МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет
информационных технологий и электроники
наименование факультета

Кафедра
Нано – и микроэлектроника
наименование кафедры

Направление подготовки *11.03.04. «Электроника и наноэлектроника»*
код и наименование

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника
наименование профиля

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

ПензГУ *02. 11.03.04. 007* ПЗ
обозначение, присваиваемое кафедрой

на тему
Процентный омметр для выполнения контрольных операций
тема бакалаврской работы
микроэлектронного производства

Студент группы 20ПД1 (номер группы) — 10.06.24 (подпись, дата) — Китайкин Н.А. (фамилия, иниц.)

Руководитель Ген. директор ООО НПП "Сокол" (должность) — 10.06.24 (подпись, дата) — Доросинский А. Ю. (фамилия, иниц.)

наименование организации

Нормоконтролер ст. преподаватель (должность) — 17.06.24 (подпись, дата) — Рыжова Т.Н. (фамилия, иниц.)

Работа допущена к защите в ГЭК (протокол заседания кафедры от 10.06.24 № 10)
Заведующий кафедрой — 10.06.24 (подпись, дата) — Пронин И.А. (фамилия, иниц.)

Работа защищена с оценкой удовл. (протокол ГЭК от 26.06.24 № 13)
Секретарь ГЭК — 26.06.24 (подпись, дата) — Вольсков А.А. (фамилия, иниц.)

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка состоит из 76 страниц, 25 рисунков, 1 таблицы, списка использованных источников из 16 наименований и 5 приложений.

Ключевые слова: процентный омметр, сопротивление, средства измерений, метод амперметра и вольтметра, процентное отклонение.

Цель: создание процентного омметра, предназначенного для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства.

Объект исследования: Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства.

Актуальность данной темы: необходимость разработки данного прибора обусловлена тем, что большинство приборов использующихся на предприятиях при производстве продукции, одним из параметров которой является электрическое сопротивление технически и морально устарели, а обновить свою измерительную базу предприятия не могут, в виду того, что многие приборы сняты с производства.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1 Методы измерения электрического сопротивления 7
1.1 Понятие электрического сопротивления 7
1.2 Метод амперметра и вольтметра 9
1.3 Метод одного прибора 11
1.4 Мостовой метод 13
2 Средства измерения электрического сопротивления 18
2.1 Система передачи единиц сопротивления. Государственная поверочная схема 18
2.2 Аналоговые и цифровые средства измерения сопротивлений 21
2.3 Измерение процентного отклонения сопротивления как элемент автоматизации операций подгонки и разбраковки сопротивлений 25
3 Разработка устройства для измерения процентного отклонения сопротивлений 29
3.1 Разработка структурных и функциональных схем 29
3.2 Выбор элементов и разработка схемы электрической принципиальной .. 31
3.3 Описание работы устройства 36
4 Организация рабочего места с учетом эргономических требований 41
Заключение 49
Список использованных источников 50
Приложение А. Задание на выпускную квалификационную работу 52
Приложение Б. Схема электрическая принципиальная 55
Приложение В. Схема электрическая структурная 57
Приложение Г. Результат проверки работы на оригинальность 59
Приложение Д. Презентация ВКР 63

ВВЕДЕНИЕ

Разрабатываемый процентный омметр предназначен для определения относительного отклонения измеряемого электрического сопротивления (в диапазоне от 0 до 0,199 Ом) от установленного (заданного) номинального значения. Прибор является базовым потому, что его можно приспособить для решения конкретной задачи внеся небольшие функциональные изменения.

В процессе дипломного проектирования были поставлены следующие задачи:

1) прибор должен быть цифровым;

2) прибор должен отображать не только процентное отклонение измеряемого сопротивления резистора от номинального значения, но и само значение измеряемого сопротивления;

3) Разрабатываемый процентный омметр предназначен для определения относительного отклонения измеряемого электрического сопротивления (в диапазоне от 0 до 0.199 %) от установленного (заданного) номинального значения.

4) процентный омметр должен быть прост в эксплуатации;

5) питание прибора осуществляется от сети переменного тока с напряжением от 187 до 242 В с частотой (50 ± 0.5) Гц.

Областью применения разработанного прибора служит производство низкоомных нагрузочных резисторов (например, НР2-10, С5-16, С5-38), производство предохранителей, разъёмов, контакторов, а также прочей электротехнической продукции. Данную базовую модель по желанию заказчика возможно модифицировать, чтобы использовать её для проведения выходного, послеоперационного контроля продукции, а также включения прибора в систему контроля.

Среди существующего рынка измерительной аппаратуры ниша приборов для измерения низкоомного электрического сопротивления является достаточно неосвоенной. В нашей стране насчитывается несколько десятков предприятий, производящих продукцию, одним из параметров которой является электрическое сопротивление. На данных предприятиях выпускается несколько наименований изделий, а производство одного изделия требует несколько приборов. По предварительным оценкам ежегодная потребность в данных приборах составляет порядка 20 – 50 шт. для различных предприятий.

Отраслями хозяйства, для которых предназначен данный прибор являются: Электронная промышленность, электротехническая промышленность, топливно-энергетический комплекс. В эти отрасли входят такие предприятия как: НИИЭМП (г. Пенза), машиностроительный завод (г. Белинск), завод "Резистор" (г. Богородицк), завод низковольтной аппаратуры (г. Коренево), завод "Электрощит" (г. Ст. Петербург), завод "Электрощит" (г. Москва), завод "Электрощит" (г. Самара).

Предыдущими разработками являются: Щ34 (г. Краснодар), С5-16 (г. Пенза), Щ30 (г. Краснодар), Щ304 (г. Краснодар).

Предыдущие разработки имеют следующие недостатки: омметр Щ34 (г. Краснодар) и процентный омметр С5-16 (г. Пенза) сняты с производства, вследствие того, что элементная база, используемая в данных приборах технически устарела, выпускаемый процентный омметр Щ30 (г. Краснодар) не предназначен для измерения низкоомных сопротивлений, диапазон измеряемых им сопротивлений от 10 до 108 Ом, а процентный омметр Щ304 (г. Краснодар) имеет достаточно высокую стоимость 75 тысяч рублей, которая для многих предприятий неприемлема.

Прогрессивность данной разработки состоит в том, что прибор является базовой моделью и может быть легко модифицирован для различных задач.

Прибор создан с использованием современной отечественной и зарубежной элементной базы, в частности таких фирм как: *KINGBRIGHT*, *ANALOG DEVICES*, *ATMEL*, *BURR BROWN*. Прибор имеет режим калибровки по внешнему эталону электрического сопротивления, что не требует его тщательной настройки. Прибор имеет небольшие габаритные размеры (ширина-325мм, длина-220мм, высота-125мм), небольшой вес (не более 6 кг), прост в эксплуатации.

1 Методы измерения электрического спротивления

1.1 Понятие электрического сопротивления

Электрическое сопротивление – скалярная физическая величина, характеризующая противодействие участка электрической цепи электрическому току. Электрическое сопротивление участка цепи по закону Ома равно:

$$R = \frac{U}{I}, \tag{1.1}$$

где U – электрическое напряжение, I – сила тока на данном участке цепи.

Измерение действительного значения сопротивления считается одним из важных параметров всех типов резисторов. Отклонение этого значения от номинала также имеет большое значение и требует особого внимания при измерении. Особенно сложно измерить это значение для маломощных прецизионных резисторов с отклонением до ±0,1% [1].

Методы измерения сопротивления резисторов и их количественные критерии установлены ГОСТ 21342.20-78. Стандарт предусматривает применение измерительной аппаратуры, использующей на постоянном или переменном токе:

1) мостовой метод;

2) компенсационный метод;

3) метод вольтметра-амперметра.

И любой другой метод, обеспечивающий необходимую погрешность измерений.

Во время определения сопротивления резистора необходимо соблюдать два требования, такие как:

1) напряжение резистора необходимо удерживать на значении ниже 30 % напряжения, которое соответствует его номинальной мощности рассеяния;

2)Напряжение не должно быть выше 10% предельного рабочего напряжения.

Основным требованием является то, в котором фактическая величина напряжения меньше. Абсолютное значение измерительного напряжения не должно быть меньше 100В, а также важно чтобы мощность рассеяния резистора не мешала точности измерения.

В ситуациях, когда это требование нарушено, то позволяется подача измерительного напряжения не дольше чем на 5 секунд, интервалы включения должны быть не менее 5 секунд.

Иногда стандартное соотношение допустимой погрешности измерений и отклонения сопротивления не может обеспечить необходимую точность оценки измерения. Многократное измерение изделия на приборах, находящихся в категории одного класса, может приводить к получению ошибочных оценок измерения. Для решения этой проблемы, применяются измерительные средства погрешность измерений которых не превышает 20% изменения сопротивления впоследствии пребывания резисторов в неблагоприятных условиях.

Также стоит подчеркнуть, что стандарт является определяющим допустимой комплексной погрешности, для всех измерительных приборов, а не конкретного. Поэтому при оценке погрешности измерений следует учитывать отклонение главного измерительного прибора, погрешность от способа встраивания резистора в измерительную схему, а также систематические и случайные погрешности [2].

1.2 Метод амперметра и вольтметра

На постоянном токе с помощью амперметра и вольтметра омическое сопротивление R_X можно определить косвенно по одной из схем, представленных на рисунке 1.1 и рисунке 1.2. При расчёте величины R_X по показаниям приборов I_A и U_V используется закон Ома.

В схеме, изображенной на рисунке 1.1, падение напряжения на R_X определяется по показанию вольтметра U_V, а сила тока I_X вычисляется с учётом закона Кирхгофа:

$$I_X = I_A - I_V = I_A - \frac{U_V}{R_V}, \tag{1.2}$$

исходя из уравнения выше, получим:

$$R_X = \frac{U_V}{I_X} = \frac{U_V}{\left(I_A - \frac{U_V}{R_V}\right)} \tag{1.3}$$

Для схемы, представленной на рисунке 1.2, сила тока $I_X = I_A$, а падение напряжения будет равно:

$$U_X = U_V - U_A = U_V - I_A \times R_A, \tag{1.4}$$

поэтому уравнение приобретает вид:

$$R_X = \frac{U_X}{I_A} = \frac{U_V}{I_A} - R_A \tag{1.5}$$

Однако следует учитывать, что при измерении по схеме, представленной на рисунке 1.1 R_X, близких по величине сопротивлению вольтметра R_V, возможны значительные погрешности, так как в знаменатель формулы 1.3 войдёт разность двух близких величин. При измерении по схеме, изображенной на рисунке 1.2, если R_X, соизмеримо с сопротивлением амперметра R_A, возможны также большие погрешности, так как в формуле 1.5 опять вычитаются мало отличающиеся друг от друга величины.

В практике измерений первая схема обычно применяется для измерения $R_X << R_V$, а вторая для $R_X >> R_A$ и расчет R_X производится по приближённой формуле:

$$R_X = \frac{U_V}{I_A}, \tag{1.6}$$

где U_V и I_A –показания вольтметра и амперметра.

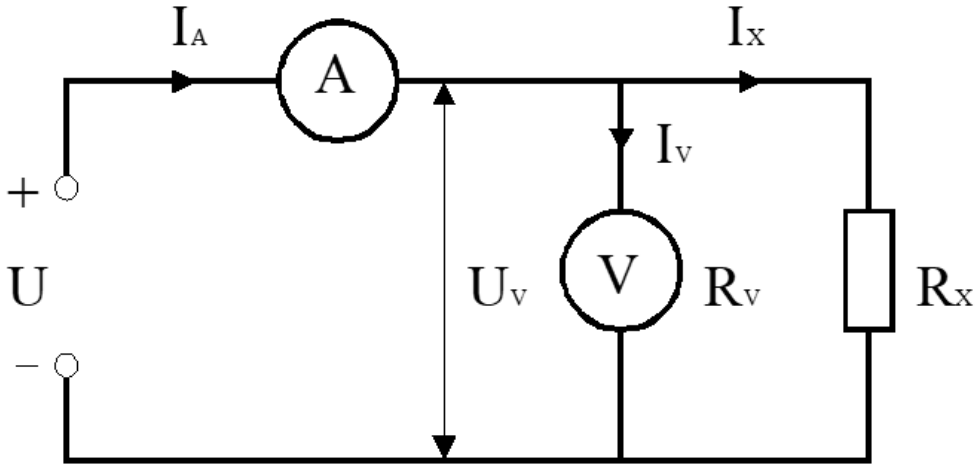


Рисунок 1.1 – Схема определения сопротивление R_X на постоянном токе с помощью амперметра и вольтметра

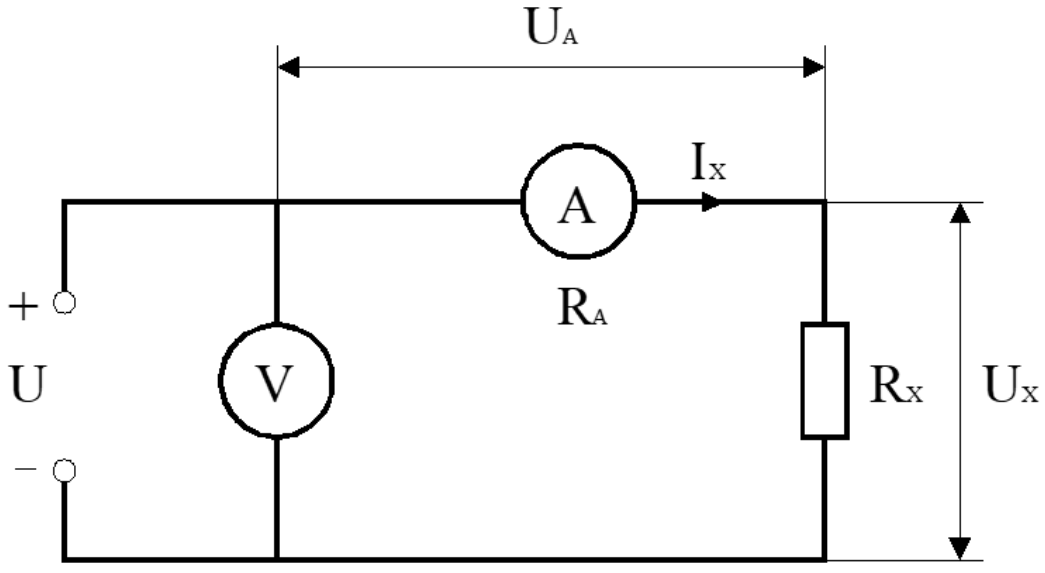


Рисунок 1.2 – Схема определения сопротивление R_X на постоянном токе с помощью амперметра и вольтметра

Достоинство такого определения R_X – его простота и, главным образом то, что определение сопротивления производится в его рабочем режиме. Это является обязательным при измерении нелинейных сопротивлений.

Недостатками метода являются:

1) необходимость в использовании двух приборов;

2) необходимость в проведении вычислений.

Точность определения R_X ограничивается классом точности амперметра и вольтметра [3].

1.3 Метод одного прибора

Измерение сопротивлений с помощью одного прибора производится на постоянном токе: для больших сопротивлений – методом вольтметра по схеме, представленной на рисунке 1.3, для малых сопротивлений – методом амперметра по схеме, изображенной на рисунке 1.4. Сущность метода заключается в том, что при определённой постоянной величине напряжения питания схем дополнительное включение неизвестного сопротивления R_X вызывает изменение показания прибора, вольтметра или амперметра, с α_1 на α_2. Так, например, для схемы, изображенной на рисунке 1.3 при разных положениях переключателя (П) при положении 1, имеем:

$$\alpha_1 = S \times \frac{U}{R_V} \tag{1.7}$$

При положении 2:

$$\alpha_2 = S \times \frac{U}{R_V + R_X} \tag{1.8}$$

Из соотношения этих выражений найдём:

$$R_X = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_2} \times R_V = \frac{U_1 - U_2}{U_2} \times R_V , \tag{1.9}$$

где $U1$ и $U2$ – показания вольтметра, соответствующие отклонениям стрелки на углы α_1 и α_2.

Аналогично можно получить выражение для расчёта R_X по двум показаниям амперметра, соответствующих выключенному и включенному положениям ключа (К) на рисунке 1.4:

$$R_X = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \times R_V = \frac{I_2}{I_1 - I_2} \times R_A, \qquad (1.10)$$

где $I1$ и $I2$ – показания амперметра, соответствующие отклонениям стрелки на углы α_1 и α_2.

При определении R_X по формулам 1.9 и 1.10 надо знать внутренние сопротивления приборов R_A и R_V, и наоборот, если они неизвестны, то, включая вместо R_X известное по величине сопротивление, можно определить R_A или R_V [4].

При методе одного прибора надо учитывать следующее:

1) внутреннее сопротивление источника питания R_O должно быть мало, или чтобы выполнялись условия: $R_O << R_V$, $R_O << R$;

2) диапазон измерения величин R_X определяется внутренним сопротивлением прибора и отношением α_1 к α_2, которое не должно быть близким к единице, отличие должно быть 20 – 25%;

3) при измерении малых сопротивлений на результат определения R_X могут сильно влиять сопротивления соединительных проводов и контактов.

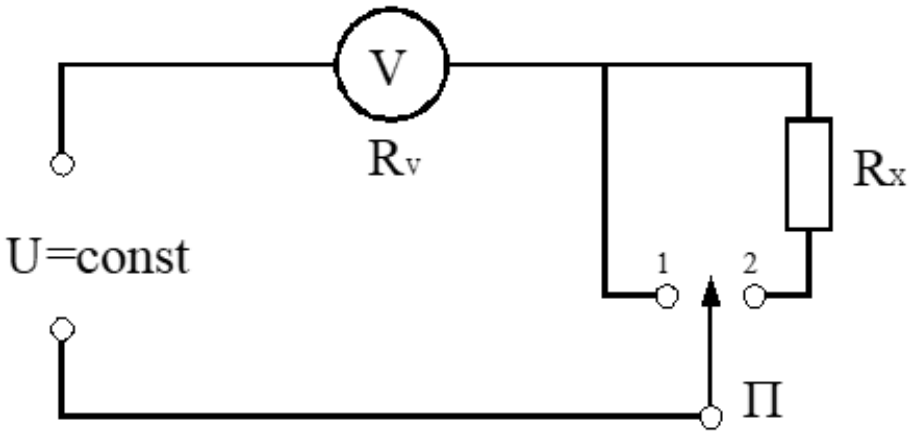


Рисунок 1.3 – Измерение сопротивлений с помощью одного прибора на постоянном токе

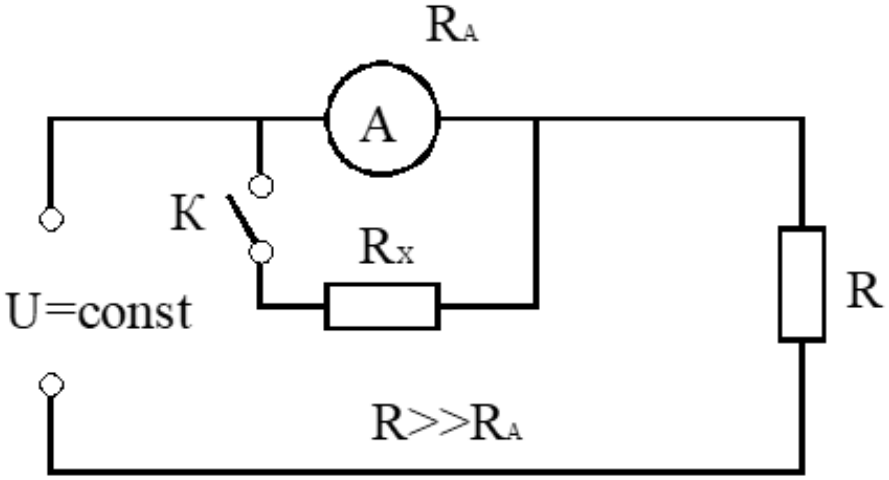


Рисунок 1.4 – Измерение сопротивлений с помощью одного прибора на постоянном токе

1.4 Мостовой метод

Для определения электрических величин разных приборов широко применяются мостовые схемы. Есть несколько видов таких схем:

1) четырёхплечие мосты;

2) шестиплечие мосты;

3) Т-образные схемы;

4) дифференциальные мосты.

Простейшая схема для измерения активных сопротивлений, в частности сопротивлений резисторов, приведена на рисунке 1.5.

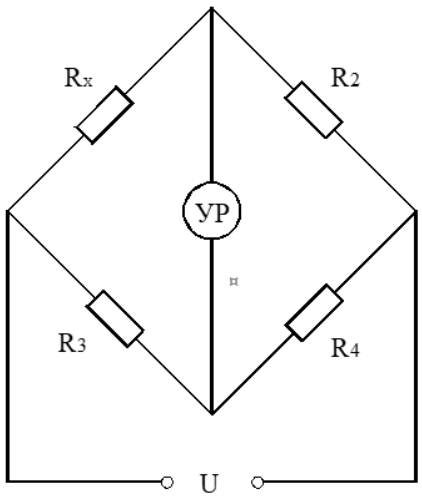


Рисунок 1.5 – Схема для измерения активных сопротивлений

Измеряемое сопротивление включают в первое плечо моста. Три других плеча собирают из рабочих сопротивлений, выполненных в виде рычажных или штепсельных магазинов. Для питания схемы, как правило, используют источник постоянного тока. Указателем равновесия (*УР*) является магнитоэлектрический микроамперметр с нулём посередине шкалы. В соответствии с законом Ома равновесию рассматриваемой схемы соответствует условию:

$$R_X = R_3 \times \frac{R_2}{R_4} \qquad (1.11)$$

Мост уравновешивают изменением сопротивления *R*3 или отношения сопротивлений *R*2 и *R*4. При нулевом токе через указатель равновесия отсчитывают величины *R*3 и *R*2 к *R*4 по шкалам соответствующих элементов и вычисляют измеряемое сопротивление, пользуясь формулой 1.11.

Точность измерения сопротивления описанным методом определяется прежде всего точностью изготовления рабочих элементов схемы. Важную роль играет чувствительность указателя равновесия. Недостаточная чувствительность его приводит к существенным ошибкам при определении момента равновесия схемы и к неправильному отсчёту величин рабочих сопротивлений.

При измерении малых сопротивлений, где $R_X << 1$ Ом погрешность измерения зависит также от сопротивлений проводов, которыми исследуемый элемент подключают к зажимам моста, и переходных сопротивлений контактов в местах его присоединения.

Влияние этих факторов сводится к минимуму в схеме двойного моста, изображенной на рисунке 1.6. На схеме обозначено: *R*1, *R*4 – сопротивления плеч моста, R_X и R_O – малые измеряемое и рабочее сопротивления, *R*5 – сопротивление соединяющего их провода.

Расчётные соотношения для этой схемы легко получить, заменяя треугольник, образованный сопротивлениями *R*3, *R*4 и *R*5, на эквивалентную

звезду. Как видно из рисунка 1.7, преобразованная схема представляет собой четырёхплечий мост. Равновесию этого моста соответствует условие:

$$\frac{R_1}{R_O + R_B} = \frac{R_2}{R_X + R_a} \tag{1.12}$$

Сопротивления *R*а и *R*в определяются выражениями:

$$R_a = \frac{R_3 \times R_5}{R_3 + R_4 + R_5} \tag{1.13}$$

$$R_B = \frac{R_4 \times R_5}{R_3 + R_4 + R_5} \tag{1.14}$$

Подставляя эти выражения в формулу 1.12, после несложных преобразований получим:

$$R_X = R_O \times \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_4 \times R_5}{R_3 + R_4 + R_5} \times (\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4}) \tag{1.15}$$

При выполнении условия:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}, \tag{1.16}$$

второй член в формуле 1.15 равен нулю и измеряемое сопротивление определяется упрощённой формулой

$$R_X = R_O \times \frac{R_1}{R_2} \tag{1.17}$$

Для того чтобы неточность выполнения равенства 1.15 не давала заметной погрешности, сопротивление соединительного провода *R*5 необходимо сделать достаточно малым. Обычно он выполняется в виде короткого отрезка медной шины.

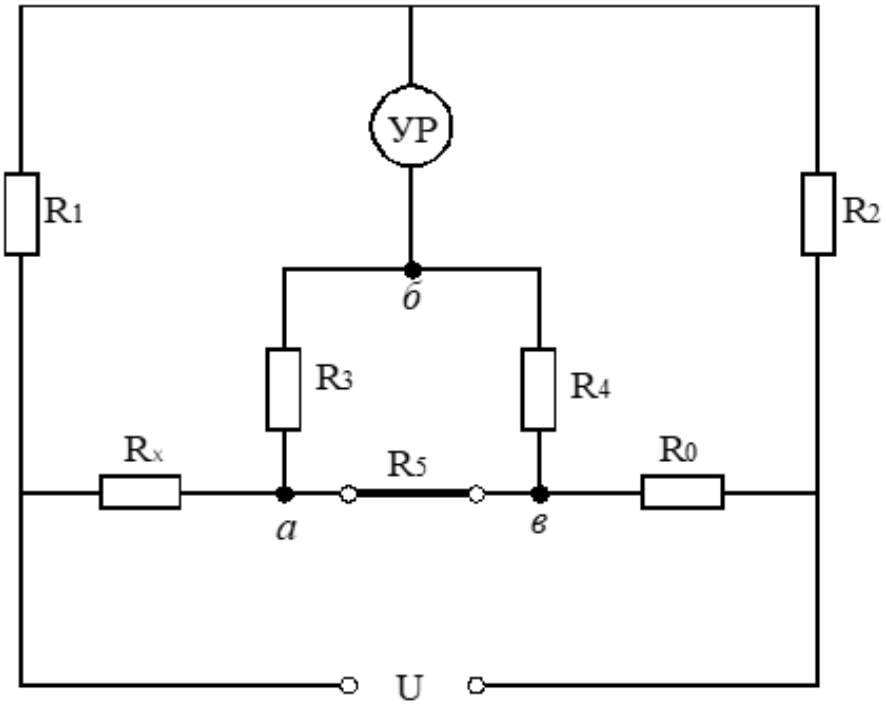


Рисунок 1.6 – Схема двойного моста

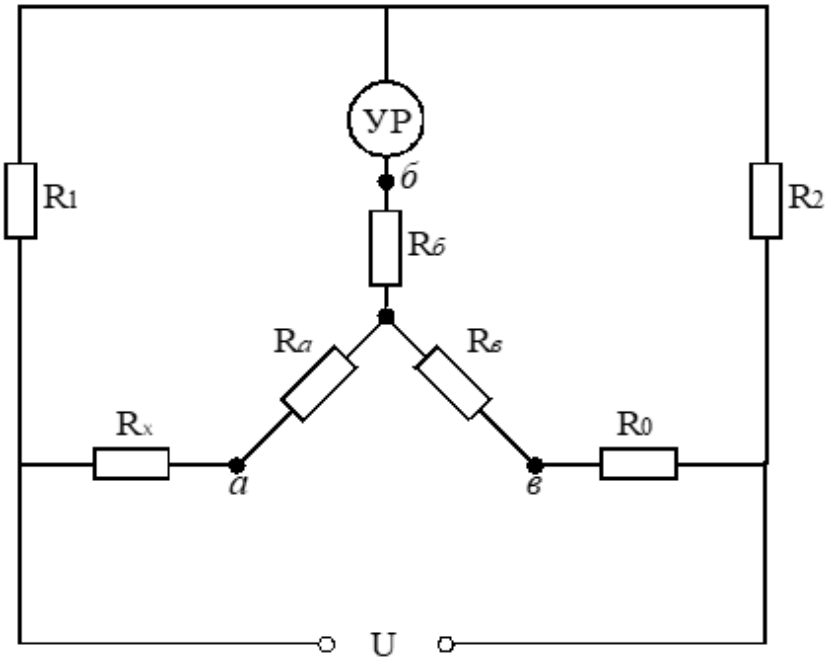


Рисунок 1.7 – Схема двойного моста

Сопротивления *R*1 и *R*4, наоборот, должны быть большими, практически более 10 Ом. Это исключает погрешности, обусловленные сопротивлениями проводов схемы и переходными сопротивлениями контактов.

Двойные мосты применяют для точного измерения малых сопротивлений. При $R_X \approx \frac{10^{-5}}{10^{-6}}$ Ом погрешность измерения обычно не превышает $\pm 1\%$; для сопротивлений $R_X > 10^{-3}$ Ом она может быть менее $\pm 0{,}05\%$.

Для измерений активных сопротивлений применяют также неуравновешенные четырёхплечие мосты. В этом случае измеряемое сопротивление отсчитывают по шкале предварительно отградуированного измерительного прибора, включенного в диагональ моста [5,6].

2 Средства измерения электрического сопротивления

2.1 Система передачи единиц сопротивления. Государственная поверочная схема

Единица электрического сопротивления — Ом входит в число международных систем единиц. Государственный первичный эталон, утвержденный ГОСТ.8.028-75, обеспечивает воспроизведение этой единицы при СКО не более 1×10^{-7} и не исключённой систематической погрешности, не превышающей 5×10^{-7}. Он состоит из 10 манганиновых катушек сопротивления с номинальным значением 1 Ом и мостовой измерительной установки.

Для страны, в которой существует крупная эталонная база, не организована быстрая передача эталонных размеров к рабочим измерительным средствам. Это происходит из-за наличия в обращении большого количества средств измерений (СИ).

Данные факторы приводят к необходимости наличия категории средств измерений, которая будет направлена на осуществление на практики этой передачи.

Общие требования к образцовым средствам измерения, их метрологической аттестации и применению регламентируются ГОСТ 8.382—80. В нем рассматривается создание эталонных измерительных средств для одной из величины с некоторым количеством уровней точности. При этом образцовые средства измерения 1-го разряда считаются исходными и подлежат поверке непосредственно по рабочим эталонам. Образцовые средства измерения 2-го, 3-го и последующих разрядов являются подчиненными и подлежат поверке по образцовым средствам измерения 1-го, 2-го и последующих разрядов соответственно.

Впоследствии, эталонные измерительные средства можно объединить для создания поверочных установок.

Поверочные схемы – документы, которые систематизируют передачу размера физической величины от эталона к измерительным средствам. Поверочные схемы позволяют наглядно продемонстрировать соподчиненность эталонов, образцовых и рабочих средств измерений. Данные схемы делятся на:

1) государственные

2) ведомственные

3) локальные

Содержание и правила построения поверочных схем регламентируются ГОСТ 8.061—80. Абсолютно каждая схема обязана иметь 2 или более ступеней передачи размера единицы. С увеличением количества ступеней намного точнее можно судить о погрешностях рабочих измерительных средств, но также это приводит к увеличению сложности схемы и стоимости поверки. Поэтому структура поверочных схем, то есть виды вторичных эталонов, число разрядов образцовых средств измерений, соотношение погрешностей поверяемого и образцового средства измерений обязательно оптимизируется.

Государственные поверочные схемы должны состоять из чертежа схемы и текстовой части, содержащей пояснения к чертежу. Ведомственные и локальные поверочные схемы оформляются в виде чертежа. На чертеже указываются наименования средств измерений и методов поверки, номинальные значения или диапазоны значений физических величин, допускаемые значения погрешностей средств измерений и допускаемые значения погрешностей методов поверки. В целях унификации выбираемый метод поверки должен соответствовать одному из следующих общих методов: непосредственное сличение, то есть без средств сравнения, сличение при помощи компаратора или других средств сравнения, метод прямых или косвенных измерений. Чертеж поверочной схемы состоит из полей, расположенных друг под другом и имеющих наименования «Эталоны»,

«Образцовые СИ» и «Рабочие СИ». Упрощенный пример чертежа приведен на рисунке 2.1 [7].

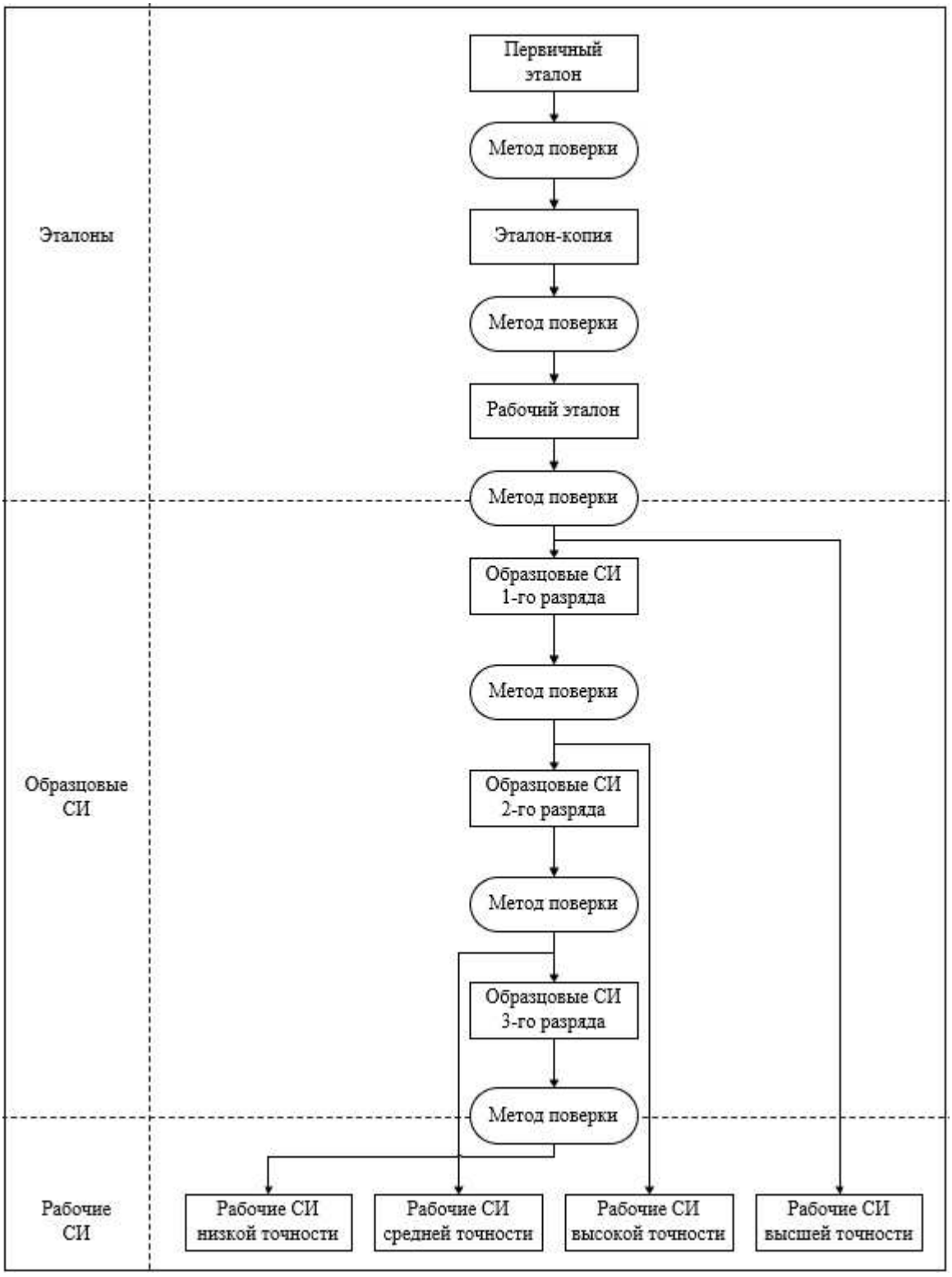


Рисунок 2.1 – Упрощенная структура поверочной схемы

2.2 Аналоговые и цифровые средства измерения сопротивлений

Электронные омметры имеют широкий диапазон измеряемых сопротивлений от 10^{-4} до 10^{17} Ом и достаточно просты в эксплуатации. Точность таких омметров, как правило, невысока, приведённая погрешность составляет единицы процентов и увеличивается до 10 – 15% при измерении особо больших сопротивлений больше 10^{12} Ом. В зависимости от диапазона измерения их называют омметрами, миллиомметрами, тераомметрами или мегомметрами.

В основе работы электронных омметров лежит преобразование измеряемого сопротивления в функционально связанное с ним напряжение постоянного тока, которое подаётся на магнитоэлектрический измерительный механизм; при этом шкала измерительного механизма градуируется в единицах сопротивления. Наибольшее распространение получила схема омметра, изображённая на рисунке 2.2, где ИСН – источник стабильного напряжения U_0; УПТ – усилитель постоянного тока; ОУ – операционный усилитель; ИМ – измерительный механизм; R_X – измеряемое сопротивление; R_0 – известное сопротивление; U_X – напряжения, функционально связанное с измеряемым сопротивлением R_X. Возможны два варианта включения R_0 и R_X, показанные на рисунке без скобок – 1-й вариант и со скобками – 2-й вариант.

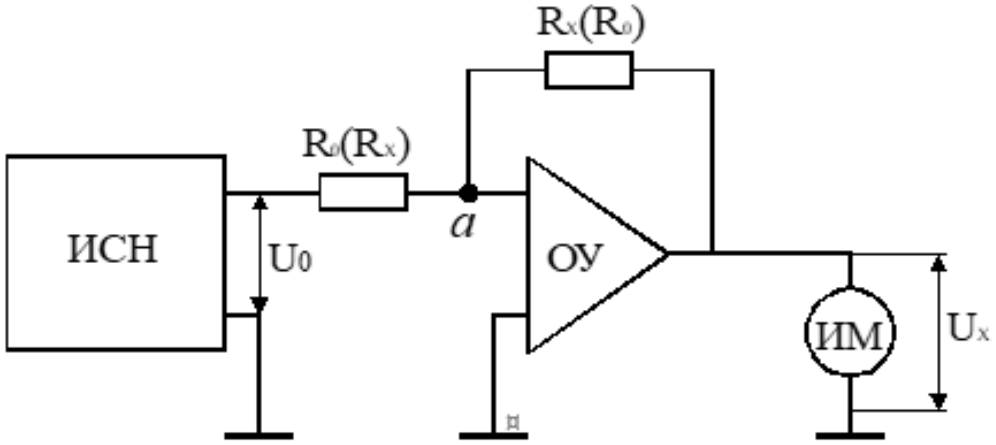


Рисунок 2.2 – Схема омметра

В омметрах, построенных по схеме, изображенной на рисунке 2.2, применён операционный усилитель, в цепь отрицательной обратной связи которого включён резистор $R_X(R_0)$. Операционный усилитель – усилитель постоянного тока с большим коэффициентом усиления k и большим входным сопротивлением. Поэтому потенциал точки a, определяемый как U_X/k, и входной ток усилителя практически равны нулю. Следовательно, токи, протекающие через резисторы R_0 и R_X, равны и справедливы соотношения:

$$\frac{U_0}{R_0} = \frac{U_X}{R_X} \tag{2.1}$$

$$\frac{U_0}{R_X} = \frac{U_X}{R_0} \tag{2.2}$$

в зависимости от схемы включения R_0 и R_X.

Для 1-го варианта включения

$$U_X = \frac{U_0 \times R_X}{R_0} \tag{2.3}$$

следовательно:

$$a = \frac{S_U \times U_0 \times R_X}{R_0}, \tag{2.3}$$

где S_U – чувствительность ИМ. Такая схема включения предпочтительна, поскольку омметр имеет равномерную шкалу. Верхний предел измерений в таких омметрах изменяют путём подключения резисторов R_0 различных сопротивлений. Такая схема используется в электронном омметре Е6-10, имеющем диапазон измерений 10 Ом – 1000 МОм и класс точности 2,5.

Измерение малых сопротивлений до 10^{-4} Ом производится электронными миллиомметрами. При измерении таких сопротивлений возникают трудности, связанные с влиянием соизмеримых по значению сопротивлений контактов и соединительных проводов, а также контактных термо–ЭДС. Миллиомметры на рисунке 2.3 работают по принципу, аналогичному работе омметра, изображённого на рисунке 2.2. Однако для исключения влияния термо–ЭДС измерения проводятся на переменном токе, вырабатываемом генератором (Г).

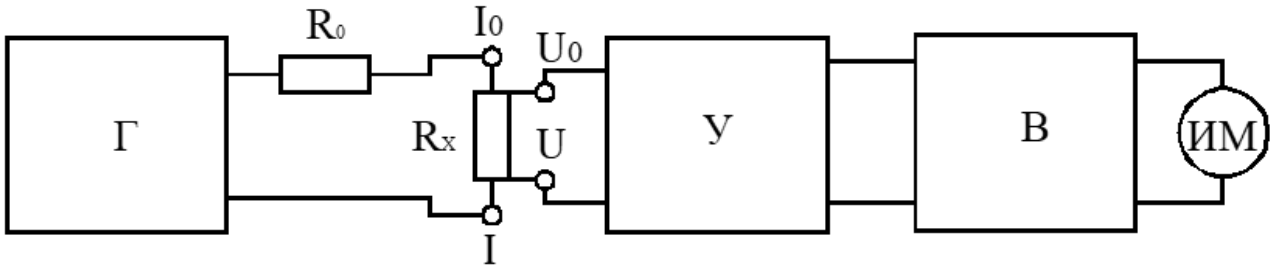


Рисунок 2.3 – Структура миллиомметра

Применение переменного тока позволяет использовать усилитель (У) переменного тока с большим коэффициентом усиления, что повышает чувствительность прибора при измерении малых сопротивлений. Выходной сигнал усилителя выпрямляется выпрямителем (В) и подаётся на магнитоэлектрический измерительный механизм (ИМ).

Для уменьшения влияния сопротивлений контактов и соединительных проводов резистор R_X включают по четырёхпроводной схеме, при которой ток к резистору подводится по одной паре проводов, зажимы I_0 и I, а напряжение, пропорциональное измеряемому сопротивлению, снимается с другой пары проводов, зажимы U_0 и U. В качестве примера можно указать миллиомметр Е6-15, имеющий диапазон измерений сопротивления 10^{-4} – 10^{2} Ом и приведённую погрешность $\pm 1{,}5\%$.

Цифровое измерение сопротивления постоянному току в настоящее время выполняется преимущественно комбинированными приборами, в частности, мультиметрами. В состав мультиметров, на основе цифрового вольтметра (ЦВ), предусматриваются преобразователи различных входных величин в напряжение постоянного тока. Такие преобразователи могут быть конструктивно оформлены в виде сменных блоков-приставок, однако в последнее время преобразователи выполняются как функциональные узлы прибора, т.е. конструктивно неотделимы от него.

Преобразование измеряемого сопротивления в пропорциональное напряжение выполняется с помощью источника известного тока *I*. Падение напряжения на измеряемом сопротивлении измеряется ЦВ, являющимся основой комбинированного прибора.

$$U_X = I \times R_X \tag{2.4}$$

Погрешности измерения различных входных величин определяются погрешностями преобразователей и ЦВ.

Цифровые омметры выпускаются также промышленностью как автономные приборы. В их основе лежит мостовая схема с дискретным изменением сопротивления резисторов, образующих плечи моста. Упрощённая функциональная схема мостового цифрового омметра приведена на рисунке 2.4.

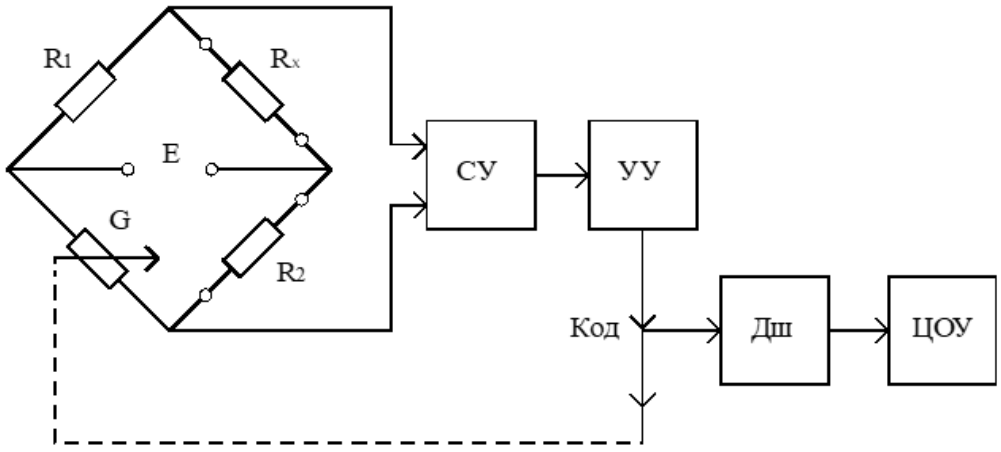


Рисунок 2.4 – Упрощённая функциональная схема
мостового цифрового омметра

Одно из плеч одинарного моста образовано преобразователем код-проводимость *G*. Значение проводимости определяется кодом, поступающим от устройства управления (УУ), которое в соответствии с выходным сигналом сравнивающего устройства (СУ) изменяет код, уравновешивая мост. Положение равновесия моста соответствует равенству

$$R_X = R_1 \times R_2 \times G \tag{2.4}$$

Выходной код УУ при равновесии моста дешифрируется и выводится на цифровое отсчётное устройство (ЦОУ). Примером мостового цифрового омметра может служить прибор Щ34, измеряющий сопротивления постоянному току на поддиапазонах 10 – 100; 10^2 – 10^6; 10^7 – 10^{10}; 10^{10} – 10^{11} и 10^{11} – 10^{12} Ом с относительной погрешностью от 0,05 до 5%. Чувствительность прибора 10^{-5} Ом. Время измерения не более 2 с [8].

2.3 Измерение процентного отклонения сопротивления как элемент автоматизации операций подгонки и разбраковки сопротивлений

На производстве для разбраковки резисторов применяются процентные мосты на базе цифрового моста узкого диапазона измерения изображенные на рисунке 2.5.

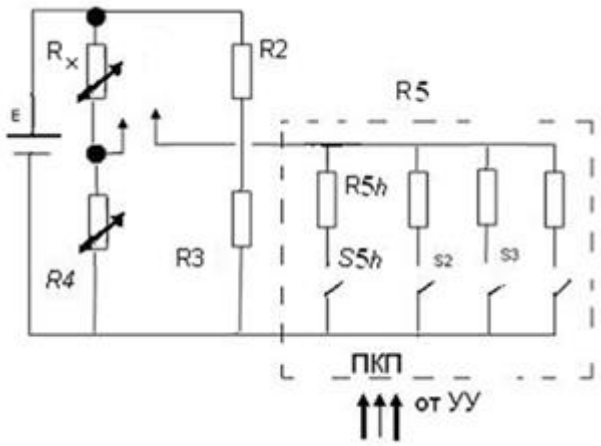


Рисунок 2.5 – Процентный мост

Данный мост применяется для разбраковки резисторов. В данном случае измеряемой величиной является, выраженное в процентах отклонение сопротивления R_X, контролируемого резистора, от его номинального значения $R_{X\text{номин}}$, то есть измеряемая величина равна

$$X = \pm(\frac{\Delta R_X}{R_{X\text{номин}}}) \times 100\% \qquad (2.5)$$

Для учета значения отклонения в ПКП вводят дополнительный ключ и резистор R_{5h}.

1. Если $X>0$ ключ S_{5h} замкнут, то условие равновесия моста:

$$R_{Xномин} + \Delta R_X = R_2 \times R_4 \times (G_3 + G_{5h} + G_3 \times N) \qquad (2.6)$$

Для получения $N=0$, при $\Delta R_X=0$ необходимо обеспечить:

$$R_{Xномин} = R_2 \times R_4 \times (G_3 + G_{5h}) \qquad (2.7)$$

Для выполнения этого равенства при разных $R_{X\text{номин}}$ в схеме в качестве резистора R_4 используют магазин сопротивлений, на котором предварительно для данных $R_{X\text{номин}}$ устанавливаются требуемые значения R_4. Следовательно:

$$\Delta R_X = R_2 \times R_4 \times (G \times N) \qquad (2.8)$$

2. Если при замкнутом ключе S_{5h} уравновешивание моста не произошло, то это говорит о том, что $X<0$. Тогда ключ S_{5h} размыкают и уравновешивание производится замыканием разрядных ключей. В этом случае условие равновесия будет выглядеть следующим образом:

$$R_{1H} - \Delta R_1 = R_2 \times R_4 \times (G_{30} + G_{3H}) \qquad (2.9)$$

Прибавив и отняв G_{3H} к сомножителям в скобках, получим:

$$R_{Xномин} - \Delta R_X = R_2 \times R_4 \times (G_3 + G_{5h}) - R_2 \times R_4 \times (G_{5h} - G \times N) \qquad (2.10)$$

Из этого выражения и с учетом того, что $G_{5h} = G \times N_{\max}$ имеем:

$$X = g \times (N_{\max} - N), \qquad (2.11)$$

где числу N_{max}-N соответствует обратный код числа N.

Таким образом при $X>0$, значение x выражается прямым кодом числа N, а при $X<0$ – обратным.

Очень хорошим вариантом схемы контроля и измерения сопротивления является схема, представленная на рисунке 2.6.

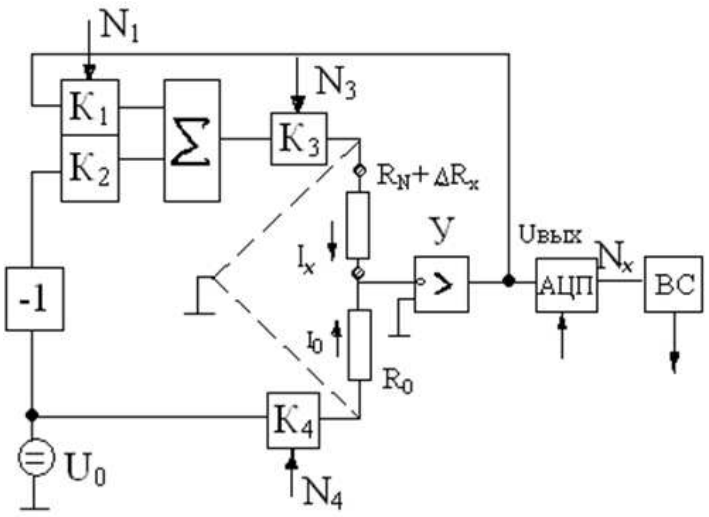


Рисунок 2.6 – Схема контроля и измерения сопротивления

В данной схеме в качестве измерительного преобразователя используется схема автокомпенсационного квазиуравновешенного моста с дискретно управляемыми параметрами. В данной схеме K_1,K_3,K_4- масштабные преобразователи, управляемые двоичным кодом N_1,N_3,N_4 соответственно, K_2-масштабный преобразователь;[-1]- инвертирующий усилитель; ∑-сумматор; У-усилитель; $R_x=R_N+\Delta R_x$- измеряемое сопротивление; R_N-номинальное значение сопротивления;R_0-образцовое сопротивление; N_1-цифровой эквивалент преобразуемого сопротивления;U_0- источник постоянного опорного напряжения; АЦП - аналого-цифровой преобразователь; ВС- вычислительные средства [9].

Измерительный преобразователь реализует функцию преобразования:

$$U_{вых} = \frac{-R_N \times K_4}{R_0 \times K_1 \times K_3} \times U_0 - \frac{\Delta R_X \times K_4}{R_0 \times K_1 \times K_3} \times U_0 + \frac{K_2}{K_1} \times U_0 \qquad (2.12)$$

Устройство может работать в режиме процентного моста и в режиме измерения значения сопротивления дифференциально-разностным методом.

Рассмотрим работу устройства в режиме процентного моста. В этом режиме напряжение питания измерительного плеча калибруется номинальным значением измеряемого сопротивления. В этом случае выходное напряжение пропорционально относительному отклонению от номинала. При реализации этого режима необходимо выполнение следующих условий:

$$K_2 = K_4 = 1 \tag{2.13}$$

$$K_3 = \frac{R_N}{R_0} \tag{2.14}$$

K_1- определяет чувствительность преобразователя. Следовательно:

$$U_{вых} = -\delta \times R_X \times \frac{U_0}{K_1}, \tag{2.15}$$

где

$$\delta \times R_X = \frac{\Delta R_X}{R_N} \tag{2.16}$$

3 Разработка устройства для измерения процентного отклонения сопротивлений

3.1 Разработка структурных и функциональных схем

Процентный омметр предназначен для измерения процентного отклонения сопротивления от номинального значения. Например, наборов резисторов НР2-10. Процентный омметр позволяет измерять значение сопротивления в однократном и следящем режимах, запоминать в энергонезависимой памяти три номинальных значения сопротивления и вычислять процентное отклонение измеренного значения сопротивления от номинального значения.

Измерение сопротивления методом амперметра вольтметра подразумевает под собой измерение падения напряжения на резисторе при протекании через него известного значения тока. Подключение резистора к процентному омметру осуществляется с помощью коммутатора (К), реализующего четырех зажимное подключение внешнего резистора к устройству.

Посредством подключения источника тока ИТ к зажимному устройству, через резистор течет ток. Выходным сигналом подобной схемы является падение напряжения на резисторе, которое зависит от номинала сопротивления и силы тока, протекающего через резистор. Далее сигнал в виде падения напряжения поступает на дифференциальный усилитель ДУ выходным сигналом которого является разность между опорным напряжением и информационным сигналом.

Опорное напряжение также подается на второй вход дифференциального

усилителя. Он необходим для реализации алгоритма компенсирующего систематическую составляющую погрешности прибора. Измерение должно проходить в два такта, при подаче на вход дифференциального усилителя положительного напряжения опоры с источника опорного напряжения ИОН, а во втором такте отрицательного напряжения, которое получается путем инверсии напряжения с ИОН схемой инвертора ИНВ. Коммутацию сигнала с инвертора или источника опорного напряжения с одним из входов дифференциального усилителя осуществляет аналоговый токовый ключ Кл управляемый микроконтроллером.

Сигнал с выхода ДУ поступает на вход аналого-цифрового преобразователя АЦП, где преобразуется в цифровую форму, и подается на вход микроконтроллера МК который реализует алгоритм по обработке данных, управлению процесса измерения и выдаче конечного результата измерения на индикацию И. Управление прибором осуществляется с помощью управляющих кнопок, расположенных на корпусе прибора.

Источник тока питает два резистора R_x и R_0 на каждом из которых падает определенное напряжение. Резистор R_0 является образцовым и необходим для реализации алгоритма компенсации систематической погрешности, а именно ее мультипликативной составляющей. Первой циклом измерения считается измерение образцового сопротивления, выполняемое за два такта, а вторым – измерение контролируемого сопротивления, по значению которого оценивается его процентное отклонение, запомненное в энергонезависимой памяти устройства.

В первом такте падение напряжения на измеряемом резисторе поступает на нормирующий усилитель НУ, который приводит фактически приводит диапазон входного сигнала. Далее сигнал с выхода нормирующего усилителя поступает на фильтр низких частот ФНЧ, который отфильтровывает высокочастотные помехи, присутствующие во входном сигнале. Затем сигнал с выхода подается на вычитающий усилитель выходным сигналом которого

является разность информационного напряжения и опорного, взятого с положительным знаком с источника опорного напряжения ИОН. Во втором такте вычитающий усилитель определяет разность при опорном напряжении взятым с отрицательным знаком с инвертора ИНВ. Сигналы с выхода вычитающего усилителя поступают на АЦП.

Коммутацию измеряемых сопротивлений с измерительной схемой реализуют аналоговые токовые ключи Кл1, а переключение уровней опорных напряжений, поступающих на один из входов вычитающего усилителя, осуществляется посредством ключа Кл2 [10].

3.2 Выбор элементов и разработка схемы электрической принципиальной

В предлагаемой схеме процентного омметра источник тока выполнен как повторитель и добавочный резистор. Напряжение с выхода повторителя преобразуется в ток посредством резистора *R*д.

Схема, представленная на рисунке 3.1, показывает подключение измеряемого и образцового резисторов к источнику тока.

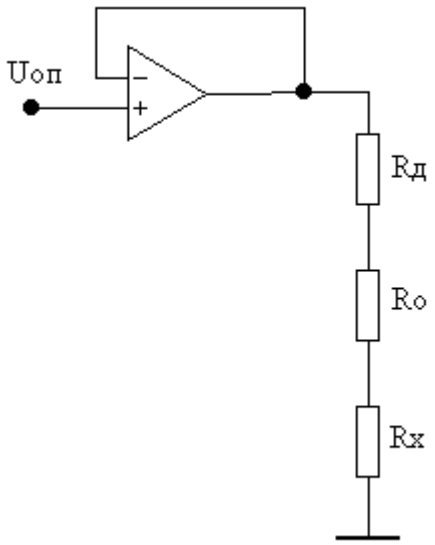


Рисунок 3.1 – Подключение резисторов к повторителю

Таким образом согласно данной схеме, ток, протекающий через измеряемые резисторы одинаков, так как имеет место их последовательное соединение и определяется как:

$$I = \frac{U_{ОП}}{R_Д + R_0 + R_X} \tag{3.1}$$

Данное включение хорошо тем, что через резисторы R_0 и R_x протекает один и тот же ток.

Схема предлагаемого дифференциального усилителя выполнена на двух операционных усилителях. На выходе дифференциального усилителя действует напряжение пропорциональное напряжению, приложенное к его входу. Схема дифференциального усилителя приведена на рисунке 3.2.

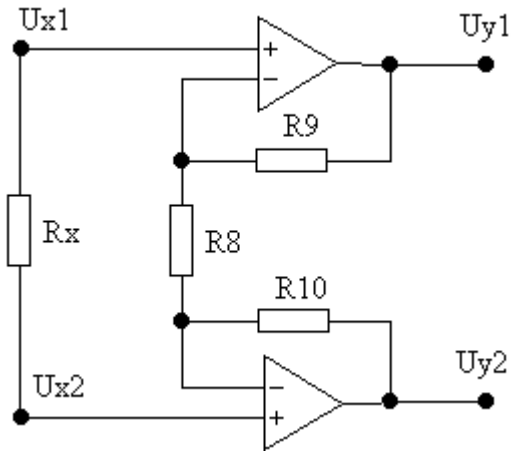


Рисунок 3.2 – Схема дифференциального усилителя

Выведем функцию преобразования данного усилителя. Для этого будем рассматривать узлы входящие в его состав идеальными. Тогда:

$$\frac{U_{X2} - U_{X1}}{R_8} = \frac{U_{X1} - U_{y1}}{R_9} \tag{3.2}$$

Выражая выходное напряжение из этого уравнения, получим:

$$U_{y1} = U_{X1} - U_{X2}\frac{R_9}{R_8} + U_{X1}\frac{R_9}{R_8} = U_{X1}\left[1 + \frac{R_9}{R_8}\right] - U_{X2}\frac{R_9}{R_8} \tag{3.3}$$

Запишем аналогичную зависимость для второго усилителя:

$$\frac{U_{X1}-U_{X2}}{R_8}=\frac{U_{X2}-U_{y2}}{R_{10}} \tag{3.4}$$

Также выражая выходное напряжение из этого уравнения, получим:

$$U_{y2}=U_{X2}-U_{X1}\frac{R_{10}}{R_8}+U_{X2}\frac{R_{10}}{R_8}=U_{X2}\left[1+\frac{R_{10}}{R_8}\right]-U_{X1}\frac{R_{10}}{R_8} \tag{3.5}$$

Выходное напряжение данного преобразователя представляет собой разность выходных напряжений:

$$\begin{aligned}U_y&=U_{y1}-U_{y2}=U_{X1}\left[1+\frac{R_9}{R_8}+\frac{R_{10}}{R_8}\right]-U_{X1}\left[1+\frac{R_9}{R_8}+\frac{R_{10}}{R_8}\right]=\\&=\left(U_{X1}-U_{X2}\right)\left[1+\frac{R_9+R_{10}}{R_8}\right]\end{aligned} \tag{3.6}$$

Разность напряжений U_{x1} и U_{x2} есть входной сигнал рассматриваемого преобразователя U_x [11].

Схема фильтра низких частот представлена на рисунке 3.3.

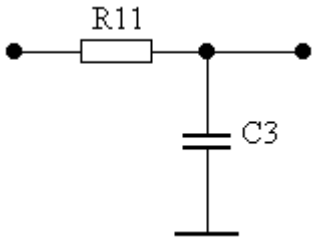


Рисунок 3.3 – Фильтр низких частот

Данный фильтр рассчитан на подавление высокочастотных помех.

Приведем расчет в общем виде данного фильтра. Передаточная функция для данного фильтра есть:

$$U_Y=U_X\frac{X_{C3}}{X_{C3}+R_{11}} \tag{3.7}$$

Учитывая, что $X_{C3}=1/\omega C3$ получим:

$$U_Y=U_X\frac{1}{1+\omega R_{11}C_3} \tag{3.8}$$

Рассчитаем частоту среза для данного фильтра.

Частотой среза считается та частота, при которой отношение входного сигнала к выходному есть $U_X / U_Y = \sqrt{2}$. Это есть условие, при котором имеет место равенство активных и реактивных сопротивлений:

$$R11 = \frac{1}{\omega \times C3} \tag{3.9}$$

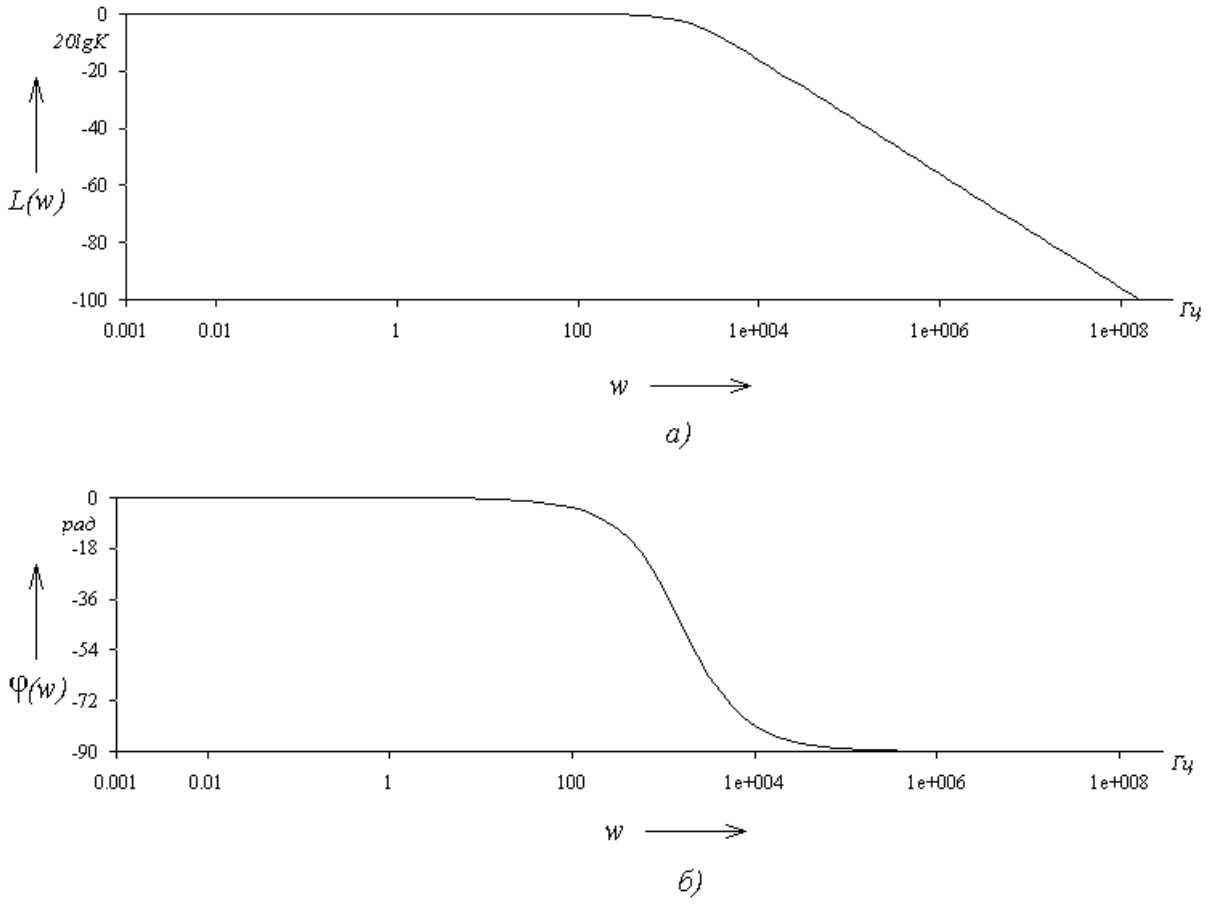
При условии, что $R11$=10 кОм, а $C3$=0.01 мкФ, получим:

$$\omega_c = \frac{1}{R11C3} = \frac{1}{10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{100} = 0.01 \quad рад \tag{3.10}$$

Переводя значение частоты из радиана в герцы, получим:

$$f_C = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{0.01}{6.28} \approx 1.6 \quad кГц \tag{3.11}$$

На рисунке 3.4 приведены: амплитудно-частотная (а) и фазочастотная (б) характеристики фильтра.



а) амплитудно-частотная характеристика; б) фазочастотная характеристика

Рисунок 3.4 – Характеристики фильтра нижних частот

Таким образом данный фильтр подавляет помехи свыше 1.6 кГц, для всего диапазона частот.

Вычитающий усилитель функционирует по схеме субтрактора представленной на рисунке 3.5.

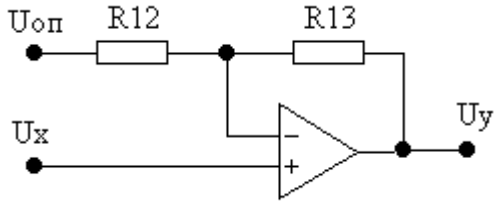


Рисунок 3.5 – Вычитающий усилитель

Выведем номинальную функцию преобразования данного узла.

На вход U^+ подается напряжение от измеряемого сопротивления.

$$\frac{-U_{ОП}-U_X}{R_{12}}=\frac{U_X-U_У}{R_{13}} \tag{3.12}$$

Выражая выходное напряжение из этого уравнения, получим:

$$U_У=U_X+U_{ОП}\frac{R_{13}}{R_{12}}+U_X\frac{R_{13}}{R_{12}}=U_X\left[1+\frac{R_{13}}{R_{12}}\right]+U_{ОП}\frac{R_{13}}{R_{12}} \tag{3.13}$$

Расчет для данной функции велся при условии, что входное напряжение есть положительная величина.

Схема инвертора представляет из себя схему аналогичную схеме разностного усилителя. Разница есть лишь в том, что положительный вход операционного усилителя, на котором реализован инвертор заземлен. В этом случае функция преобразования будет вида:

$$U_У=-U_X\frac{R_{17}}{R_{15}} \tag{3.14}$$

При равных номиналах $R17$ и $R15$ выходное напряжение будет эквивалентно входному взятому с противоположным знаком [12].

3.3 Описание работы устройства

Процентный омметр предназначен для измерения процентного отклонения сопротивления от номинального значения. Например, наборов резисторов НР2-10. Процентный омметр позволяет измерять значение сопротивления в однократном и следящем режимах, запоминать в энергонезависимой памяти три номинальных значения сопротивления и вычислять процентное отклонение измеренного значения сопротивления от номинального значения [13].

Технические данные процентного омметра сведены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Технические данные процентного омметра

Параметр	Размерность	Значение
1 Диапазон измеряемых сопротивлений	Ом	1-100
2 Абсолютная погрешность при измерении процентного отклонения сопротивления	%	не более $1.2 \cdot \delta R_{н}$
3 Дополнительная погрешность измерения сопротивления, вызванная отклонением температуры окружающего воздуха от нормальной до любой в пределах от плюс 10 °С до плюс 40 °С		не превышает половины значения основной погрешности
4 Дополнительная погрешность измерения сопротивления, вызванная отклонением напряжения сетевого питания от номинального до любого в пределах от 187 В до 242 В		
5 Предел отклонения действительного значения измеряемого сопротивления от его номинального значения		не более 20.

Продолжение таблицы 4.1

6 Допустимое превышение измеряемого сопротивления над верхним значением предела измерения		не менее 10
7 Время измерения сопротивления без учета времени установки контролируемого резистора в контактно-зажимное устройство	с	не более 2
8 Время установления рабочего режима	мин	не более 5
9 Продолжительность непрерывной работы	час	не менее 8
10 Мощность, потребляемая от сети	ВА	не более 60
11 Количество номинальных значений сопротивлений, запоминаемых в энергонезависимой памяти прибора		не более 3

Основная погрешность измерения сопротивления реализуется при нормальных условиях:

1) температура окружающего воздуха, °C 20 ± 5;

2) относительная влажность воздуха, % 55 ± 25;

3) атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.) 84 - 106 (630 - 795);

4) напряжение сети, В 220,0 ± 4,4;

5) частота напряжения сети, Гц 50,0 ± 0,5;

6) габаритные размеры блока измерительного, мм 315 × 140 × 225;

7) масса блока измерительного, кг 5.

Принцип работы процентного омметра основан на определении падения напряжения U_x от протекания через контролируемый резистор R_x измерительного эталонного постоянного тока I_o, вычислении действительного значения сопротивления

$$R_X = \frac{U_X}{I_0} \qquad (3.15)$$

Затем по известному значению $R_н$, запомненного в энергонезависимой памяти прибора вычисляется процентное отклонение R_x от номинального по формуле:

$$\delta R = \pm \frac{R_X - R_H}{R_H} \cdot 100\% \qquad (3.16)$$

где R_X – полученный результат измерения сопротивления, $R_Н$ – номинальное значения сопротивления, $\cdot\delta R$ – выходной результат (в процентах) относительного отклонения сопротивления от номинала.

Ниже приведено краткое описание прибора и его составных частей.

На лицевой панели измерительного блока, изображенной на рисунке 3.6 расположены:

1 – шестиразрядное табло индикации результатов измерения (и вводимого номинального значения $R_{ном}$ измеряемого резистора);

2 – кнопки ▲ и ▼ выбора номинального значения контролируемого резистора;

3 – кнопка ПУСК управления режимами работы;

4 – кнопка ПРОГ программирования энергонезависимой памяти прибора;

5 – тумблер R_X – % выбора вида вывода результата измерения.

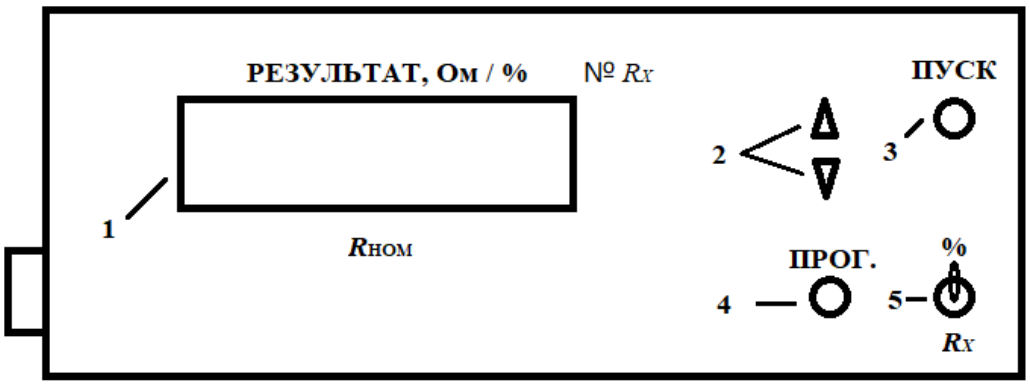


Рисунок 3.6 – Лицевая панель процентного омметра

На задней панели измерительного блока, изображенной на рисунке 3.7 расположены:

1 – ввод шнура сетевого питания;

2 – держатель ПР плавкого предохранителя;

3 – тумблер СЕТЬ включения сетевого питания;

4 – клемма "⏚" защитного заземления;

5 – скобы крепления шнура сетевого питания.

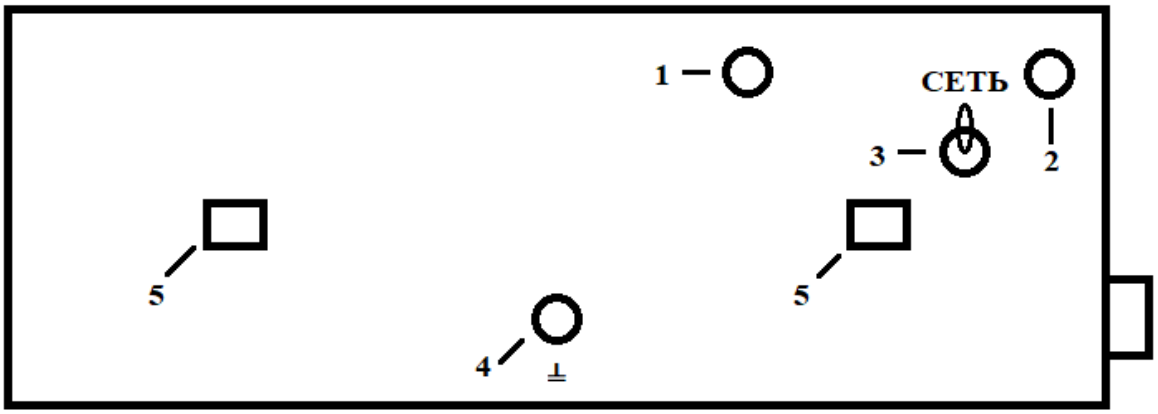


Рисунок 3.7 – Задняя панель процентного омметра

Разъём подключения контактно-зажимного устройства расположен на левой боковой панели блока измерительного.

Контактно-зажимное устройство предназначено для оперативной фиксации контролируемого резистора и подключения к его выводам измерительных цепей миллиомметра. Контактно-зажимное устройство, представленное на рисунке 3.8, состоит из:

1 – корпус;

2 – разъём;

3 – входной кабель;

4 – фиксатор выводов контролируемого резистора;

5 – переключатель выбора номера контролируемого резистора;

6 – тумблера выбора типа контролируемого резистора.

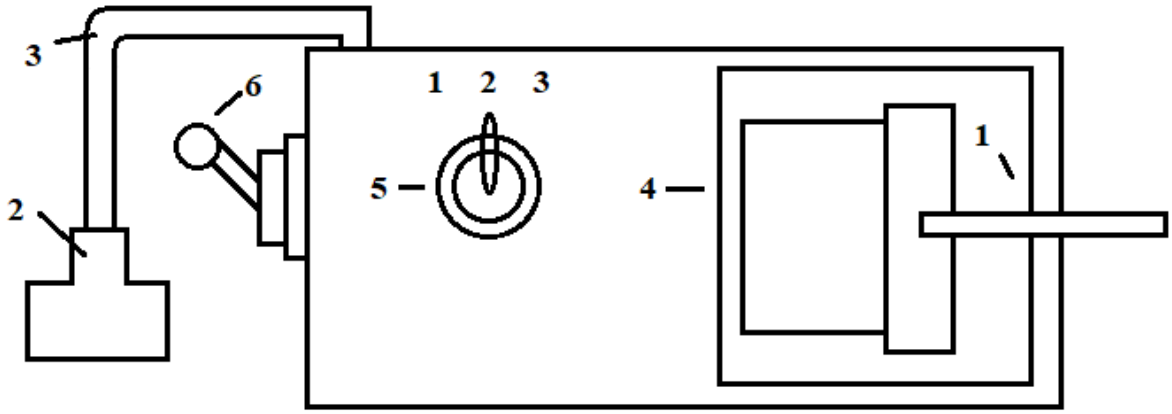


Рисунок 3.8 – Контактно зажимное устройство

Измерение с помощью разрабатываемого прибора осуществляется нажатием кнопки ПУСК при установке режима измерения. Табло результата должно быть погашено. По окончании процедуры измерения на табло индицируется результат в виде значения сопротивления измеряемого резистора или процентного отклонения значения сопротивления измеряемого резистора от номинального значения, запомненного в энергонезависимой памяти прибора.

При необходимости работы в режиме многократных измерений нажимается кнопка ПУСК и удерживается в нажатом положении 1,5 – 2 с. Для возврата в режим однократных измерений повторно нажимается кнопка ПУСК, которая удерживается в нажатом положении 1,5 – 2 с.

При появлении на табло результата сообщений ПЕРЕГР. (перегрузка) или "0,0000" (неполный контакт) проверить контактирование контролируемого резистора в контактно-зажимном устройстве [14].

4 Организация рабочего места с учетом эргономических требований

Любая профессиональная деятельность может привести к негативным последствиям или вреду, вызывать травмы, болезни, полную потерю трудоспособности или даже смерть. Процесс работы на производстве также может быть связан с такими негативными факторами, которые могут повлиять на жизнь человека.

В данном дипломном проекте разрабатывается процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства. Рабочее место специалиста будет представлять собой устройство, сопряженное с персональной электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ).

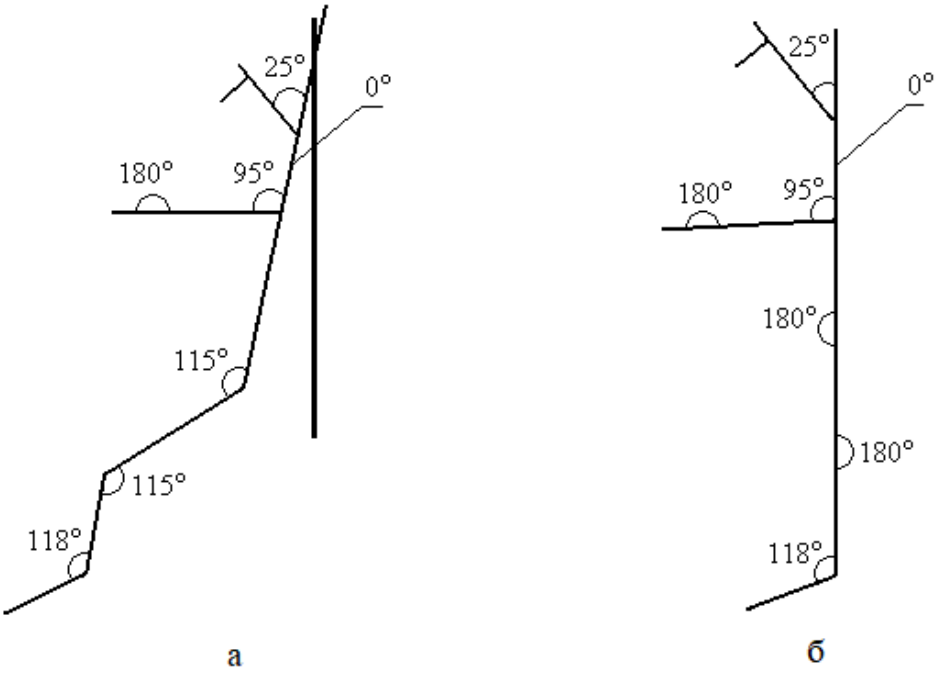
Определим общие правила организации рабочего места с учетом эргономических требований.

Обеспечение безопасности такой деятельности будет заключаться в реализации комплекса мер защиты от различных видов опасностей, возникающих в процессе труда [15].

Все виды опасностей разделяют в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические (социальные). Выделим электромагнитные излучения как один из видов физических опасностей и опишем некоторые меры защиты.

Рабочее место оператора — это место, где человек работает в системе, оснащенное средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием, согласно ГОСТ 21.0.34-75. Это место может быть либо индивидуальным, если работает один человек, либо коллективным, если работает несколько человек одновременно.

В данном случае, рабочее место оператора предназначено для перемещения между сидячим и стоячим положениями, как показано на рисунке ниже, что предотвращает долгое пребывание в одной рабочей позе и способствует нормальному распределению нагрузки на мышцы.



а) эпюра позы сидя; б) эпюра позы стоя.

Рисунок 4.1 – Оптимальные значения углов в суставных сочетаниях тела

При любой рабочей позиции оператора его поза должна быть физиологически правильной. Для достижения этого, сначала необходимо обеспечить оптимальные позиции различных частей тела.

Основная конструкция всех типов рабочих мест должна быть унифицированной, чтобы позволить добавлять дополнительные устройства и создавать новые рабочие места для операторов, соответствующие выполняемым функциям.

При создании рабочих мест важно обеспечить оптимальные условия для оператора, включая достаточное рабочее пространство, хорошую физическую, зрительную и слуховую связь с оборудованием, правильное размещение рабочих мест, безопасные проходы и простоту сборки и разборки

оборудования. Кроме того, необходимо обеспечить правильную установку, замену и монтаж блоков или элементов оборудования, предотвратить ошибочную идентификацию, ориентацию и расположение кабелей и разъемов, а также предоставить необходимые инструкции и предупредительные знаки. Также важно предусмотреть опоры и подставки для временного хранения вынутых блоков и элементов оборудования, а также испытательного оборудования, приборов, инструментов и технических руководств. Наконец, необходимо обеспечить надежную индикацию для случаев отказа электрического питания или отказа оборудования или его функционирования с выходом за допустимые пределы.

В исключительных случаях необходимо предоставить соответствующие средства защиты персонала от воздействия радиации, высоких температур, токсичных веществ, электромагнитных полей и других опасностей.

Во время создания и размещения рабочих мест следует продумывать меры, снижающие преждевременное утомление оператора, исключающие возникновение у него психологического или физического стресса, а также появление ошибочных действий.

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ – по ГОСТ 12.1.005-76.

Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рисунке 4.2 и рисунке 4.3.

Организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

Конструкцией производственного оборудования и организацией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием:

- высота рабочей поверхности

- подставки для ног при нерегулируемой высоте рабочей поверхности.

Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

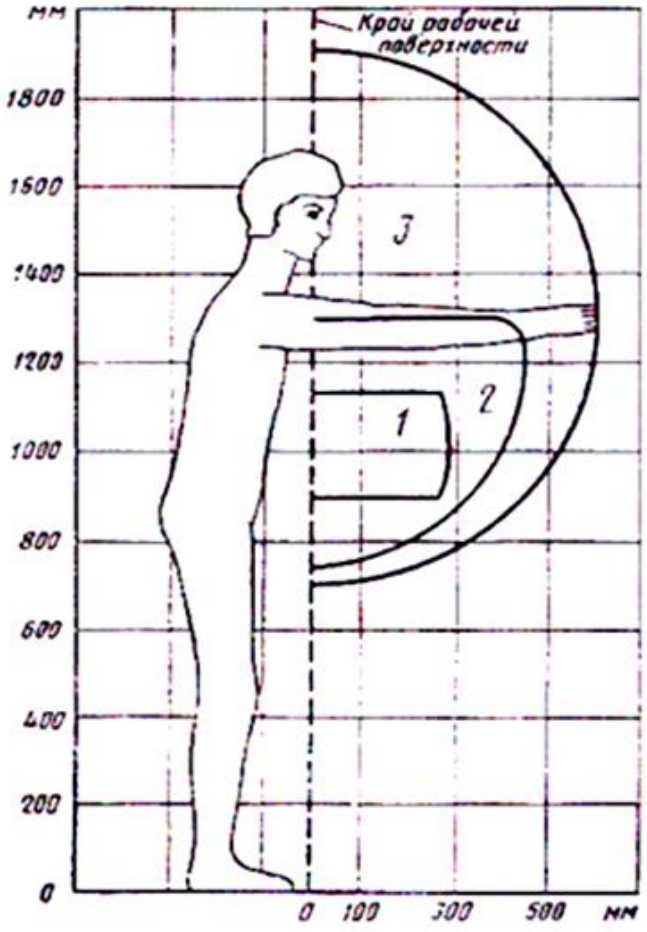


Рисунок 4.2 – Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

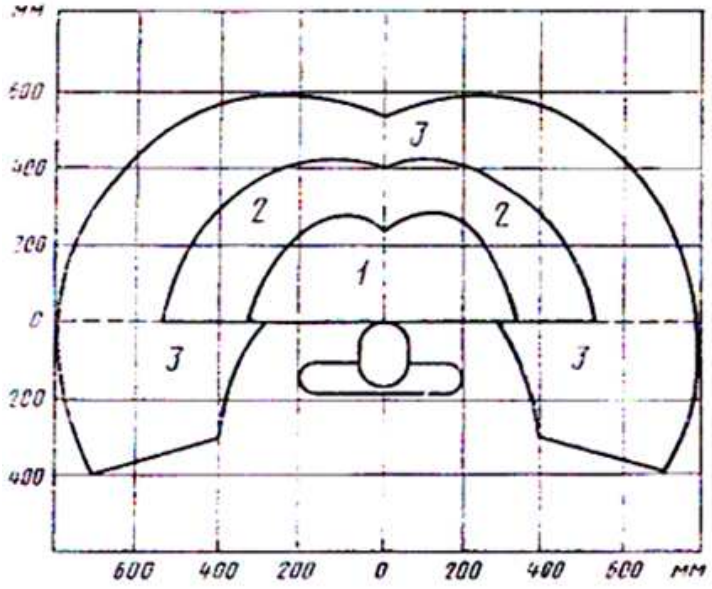


Рисунок 4.3 – Зоны досягаемости моторного поля в горизонтальной плоскости

Общие требования к размещению органов управления по ГОСТ 22.2.69-76.

Органы управления, используемые до 5 раз в смену, допускается располагать за пределами зоны досягаемости моторного поля.

Общие требования к размещению средств отображения информации - по ГОСТ 22.2.69-76.

Используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом ±15° от нормальной линии взгляда и горизонтальной плоскости под углом ±15° от сагиттальной плоскости, как показано на рисунке 4.4 и рисунке 4.5.

Существующие требования к современному производственному освещению включают как гигиенические, так и технико-экономические аспекты.

Правильное проектирование и выполнение освещения обеспечивают высокую работоспособность, оказывают положительное психологическое воздействие на работников и способствуют увеличению производительности труда.

Существуют разные системы производственного освещения, и они должны удовлетворять основным требованиям: освещение должно быть приспособлено к характеру выполняемой зрительной работы на рабочих местах, яркость должна быть равномерно распределена на рабочих поверхностях и окружающем пространстве, отсутствие резких теней и прямого или отраженного блеска, постоянство освещения в течении длительного времени, эффективное направление излучения от светильников, долговечность, экономичность, электробезопасность и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота эксплуатации.

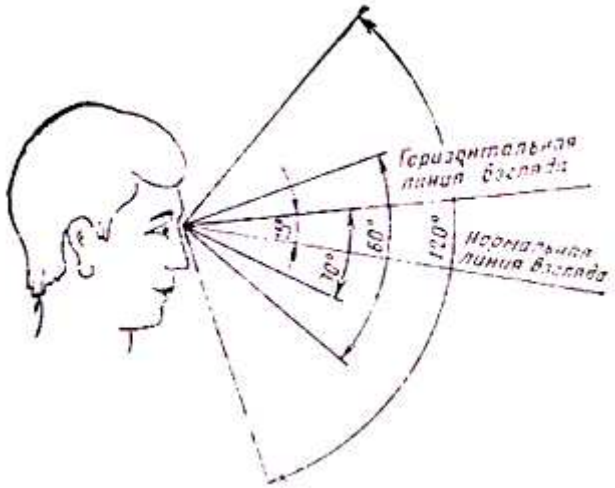


Рисунок 4.4 – Угол зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

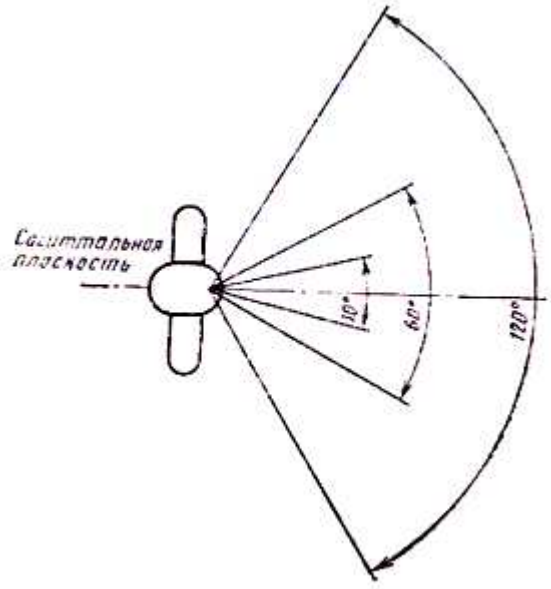


Рисунок 4.5 – Угол зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

Освещение может быть классифицировано на три основных типа в зависимости от источника световой энергии: естественное, искусственное и комбинированное. Естественное освещение, в свою очередь, может быть разделено на три категории: боковое (одностороннее или двустороннее, через окна), верхнее (аэрационные и зенитные фонари) и комбинированное (сочетание верхнего и бокового освещения).

Когда доступное естественное освещение в помещении недостаточно, применяется комбинированное освещение, которое сочетает в себе естественное и искусственное освещение. Искусственное освещение может использоваться как дополнение к естественному сразу во дневное и ночное время, обеспечивая оптимальные условия для различных видов деятельности.

Существует пять основных типов искусственного освещения, классифицированных по функциональному назначению: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное.

В любых зонах, где происходит трудовая деятельность, движение людей или транспорта, устанавливают рабочее освещение, чтобы обеспечить необходимый уровень освещенности для безопасной и эффективной работы.

Аварийное освещение является запасным источником света, который автоматически включается в случае внезапной потери рабочего освещения, обеспечивая минимальный уровень освещенности для безопасной эвакуации или продолжения работ в условиях чрезвычайной ситуации.

Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения безопасного и быстрого выхода людей из помещения в случае внезапного отключения основного освещения, позволяя им ориентироваться и двигаться к выходу в условиях ограниченной видимости.

Свет в помещении можно организовать двумя способами: общим и комбинированным. При общем освещении используется единая система освещения для равномерного освещения всех рабочих участков. Комбинированное освещение, помимо всестороннего, включает в себя местное освещение, которое направлено непосредственно на рабочие места для более

эффективного освещения. Рекомендуется избегать только местного освещения, так как это может привести к постоянному привыканию зрения, формированию глубоких теней и другим нежелательным эффектам.

Согласно действующим строительным нормам и правилам СНиП II - 4 - 79 для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, а для естественного и совмещенного – коэффициент естественной освещенности КЕО.

Нормы освещенности основаны на классификации зрительных работ по количественным характеристикам, где основным критерием для определения разряда работы является размер деталей, которые необходимо различать. Далее, каждый разряд делится на четыре подкатегории в зависимости от уровня светлоты фона и контраста между деталями и фоном.

Нормы освещенности варьируются в зависимости от используемой системы освещения. Комбинированное освещение, которое является более экономичным, имеет более высокие нормы освещенности по сравнению с общим освещением. Кроме того, освещенность, создаваемая светильниками общего освещения, должна быть не менее 150 люкс и составлять не менее 10% от требуемой нормы освещенности.

Помимо количественных норм, также регламентируются качественные показатели освещенности. В частности, для предотвращения негативного воздействия пульсирующих световых потоков газоразрядных ламп установлены предельные значения коэффициентов пульсации освещенности на рабочих местах, которые варьируются от 10% до 20% в зависимости от разряда зрительной работы. [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом выполнения выпускной квалификационной работы является рассмотрение методов и способов измерения электрического сопротивления.

Разработан процентный омметр для определения относительного отклонения измеряемого электрического сопротивления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *https://www.geeksforgeeks.org/electrical-resistance/*

2. Гутников В.С. «Интегральная электроника в измерительных устройствах»: Энергоатомиздат. Ленингр., 1988.

3. Марше Ж. «Операционные усилители и их применение». Пер. С франц. Л., “Энергия”, 1974.

4. Пиотровский Я. «Теория измерения для инженеров», 1989

5. Журавин Л. Г., Семёнов Е. И., Шлыков Г. П. «Расчёт метрологических характеристик при проектировании средств измерений»: Учеб. пособие / Под ред. Г. П. Шлыкова 1988

6. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983.

7. Калашников С.Г. Электричество. Наука, М., 1977.

8. Шило В.Л. «Популярные цифровые микросхемы»: Справочник. М.: Радио и связь, 1987.

9. ГОСТ 16504 – 81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.

10.*https://openedo.mrsu.ru/catalog/Tehnicheskie/2015/Obschaya_elektrotehnika_ielektronika_panfilov/book/part/part3/glava10_3.htm*

11. Соловьев В.А., Яхонтова В.Е. Основы измерительной техники. ЛГУ, Л., 1980.

12. Основы теоретической электротехники / Ю. А. Бычков, В. М. Золотницкий, Э. П. Чернышев, А. Н. Белянин. – СПб.: Лань, 2008.

13. Теоретические основы электротехники: справ. по теории электрических цепей / под ред. Ю. А. Бычкова, В. М. Золотницкого, Э. П. Чернышева. – СПб.: Питер, 2008.

14. Березин М.Н. Автоматизированная установка для измерения относительного отклонения сопротивления и температурного коэффициента сопротивления/ Березин М.Н., Доросинский А.Ю. // Материалы для пассивных

радиоэлектронных компонентов. Труды международной научно-технической конференции, 2007.

15. ГОСТ Р 8.568 - 97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения.

16. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Задание на выпускную квалификационную работу

«Утверждаю»
Зав. кафедрой НиМЭ
Пронин И.А.
(фамилия, инициалы)
«05» июня 2024 г.

З А Д А Н И Е
на бакалаврскую работу

1. Студент(ка) гр. 20ПД1 факультета информационных технологий и электроники
Китайкина Николая Александровича

Направление подготовки 11.03.04. «Электроника и наноэлектроника»

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

2. Руководитель Доросинский Антон Юрьевич
(фамилия, имя, отчество)

3. Тема бакалаврской работы Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства

Тема утверждена приказом ПГУ № 396а/о от « 17 » 04 2024 г.

4. Техническое задание на бакалаврскую работу (вид работы: разработка, проектирование, исследование, и т.д.; назначение; основные параметры; условия функционирования и т.д.)

Разрабатываемый процентный омметр предназначен для определения относительного отклонения измеряемого электрического сопротивления (в диапазоне от 0 до 0.199 %) от установленного (заданного) номинального значения.

Областью применения разрабатываемого прибора служит производство низкоомных нагрузочных резисторов, производство предохранителей, разъёмов, контакторов, а также прочей электротехнической продукции. Данный прибор можно использовать для проведения выходного контроля продукции, а также включения прибора в систему контроля.

Устройство должно обладать следующими эксплуатационными характеристиками:

- питание осуществляется от сети переменного тока с напряжением от 187 до 242 В с частотой (50 ± 0.5) Гц.
- Пределы процентного отклонения измеряемых сопротивлений от номинального значения от 0.000 до 0.199 %
- Пределы номинальных величин измеряемых сопротивлений от 1 до 99.99 Ом.
- Предел абсолютной допускаемой основной погрешности 0.01 %

5. Объем и содержание основной части бакалаврской работы

5.1. Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, обоснований, описаний, расчетов и т.д.)

1 Методы измерения электрического сопротивления

2 Средства измерения электрического сопротивления

3 Разработка устройства для измерения процентного отклонения сопротивлений

4 Организация рабочего места с учетом эргономических требований

5.2. Иллюстративная часть (перечень и содержание чертежей и слайдов презентации)

1. Титульный слайд	Слайд 1
2. Цели и задачи работы	Слайд 2
3. Актуальность	Слайд 3, 4
4. Средства измерений, используемые при оценке значений электрических сопротивлений	Слайд 5
5. Оценка предельно допустимого отклонения сопротивления от номинала	Слайд 6
6. Математическая модель функции, реализуемой в процентном омметре	Слайд 7
7. Воспроизведение номинального значения сопротивления	Слайд 8
8. Технические и метрологические требования	Слайд 9
9. Схема электрическая структурная	Слайд 10
10. Схема электрическая принципиальная	Слайд 11
11. Выводы	Слайд 12, 13

6. Консультанты и содержание дополнительных разделов

6.1. _____

_____

Консультант _____

7. Календарный график по выполнению бакалаврской работы

Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя, консультанта
Методы измерения электрического сопротивления	15%	05.06.24	
Средства измерения электрического сопротивления	20%	05.06.24	
Разработка устройства для измерения процентного отклонения сопротивлений	30%	6.06.24	
Организация рабочего места с учетом эргономических требований	10%	07.06.24	
Иллюстративная часть	15%	07.06.24	
Оформление пояснительной записки	10%	08.06.24	

Руководитель бакалаврской работы _____ Доросинский А. Ю.
подпись фамилия, инициалы

Дата выдачи задания «05» июня 2024 г.

Задание к исполнению принял _____ Китайкин Н.А.
подпись фамилия, инициалы

«05» июня 2024 г.

Бакалаврскую работу к защите допустить

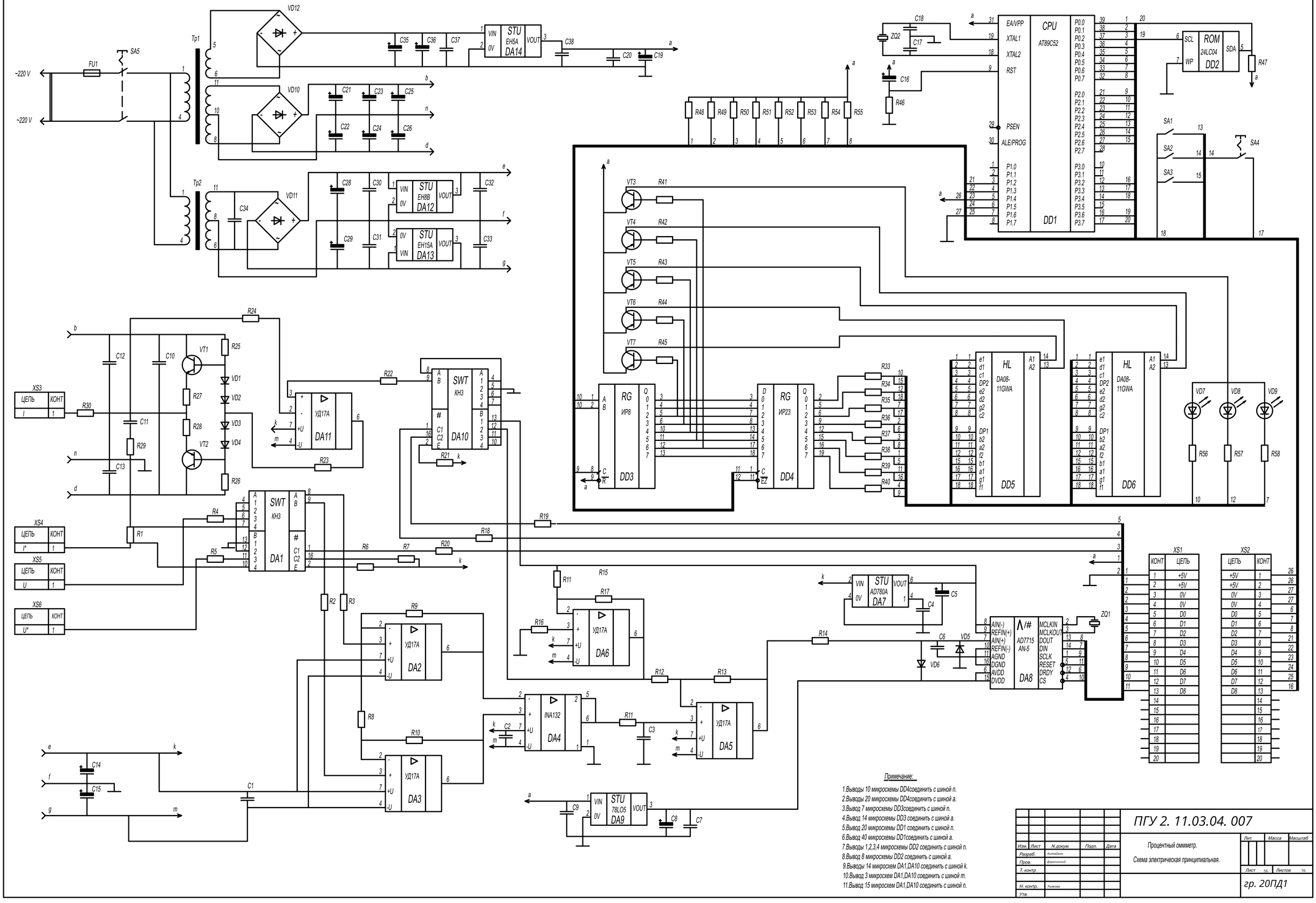
Декан факультета _____ Кревчик В.Д.
подпись фамилия, инициалы

«19» 06 2024 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Схема электрическая принципиальная



Примечание:

1. Выводы 10 микросхемы DD4соединить с шиной n.
2. Выводы 20 микросхемы DD4соединить с шиной a.
3. Вывод 7 микросхемы DD3соединить с шиной n.
4. Вывод 14 микросхемы DD3 соединить с шиной a.
5. Вывод 20 микросхемы DD1 соединить с шиной n.
6. Вывод 40 микросхемы DD1соединить с шиной a.
7. Выводы 1,2,3,4 микросхемы DD2 соединить с шиной n.
8. Вывод 8 микросхемы DD2 соединить с шиной a.
9. Выводы 14 микросхем DA1,DA10 соединить с шиной k.
10. Вывод 3 микросхем DA1,DA10 соединить с шиной m.
11. Вывод 15 микросхем DA1,DA10 соединить с шиной n.

						ПГУ 2. 11.03.04. 007	
Изм.	Лист.	N докум.	Подп.	Дата.			
Разраб.		Китайкин			Процентный оммметр.	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Дорошинский			Схема электрическая принципиальная.			
Т. контр.						Лист 1/6.	Листов 7/6.	
Н. контр.		Рыжово				гр. 20ПД1		
Утв.								

Поз обоз	Наименование	Кол	Примечания
	Резисторы		
R1	С5-60 1Ом	1	
R2,R3	МЛТ 47Ом	2	
R4,R5	МЛТ 470Ом	2	
R6,R7,R21	МЛТ 33КОм	3	
R8,R12,R13	С2-29 (С) 10КОм	3	
R9,R10	С2-29 (С) 5,62КОм	2	
R11	С2-29 (А) 10КОм	1	
R14	С2-29 (А) 2КОм	1	
R15,R16	С2-29 (С) 15КОм	2	
R17	С2-29 (Б) 7,5КОм	1	
R18,R19,R20	МЛТ 4,7КОм	3	
R22	МЛТ 3КОм	1	
R23	МЛТ 51Ом	1	
R24	МЛТ 18КОм	1	
R25,R26	МЛТ 5,1КОм	2	
R27,R28	МЛТ 1,8Ом	2	
R29	МЛТ 2Ом	1	
R30	МЛТ 9,1Ом	1	
R31,R32	МЛТ 910Ом	1	
R33-R40	МЛТ 4,7КОм	2	
R41-R45	МЛТ 1,2КОм	17	
R47-R55	МЛТ 4,7КОм	5	
R46	МЛТ 10КОм	1	
R56-R58	МЛТ 630Ом	3	
	КОНДЕНСАТОРЫ		
C1,C2,C9	КМ6 0,1мкФ	3	
C3	К71-7 0,01мкФ	1	
C4	К73-17 47нФ	1	
C5,C8	К53-19 68мкФХ16В	2	

Поз обоз	Наименование	Кол	Примечания
C6	К21-7 240пФ	1	
C7	КМ6 2,2мкФ	1	
C10	КМ6 1мкФ	1	
C12,C13	КМ6 1мкФ	2	
C11	КМ6 0,33мкФ	1	
C14,C15	К50-35 47мкФХ25В	2	
C16	К53-4 10мкФХ6,3В	1	
C17	КД2 30пФ	1	
C18	КД2 30пФ	1	
C19	К50-35 100мкФХ16В	1	
C20	КМ6 2,2мкФ	1	
C21-C26	К50-35(имп) 2200мкФХ25В	6	
C28,C29,C36	К50-35(имп) 2200мкФХ25В	3	
C27,C34	К73-17-33(плён) 47нФХ250В	2	
C30-C33	КМ6-Н90 0,47мкФ	4	
C37,C38	КМ6-Н900,47мкФ	2	
C35	К50-35(имп)1000мкФХ25В	1	
	ДИОДЫ		
VD1-VD6	КД522Б	6	
VD7-VD9	ЗЛ1341Б	3	
VD10	KBL01	1	
VD11	КЦ407А	1	
VD12	RS201	1	
	ТРАНЗИСТОРЫ		
VT1	КТ972А	1	
VT2-VT7	КТ973А	6	
	КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ		
BQ1	2,457МГц	1	
BQ2	20МГц	1	

ПГУ 2. 11.03.04. 007

Формат А4

Поз обоз	Наименование	Кол	Примечания
	МИКРОСХЕМЫ		
DA1,DA10	КР590КН3	2	
DA2,DA3	КР140УД17А	2	
DA5,DA6	КР140УД17А	2	
DA11	КР140УД17А	1	
DA4	INA132	1	
DA7	AD780AN	1	
DA8	AD7715AN-5	1	
DA9	78LO5	1	
DA12	КР142ЕН8В	1	
DA13	КР1162ЕН15А	1	
DA14	КР142ЕН5А	1	
DD1	AT89C52	1	
DD2	24LC04	1	
DD3	КР1533ИР8	1	
DD4	КР1533ИР23	1	
DD5,DD6	DA08-11GWA	2	
	ТРАНСФОРМАТОРЫ		
TP1	ТП60-6	1	
TP2	ТП60-284	1	

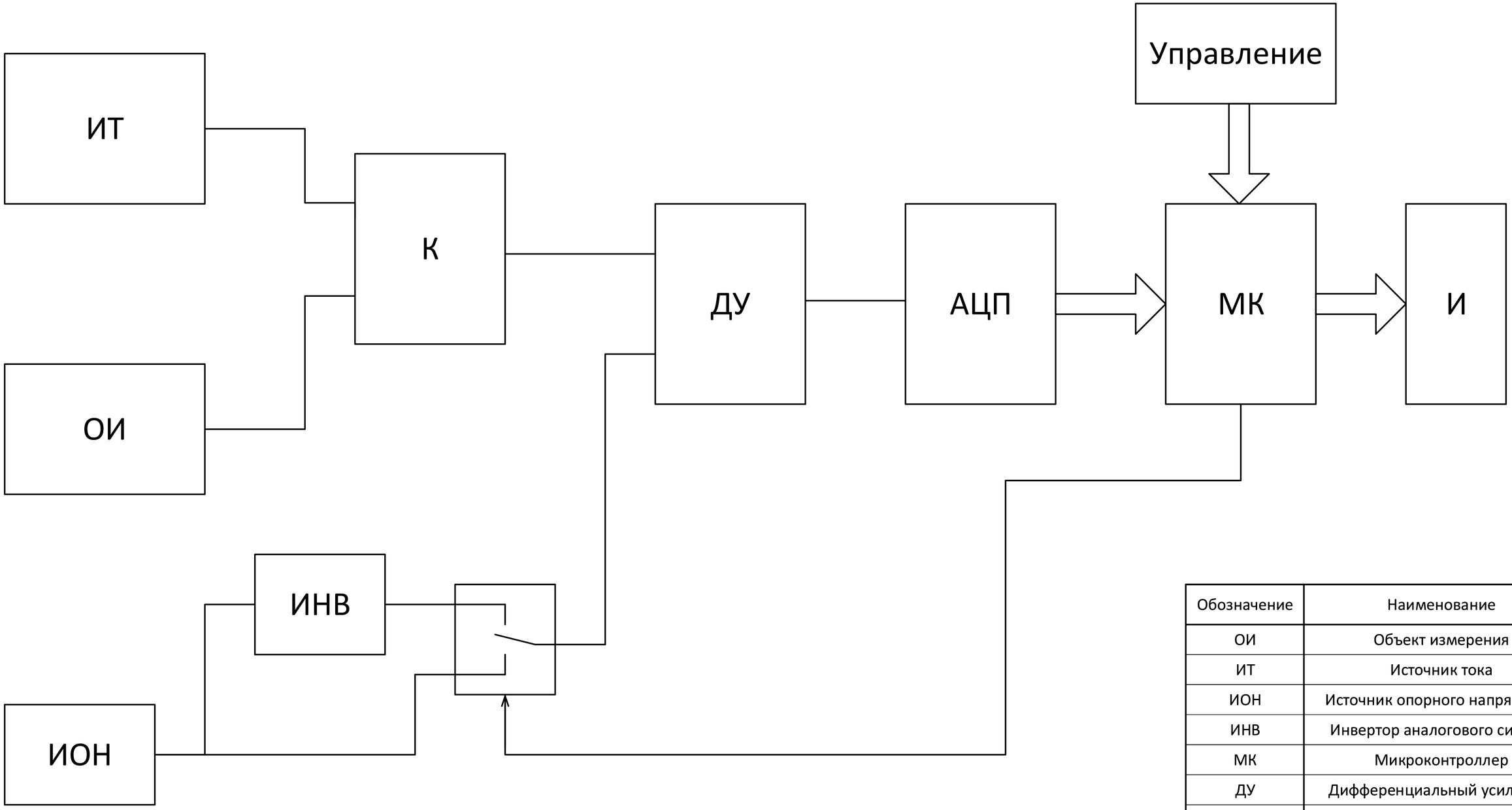
ПГУ 2. 11.03.04. 007

Формат А4

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Схема электрическая структурная



Обозначение	Наименование
ОИ	Объект измерения
ИТ	Источник тока
ИОН	Источник опорного напряжения
ИНВ	Инвертор аналогового сигнала
МК	Микроконтроллер
ДУ	Дифференциальный усилитель
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
К	Коммутатор
И	Индикатор

					ПГУ 2. 11.03.04. 007
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Процентный омметр. Схема функциональная
Разраб.		Китайкин			Литера: — Масса: — Масштаб: —
Провер.		Дороснинский			Лист 58 Листов 76
Т. контр					
Н. контр.		Рыкова			гр. 20ПД1
Утверд.					

Формат А1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Заявление и протокол проверки ВКР на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ»

Ректору Пензенского
государственного университета
А.Д. Гулякову
от студента 4 курса ФИТЭ
очной формы обучения
Китайкина Николая
Александровича

ЗАЯВЛЕНИЕ.

Я, Китайкин Николай Александрович, студент 4 курса очной формы обучения, направления подготовки 11.03.04 «Нано- и микроэлектроника», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» бакалаврской работы на тему «***Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства***», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета и программ магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.

Студент _____ Китайкин Н.А.

ВКР представлена на проверку 17.06.2024

Руководитель ВКР _____ Доросинский А.Ю.

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной бакалаврской работы на тему «Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства»

студента 4 курса Китайкина Николая Александровича

направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»,

профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Руководитель ВКР Доросинский Антон Юрьевич

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

Пензенский государственный университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы:	Китайкин Николай Александрович
Самоцитирование рассчитано для:	Китайкин Николай Александрович
Название работы:	Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства
Тип работы:	Выпускная квалификационная работа
Подразделение:	Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ **ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ:** НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	**41.51%**	**СОВПАДЕНИЯ**	**41.51%**
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	**54.71%**	**ОРИГИНАЛЬНОСТЬ**	**54.71%**
ЦИТИРОВАНИЯ	**3.79%**	**ЦИТИРОВАНИЯ**	**3.79%**
САМОЦИТИРОВАНИЯ	**0%**	**САМОЦИТИРОВАНИЯ**	**0%**

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 17.06.2024

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 17.06.2024 08:47

«17» 06 2024 год _____ Доросинский А.Ю.
подпись *фамилия, инициалы*

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

Пензенский государственный университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Китайкин Николай Александрович
Самоцитирование рассчитано для: Китайкин Николай Александрович
Название работы: Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: Кафедра "Нано- и микроэлектроника"

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ **ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ:** НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	41.51%	**СОВПАДЕНИЯ**	41.51%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	54.71%	**ОРИГИНАЛЬНОСТЬ**	54.71%
ЦИТИРОВАНИЯ	3.79%	**ЦИТИРОВАНИЯ**	3.79%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	**САМОЦИТИРОВАНИЯ**	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 17.06.2024

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 17.06.2024 08:47

Структура документа: Проверенные разделы: титульный лист с.1, основная часть с.2-45

Модули поиска: ИПС Адилет; Библиография; Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования*; Шаблонные фразы; Цитирование; Перефразирования по Интернету (EN); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Перефразирования по коллекции IEEE; СМИ России и СНГ; Коллекция НБУ; СПС ГАРАНТ: аналитика; IEEE; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Патенты СССР, РФ, СНГ; Публикации eLIBRARY; Диссертации НББ; Перефразирования по Интернету; Медицина; Сводная коллекция ЭБС; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Перефразированные заимствования по коллекции

Работу проверил: Головяшкин Алексей Николаевич

ФИО проверяющего

Дата подписи: 17.06.2024

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Презентация ВКР

Пензенский государственный университет
Кафедра «Нано- и микроэлектроника»

Процентный омметр для выполнения контрольных операций микроэлектронного производства

Презентация к выпускной квалификационной работе

2024

Выполнил студент гр. 20ПД1: **Китайкин Н.А.**
Научный руководитель: **Доросинский А.Ю.**

Актуальность

В связи с широким развитием микроэлектронного производства, актуальными являются вопросы автоматизации различных технологических операций позволяющие:
1) Сократить время затрачиваемое на выполнение той или иной операции;
2) Сократить потенциальную вероятность субъективной погрешности;
3) Формирование результатов измерений в форме, удобной для документирования и принятия решения.



Актуальность

В связи с широким развитием микроэлектронного производства, актуальными являются вопросы автоматизации различных технологических операций позволяющие:
1) Сократить время затрачиваемое на выполнение той или иной операции;
2) Сократить потенциальную вероятность субъективной погрешности;
3) Формирование результатов измерений в форме, удобной для документирования и принятия решения.



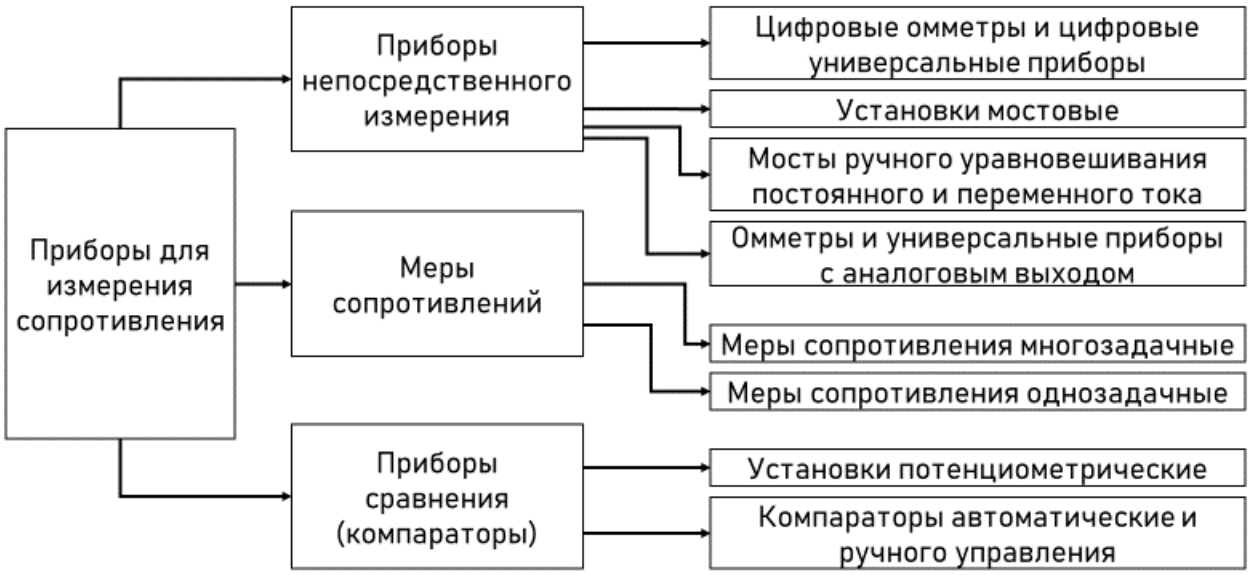
Цель:

Создание прибора, позволяющего автоматизировать контроль предельно-допустимого отклонения электрического сопротивления от номинального значения при выполнении различных технологических операций.

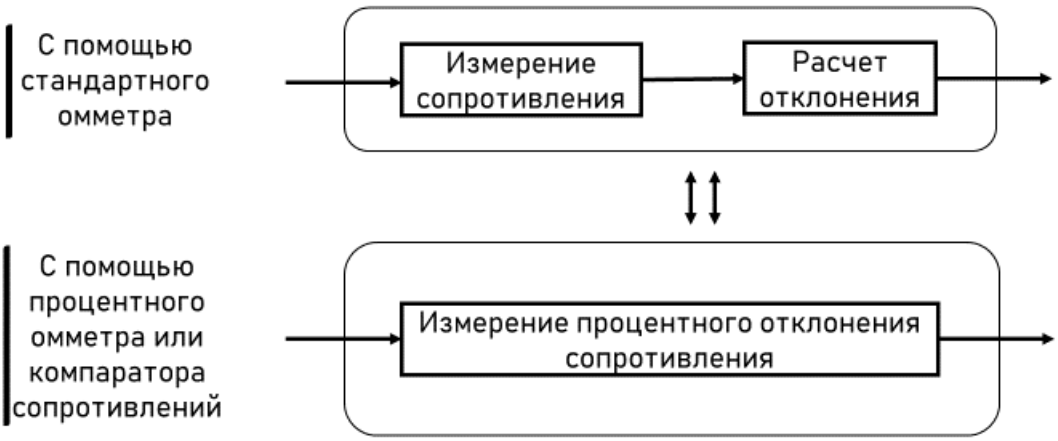
Задачи:

1) Исследование технологических операций связанных с измерением процентного отклонения
2) Изучение методов и средств измерения электрического сопротивления
3) Предъявление требований к прибору для измерения процентного отклонения сопротивления как элемента автоматизации операций подгонки и разбраковки сопротивлений
4) Разработка структурной схемы
5) Выбор элементов и разработка схемы электрической принципиальной

Средства измерений используемые при оценке значений электрических сопротивлений

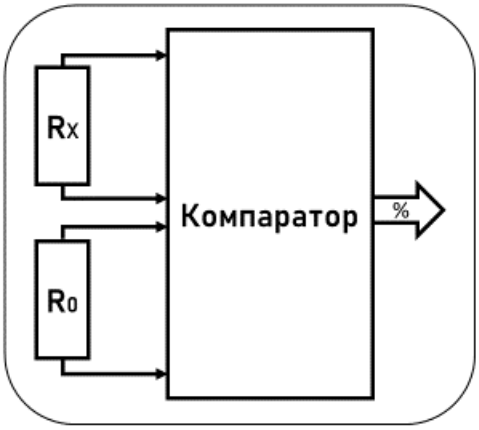


Оценка предельно допустимого отклонения сопротивления от номинала

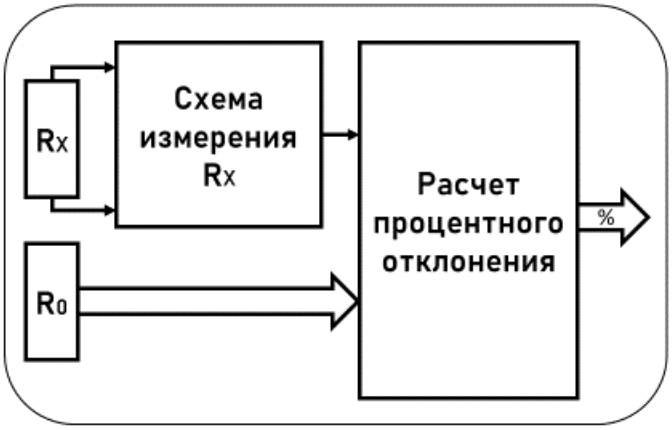


Воспроизведение номинального значения сопротивления

В аналоговом виде

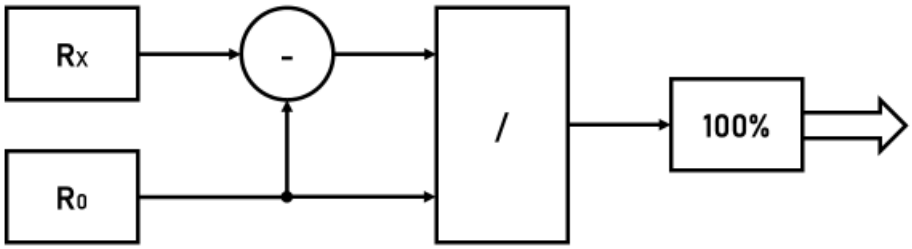


В цифровом виде



Модель функции реализуемой в процентном омметре

Структурная:



Математическая: $\delta_{ОТКЛ} = \frac{R_X - R_0}{R_0} \times 100\%$

Технические и метрологические требования

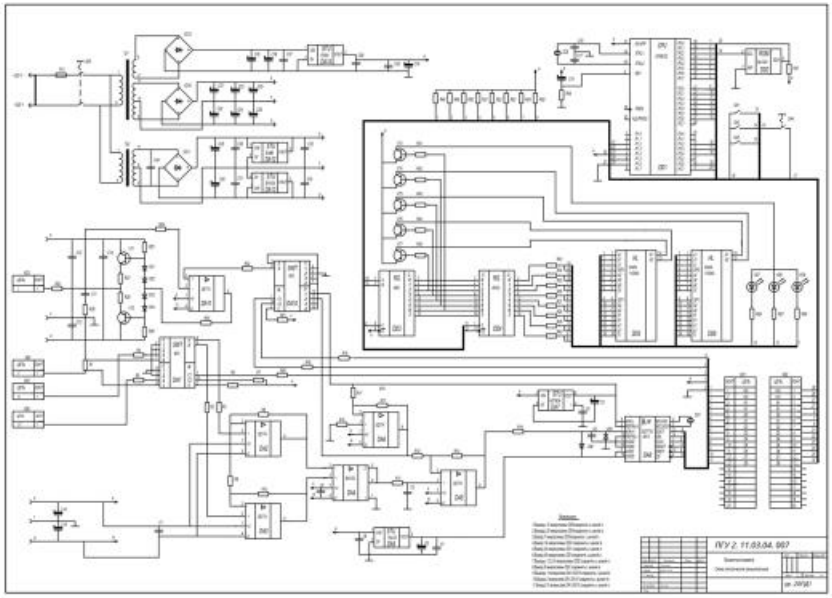
1) прибор должен быть выполнен в лабораторном варианте, иметь небольшие габаритные размеры и вес;
2) Разрабатываемый процентный омметр предназначен для определения относительного отклонения измеряемого электрического сопротивления (в диапазоне от 0 до 0.199 %) от установленного (заданного) номинального значения.
3) процентный омметр должен быть прост в эксплуатации;
4) питание прибора осуществляется от сети переменного тока с напряжением от 187 до 242 В с частотой (50 ± 0.5) Гц.

Схема электрическая структурная



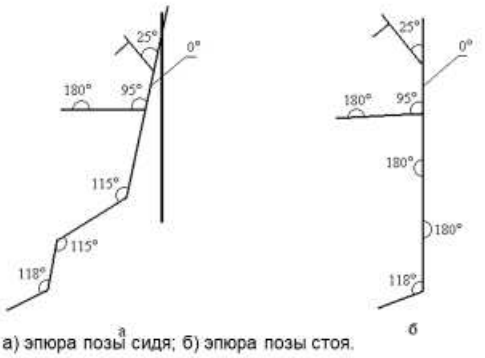
Обозначение	Наименование
ОИ	Объект измерения
ИТ	Источник тока
ИОН	Источник опорного напряжения
ИНВ	Инвертор аналогового сигнала
МК	Микроконтроллер
ДУ	Дифференциальный усилитель
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
К	Коммутатор
И	Индикатор

Схема электрическая принципиальная



Организация рабочего места с учетом эргономических требований

Рабочее место оператора — это место, где человек работает в системе, оснащенное средствами отображения информации, органами управления и вспомогательным оборудованием, согласно ГОСТ 21.0.34-75. Это место может быть либо индивидуальным, если работает один человек, либо коллективным, если работает несколько человек одновременно.



а) эпюра позы сидя; б) эпюра позы стоя.

При любой рабочей позиции оператора его поза должна быть физиологически правильной. Для достижения этого, сначала необходимо обеспечить оптимальные позиции различных частей тела.

Основная конструкция всех типов рабочих мест должна быть унифицированной, чтобы позволить добавлять дополнительные устройства и создавать новые рабочие места для операторов, соответствующие выполняемым функциям.

Выводы

1. Предъявлены требования к прибору для определения процентного отклонения;
2. Был предложен вариант прибора определяющего процентное отклонение измеряемого электрического сопротивления от номинала;
3. Были разработаны схемы Э1 и Э3.

Спасибо за внимание!