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение времени не менее 16 часов при сохранении своих технических характеристик в пределах норм .

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ВОЛЬТМЕТРА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Принцип действия

Структурная схема изображена на рис.7.

Напряжение постоянного или переменного тока подается на входные гнезда . Во входном устройстве (1) напряжение

постоянного тока приводится с помощью делителя к номинальному пределу 1 В и далее поступает на вход усилителя дифференциального (УД) (2). Напряжение переменного тока частотой 20 Гц – 20 кГц приводится к пределу 1 В и поступает на преобразователь переменного тока в напряжение постоянного тока (6), а затем на вход усилителя дифференциального (УД) (2). Напряжение переменного тока частотой 20 кГц – 50 МГц амплитудой до 10 В измеряется с помощью выносного щупа.

Схема электрическая структурная вольтметра

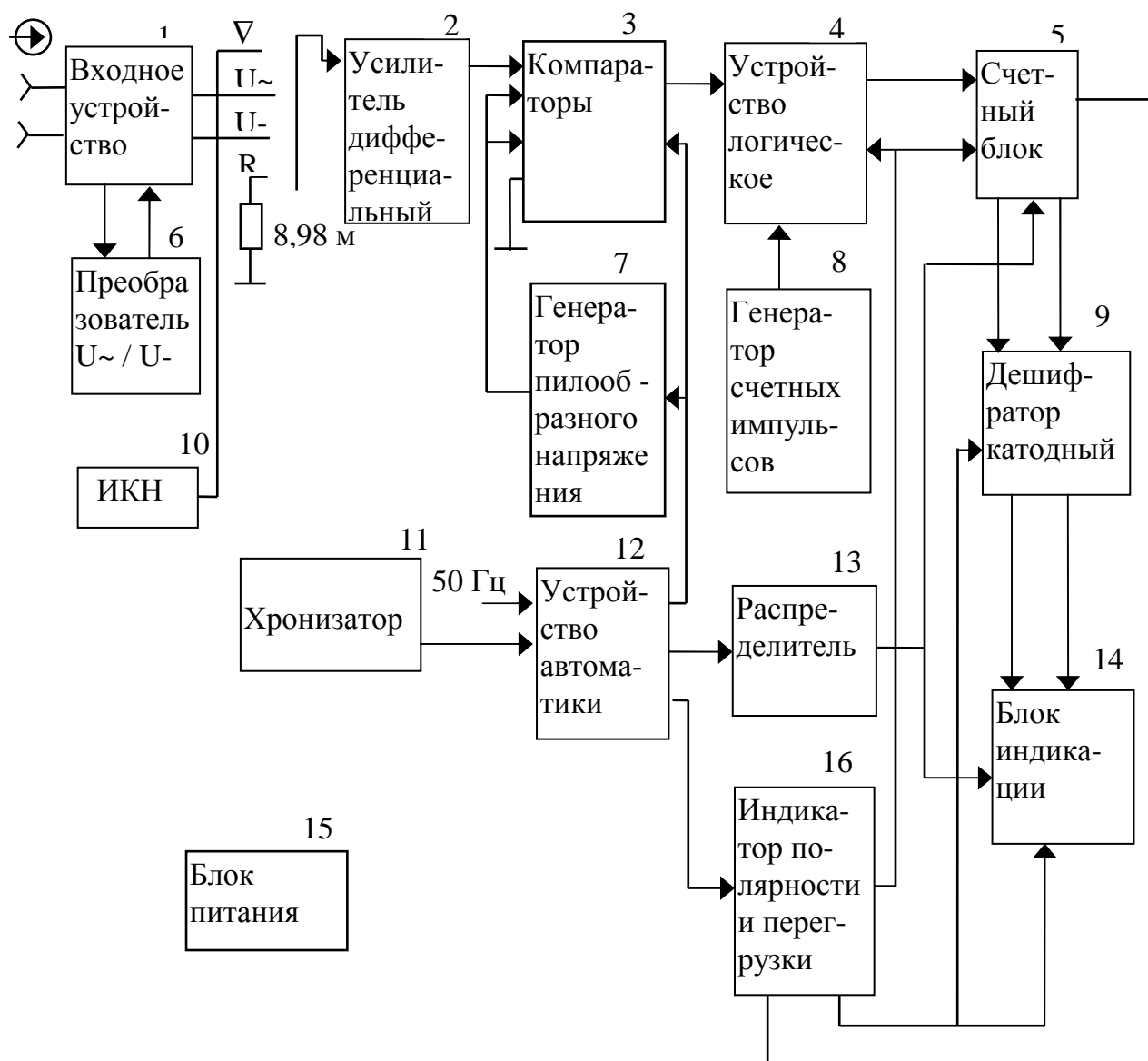


Рис.7

Измеряемое активное сопротивление подсоединяется к входным гнездам, являющимся при измерении сопротивлений прямым входом

УД (2) . Измерение осуществляется путем преобразования R_x в пропорциональное напряжение постоянного тока U_x . Преобразование осуществляется УД (2) .

УД (2) , структурная схема которого представлена на рис. 8, предназначен для обеспечения высокого входного сопротивления вольтметра и преобразования величины измеряемого сопротивления в напряжение .

Схема электрическая структурная усилителя дифференциального

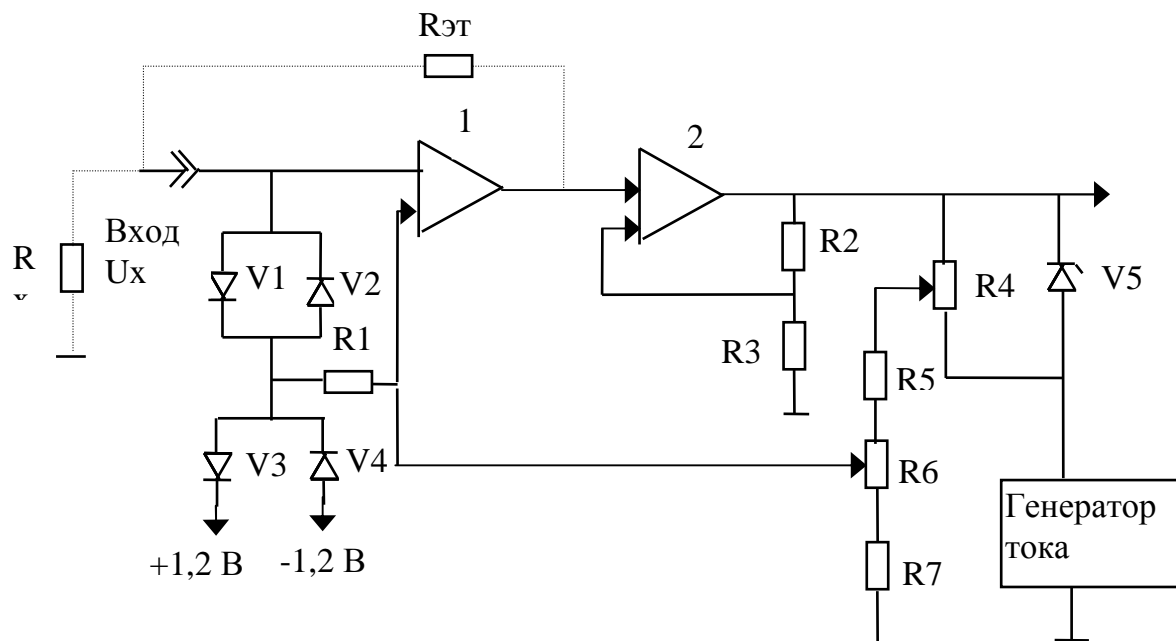


Рис 8.

Состоит из двух усилителей (1 и 2) , общий коэффициент усиления которых равен двум.

Первый каскад, коэффициент усиления которого равен единице, предназначен для преобразования измеряемого сопротивления в напряжение, с этой целью на его выходе автоматически устанавливается напряжение плюс 1 В, используемое в качестве эталонного.

Второй каскад, совместно с первым, обеспечивает общий коэффициент усиления, равный двум, необходимый при измерении напряжения.

Выходная характеристика усилителя смещена таким образом, что входному постоянному напряжению минус 1 В соответствует выходное напряжение 0 В, входному напряжению 0 В соответствует выходное напряжение + 2 В, входному напряжению + 1 В соответствует выходное напряжение + 4 В.

Соответствующее смещение выходной характеристики УД необходимо для создания условного нуля, относительно которого в блоке компараторов (3) производится сравнение пилообразного напряжения с выходным напряжением УД.

Блок компараторов (3) состоит из двух компараторов : сигнального и нулевого, каждый из которых имеет два входа. На первые входы компараторов подается пилообразное напряжение с генератора пилообразного напряжения (7) . Второй вход нулевого компаратора заземлен . Нулевой компаратор срабатывает в момент равенства нулевого потенциала с пилообразным напряжением .

Выходное напряжение усилителя дифференциального, связанное с величиной и знаком измеряемого напряжения, поступает на вход сигнального компаратора. В вольтметре предусмотрен индикатор перегрузки .

Вольтметр обеспечивает следующие режимы запуска :

– автоматически от внутреннего источника импульсов с периодом повторения 0,1-5 с при времени преобразования 1 мс и 20 мс ,

0,2-5 с при времени преобразования 100 мс ;

– вручную нажатием кнопки;

– дистанционный от внешнего источника импульсов частотой не более 1 кГц , 50 Гц , 10 Гц соответственно.

Предел допускаемой относительной основной погрешности вольтметра в процентах при измерении напряжения постоянного тока обеих полярностей при времени преобразования 1 мс , 20 мс и 100 мс должен соответствовать таблице, где U_k – конечное значение установленного поддиапазона измерений напряжений постоянного тока , В , U_x – показания вольтметра , В .

Коэффициент подавления помех синусоидальной формы последовательного типа синхронных с частотой сети питания равной 50 Гц при времени преобразования 100 мс составляет не менее

Сигнальный компаратор срабатывает в момент равенства измеряемого и пилообразного напряжений.

Интервал времени τ между моментами срабатывания компараторов пропорционален измеряемому напряжению U_x .

Устройство автоматики (12) формирует импульс длительностью 100 , 20 или 1 мс (в зависимости от выбранного времени преобразования) , отпирающий устройство логическое (4) ; импульсы с частотой 1000 Гц и скважностью 10 , используемые для управления работой генератора пилообразного напряжения и компараторов (3) , импульсы запуска распределителя , индикатора полярности и перегрузки , импульсы опроса декад , импульс сброса и памяти . Работа автоматики , а тем самым и работа вольтметра в целом , синхронизируется от сети .

Сигналы с выходов компараторов поступают на логическое устройство (4) , на которое поступают импульсы от генератора счетных импульсов (8) ($f_0 = 11,6$ МГц) , и импульс цикла от устройства автоматики .

На выходе логического устройства формируется последовательность радиоимпульсов (сто, двадцать или один в зависимости от времени преобразования) длительностью τ , заполненных счетными импульсами (пачки импульсов) .

Радиоимпульсы поступают на счетный блок (5) , включающий в себя четыре декадных делителя с памятью, где происходит подсчет количества импульсов заполнения.

Полярность постоянного напряжения определяется положением триггера полярности индикатора полярности и перегрузки (16) , зависящим от сочетания счетного блока счетчика (5) .

До начала измерения триггер знака находится в положении , соответствующем индикации на табло отрицательного напряжения (горит знак минус). При поступлении импульса переполнения с выхода счетного блока триггер знака перебрасывается в положение , соответствующее индикации положительного напряжения (знак плюс на табло не индуцируется)

При измерении положительного напряжения происходит вторичное заполнение емкости счетчика , в этом случае положение триггера полярности не меняется .

При измерении отрицательного напряжения происходит уменьшение пачки счетных импульсов на величину , пропорциональную измеряемому напряжению , в том случае емкость счетчика недозаполняется и положение триггера полярности меняется , загорается знак “ – “ .

Перезагрузка определяется положением триггера перегрузки индикатора полярности и перегрузки , зависящим от наличия импульса перегрузки счетного блока

При превышении измеряемым напряжением предела измерения загорается знак перегрузки “ П “ .

После окончания импульса длительностью 100 мс (20 мс или 1 мс) в блоке автоматики формируется импульс памяти , предназначенный для переписки информации счетных триггеров в триггера памяти и импульс сброса , предназначенный для установления схемы счетного блока в исходное состояние .

Длительность цикла измерения определяется хронизатором (11) и может регулироваться в пределах $0,1 \div 5$ с .

В вольтметре применена стробоскопическая система индикации с последовательным включением светодиодных индикаторов синхронно с опросом соответствующих декадных делителей счетного блока . При этом исключается возможность включения одновременно более , чем одного светодиодного индикатора

Схема индикации состоит из индикатора полярности и перегрузки (16) , распределителя (13) , катодного дешифратора , светодиодных индикаторов . Индикатор полярности и перегрузки управляет работой включения катодного дешифратора . Распределитель (13) формирует последовательность из четырех импульсов , сдвинутых друг относительно друга во времени , которые поступают на управление ключами опроса декад и анодными ключами.

Ключи опроса декад К1 ÷ К4 собраны на логических схемах типа “ И – НЕ “ и предназначены для выдачи информации о состоянии четырех разрядов декады в момент поступления импульса опроса с распределителя .

Полученная таким образом информация, поступает на катодный дешифратор , который преобразует двоично-десятичный код 8-4-2-1 с выхода декад десятичный код . Одноименные катоды светодиодных индикаторов соединены между собой .

Появление импульса на любом из четырех выходов распределителя приводит к появлению импульса на аноде соответствующего светодиодного индикатора , а также

импульса на той шине соединенных катодов светодиодных индикаторов , которая соответствует информации декады .

Появление следующего импульса на выходе распределителя вызывает включение следующего светодиода и т. д.

В зависимости от положения переключателя “ РОД РАБОТЫ “ и “ ПРЕДЕЛ ИЗМЕРЕНИЙ “ на табло высвечиваются точечные светодиоды , соответствующие символам : “ mV “ , “ V “ , “ Ω “ , “ kΩ “ , “ MΩ “ . При установке нуля прибора вход УД соединяется с общей шиной , а при калибровке на вход УД подается напряжение от источника калибровочного напряжения ИКН (10) .

Высокочастотный преобразователь предназначен для преобразования синусоидального напряжения высокой частоты (20 кГц ÷ 50 МГц) в постоянное напряжение . Структурная схема преобразователя представлена на рисунке . Напряжение до 1,2 В подается на вход повторителя , свыше 1,2 В через частотно – компенсированный делитель 1 : 10 . С повторителя сигнал поступает на детектор прямого сигнала и с его выхода на сумматор . Сюда же поступает сигнал из детектора обратной связи .

Передаточные характеристики входного детектора и детектора обратной связи взаимнообратны . Благодаря близким вольтамперным характеристикам диодов , диодной сборки и большому коэффициенту усиления усилителя связь между входным и выходным сигналом линейна .

Для осуществления обратной связи по переменному току применяется схема модуляции выходного сигнала с помощью модулятора , который управляется импульсами прямоугольной формы с частотой повторения около 80 кГц .

В цепь обратной связи включены фильтр низкой частоты (ФНЧ) и интегратор , которые формируют сигнал обратной связи и устраняют паразитные наводки .

Схема электрическая структурная высокочастотного преобразователя

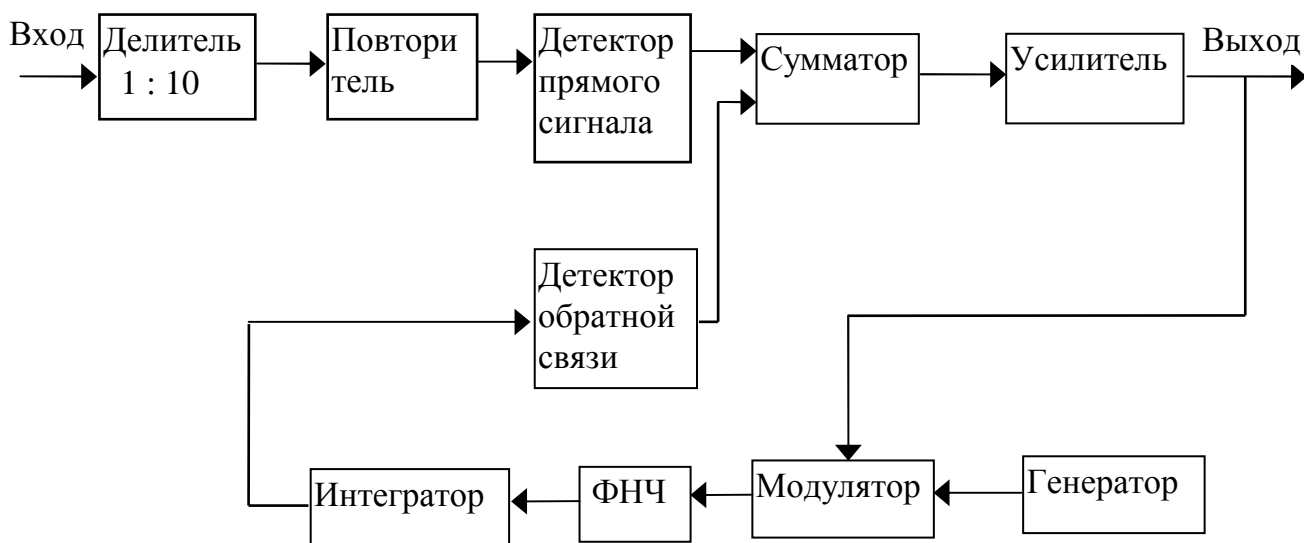


Рис.9

3.5.4. Установка для поверки вольтметров В1-20

1. Установка обеспечивает выдачу калиброванных напряжений переменного тока в пределах:
 - от 10 мВ до 10 В с дискретностью 10 в диапазоне частот от 20 Гц до 200 кГц;
 - от 10 до 300 В с дискретностью 300 мкВ в диапазоне частот от 20 Гц до 20 кГц;
 - на сорока фиксированных частотах 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 с множителями 10^0 , 10^1 , 10^2 , 10^3
2. Предел допускаемой погрешности установки частоты выходного напряжения $\div 5\%$.
3. Предел допускаемой погрешности установки действующего значения выходного напряжения на уровне 10 В (выход “~ 10 V”) и частоте 1 кГц $\div 0,03\%$.
4. Предел допускаемой погрешности установки действующего значения выходного напряжения на уровне ниже 10В на фиксированных частотах в диапазоне от 20 Гц до 200 кГц не превышает значений, приведенных в таблице.

Таблица Погрешность, %

Номинальное значение Выходного напряжения	20 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц	200 кГц
10 - 20 мкВ	60	50	50	50	75	100
30 - 90 мкВ	50	50	50	50	50	50
100 - 290 мкВ	40	30	15	30	30	30
300 - 990 мкВ	15	15	3	15	15	15
1 - 2,99 мВ	4,5	4,5	1,5	4,5	4,5	4,5
3 - 9,99 мВ	1,5	1,5	0,3	1,5	1,5	1,5
10 - 29,99 мВ	0,5	0,5	0,15	0,9	0,9	1,0
30 - 99,99 мВ	0,3	0,3	0,1	0,6	0,6	0,65
100 - 299,99 мВ	0,18	0,18	0,05	0,3	0,3	0,35
300 - 999,99 мВ	0,16	0,16	0,04	0,04	0,16	0,18
1 - 2,99999 В	0,16	0,16	0,04	0,04	0,16	0,18
3 - 9,99999 В	0,16	0,16	0,04	0,04	0,16	0,18

УСТРОЙСТВО И РАБОТА УСТАНОВКИ

Структурная схема, поясняющая принцип работы установки приведена на рис.



рис.10

Сигнал, калиброванный по величине (10 В) и заданной частоты с выхода генератора подается на вход индуктивного делителя. Индуктивный делитель обеспечивает деление входного сигнала от 1 до 10^6 раз, т.е. получение калиброванных напряжений от 10 мкВ до 10 В.

Для получения калиброванных напряжений от 10 до 300 В сигнал с выхода генератора непосредственно подается на усилитель с коэффициентом усиления 30.

Функциональная схема генератора поясняется рис.11

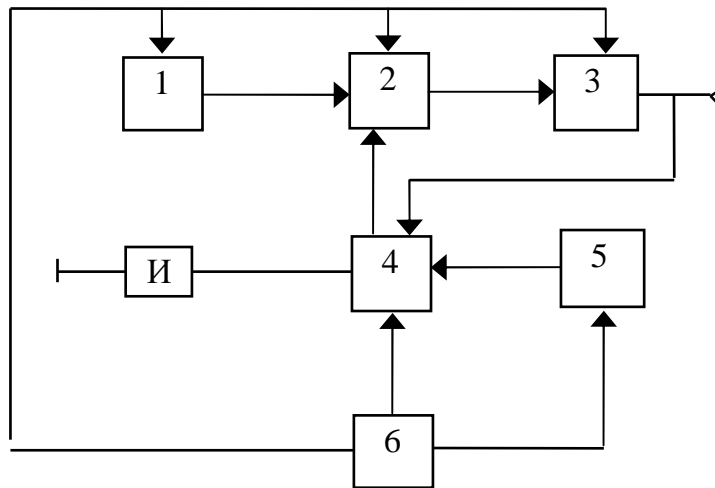


Рис.11

Основные элементы генератора; 1 - задающий генератор; 2 - регулирующий элемент; 3 - усилитель мощности; 4 - дифференциальный фотоэлектрический компаратор; 5 - источник опорного постоянного напряжения; 6 - узел питания.

Принцип действия генератора калиброванного напряжения состоит в том, что напряжение задающего генератора с выхода усилителя мощности сравнивается с напряжением опорного источника с помощью фотоэлектрического компаратора, реагирующего на эффективное значение переменного тока.

Если действующие значения на выходе усилителя мощности не равно 10 В опорного напряжения сигнал ошибки подается на регулирующий элемент, который изменяет коэффициент передачи. Тонкая регулировка осуществляется вручную регулировками на передней панели генератора “Выход - Грубо - Точно”. Результат регулировки оценивается индикатором “Баланс (ИП)”.

Функциональная схема блока делителя представлена на рис.12

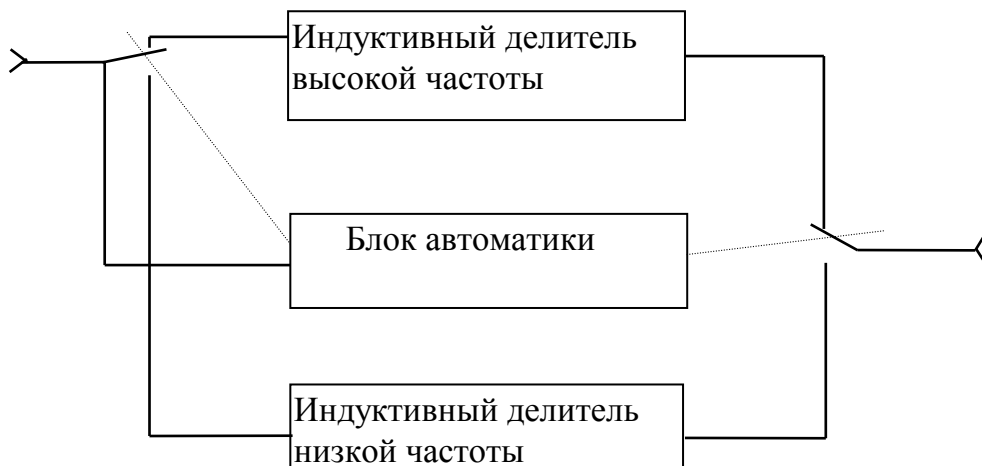


Рис.12

Схема делителя включает низкочастотный делитель с шестью декадами, выполненных на пермалловых сердечниках и высокочастотный делитель с шестью декадами, выполненных на ферритовых кольцах. Сигнал низкой частоты ($20\text{ Гц} \div 30\text{ КГц}$), высокой частоты ($20 \div 200\text{ кГц}$). Каждая декада позволяет получить переменный коэффициент деления от 1 до 10.

Выходное напряжение делителя изменяется от 0 до 10В с дискретностью 10 мкВ, а на выходе усилителя от 0 до 300В с дискретностью 300 мкВ.

Функциональная схема блока усилителя изображена на Рис. 13.

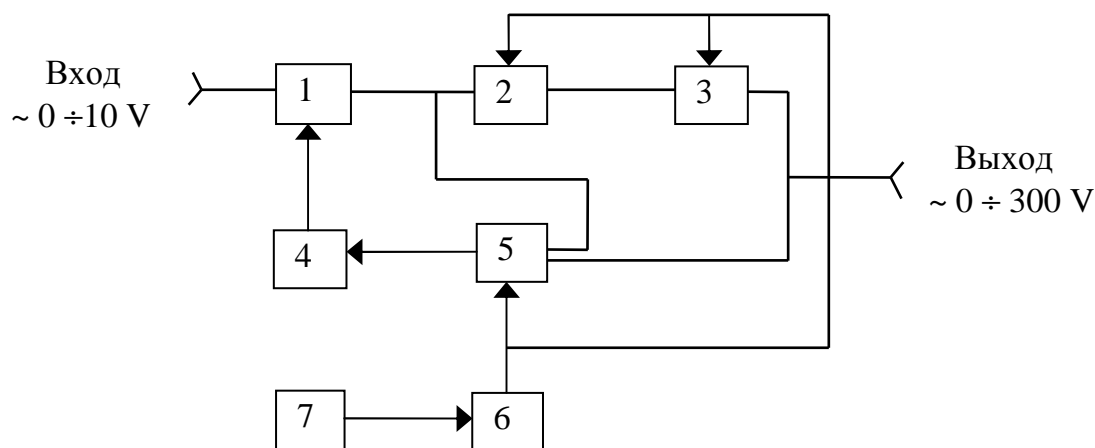


Рис.13

Схема состоит из:

1. - сумматора,
2. - предварительного усилителя,
3. - усилителя мощности,
4. - повторителя сигнала “ошибки”,
5. - блока выделения сигнала ошибки,
6. - источника питания,
7. - блока реле времени и блокировки.

Предварительный усилитель и усилитель и усилитель мощности имеют общий коэффициент передачи 30. Для стабилизации коэффициента передачи используется известный способ структурной коррекции, основано на сравнении выходного напряжения, поделенного точным делителем в коэффициент передачи фаз, со входным напряжением усилителя. В результате сравнения вырабатывается сигнал “ошибка”. Сигнал “ошибка” добывается в сумматоре ко входному сигналу, компенсируя тем самым погрешность коэффициента усиления.

14. Тумблер “Выход” - Подключение и отключение калиброванного напряжения на выход “ $\sim 0 \div 300 \text{ V}$ ” блока усилителя.
15. Коаксиальное гнездо “Выход $\sim 0 \div 300 \text{ V}$ ”- подключение проверяемого вольтметра с пределом измерения выше 10 В.
16. Светодиод “Готовность” - индикация готовности блока к работе.

Перед включением установки в сеть предварительно устанавливаются органы управления в следующие положения:

- а. Ручка “Уст.0” , Выход - в среднее положение.
- б. Переключатель рода работы - в положение “Уст.0”.
- в. Переключатель “Баланс” - в положение “Грубо”.
- г. Переключатель “Выходное напряжение” - в нулевое положение.
- д. Тумблер “Выход” (блока усилителя) - в положение ОТКЛ.

Нажатием кнопок сеть включить установку. Через 40÷50 сек. после включения светодиод блока усилителя должен загореться.

КАЛИБРОВКА НАПРЯЖЕНИЯ ОПОРНОГО ИСТОЧНИКА

1. К гнездам “Опорное напряжение” через делитель или без него подключают потенциометр постоянного тока с классом точности не хуже 0,005.
2. Вращением ручки установки “Опорное напряжение” установить опорное напряжение, указанное на табличке передней панели блока генератора.

ПОРЯДОК РАБОТЫ С УСТАНОВКОЙ

- I. Поверка измерительных приборов с помощью установки на частотах 20 Гц ÷ 200 кГц.
 1. Соединить коаксиальным кабелем выход “ $\sim 0 \div 10 \text{ V}$ ” с поверяемым прибором. При этом используются блоки Генератор и Делитель.
 2. Сбалансировать компаратор блока генератора, для чего нажать кнопку переключателя рода работы “Уст.0” “Грубо” переключателя “Баланс” и вращая ручку “Уст.0” “Грубо” добиться нулевого показания измерительного прибора “Баланс”. Далее нажать “Точно” переключателя “Баланс” и вращением “Уст.0 Точно” добиться вновь нулевого показания прибора.
 3. Нажать соответствующую клавишу “Частота”.
 4. Переключателем “Выходное напряжение” блока делителя установить необходимое калибровочное напряжение.
 5. Произвести калибровку величины действующего значения выходного напряжения. Для чего нажать кнопку переключателя “Баланс.Грубо” переключателя рода работы “Выход” и вращая ручку “Выход-Грубо” добиться нулевого показания измерительного прибора “Баланс”. Далее нажать кнопку переключателя “Баланс-Точно” вращением ручки “Выход-Точно” добиться нулевого показания прибора. Калибровку выходного напряжения производить при изменении частоты сигнала, но не реже, чем каждые 10 мин.

6. Произвести отсчет показаний поверяемого вольтметра и расчет погрешности в соответствии с ГОСТ. 3.11В-74.
7. Для изменения частоты калиброванного напряжения переключите переключатель рода работы в положение “Уст.0”, а затем установите требуемую частоту и произведите калибровку выходного напряжения.
8. При изменении величины калибровочного напряжения переключателями “Выходное напряжение” перевод работы в режим “Уст.0” не требуется.

I I. Поверка и калибровка цифровых и электронных вольтметров в пределах измерения действующего значения переменного напряжения от 10 до 300 В частотой от 20 Гц до 20 кГц.

1. Поверка и калибровка осуществляется путем непосредственного измерения проверяемым вольтметром, калиброванного с высокой точностью, напряжение с выхода “~ 0 ÷ 300 V”. При этом используются блоки: Генератор, Делитель, Усилитель.
2. Соедините коаксиальными кабелями, входящими в комплект Установки, гнезда: выход блока Генератора (“~ 10 V”) и входа блока Делителя (“~ 10 V”); выхода блока Усилителя (“~ 0 ÷ 10 V”) соответственно.
Подключите вход поверяемого вольтметра к выходу “~ 0 ÷ 300 V” Установки.
3. Произведите операции балансировки компаратора, установки частоты, калибровочного напряжения, калибровки выходного напряжения.
4. Включением тумблера “Выход” блока Усилителя подается калибровочное напряжение на Выход “~ 0 ÷ 300 V”. При этом должен загораться светодиод Выход.
5. Произведите отсчет показаний поверяемого вольтметра, рассчитайте погрешность в соответствии с ГОСТ 8-118-74. Тумблер Выход установите в положение Выкл.
6. При изменении частоты и уровня калибровочного напряжения необходимо провести операции п.8.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОГРАММЫ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

П.2.3. Поверка магнитоэлектрического микроамперметра состоит в установлении экспериментальным путем класса точности, Класс точности выражается пределом основной приведенной погрешности, которой устанавливается по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p, \%$$

Δ - предел допускаемой абсолютной основной погрешности

X_N - нормирующее значение, обычно конечное или максимальное значение на пределе измерения

p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда $1 \cdot 10^4$; $1,5 \cdot 10^4$; $(1,6 \cdot 10^4)$; $2 \cdot 10^4$; $2,5 \cdot 10^4$; $(3 \cdot 10^4)$; $4 \cdot 10^4$; $5 \cdot 10^4$; $6 \cdot 10^4$ (n = 1, 0, - 1, - 2 ???)

Для экспериментального определения абсолютной погрешности необходимо:

- установить указатель (стрелку) микроамперметра на оцифрованные отметки вначале при подходе снизу, а затем при подходе сверху,
- измерить действительное значение тока с помощью потенциометра Р4833,
- определить разности показаний.

Поделив все найденные абсолютные погрешности на конечное значение (100 мкА) получим основные приведенные погрешности.

Максимальная величина приведенной погрешности, выраженная в процентах, независимо от знака, определит значение класса точности.

Порядок измерения потенциометром Р 4833:

- нажать кнопки “П”, “Г”, “БП”, “НЭ”, “Сеть”.

Предварительно необходимо убедиться, что гальванометр включен на, т.е. нажата кнопка -∇---

- нажать кнопку “ Δ1”, установить рабочий ток первого контура, для чего установить стрелку гальванометра на нуль вращения ручек РАБОЧИЙ ТОК “1 ∇ “, затем “1 ∇∇” вначале при нажатой кнопке “ ∇ “, затем при нажатой кнопке “ ∇∇ “.
- нажать кнопку “ Δ 2”, т.е. включить второй рабочий контур и произвести установку рабочего тока, так же как и при установке рабочего тока в первом контуре.

Не забывать о последовательности включения кнопок “ ∇ “ “ ∇∇ “.

- проводниками подсоединить падение напряжения на R_0 к зажимам “ X и “mV” потенциометра, соблюдая полярность. Источник “ U_+ ” макета имеет верхнюю клемму “+”

- нажать кнопку “ “
- установить стрелку гальванометра на нуль вращением ручек декадных переключателей “ $\times 10 \Omega(mV)$ “, “ $\times 1 \Omega (mV)$ “, “ $\times 0,1 \Omega(mV)$ “ и “ $\times 0,1 \Omega (mV)$, вначале при нажатой кнопке “ ∇ “, затем “ ∇∇ “.

Значение измеренного напряжения в милливольтках будет равно сумме показаний декад. Действительное значение тока в цепи микроамперметра определяется по показаниям компенсатора-потенциометра.

$$I_d = 0,001 U_{kj}$$

Данные измерений и расчетов занести в таблицу.

Таблица

№ п\п	Показания микроамперметра	Показания потенциометра	Действительные значения тока, I_d	Δ	$P, \%$	Класс точности	Погрешность потенциометра

$$\Delta = I_d - I$$

$$p = 0.01 I_n, \%$$

Наибольшая по модулю приведенная погрешность округленная до большего значения в ряде, рекомендуемых ГОСТом, устанавливает класс точности поверяемого прибора.

Найденный класс точности сравнить с заводским, указанным на шкале и сделать выводы. Погрешность измерения компенсатором определяется по формуле:

$$\Delta U_k = \pm 5 * 10^{-4} (0.1 U_{\text{п}} + U)$$

$U_{\text{п}} = 0.1 \text{ В}$, U -показания потенциометра.

п.2.4. Измерение сопротивлений с помощью прибора, измеряющего напряжение производится в два этапа: вначале измеряют ток в цепи по падению напряжения на образцовом сопротивлении R_0 :

$$I = U_{k1} / R_0$$

где, U_{k1} - показание потенциометра при измерении падения напряжения на R_0 . Затем измеряют потенциометром падение напряжения на неизвестном сопротивлении - U_{k2} . Тогда неизвестное сопротивление

$$R_x = U_{k2} / I$$

Сопротивление микроамперметра измерить при нескольких токах и усреднить.

п. 2.5. Научиться производить измерения цифровым вольтамперметром ВК2-20. Прибор включается к зажимам “U ~ “ , перемычка убирается. Произвести измерение токов вольтамперметром при поверке микроамперметра.

ПОРЯДОК РАБОТЫ С ПРИБОРОМ

1. Выключить тумблер “СЕТЬ” переключатель “Запуск” установить в положение “ВНУТР.”
2. Произвести балансировку прибора для требуемого вида измерений.
 - 2.1. Для балансировки при последующих измерениях токов переключатель рода работ установите в положение “ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ”; переключателем пределов измерений токов - в положение $\ll 2 \mu\text{A} \gg$. Регулировкой “БАЛАНС А” добиться, чтобы показания не изменились при изменении положения переключателя из “I” в “ $\times 0,1$ ” (± 2 единицы младшего разряда).

Регулировкой “БАЛАНС Б” добейтесь, чтобы показания не изменялись при переключении переключателя из “ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ” в положение “Уст.нуля”.

Установите переключатель рода работ в положение “Уст.нуля” переключатель пределов - в положение “ I “, регулировкой “Баланс В” установите на табло показания “+0000”.Для балансировки вольтметра, закоротить “Вход U”, при “Пределы измерения” регулировкой “Баланс А” добейтесь малых изменений (± 2 единицы МР) при переключении переключателя пределов измерения из положения “2 mV” в положение “20 mV”. Переключатель установить в положение “20 mV” и регулировкой “Баланс Б” добейтесь малых изменений на табло при переключении “Пределы измерений” в положение “Уст.нуля”. Установите переключатель рода работ в положение “Уст.нуля”, переключатель пределов - в положение “20 mV” , регулировкой “Баланс В” установите “ + 0000”.
3. Произвести установку нуля прибора для требуемого предела измерения тока или напряжения. Для этого переключатель рода работ - в положение “Уст.нуля” регулировкой “Уст.нуля” установите на табло смену показаний “+ 0000” и “+ 0001”.

4. Произведите калибровку прибора. Для этого переключатель рода работ - в положение “ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ”, переключатель пределов измерений - в положение “КАЛИБР” и регулировкой “КАЛИБР” установите на табло “+ 2000”.

5. После корректировки нуля и калибровки прибор и готов к работе.

Отсчет показаний прибора производится по такому правилу. Выбрав определенный предел измерений, представляет его в виде четырехзначного числа:

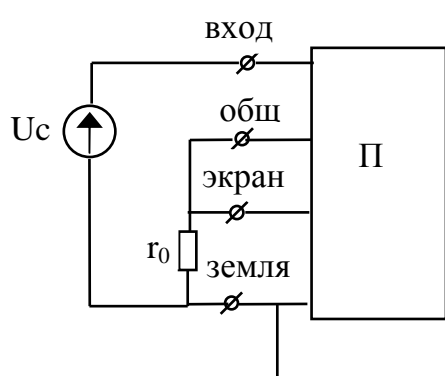
например, 20 В = 20,00 В. Показания : 1673 расшифровываем как 16,73 В.

Погрешность измерения прибора:

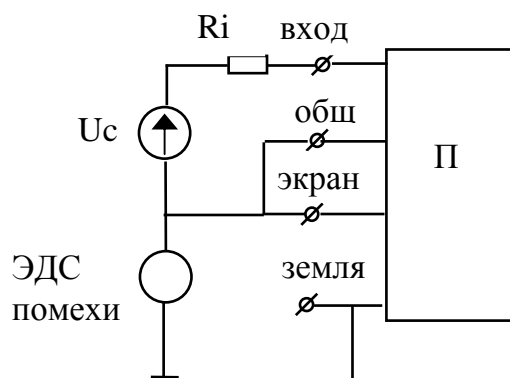
$\pm 0,3 \% A_x + 0,1 \% A_k$ - при 2 мВ 0,2 2 мкА

$\pm 0,2 \% A_x + 0,05 \% A_k$ - на всех других пределах.

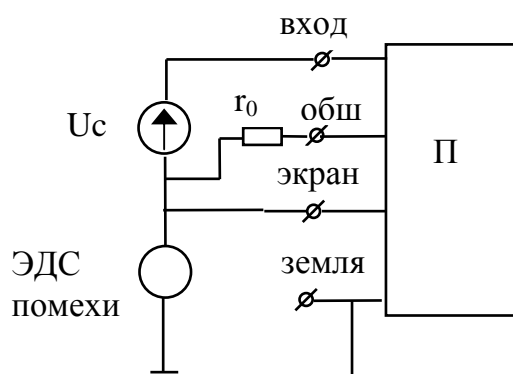
6. Аналоговая часть прибора выполнена изолированной от заземленной дискретной части и допускает измерения с незаземленными источниками. Прибор допускает три схемы включения:



А)



Б)



В)

В схемах А и Б между корпусом-землей и общим аналоговым проводом возникает ЭДС помехи, а вход по отношению к земле будет находиться под напряжением результирующим

сигнала и помехи. Третья схема более предпочтительна при измерениях в условиях действия помех, однако этот случай не всегда возможен на практике.

В техническом описании приводятся рекомендации для различных схем измерения и поверки вольтамперметра.