

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Набережночелнинский институт (филиал)

Кафедра «Автоматизации и Управления»

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ПРИБОРЫ»**

**«КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ В СИСТЕМАХ АВ-
ТОМАТИЗАЦИИ»**

г. Набережные Челны
2017

УДК 658.52.011.56

Шабает А.А. Валиахметов Р.Р.

Контрольно-измерительные приборы в системах автоматизации: Учебно-методическое пособие - Набережные Челны: Изд-во НЧИ К(П)ФУ, 2017. – 66 с.

Учебно-методическое пособие содержит общие положения, теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторных работ по дисциплинам «Технические измерения и приборы» для студентов специальности 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Рецензент: кандидат технических наук А.Н. Ильохин

Печатается по решению научно-методического совета Набережночелнинского института (филиал) КФУ.

© Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, 2017.

Лабораторная работа №1

«Основные понятия измерительной техники».

Цель работы: ознакомление с основными понятиями измерительной техники.

Теоретические сведения

К средствам измерений относятся меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки и информационно-измерительные системы.

Мерой называется средство измерений, предназначенное для воспроизведения заданного значения физической величины (образцовая катушка сопротивления, гиря, нормальный элемент). Меры подразделяют на рабочие и образцовые.

Измерительные преобразователи — это устройства, предназначенные для преобразования одной формы информации об измеряемой величине в другую форму. Это преобразование должно выполняться с заданной точностью и обеспечивать требуемую функциональную зависимость между выходной и входной величинами преобразователя.

В зависимости от характера преобразуемых величин различают следующие виды измерительных преобразователей:

преобразователи электрических величин в электрические (шунты, делители напряжения, измерительные трансформаторы),

преобразователи магнитных величин в электрические (измерительные катушки, феррозонды, преобразователи, основанные на эффектах Холла, Гаусса, сверхпроводимости и т. д.).

преобразователи неэлектрических величин в электрические (термо- и

тензопреобразователи, реостатные, индуктивные, емкостные).

В зависимости от функций, выполняемых преобразователями в измерительной цепи, их подразделяют на первичные, промежуточные, передающие и масштабные.

Измерительные приборы — устройства, представляющие собой совокупность измерительных преобразователей, выполняющих определенные функции, и отсчетного устройства.

По физическим явлениям, положенным в основу работы, измерительные приборы можно разделить на электроизмерительные (электромеханические, электротепловые, электрохимические и др.) и электронные приборы. По назначению их подразделяют на приборы для измерения электрических и неэлектрических (магнитных, тепловых, химических и др.) физических величин, по способу представления результатов — на показывающие и регистрирующие, по методу преобразования измеряемой величины — на приборы непосредственной оценки (прямого преобразования) и сравнения, по способу применения и по конструкции — на щитовые, переносные, стационарные. В зависимости от регистрации измеряемой величины различают аналоговые и цифровые измерительные приборы. По защищенности от воздействия внешних условий измерительные приборы подразделяют на обыкновенные, влаго-, газо- и пылезащищенные, герметичные, взрывобезопасные и др.

Измерительные установки—это комплекс средств измерений, включающий в себя меры, измерительные приборы и преобразователи, вспомогательные устройства, объединенные общей схемой, с помощью которой можно измерить одну или несколько физических величин.

Все средства измерений имеют общие свойства, позволяющие сопоставлять их между собой: метрологические, эксплуатационные, инфор-

мационные и др. Отдельные виды и типы средств измерений обладают своими специфическими свойствами. Наиболее важными являются метрологические характеристики средств измерений.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средства измерений. Он ограничивается наибольшим и наименьшим значениями. С целью повышения точности измерений диапазон измерений может быть разбит на несколько поддиапазонов. При переходе с одного поддиапазона на другой некоторые составляющие основной погрешности уменьшаются, что приводит к повышению точности измерений. При нормировании допускают для каждого поддиапазона свои предельные погрешности.

Область значений шкалы, ограниченную начальными и конечными значениями шкалы, называют диапазоном показаний.

Для средств измерений, выдающих результаты измерений в цифровом коде, указывают цену единицы младшего разряда (единицы младшего разряда цифрового отсчётного устройства), вид выходного кода (двоичный, двоично-десятичный) и число разрядов кода.

Для оценки влияния средства измерений на режим работы объекта исследования указывают входное полное сопротивление $Z_{вх}$. Входное сопротивление влияет на мощность, потребляемую от объекта исследования средством измерения.

Допустимая нагрузка на средство измерений зависит от его выходного полного сопротивления $Z_{вх}$. Чем меньше выходное сопротивление, тем больше допустимая нагрузка на средство измерений.

Вариация выходного сигнала — разность между значениями выходного сигнала, соответствующими одному и тому же действительному значению входной величины при медленном подходе слева, и справа к: выбранно-

му значению входной величины.

Вариация показаний прибора—наибольшая вариация выходного сигнала прибора при неизменных внешних условиях. Она является следствием трения и люфтов в узлах приборов, механического и магнитного гистерезиса элементов и др.

Кроме метрологических характеристик при эксплуатации средств измерений важно знать и не метрологические характеристики—показатели надежности, электрическую прочность, сопротивление изоляции, устойчивость к климатическим и механическим воздействиям, время установления рабочего режима и др.

Под надежностью средства измерений понимают его способность сохранять нормированные характеристики при определенных условиях работы в течение заданного времени. Основными критериями надежности приборов являются вероятность безотказной работы и средняя продолжительность безотказной работы. Вероятность безотказной работы определяется вероятностью отсутствия отказов прибора в течение определенного промежутка времени, средняя продолжительность безотказной работы — отношением продолжительности безотказной работы к числу отказов за это время.

Измерение электрических величин

Электрические величины измеряют с помощью мер. К мерам электрических величин предъявляются следующие общие требования: стабильность параметров меры во времени, и высокая точность подгонки действительного значения меры к номинальному значению, минимальное значение остаточных (паразитных) параметров (например, минимальная индуктивность и емкость для мер сопротивления), малая зависимость значения ме-

ры от условий эксплуатации и возможность учета этого влияния и др.

По количеству воспроизводимых размеров величины меры подразделяют на однозначные, многозначные и наборы мер.

Однозначные меры воспроизводят одно значение физической величины, например, измерительные катушки, нормальные элементы, конденсаторы, стабильные источники питания; многозначные меры — плавно или дискретно ряд значений одной и той же величины, например, измерительные генераторы, калибраторы напряжения. Наборы мер - это специально подобранные комплекты мер, которые могут применяться как в отдельности, так и в различных сочетаниях с целью воспроизведения одноименных величин различного размера, например, набор измерительных катушек. Меры, входящие в набор, могут иметь разные классы точности, различный частотный диапазон.

Масштабные преобразователи (МП). Эти преобразователи относятся к группе измерительных преобразователей электрических величин в электрические и предназначены для изменения значения размера физической величины в заданное число раз без изменения рода величины. Различают пассивные и активные МП.

Пассивные МП строятся на пассивных элементах: резисторах, конденсаторах, катушках индуктивности. Характерным для них является то, что мощность выходного сигнала всегда меньше мощности входного. К этой группе относятся шунты, резистивные, емкостные и индуктивные делители тока и напряжения, измерительные трансформаторы, позволяющие наряду с изменением размера величины осуществлять гальваническое разделение цепей.

Активные МП позволяют не только изменить размер величины, но и увеличить мощность выходного сигнала. К ним относятся измерительные

усилители и активные преобразователи тока.

Измерительные трансформаторы (ИТ). Они представляют собой измерительные преобразователи. Их делят на трансформаторы тока и напряжения. Они предназначены для преобразования больших переменных токов и напряжений в меньшие, удобные для измерения обычными аналоговыми электромеханическими приборами, а также для разделения цепей измерительных приборов от цепей высокого напряжения. Важным их преимуществом в сравнении с делителями напряжения и шунтами является малое потребление мощности при измерении больших токов и напряжений и безопасность работы с приборами для измерителя. Измерительные трансформаторы состоят из двух изолированных друг от друга обмоток, помещенных на ферромагнитный сердечник. Принцип действия ИТ совпадает с принципом действия трансформаторов.

Измерительные усилители (ИУ). Их используют для усиления сигналов постоянного и переменного токов. Существуют ИУ низкочастотные (20 Гц...200 кГц) и высокочастотные (до 250 МГц). Они выполняются с нормированной погрешностью коэффициента передачи и позволяют измерять сигналы от 0,1 мВ и 0,3 мкА с погрешностью 0,1...1 %.

Электромеханические преобразователи. В них электрическая энергия преобразуется в механическую энергию перемещения подвижной части относительно неподвижной. На основе таких преобразователей, которые называются «измерительными механизмами», строятся различные измерительные приборы (ИП).

Задание к лабораторной работе:

1. Удостоверится, что все измерительные приборы отключены от сети.

2. Поместить на стол осциллограф. Исследуя все надписи и обозначения на приборе необходимо определить следующие характеристики: какую максимальную частоту может замерить осциллограф, диапазон допустимого входного напряжения, диапазон изменения времени развертки.
3. Поместить на стол генератор сигналов. Обследуя все надписи и обозначения на приборе необходимо следующие характеристики: определить в каком диапазоне можно изменять частоту выходного сигнала. На какие поддиапазоны разбит весь диапазон частот. Какую форму выходного сигнала можно получить.
4. Зафиксировать полученные результаты в отчете.

Контрольные вопросы:

1. Что такое измерительные преобразователи и их классификация?
2. Что такое измерительные прибор и их классификация?
3. Перечислите основные метрологические и не метрологические характеристики средств измерений?
4. Что такое мера и их классификация?
5. Что такое масштабный преобразователь и их разновидности?

Лабораторная работа №2

«Изучение электроизмерительных приборов магнитоэлектрической, электродинамической и ферродинамической систем»

Цель работы: ознакомление с устройством и принципом действия электроизмерительных приборов различных систем.

Теоретическая справка

Измерением называется процесс сравнения данной величины с некоторым значением той же однородной величины, принятой за единицу. Устройства, являющиеся вещественным воспроизведением единиц измерения либо их краткими и дробными значениями, называются мерами. Устройства, при помощи которых производится сравнение измеряемых электрических величин с единицами измерения, называют электроизмерительными приборами. Электроизмерительные приборы классифицируются по роду измеряемой величины, принципу действия, роду тока, точности, способу отчета и другим признакам, определяющим их устройство, назначение, способ применения и свойства.

Перечислим основные характеристики приборов, которые должны быть на них обозначены и знание которых необходимо при их использовании.

Род измеряемой величины. Он указывается в виде обозначения единиц измерения, в которых градуирован прибор. Обозначение даются по международному стандарту, например: kA, A, mA, и т. д. Название прибора определяется физической природой измеряемой величины. Так, приборы для измерения силы тока называются амперметрами. В зависимости от чувствительности

они могут называться также микро-, милли-, или кило- амперметрами; название определяется тем, в каких единицах градуирована их шкала.

Особо чувствительные приборы, не имеющие стандартной градуировки, называется гальванометрами, их чувствительность или цена деления шкалы указывается в паспорте, а также на шкале или на прикрепленной к прибору табличке.

Приборы для измерения напряжения называется вольтметрами (микро-, милли-, киловольтметры); электростатические вольтметры без стандартной градуировки - электрометрами.

Кроме приборов, предназначенных для измерения тока и напряжения, существует большое количество приборов, основанных, в конечном счете, на измерении токов и напряжений. Наиболее важных из них: приборы для измерения мощности - ваттметры; приборы для измерения работы тока - счетчики электроэнергии; приборы для измерения сопротивлений - омметры (мега-, тера-); приборы для измерения частоты переменного тока - частотомеры; приборы для измерения сдвига фаз в цепях переменного тока - фазометры. Имеются также и другие приборы...

Существуют также комбинированные и многопредельные приборы, назначение и пределы которых изменяются от способа переключения. В лабораторной практике распространены переносные совмещенные ампервольтметры.

Род измеряемой величины всегда укрепляется на приборе или его шкале, или около его клемм или на специальной маркировочной табличке, прикрепленной к прибору.

Система прибора. В основу устройства прибора могут быть положены самые разнообразные действия электрического тока. По принципу действия все электроизмерительные приборы делятся на следующие системы: магни-

тоэлектрическую, электромагнитную, электродинамическую, ферродинамическую, индукционную, термоэлектрическую, вибрационную, тепловую, детекторную, электронную, фотоэлектронную, электростатическую.

Род тока и диапазон частот. Приборы постоянного тока отличаются знаком «-» на шкале, приборы переменного тока — «~»; если прибор работает на постоянном и переменном токе, то на шкале ставят значок «~». Большинство приборов рассчитано на стандартную частоту 50 Гц. Если же прибор рассчитан на какую-либо другую частоту, то она указывается на шкале (напр., 100 Hz). Абсолютная погрешность прибора может удваиваться при отклонении частоты на 10 % от номинальной. Иногда на приборе указывают пределы дополнительных частот (45-50 Hz), при которых ошибка показаний прибора не превышает его абсолютной погрешности. Кроме того, может указываться расширенная область частот (напр. 20-45-55-120 Hz), в пределах которой ошибка может достигать удвоенной абсолютной погрешности.

Точность прибора. Степень приближения результатов измерения к истинному значению измеряемой величины зависит от достоверности восприятия мерами основных единиц, точности измерительных приборов и применяемых методов измерения. Результаты измерений всегда отличаются от действительного значения измеренной величины. Поэтому следует учитывать точность, с которой получено значение определенной величины.

Точность прибора характеризуется его погрешностями.

Различают:

1) абсолютную погрешность

$$\Delta A = A - A_0$$

A – погрешность прибора;

A_0 – действительное значение измерительной величины, за которое принимают значение, измеренное с большой точностью.

2) относительная погрешность

$$\gamma_{отн\%} = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100 = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100$$

3) приведенная погрешность

$$\gamma_{пр\%} = \frac{\Delta A}{A_n} \cdot 100 = \frac{A - A_n}{A_n} \cdot 100$$

A_n – номинальное значение предела измерения прибора (конечное значение рабочей части шкалы).

Относительная погрешность определяет точность измерения данного значения измеряемой величины, т. е. погрешность только в данной точке шкалы. При постоянстве абсолютной погрешности прибор на всех участках шкалы относительная погрешность увеличивается к началу шкалы. Поэтому рекомендуется подбирать приборы, чтобы значение измеряемой величины составляло 70-80% от номинального значения предела измерения данного прибора.

Приведенная погрешность характеризует точность прибора по всей шкале измерения. Завод-изготовитель гарантирует, что наибольшая приведенная относительная погрешность прибора в пределах рабочей части его шкалы не превышает определенного значения, называемого допустимой погрешностью прибора. По величине этой погрешности все показывающие приборы подразделяются на классы точности.

Выпускаются приборы следующих классов:

0,05; 0,1; 0,2 — образцовые приборы, применяемые в основном для проверки и градуировки рабочих приборов.

0,5; 1, 0 — лабораторные приборы массового применения.

1,5; 2,5; 4 — технические приборы.

Погрешности измерения приборов подразумеваются на основные и дополнительные. Основная погрешность характеризует качество прибора при

номинальных условиях эксплуатации и при нормальных внешних условиях. Дополнительные погрешности обусловлены отклонениями внешних факторов и условий эксплуатации от нормальных. Класс точности численно определяет допустимую основную погрешность.

Для того чтобы можно было повысить точность измерения, при периодической проверке прибора определяются поправки δ_k к отмеченным цифрам деления шкалы, т. е. значения, которые следует алгебраически прибавить к показаниям прибора, чтобы получить действительные значения измеряемой величины. Поправка δ , следовательно, равна по величине абсолютной погрешности, но противоположная ей по значению

$$\delta = A_0 - A = -\Delta A$$

Чувствительность. Цена деления прибора. Чувствительностью измерительного прибора называется отношение линейного или углового перемещения n указателя к измеряемой величине x , вызывающий это перемещение, т. е. $S = \frac{n}{x}$, например, при измерении тока $I = 2,5A$ указатель прибора изменил свое положение на $n = 50$ делений. Следовательно, чувствительность прибора по току:

$$S = \frac{n}{x} = \frac{50}{2,5} = 20 \text{ дел} / A$$

Величина, обратная чувствительности, называется ценой деления прибора:

$$C = \frac{1}{S}$$

Рабочее положение шкалы прибора. Существует три рабочих положения искажения, вносимые прибором в работу электрической цепи. Из основных технических требований ЭИП:

- 1) прибор должен потреблять малую мощность электрической цепи. Для учета искажений в паспорте или на шкале прибора указывается внутреннее сопротивление прибора, падение напряжения (для амперметров), ток

(для вольтметров) при отклонении стрелки на всю шкалу. Для приборов переменного тока указывается также индуктивность катушек измерительного механизма.

- 2) Температура и влагоустойчивость обозначаются значками Б, В₁, В₂.
- 3) Все приборы градуируются при температуре 20°С (если не указана другая рабочая температура). Приборы группы А (значок не ставится) предназначены для работы при температурах +10° ÷ +35° С при относительной влажности до 80 %, причем их основная погрешность удваивается на каждые 10 изменений температуры. Приборы группы Б, В₁, В₂ могут работать в более жестких условиях.

Основные системы электроизмерительных приборов.

Магнитоэлектрическая система

В магнитоэлектрических механизмах вращающий момент создается в результате взаимодействия магнитного поля постоянного магнита и магнитного поля проводника с током, выполненного обычно в виде катушки. В измерительных механизмах магнитоэлектрической системы рамка подвижной части перемещается в магнитном поле воздушного зазора.

Магнитная цепь измерительного механизма с внешним магнитом состоит из сильного постоянного магнита 1, полюсных наконечников с цилиндрической поверхностью 3, цилиндрического сердечника 4 и магнитопровода 5,

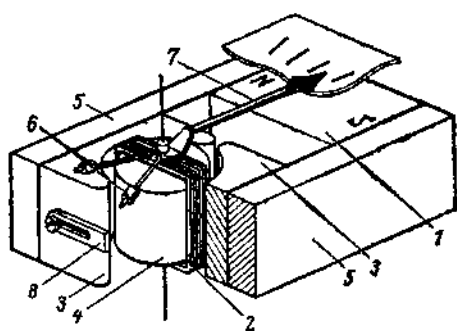


Рис. 1-Конструкция магнитоэлектрического прибора

выполненных из магнитомягкого материала. В воздушном зазоре между сердечником и полюсными наконечниками создается сильное, практически равномерное радиальное магнитное поле.

Подвижная часть механизма 2 представляет собой

катушку (рамку) прямоугольной формы из тонкого медного или алюминиевого провода, намотанного на алюминиевый каркас (либо без каркаса), которая может поворачиваться вокруг сердечника в магнитном поле (рис.1). К рамке с двух сторон приклеиваются алюминиевые буксы для закрепления растяжек или кернов для крепления подвижной части. Уравновешивание подвижной части осуществляется грузиками в. Стрелка 7 и циферблат со шкалой образуют отсчетное устройство; магнитный шунт 8 служит для регулировки магнитной индукции в воздушном зазоре.

Вращающий момент, действующий на подвижный элемент, определяется

$$M_{\text{вр}} = \psi_0 I$$

$$\psi_0 = BS\omega$$

где B - магнитная индуктивность;

ω - число витков обмотки.

Кроме вращающего момента на подвижную часть измерительного механизма действует противодействующий момент:

$$M_{\text{пр}} = \alpha W$$

где α — угол поворота подвижной части

W — удельный противодействующий момент.

Движение (вращение) подвижной части происходит до тех пор, пока противодействующий момент не уравновесится с вращающим.

$$\psi_0 I = \alpha W$$

$$M_{\text{вр}} = M_{\text{пр}}$$

$$\alpha = \frac{\psi_0 I}{W}$$

$\frac{\psi_0}{W} = S_I$ — представляет собой чувствительность измерительного механизма к току, следовательно:

$$\alpha = S_1 I$$

$$\alpha = kI$$

Угол поворота стрелки пропорционален величине тока в катушке, и, следовательно, шкала прибора с внешним магнитным полем оказывается равномерной.

Достоинством магнитоэлектрического измерительного механизма является высокая чувствительность, большая точность равномерности шкалы, хорошее успокоение. Недостатки магнитоэлектрических измерительных механизмов: сложность, относительная высокая стоимость, невысокая перегрузочная способность, обусловленная легким перегревом пружин и изменение их свойств.

Прибор электромагнитной системы

В конструкциях электромагнитных измерительных механизмов вращательный момент создается в результате взаимодействия подвижных элементов из ферромагнитного материала с магнитным потоком, создаваемый обмоткой

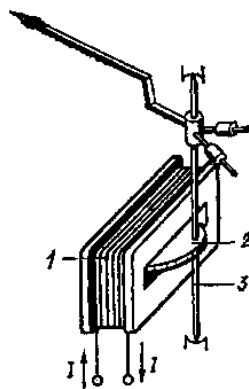


Рис. 2- Конструкция электромагнитного прибора

возбуждения, через который проходит измерительный ток. Подвижный элемент стремится расположиться так, чтобы усилить поле обмотки возбуждения.

Измерительный механизм с плоской катушкой состоит из катушки 1 с обмоткой из медного провода, имеющей воздушный зазор, и сердечника 2 из высококачественного ферромагнитного материала (например, пермаллоя); сердечник укрепляется на оси с опорами 3 или на растяжках. Противодействующий момент создается спиральной пружиной (на рисунке не показана) или растяжками. Успокоение магнитоиндукционное или жидкостное.

Вращательный момент, действующий на подвижный элемент, определяется

$$M_{\text{сп}} = \frac{dL}{d\alpha} \cdot \frac{I^2}{2}$$

где L - индуктивность катушки;

I – ток в обмотке.

Если по катушке проходит переменный ток, значение которой $i(t) = I_m \cdot \sin \omega t$ (где I_m — амплитудное значение тока), то для мгновенного вращательного момента

$$m(t) = i^2(t) \frac{dL}{d\alpha} / 2$$

Измерительный механизм будет реагировать на среднее значение вращающегося момента

$$M_{\text{сп}} = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) dt = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \int_0^T i^2 dt = \frac{1}{2} \cdot \frac{dL}{d\alpha} \cdot I_2^2$$

где I_2 — среднеквадратичное значение тока. Угол отклонения подвижной части

$$M_{\text{сп}} = M_{\text{пр}} = \alpha W$$

$$\alpha = \frac{dL}{d\alpha} \cdot \frac{1}{2W} \cdot I_2^2 = k I_2^2$$

Таким образом, угол отклонения прибора пропорционален квадрату действующего значения переменного тока.

Амперметры и вольтметры при измерении переменных токов и напряжений всегда показывают действующее значение тока, так как принцип их работы основан на механическом, тепловом, световом, химическом и другими действиями тока. За величину переменного тока или напряжения всегда принимаются их действующие значения. Так как, а является функцией от $I^2 (\alpha = f(I^2))$, то знак угла поворота I_m не зависит от направления токов катушки, поэтому электромагнитные приборы можно применять для измерений в цепях переменного и постоянного токов. Недостатком электромагнитных измерительных механизмов является низкая чувствительность и точность, значительное потребление энергии, подверженность влиянию частоты, внешних магнитных полей и температуры. Достоинства: устойчивость к токовым перегрузкам, простота конструкции и невысокая стоимость.

Приборы электродинамической системы

В измерительных механизмах электродинамической системы вращательный момент создается при взаимодействии тока I_1 , проходящего по рамке подвижной части 2, с магнитным током I_2 , проходящим через неподвижную катушку возбуждения 1.

Вращательный момент, действующий на подвижную катушку, определяется

$$M_{ep} = I_1 I_2 \left(\frac{dM_{12}}{d\alpha} \right)$$

где M_{12} — взаимоиנדукция;

α — угол поворота.

Под действием вращательного момента подвижная катушка стремится занять такое положение, при ко-

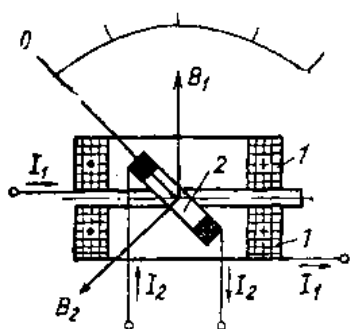


Рис. 3-Конструкция электродинамического прибора

тором направление ее магнитного поля совпадало бы с направлением магнитного поля неподвижной катушки. Для положения равновесия необходимо выполнение условия, чтобы вращательный момент был равен противодействующей

$$M_{ep} = M_{sp} = \alpha W$$

$$\alpha = I_1 I_2 \left(\frac{dM_{12}}{d\alpha} \right) / W$$

При включении электродинамического механизма в цепь переменного тока на его подвижную часть воздействует вращательный момент, мгновенное значение которой определяется

$$m(t) = i_1(t) i_2(t) \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

$$i_1(t) = I_{m1} \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$i_2(t) = I_{m2} \sin(\omega t + \varphi_2)$$

где I_{m1}, I_{m2} — мгновенное значение токов в подвижной и неподвижной катушках;

φ_1 и φ_2 — начальные углы сдвига фаз.

Среднее значение вращательного момента за период, на который реагирует подвижная часть механизма, определяется

$$M_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T m(t) dt = I_1 I_2 \cos \varphi \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha}$$

где I_1, I_2 — среднеквадратичные значения токов в катушке.

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\alpha = I_1 I_2 \cos \varphi \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha} / W$$

$$\alpha = k I_1 I_2 \cos \varphi$$

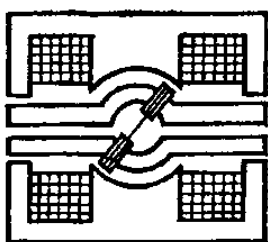
Таким образом, угол отклонения стрелки подвижной части измерительного механизма пропорционален произведению токов в неподвижных и подвиж-

ных катушках и $\cos \varphi$

Приборы электродинамической системы применяются в качестве амперметров, вольтметров и ваттметров.

Ферродинамические измерительные механизмы

Механизмы ферродинамической системы отличаются от рассмотренных электродинамических механизмов тем, что неподвижная катушка в этих измерительных механизмах изготовлена из



магнита мягкого листового материала. Такая конструкция позволяет защитить этот механизм от воздействия внеш-

Рис. 4-Конструкция ферродинамического прибора

них магнитных полей, и наличие магнитопровода способствует созданию большого вращательного момента, действующего на подвижную катушку.

Вращающий момент создается в результате взаимодействия индукции B_1 в зазоре магнитопровода и тока в подвижной катушки I_1 , при этом среднее значение вращающего момента определяется

$$M_{cp} = k B_1 I_2 \cos(B_1 I_2)$$

где B_1 — магнитная индукция в рабочем зазоре;

k — коэффициент, определяемый конструктивными параметрами приборов и выбором системы единиц.

Так как зависимость будет линейная, то $B_1 = k_B I_1$ (где I_1 — ток в неподвижной катушке, k_B — коэффициент).

Так как угол между B_1 и I_1 будет бесконечно малым, поэтому

$$M_{cp} = k k_B I_1 I_2 \cos(I_1, I_2) = k_1 I_1 I_2 \cos \psi$$

Функция преобразования (или угол отклонения подвижной части I_m) имеет

следующий вид:

$$\alpha = \frac{k_1}{W} I_1 I_2$$

$$\alpha = \frac{k_1}{W} I_1 I_2 \cos \psi$$

где ψ — угол фазового сдвига между токами неподвижной и подвижно катушки.

К достоинствам этих измерительных механизмов относятся: меньшее, чем у электродинамических механизмов, восприимчивость к внешним магнитным полям, большой вращающий момент, меньшее потребление мощности, и стабильность параметров при механических воздействиях. Недостатки: невысокая точность, влияние изменения частоты сигнала и температуры на показания прибора.

Задание к лабораторной работе:

1. Ознакомится с конструкцией приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и ферродинамической системы.
2. По имеющимся зависимостям вращающего момента для каждой системы необходимо определить уравнение шкалы (зависимость угла поворота подвижной части от подаваемого тока)
3. Согласно полученному уравнению шкалы необходимо построить график зависимости угла поворота от тока.
4. Согласно полученному уравнению шкалы необходимо нарисовать шкалу прибора.

Контрольные вопросы:

1. Что называется измерением? Какие измерения электрической величины можно назвать прямыми, а какие косвенными?
2. Классификация приборов по роду измеряемой величины.
3. Как подразделяются приборы по классу точности?
4. Что называется электроизмерительным прибором?
5. Какие требования предъявляются к электроизмерительным приборам?
6. По каким признакам классифицируются электроизмерительные приборы?
7. Устройство измерительных приборов магнитоэлектрической системы: их достоинства и недостатки; область применения.
8. Устройство и принцип действия измерительных приборов электромагнитной системы.
9. Устройство и принцип действия измерительных приборов электродинамической системы.

Лабораторная работа №3

«Изучение приборов электростатической и индукционной систем, логометров, термоэлектрических и выпрямительных электроизмерительных приборов»

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и конструкцией измерительных приборов различных систем

Теоретическая часть

Электростатические измерительные приборы (ЭСИП).

Они состоят из ИМ и ОУ. В ЭСИП для перемещения подвижной части используется взаимодействие двух или нескольких электрически заряженных проводников, т. е. здесь в отличие от механизмов других систем перемещение подвижной части осуществляется за счет непосредственного приложенного напряжения. Таким образом, эти приборы по своему принципу действия являются приборами, измеряющими только напряжение.

Все конструкции ЭСИП сводятся к разновидностям плоского конденсатора с подвижными и неподвижными электродами. Перемещение подвижной части связано с изменением емкости системы, которая может быть осуществлена либо изменением площади электродов, либо изменением расстояния между ними.

На рис. 5 приведена схема устройства ЭСИП. Подвижная алюминиевая пластина 1, закрепленная вместе со стрелкой на оси 3, может перемещаться, взаимодействуя с двумя электрически соединенными неподвижными пластинами 2. Входное напряжение подается на подвижную и неподвижные пластины. Под действием электростатических сил подвижная пластина втягива-

ется между неподвижными пластинами.

Обобщенное выражение $M_{вр}$ для электростатического прибора имеет вид

$$M_{вр} = dW_{э}/d\alpha$$

где $W_{э}$ — изменение энергии электрического поля при изменении положения подвижной части на $d\alpha$. Энергия заряженного конденсатора определяется уравнением

$$W_{э} = \frac{1}{2} U^2 C.$$

Тогда

$$M_{вр} = \frac{1}{2} U^2 dC/d\alpha$$

где C — емкость, образуемая между электродами электростатического прибора.

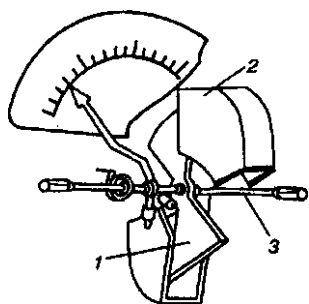


Рис.1 -Устройство прибора электростатической системы

Приравнявая вращающий и противодействующий моменты, получим

$$\alpha = \frac{1}{2W} U^2 \frac{dC}{d\alpha}$$

из выражения видно, что шкала прибора — квадратичная. Конструктивно добиваются частичной линеаризации шкалы так, что рабочая часть начинается примерно с 1/5 части общей длины шкалы. В этих приборах сказывается влияние внешних электрических и электростатических полей. Они используются в цепях постоянного и переменного тока в качестве вольтметров.

Индукционные измерительные механизмы

Для учета активной энергии в однофазных цепях переменного тока применяются одноэлементные счетчики, построенные на базе индукционного измерительного механизма. Принцип действия механизма основан на взаимодействии двух или нескольких переменных магнитных потоков с токами, индуцированными ими в подвижном алюминиевом диске.

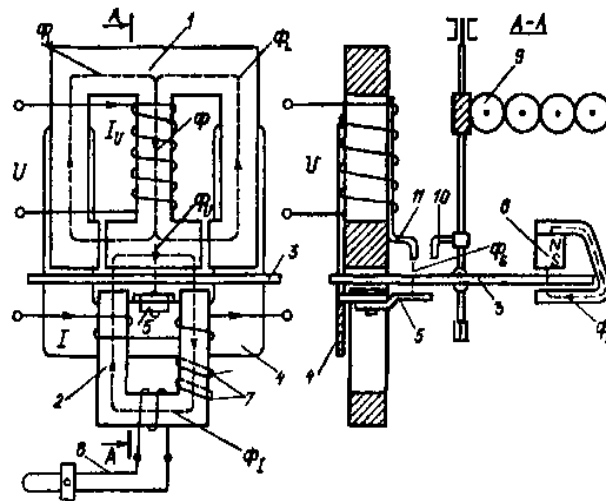


Рис. 2- Одноэлементный индукционный счетчик: 1 — трехстержневой магнитопровод с обмоткой цепи напряжения; 2 — двухстержневой магнитопровод с двумя последовательно соединенными токовыми обмотками; 3 — алюминиевый диск, жестко укрепленный на оси подвижной части; 4 — противоположный полюс из магнитомягкого материала; 5 — поводок из магнитомягкого материала; 6 — постоянный магнит; 7 — короткозамкнутые витки; 8 — обмотка; 9 — счетный механизм; 10 и 11 — крючок.

Вращающий момент, действующий на подвижную часть измерительного механизма, оказывается пропорционален мощности переменного тока

$$M_{\text{вр}} = kUI \cos \varphi$$

Где k – постоянный коэффициент.

На подвижную часть диска (алюминиевый диск) действует тормозной момент, пропорциональный частоте вращения диска. Этот момент создается в результате действия тока, наводимого во вращающемся между полюсами постоянного магнитодиска, и определяется выражением

$$M_T = k_1 \frac{d\alpha}{dt}$$

где k_1 — постоянный коэффициент;

$\frac{d\alpha}{dt}$ — частота вращения диска.

Приравнивая вращающий и тормозной моменты, получаем

$$kUI \cos \varphi = k_1 \frac{d\alpha}{dt}$$

Из последней формулы можно получить число оборотов диска за промежуток

времени Δt

$$N = k_2 \int_0^{\Delta t} \frac{d\alpha}{dt} = k_2 \frac{k}{k_1} \int_0^{\Delta t} UI \cos \varphi dt = \frac{W}{C}$$

где $C = k_2 \frac{k}{k_1}$ — постоянная счетчика

W — энергия, прошедшая через счетчик за время Δt . Отсчет энергии производится по показаниям счетного механизма, то есть счетчика оборотов, градуированного в единицах энергии. Единице электрической энергии (1 кВт ч), регистрируемый счетным механизмом, соответствует определенное число оборотов подвижной части счетчика. Это отношение, называемое передаточным числом, указывается на счетчике. Величину, обратную передаточному числу, то есть отношение зарегистрированной энергии к числу оборотов диска, называют номинальной постоянной счетчика.

$C_{\text{ном}} = \frac{W}{N}$ где W — энергия, регистрируемая счетчиком за определенное число оборотов; N — число оборотов счетчика

В приборах индукционной системы вращающий момент возникает при взаимодействии вращающегося магнитного поля с вихревыми токами, индуцируемыми этим полем в подвижном металлическом диске. Вращающееся поле в приборах обычно получают при наличии двух переменных магнитных потоков, сдвинутых в пространстве по фазе относительно друг друга.

Индукционные измерительные механизмы применяются в основном в счетчиках электрической энергии переменного тока. и пластина с флажком из магнитомягкого материала.

Подвижной частью катушки служит алюминиевый диск закреплённый на оси. Магнитные потоки Φ создаются двумя обмотками. Сердечник токовой обмотки выполняется с большим воздушным зазором в магнитной цепи, а его намагничивающая катушка — из небольшого числа витков провода относительно большого сечения. Проходящий по этой катушке ток нагрузки создает в сердечнике рабочий поток Φ_i , величина которого пропорциональна этому току. Поток Φ_i отстает по фазе от тока на небольшой угол потерь. Этот угол мал вследствие того, что поток Φ_i проходит значительную часть пути по воздуху. Поток при этом пересекает дважды диск. Сердечник обмотки напряжения является почти замкнутым, его намагничивающая катушка состоит из большого числа витков провода малого сечения. Индуктивность катушки велика, поэтому ток I отстает по фазе от напряжения на угол, близкий к 90° . Намагничивающая катушка цепи напряжения расположена на среднем стержне сердечника. Поток Φ , созданный током I этой катушки, разветвляется на потоки Φ_i и Φ_{ii} . Поток Φ_{ii} является рабочим потоком, так как, проходя по среднему стержню сердечника и замыкаясь по участку I цепи, огибаящему диск, он на своем пути один раз пересекает

диск. Потоки Φ не пересекают диска, замыкаясь по боковым стержням сердечника. Эти потоки называются шунтирующими, используются в индукционном счетчике для создания необходимого угла сдвига фаз между рабочими потоками Φ_i и Φ_{ii} . Вращающий момент диска создается магнитными потоками Φ_i и Φ_{ii} двух обмоток, а тормозной момент — постоянным магнитом. Величина вращающего момента пропорциональна произведению потоков, создающих бегущее поле, и синус угла сдвига фаз между ними:

$$M_{ep} = K_1 \Phi_{mi} \Phi_{mi} \sin \psi$$

где Φ_{mi} — амплитуда потока, созданного обмоткой напряжения; Φ_{mi} — амплитуда потока, созданного токовой обмоткой.

Коэффициент K_1 в свою очередь, зависит от частоты переменного тока, поэтому индукционные приборы должны быть рассчитаны на одну частоту.

Для того, чтобы вращающий момент счетчика был пропорционален активной мощности, необходимо выполнить два условия:

- 1) магнитный поток одного из электромагнитов должен быть пропорционален напряжению $\Phi_{mi} = K_2 U$, а другого току $\Phi_{mi} = K_3 I$
- 2) синус угла сдвига фаз между потоками должен быть равен коэффициенту мощности потребителя: $\sin \psi = \cos \varphi$

При выполнении этих условий вращающий момент счетчика может быть выражен формулой:

$$M_{ep} = K_1 K_2 U K_3 I \cos \varphi = K_4 P$$

Тормозной момент счетчика создается в результате взаимодействия потока Φ_m Постоянного магнита с наводимым им во вращающемся диске вихревыми токами:

$$M_T = K_5 \frac{d\alpha}{dt}$$

где α — угол поворота диска.

При вращении диска с равномерной скоростью его вращающий и тормозной моменты равны:

$$M_{ep} = M_T \text{ или } K_5 \frac{d\alpha}{dt} = K_4 P$$

Интегрируя левую часть равенства в пределах времени от t_1 до t_2 , получаем энергию, учитываемую счётчиком за промежуток времени, в течение которого диск сделает, например, полное число оборотов n .

$$\int_{t_1}^{t_2} P dt = Pt = A$$

Интеграл правой части равен изменению угла поворота диска от α_1 до α_2 , которое за этот же промежуток времени пропорционально произведению 2π на число оборотов n : $Kd = K \cdot 2n = C \cdot n$,

Отсюда получаем основное уравнение счётчика:

$$A = C \cdot n$$

Логометры

Логометры — приборы электромеханической группы, измеряющие отношение двух электрических величин $\alpha=f(X_1/X_2)$. В логометрах вращающий и противодействующий моменты создаются электрическим путем и направлены навстречу друг другу. Логометры используются для измерения электрических величин, например сопротивления, емкости, частоты, угла сдвига фаз и др. Они широко применяются при измерении неэлектрических величин электрическими методами, например, в расходомерах, измерителях уровня и др. На рис. 2 приведена схема устройства магнитоэлектрического логометра.

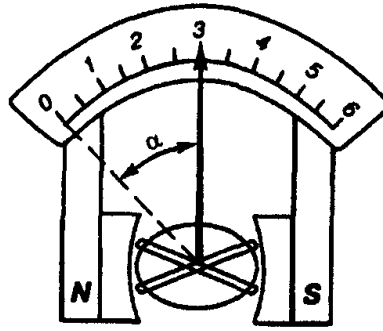


Рис.3- Конструкция логометра

В поле постоянного магнита помещена подвижная часть, состоящая из двух жестко закрепленных под определенным углом рамок. Особой формой полюсных наконечников и сердечника, находящегося между ними, искусственно создается неравномерное магнитное поле постоянного магнита. Токи к рамкам подводятся через безмоментные спирали, не создающие противодействующего момента.

Направление тока в рамках логометра выбирается так, чтобы вращающие моменты M_1 и M_2 были направлены в разные стороны. Тогда в общем виде можно записать:

$$M_1 = I_1 f_1(\alpha) \quad M_2 = I_2 f_2(\alpha)$$

где I_1 и I_2 — токи в рамках; α — угол отклонения подвижной части от некоторого условного нулевого положения.

Равновесие подвижной части наступает при равенстве моментов M_1 и M_2 , действующих на рамку, т. е. при условии

$$I_1 f_1(\alpha) = I_2 f_2(\alpha) \text{ откуда } \frac{I_1}{I_2} = \frac{f_2(\alpha)}{f_1(\alpha)} = f(\alpha) \text{ или } \alpha = F\left(\frac{I_1}{I_2}\right)$$

Аналогично рассмотренному принципу построения логометрического ИМ магнитоэлектрической систем выпускают логометры электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и индукционной систем.

Основным достоинством логометрических приборов является независимость их показаний от напряжения питания.

Выпрямительные приборы

Выпрямительные приборы — это сочетание выпрямительного преобразователя и магнитоэлектрического измерительного прибора (ИМ) с отсчетным устройством. В качестве преобразователей (выпрямителей) используются полупроводниковые выпрямители (диоды) на основе кремния или германия. В зависимости от числа применяемых диодов и схемы их включения осуществляют одно- и двухполупериодное выпрямление (преобразование) переменного тока.

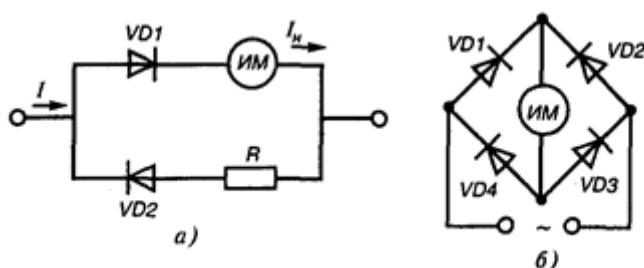


Рис.5- Выпрямительные приборы

В цепи однополупериодного выпрямления ток через измеритель (микроамперметр), включенный последовательно с диодом $VD1$, протекает только в положительный полупериод напряжения $U(t)$. В отрицательный полупериод ток протекает через диод $VD2$. Подвижная часть магнитоэлектрического микроамперметра из-за своей инерционности реагирует на среднее значение момента

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} m_t dt$$

где m_t — мгновенное значение вращающего момента.

Из $W_M = I_M \psi$ имеем

$$M_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} B_s \omega i(t) dt = \frac{1}{2} B_s \omega \cdot i_{\text{ср}}$$

где $I_{\text{ср}}$ — среднее значение тока за период.

Приравнявая $M_{\text{вр}}$ к $M_{\text{пр}}$, получим выражение для уравнения шкалы прибора:

$$\alpha = \frac{1}{2} \frac{B_s \omega}{W} \cdot i_{\text{ср}}$$

Шкалу прибора градуируют обычно в действующих значениях синусоидального тока I_d . Тогда уравнение принимает вид

$$\alpha = \frac{B_s \omega}{W} \cdot \frac{i}{K_f}$$

где k_f - коэффициент формы для синусоиды. ($I/I_{\text{ср}}=1,11$)

В цепи двухполупериодного выпрямления с четырьмя диодами VD1 — VD4 ток I_d протекает через микроамперметр в одном и том же направлении оба полупериода:

$$M_{\text{вр}} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} m, dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} B_s \omega i(t) dt = B_s \omega I_{\text{ср}},$$

Основные достоинства таких приборов: высокая чувствительность, малое потребление мощности от объекта измерения, широкий частотный диапазон — возможность работы без частотной компенсации на частотах до 2000 Гц, с частотной компенсацией-до 20 кГц.

Недостатки: зависимость показаний от формы кривой измеряемого напряжения, необходимость введения частотной и температурной компенсации, невысокая точность из-за нелинейности вольт-амперных характеристик диодов. Применение: в качестве таких комбинированных приборов для измерения постоянных и переменных токов, напряжения и сопротивления, как ампервольтметры (авометры).

Термоэлектрические приборы

Термоэлектрические приборы — это сочетание магнитоэлектрического механизма с отсчетным устройством и термоэлектрического преобразователя. Термоэлектрический преобразователь состоит из одной или нескольких термопар и нагревателя, по которому протекает измеряемый ток. Нагреватель обычно изготавливают из материала с большим удельным сопротивлением (нихром, константан, вольфрам) с допустимой температурой 600-800° С. Для термопары подбирают материалы, дающие в паре высокую термо-ЭДС, обладающие устойчивыми термоэлектрическими характеристиками (хромель — копель, медь — копель и др.).

Под действием теплоты, выделяемой нагревателем, и при разности температур горячего и холодного спаев термопары возникает термо-ЭДС, пропорциональная величине тока, протекающего по нагревателю, и измеряемая магнитоэлектрическим ИМ.

Достоинства: малое влияние частоты (и формы кривой) переменного тока и, как следствие,— высокий частотный диапазон (10 Гц...100 МГц), простота устройства, достаточно высокий класс точности (0,5; 1,0 и ниже); диапазоны измерения по току 100 мА...10 А; по напряжению 0,75...50 В.

Недостатки: малая перегрузочная способность, зависимость показаний от температуры окружающей среды, низкое входное сопротивление, малая чувствительность, большое собственное потребление мощности, ограниченный срок работы, неравномерная шкала.

Задание к лабораторной работе:

1. Ознакомится с конструкцией приборов индукционной системы, логометров, выпрямительных и термоэлектрических приборов.
2. По имеющимся зависимостям вращающего момента для каждой системы необходимо определить уравнение шкалы (зависимость угла поворота подвижной части от подаваемого тока)
3. Согласно полученному уравнению шкалы необходимо построить график зависимости угла поворота от тока.
4. Согласно полученному уравнению шкалы необходимо нарисовать шкалу прибора.

Контрольные вопросы:

1. Устройство и принцип действия измерительных приборов индукционной системы.
2. Устройство и принцип действия логометров.
3. Устройство и принцип действия термоэлектрических приборов
4. Устройство и принцип действия выпрямительных электроизмерительных приборов.

Лабораторная работа №4

Тема: «Цифровые измерительные приборы»

Цель работы: ознакомиться с принципом действия и конструкцией измерительных приборов различных систем

Теоретические сведения

Цифровой измерительный прибор (ЦИП) – это измерительный прибор, в котором сигнал преобразуется в дискретный выходной сигнал и представляется в цифровой форме. Под дискретным сигналом понимают прерывистый сигнал, в котором информация содержится не в интенсивности носителя сигнала (например, в значениях напряжения, тока), а в числе элементов сигнала (например, в числе импульсов напряжения) и их взаимном расположении во времени или пространстве. Систему таких сигналов для представления информации называют кодом. Измеряемая величина, подаваемая на вход ЦИП, является величиной непрерывной, т. е. на конечном интервале она имеет бесчисленное множество значений. Непрерывную величину часто называют аналоговой.

Таким образом, в любом ЦИП входная аналоговая величина преобразуется в цифровую форму и предоставляется в виде ряда цифр на цифровом отчетном устройстве. Процесс преобразования аналоговой формы сигнала в цифровую называется аналого-цифровым преобразованием, а преобразователь, осуществляющий преобразование, аналого-цифровым преобразователем (АЦП).

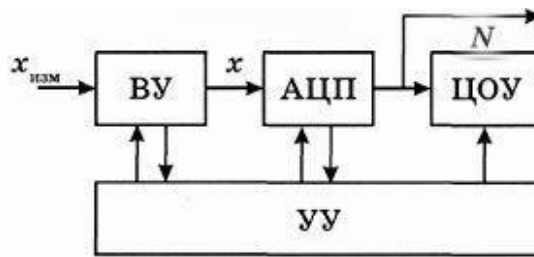


Рис. 1- Обобщенная функциональная схема ЦИП

Измеряемая величина $x_{изм}$ подается на входное устройство ВУ, предназначенное для масштабного преобразования входной величины и отделения ее от помех, если они имеются. Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует величину в код, который подается на цифровое отсчетное устройство (ЦОУ), идентифицируется в виде ряда цифр: код N может выводиться и во внешнее устройства, например, в ЭВМ для дальнейшей обработки или хранения. Управляет работой ЦИП устройство управления УУ путем выработки определенной последовательности командных сигналов во все функциональные узлы ЦИП.

Аналого-цифровые преобразователи имеют важное самостоятельное значение. Они широко используются для связи первичных преобразований электрических и не электрических величин с цифровыми вычислительными машинами, микропроцессорами и другими устройствами накопления и обработки результатов наблюдений.

Отличие АЦП и ЦИП состоит в повышенном быстродействии и отсутствии цифрового отчетного устройства.

По виду измерительных величин ЦИП подразделяют на:

- 1) Вольтметр постоянного и переменного тока;
- 2) Омметры и мосты постоянного и переменного тока;
- 3) Комбинированные приборы;
- 4) Измерители частоты и интервалов времени;
- 5) Специализированные ЦИП, предназначенные для измерения температу-

ры, массы грузов, скорости, времени срабатывания различных элементов и т.

п.

Диапазон измеряемых посредством ЦИП величин обычно широкий и разбивается на ряд поддиапазонов. Выбор нужного поддиапазона в процессе измерения производится автоматически или вручную. Измерения на выбранном поддиапазоне происходит автоматически.

Достоинством ЦИП является возможность получения малых погрешностей измерения (0,01-0,001%), поскольку большинство ЦИП основано на методе сравнения, а наличие цифрового отсчётного устройства исключает погрешность отсчитывания. Кроме того, ЦИП характеризуется большой помехоустойчивостью и большим быстродействием при использовании без инерционных элементов.

Процесс преобразования аналоговой величины в дискретный сигнал информации появляется рис. 2 и состоит из следующих этапов: дискретизации, квантования, цифрового кодирования.

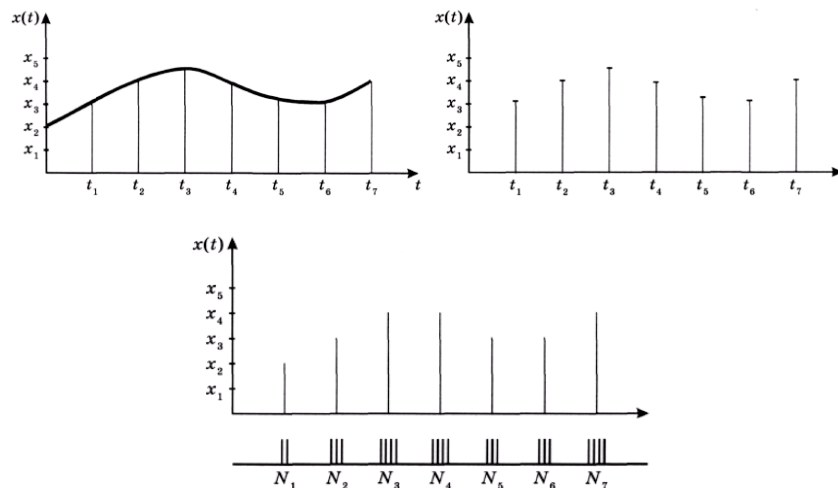


Рис.2- Этапы преобразования

Из Рис.2 видно, что при заданном постоянном шаге дискретизации Δt значения ординат кривой $x(t)$ сохраняется лишь в определенные моменты времени. Через X , т. к. (t) обозначены уровни квантования, а через N – цифровое кодирование квантованных значений (первичный код).

Цифровые вольтметры.

Цифровые вольтметры предназначены для измерения постоянного, медленно изменяющегося напряжения, а также переменного. В последнем случае во входном устройстве переменное напряжение преобразуется в постоянное. На Рис.3 приведена обобщённая структурная схема цифрового вольтметра.

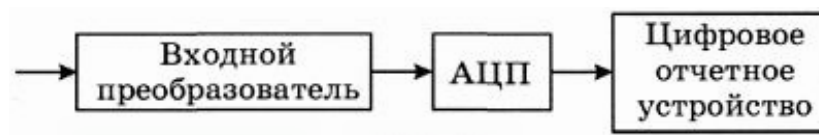


Рис. 3- Структурная схема цифрового вольтметра

Здесь в качестве входного устройства может быть использован высокоомный делитель, катодный повторитель с большим входным сопротивлением с калиброванным делителем; детектор при измерении переменного напряжения.

После входного преобразователя измеряемое напряжение поступает в АЦП. В АЦП оно сравнивается с образцовым напряжением. Последнее может быть получено от стабилизированного источника питания: специального генератора, выходное напряжение которого изменяется по заданному закону; или может быть использован нормальный элемент.

В результате сравнения напряжений образуется определенный код, который, например, может быть выражен какой-то комбинацией импульсов или интервалом времени. После выработки кода в работу вступают блоки дешифратора, коммутатора, индикаторов.

В зависимости от вида используемого АЦП, цифровые вольтметры подразделяются на три группы: последовательного счета, поразрядного кодирования, считывания. Выбор того или иного вида АЦП связан с потребностью иметь ЦИП либо высокой точности, либо высокой чувствительности, либо высокого быстродействия.

В настоящее время наибольшее распространение получили кодо-

импульсные вольтметры (ЦИП взвешивания), имеющие самую высокую точность, высокую чувствительность.

Рассмотрим принцип работы кодо-импульсного вольтметра. В этом вольтметре устройство управления работой прибора реагирует на разность $U_x - U_{обр}$ (U_x - измеряемое, $U_{обр}$ — образцовое напряжение) до тех пор, пока эта разность не станет меньше величины, определяемой разрешающей способностью вольтметра. Взаимодействие блоков вольтметра показано на структурной схеме (рис. 4).

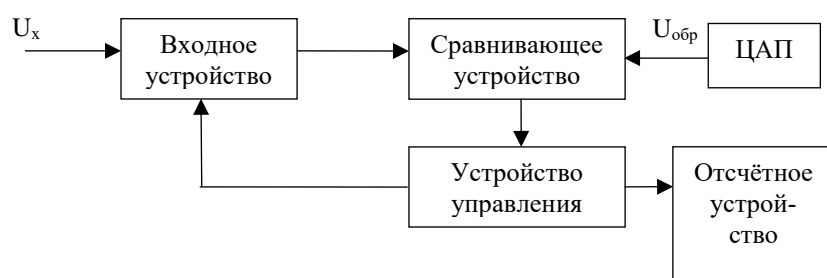


Рис. 4- Обобщенная структурная схема кодоимпульсного вольтметра.

В сравнивающем устройстве (СУ) происходит автоматическое сравнение входного напряжения U_x с образцовым, которое вырабатывается в цифро-аналоговом преобразователе (ЦАП). От СУ, в зависимости от знака разности $U_x - U_{обр}$, поступает соответствующий сигнал в устройство управления (УУ). С помощью УУ происходит автоматическое переключение поддиапазонов измерений, указание полярности входного напряжения и воздействие на ЦАП. Устройство управления принудительно изменяет калиброванное напряжение в соответствии с принятым кодом до тех пор, пока не будет обеспечено равенство $U_{обр} = U_x$. Параллельно УУ формирует код для отсчётного устройства (ОУ).

Теперь подробнее рассмотрим структурную схему кодо-импульсного вольтметра, приведённую на Рис.5, где обозначено:

РТИ – распределитель тактовых импульсов;

ГТИ – генератор тактовых импульсов (мультивибратор с триггером);

К – электронные ключи.

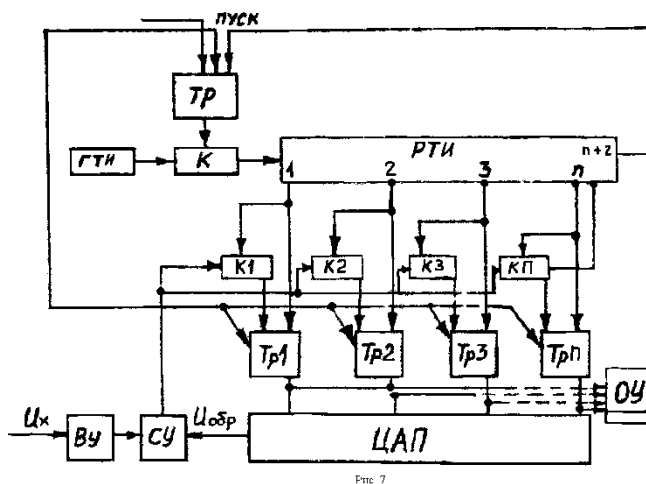


Рис.5- Кодоимпульсный вольтметр

Для простоты рассуждений принимаем, что ЦАП работает по двоичному коду и что электронные ключи $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ открываются, если $U_{обр} > U_x$, и закрываются, если $U_{обр} < U_x$. Перед началом измерений необходимо установить все триггеры в исходное состояние. Последнее осуществляется подачей импульса «Установка нуля». Затем импульсом «Пуск» через триггер $Тр$ открывается ключ $К$ и импульсы от ГТИ начинают поступать в РТИ. РТИ поочерёдно выдаёт импульсы на входах 1, 2, ..., $n + 2$.

При появлении импульса на выходе 1 перебрасывается триггер $Тр1$, заставляя ЦАП подать на СУ напряжение, равное, например, $U_{обр}$ (старший разряд). Если при этом оказывается, что $U_{обр} > U_x$, то СУ выдаёт сигнал, который открывает ключи $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$. На следующем тактовом импульсе (выход 2 РТИ) перебрасывается $Тр2$, от ЦАП к СУ уже подаётся сумма напряжений, например, $U_{обр} + \frac{U_{обр}}{2}$. Одновременно, с выхода 2 РТИ будет послан импульс через открытый ключ $K1$ на триггер $Тр1$. Последний перебрасывается в исходное состояние. При этом в высшем разряде в двоичном коде появляется «0». Это означает, что разряд не использован.

Если окажется, что $U_{\text{обр}} + \frac{U_{\text{обр}}}{2} < U_x$, то СУ выдаёт сигнал закрывающий ключи $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$. При этом с появлением сигнала на выходе 3 и перебросе триггера Тр3 будет послана команда с целью переброса Тр2. Триггер Тр3 подаёт через ЦАП на СУ напряжение, равное $U_{\text{обр}} + \frac{U_{\text{обр}}}{2} + \frac{U_{\text{обр}}}{4}$. Так как все ключи закрыты, то в следующем низшем разряде в двоичном коде будет записана «1». Это означает, что разряд использован.

Указанный процесс последовательного переключения ряда образцовых напряжений к СУ будет продолжаться, пока при каком-то тактовом импульсе сумма образцовых напряжений в СУ не будет практически равна измеренному напряжению U_x . В счётчике образуется законченный код, который затем с помощью дешифратора переводится в десятичную систему счисления для подачи в отчётное устройство. При появлении импульса на выходе $n + 2$ РТИ Тр возвращается в исходное состояние и на этом цикл преобразования заканчивается.

Пусть для примера цифровое отсчётное устройство содержит три счётные ячейки (Рис.6). Они соединяются между собой таким образом, чтобы устойчивые состояния (0 или 1) появились в каждой ячейке по программе, определённой принятым двоично-десятичным кодом в соответствии с общим числом импульсов, поступивших на его вход. При этом индикация числа входных импульсов может быть сведена к индикации состояний трёх счётных ячеек. Если же необходим подсчёт импульсов в пределах нескольких десятичных разрядов, то необходимо соответственно увеличить число декадных счётчиков.

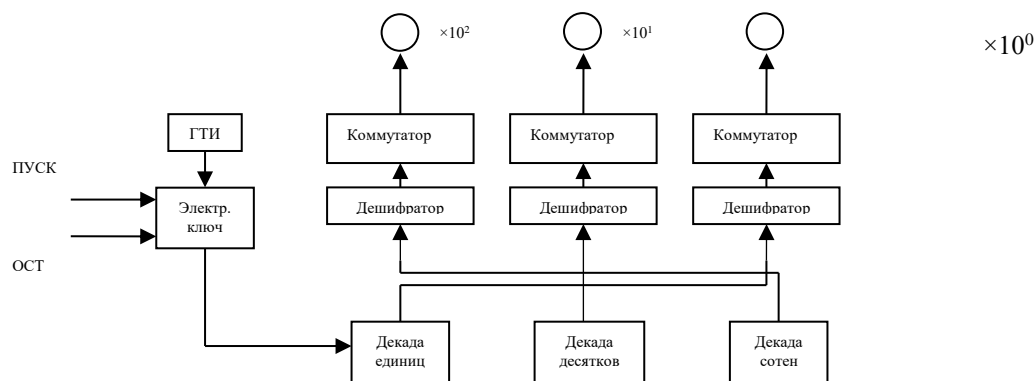


Рис.6- Структурная схема отсчетного устройства

Пуск и остановка счетчика осуществляется электронным ключом, который получает соответствующие команды. С помощью счетчика результат измерения фиксируется в виде двоично-десятичного кода. Для получения результата измерения в виде цифр на табло необходимо преобразовать двоично-десятичный код в десятичную систему счисления. Это осуществляется дешифраторами. Непосредственное зажигание индикаторных ламп производится при помощи так называемых коммутаторов. На Рис.4 в качестве примера приведена упрощённая схема цифровой индикации.

Как видно из Рис.7 после преобразования дешифратором двоично-десятичного кода, записанного в декадных счётчиках, в напряжение, последнее подаётся на базы транзисторов. При этом происходит отпирание соответствующего транзистора, его сопротивление резко снижается и между анодом и нужным катодом появляется разность потенциалов, достаточная для зажигания.

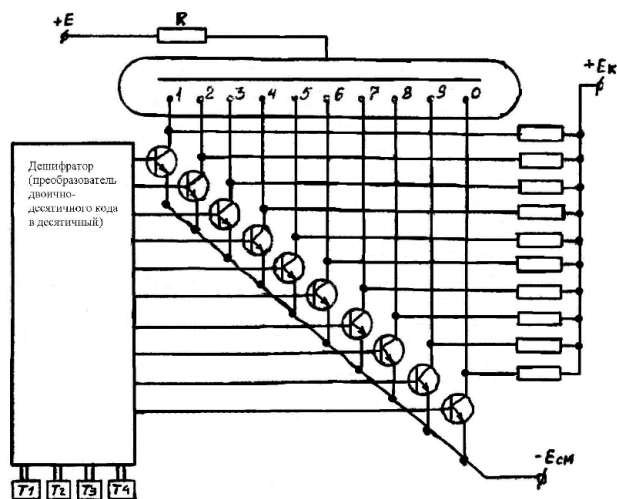


Рис.7- Схема коммутатора

Цифровой частотомер

Структурная схема цифрового частотомера приведена на рис.8

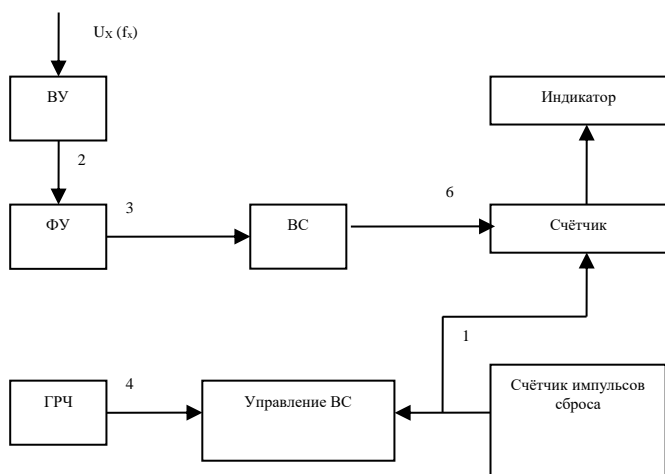


Рис.8- Структурная схема цифрового частотомера

Входное устройство (ВУ) предназначено для согласования прибора с объектом измерения и расширения его диапазона по напряжению.

Временной селектор (ВС) представляет собой ключевую логическую схему. С его помощью производится сравнение измеряемого интервала времени с периодом следования калиброванных импульсов, играющих роль меры.

Формирующее устройство (ФУ) предназначено для преобразования в прямоугольные импульсы напряжения, подаваемого на вход частотомера. За-

тем эти импульсы дифференцируются и ограничиваются по амплитуде сверху (или снизу). В результате на вход временного селектора подаются короткие импульсы, соответствующие началу каждого периода исследуемого напряжения. Таким образом, в формирующем устройстве измеряемые колебания преобразовываются в последовательность дискретных импульсов с тем же периодом следования T_x .

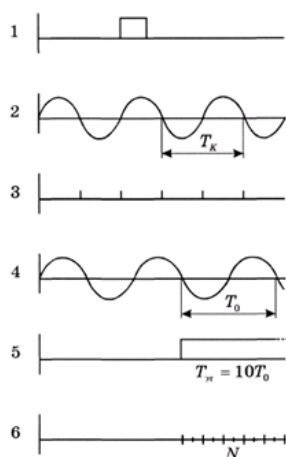
Генератор рабочей частоты (ГРЧ) предназначен для выработки гармонических колебаний стабильной частоты f_0 (обычно с кварцевой стабилизацией). С его помощью устанавливается интервал времени счёта $T_{эт}$, в течение которого происходит подсчёт периодов исследуемого колебания.

Схема управления временным селектором состоит из формирующего устройства, преобразующего гармоническое напряжение стабильной частоты в последовательность коротких импульсов из декадных делителей частоты.

Время счёта $T_{эт}$ при этом равно периодам, $T_0 = \frac{1}{f_0}$.

Схема формирования импульсов сброса предназначена для управления полным циклом измерений. Эта схема может работать в режиме ручного или автоматического управления.

Последовательность взаимодействия отдельных блоков частотомера показана на Рис.9.



Измерение заключается в подсчете числа N импульсов периода неизвестной частоты T_x в течение фиксированного времени $T_{эт}$.

Для пояснения работы схемы на Рис.9 приведены эпюры напряжений в различных точках схемы.

Рис.9- Взаимодействие блоков

Из рисунков 8 и 9 видно, что при подаче на вход сигнала измеряемой частоты f_x на управляющее устройство подается импульсная последовательность строго фиксированного периода T_0 с генератора стабильной частоты. Управляющее устройство формирует из колебаний T_0 фиксированный интервал времени $T_{\text{эт}}$ (время измерения частоты) в виде импульса, который затем подается на временной селектор. При этом временной селектор устанавливается в открытое положение на время измерения.

При известном значении $T_{\text{эт}}$ измеряемая частота f_x определяется следующим образом

$$f_x = \frac{N}{T_{\text{эт}}},$$

где N — число импульсов, подсчитанное счетчиком.

Задание к лабораторной работе:

1. Ознакомится с конструкцией цифровых измерительных приборов.
2. Согласно структурной схеме цифрового кодоимпульсного вольтметра реализовать схему в среде Electronic Workbench.
3. Согласно структурной схеме цифрового частотомера реализовать схему в среде Electronic Workbench.

Контрольные вопросы

1. Что такое цифровой измерительный прибор.
2. Классификация цифровых измерительных приборов
3. Чем обусловлена высокая точность цифровых измерительных приборов.

4. Нарисуйте структурную схему и объясните принцип действия кодоимпульсного вольтметра.
5. Нарисуйте структурную схему и объясните принцип действия цифрового частотомера.

Лабораторная работа №5

«Измерение и регистрация изменяющихся во времени электрических величин».

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом действия электронно-лучевого и цифрового осциллографа. Научиться проводить измерения различных электрических величин с использованием электронно-лучевого осциллографа.

Описание осциллографа

Осциллограф предназначен для наблюдения и фиксации различных электрических величин, таких как ток, напряжение, частота и т.д.

Наибольшее распространение получили два типа осциллографов: электронно-лучевой и цифровой. К достоинствам цифрового осциллографа можно отнести способность запоминать исследуемые сигналы, что облегчает их дальнейшую интерпретацию. Также цифровой осциллограф позволяет автоматизировать подстройку под исследуемый сигнал, а именно, он самостоятельно определяет тип входного сигнала, подстраивает чувствительность и длительность развертки для получения оптимального изображения. Возможна работа в режиме измерения, когда на экране можно видеть всю информацию об измеряемом сигнале в текущем времени - пиковое, максимальное, среднее значения амплитуды сигнала, время нарастания или спада прямо-

угольных сигналов, частоту и период следования сигнала. При работе с сигналами есть возможность выбора внутренних фильтров - ФНЧ, ФВЧ, полосового. Частоты срезов фильтров регулируются. Использование фильтров позволяет исследовать только тот диапазон частот, в котором находится входной сигнал, что снижает уровень помех, находящихся вне данного диапазона и воздействующих на осциллограф.

Внешний вид цифрового осциллографа показан на рисунке 1.



Рис.1- Цифровой осциллограф

Структурная схема цифрового осциллографа

Структурная схема цифрового осциллографа может быть различной в зависимости от его назначения и выполняемых функций. Обобщенная схема 2-х канального цифрового осциллографа показана на рисунке 2.

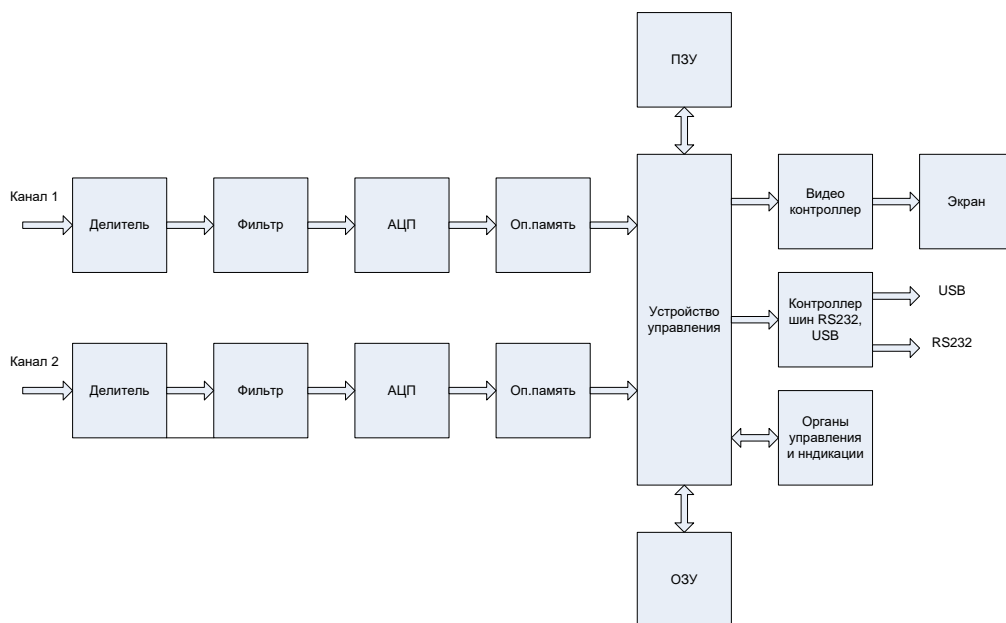


Рис. 2- Структурная схема цифрового осциллографа

Исследуемый сигнал подается на делитель, который может работать в режиме усиления или ослабления, и необходим для расширения диапазона работы осциллографа. Делитель имеет три состояния входа: открытый, закрытый и заземленный. Требуемое состояние определяется типом исследуемого сигнала. После обработки сигнала делителем он поступает на фильтр, который значительно ослабляет сигналы, не попадающие в диапазон пропускания фильтра. Далее аналого-цифровой преобразователь (АЦП) формирует цифровой код, который является интерпретацией входного аналогового напряжения. Поскольку скорость преобразования АЦП может значительно превышать скорость работы устройства управления (УУ), то для временного хранения цифрового кода используется оперативная память (ОП). Ее размер определяется соотношением скоростей работы АЦП и УУ, т.е. необходимо сохранить цифровой код в течение интервала времени, пока УУ не обработает ранее полученную информацию. Если объем данной памяти будет превышать требуемое значение, то часть памяти не будет использоваться, а если объем памяти будет меньше определенного значения, то возможна потеря данных.

Управляющая программа, которая определяет логику работы осциллографа, находится в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ). Производители осциллографов постоянно совершенствуют управляющие программы и поэтому для ее обновления для ПЗУ используются микросхемы памяти, которые имеют возможность перезаписи (flasheeprom).

Для временного размещения данных, которые формируются при работе управляющей программы осциллографа, используется оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Современные осциллографы имеют возможность сохранять полученные осциллограммы на USB накопителях в виде графических файлов. Также осциллограммы можно вывести на принтер, подключенный к USB порту.

Для снижения нагрузки на УУ при формировании изображений используется видео контроллер. Видео контроллер (ВК) осуществляет преобразования полученных от УУ данных в сигналы подаваемые на экран. Поскольку в основу формирования изображения положен матричный подход, т.е. изображение представляет собой набор горящих определенным цветом точек (пиксели), то выходной сигнал с ВК определяет, какие пиксели и каким цветом будут светиться (происходит преобразование образа в матричный рисунок). Экран представляет собой жидкокристаллическую матрицу и ее разрешение обычно не превышает 800 x 600 точек.

Органы управления состоят из валкодеров и кнопок, которые сгруппированы по функциональному признаку. Для определения, текущего состояния функций или органов управления используются элементы индикации (светодиоды, лампочки).

Структурная схема аналогового осциллографа

Упрощенная структурная схема осциллографа приведена на рисунке 3. Она содержит электронно-лучевую трубку (ЭЛТ), канал вертикального отклонения, канал горизонтального отклонения, калибратор.

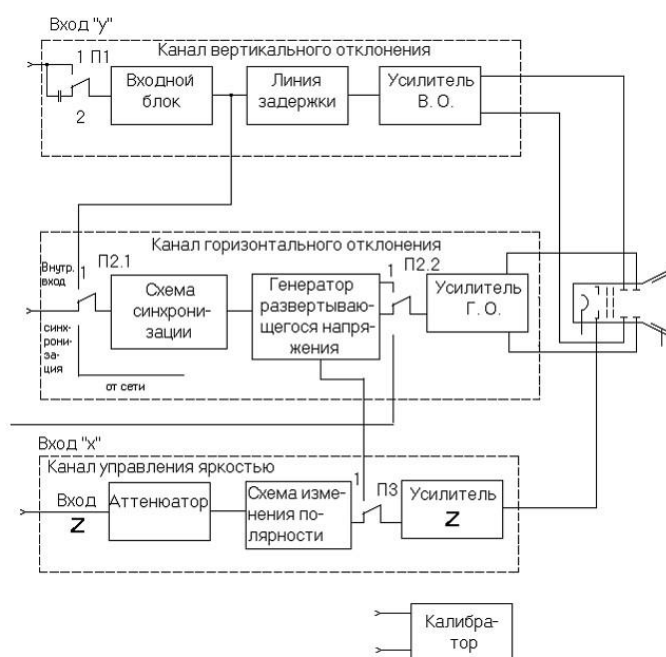


Рис.3- Структурная схема электронно-лучевого осциллографа

Принцип получения изображения исследуемого напряжения на экране осциллографа в общих чертах заключается в следующем. Для наблюдения на экране исследуемого напряжения необходимо отклонять луч по горизонтальной оси пропорционально времени, а по вертикальной оси – пропорционально величине исследуемого напряжения. С этой целью к горизонтально отклоняющим пластинам подается линейно изменяющееся напряжение, под действием которого электронный луч перемещается по горизонтали с постоянной скоростью слева направо. В исходное положение луч возвращается с гораздо большей скоростью.

Канал вертикального отклонения луча (канал У) предназначен для передачи напряжения исследуемого сигнала на вертикально отклоняющие пла-

стины электронно-лучевой трубки (ЭЛТ). Входной блок канала имеет калиброванный переключатель усиления, с помощью которого устанавливается масштаб ВОЛЬТ/ДЕЛЕНИЕ на экране осциллографа.

Исследуемый сигнал может подаваться на входной блок или непосредственно (вход У открытый), или через разделительный конденсатор (вход У закрытый). В первом случае вход имеет связь по постоянному току, что обеспечивает возможность измерения сигнала постоянного тока. Однако в случаях, когда интерес представляет переменный сигнал небольшой величины, имеющий напряжение смещения в виде напряжения постоянного тока, используется закрытый вход. При этом последовательно с входом подключается конденсатор, пропускающий переменный сигнал и блокирующий напряжение смещения постоянного тока. Переключение входов осциллографа осуществляется с помощью переключателя, положение которого определяет вид входа (на передней панели имеется соответствующее обозначение).

Как правило, входы осциллографа обладают высоким импедансом, который представляет собой параллельное соединение сопротивления 1 МОм и емкости порядка 20 пФ.

В усилителе вертикального отклонения имеется линия задержки, благодаря которой обеспечивается подача исследуемого импульсного сигнала с задержкой относительно пилообразного напряжения, поступающего на горизонтально отклоняющие пластины, что позволяет наблюдать передний фронт импульсного сигнала. Усилитель вертикального отклонения усиливает исследуемый сигнал до величины, необходимой для получения достаточного для наблюдения размера исследуемого сигнала на экране ЭЛТ.

Канал горизонтального отклонения луча или канал Х вырабатывает напряжение перемещающее луч в горизонтальном направлении пропорционально времени. Он содержит: генератор развертывающего напряжения, ко-

торый перемещает луч по горизонтали с определенной скоростью; усилитель, обеспечивающий необходимую величину напряжения развертки; схему синхронизации, предназначенную для усиления, преобразования и изменения полярности синхронизирующего сигнала с целью получения устойчивой неискаженной осциллограммы.

На передней панели осциллографа имеется калиброванный переключатель ВРЕМЯ/ДЕЛЕНИЕ. Для получения на экране устойчивой осциллограммы служит схема синхронизации и запуска развертки, которая управляет генератором развертки и обеспечивает кратность периодов исследуемого сигнала и развертывающего напряжения. Для наблюдения неподвижного изображения начало развертки должно быть связано с одной и той же точкой сигнала. Эту привязку к определенным точкам сигнала осуществляет схема синхронизации, с помощью которой устанавливается определенный уровень и наклон («+» или «-»), определяющий момент начала развертки.

Схема синхронизации вырабатывает короткий импульс, поступающий на генератор развертки и запускающий его с помощью переключателя, расположенного на передней панели, возможно выбрать один из трех режимов синхронизации – внутренний, внешний и от сети. При внутренней синхронизации импульсы, запускающие схему, вырабатываются из входного сигнала, который поступает из канала вертикального отклонения до линии задержки. В режиме внешней синхронизации запускающий сигнал подается на схему синхронизации от внешнего источника через специальный вход на передней панели. При этом осуществляется ждущий режим работы генератора развертки, который обеспечивает исследование импульсных сигналов, в том числе с большой скважностью и даже не периодических. В ждущем режиме напряжение развертки поступает на горизонтально отклоняющие пластины трубки синхронно с моментом их появления запускающего сигнала. При

поступлении запускающего импульса электронный луч совершает один прямой и один обратный ход. После этого генератор развертки будет находиться в ждущем состоянии и «ждать» прихода следующего запускающего импульса.

В стандартных импульсных генераторах имеется специальный выход для синхронизирующих импульсов. Относительно этих импульсов выходной сигнал задерживается. Как правило, время задержки регулируется. Это позволяет перемещать исследуемый импульс на экране осциллографа.

В положении переключателя рода работы «сеть» синхронизация генератора развертки осуществляется от напряжения питающей сети. При переключении этого переключателя в положение «вход X» вход усилителя горизонтального отклонения подключается к гнездам «вход X». При этом генератор пилообразного напряжения отключен, и развертка осуществляется внешним напряжением.

Генератором развертки так же вырабатываются специальный прямоугольный импульс подсвета, длительность которого равна длительности прямого входа развертывающего напряжения. Сформированный в усилителе Z импульс поступает на модулятор ЭЛТ и подсвечивает прямой ход развертки. Как правило, в осциллографах предусматривается возможность модуляции изображения исследуемого сигнала по яркости внешнего сигнала. Для этой цели служит вход Z, а так же схема, позволяющая изменять полярность модулирующего напряжения.

Для точной установки коэффициента усиления сигнала по входу U и коэффициента развертки в осциллографе предусматривается встроенный генератор сигналов с точно известными амплитудой и частотой.

На передней панели предусмотрены специальные ручки, позволяющие управлять яркостью, фокусировкой луча, а так же положением луча на

экране ЭЛТ.

Теперь рассмотрим конструкцию и принцип действия электронно-лучевой трубки. Электронно-лучевая трубка представляет собой стеклянный баллон, из которого откачан воздух. Напряжение накала подается на нить нагрева, которая подогревает катод. Под действием нагрева с катода эмитируются электроны. Сетка выполняет несколько функций. Первой функцией является изменение яркости изображения, за счет изменения количества электронов прошедших через нее, т.е. изменением плотности электронов в луче. На сетку подается отрицательное напряжение, которое создает отрицательное электрическое поле. Поскольку заряды поля и электронов совпадают, то через поле смогут пройти только те электроны, которые обладают определенной скоростью движения. Электроны, у которых скорость, и соответственно энергия, меньше энергии электрического поля «отражаются» от этого поля. Напряжение, подаваемое на сетку можно регулировать, что позволяет изменять напряженность электрического поля. Второй функцией сетки является первичная фокусировка потока электронов.

После сетки электроны проходят через аноды. В зависимости от конструкции, в ЭЛТ может быть несколько анодов. Аноды необходимы для финишной фокусировки электронного луча, а также для его ускорения. Если в ЭЛТ два анода, то один из них называется фокусирующим, а другой ускоряющим.

Для изменения положения луча используется электрическое поле, формируемое между отклоняющими пластинами. Используют две пары отклоняющих пластин, размещенных перпендикулярно относительно друг друга. Одна из пар пластин смещает луч в вертикальной плоскости, а другая пара пластин смещает луч в горизонтальной плоскости. Рассмотрим работу одной пары пластин. Пусть l —это длина отклоняющих пластин, A —расстояние между

пластинами, L -расстояние от пластин до экрана, U -приложенное напряжении, U_a –ускоряющее напряжение (рисунок 4)

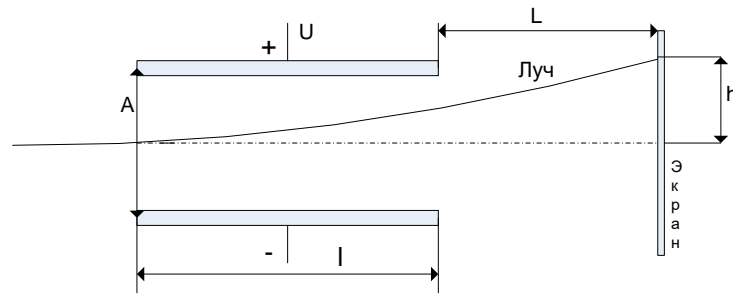


Рис. 4- Смещение луча под действием эл.поля

При некоторых допущениях смещение луча- h будет определяться следующим выражением

$$h = \frac{U}{2U_a} * \frac{l}{A} (L + \frac{l}{2})$$

Обычно $l \ll L$, поэтому можно считать

$$h = \frac{U}{2U_a} * \frac{l}{A} L$$

При постоянных геометрических размерах отклоняющих пластин и величины ускоряющего напряжения отклонение будет зависеть только от приложенного (исследуемого) напряжения.

После прохождения отклоняющих пластин луч попадает на экран, покрытый особым веществом-люминофором, которое начинает светиться под действием потока электронов.

Основные характеристики осциллографа

1. Полоса пропускания

Приборы, которые измеряют переменные сигналы, имеют некоторую максимальную частоту, выше которой точность измерения начинает ухуд-

шаться. Эта частота определяет полосу пропускания прибора и обычно определяется, как частота, на которой амплитуда сигнала уменьшается на 3дБ.

Для цифрового осциллографа характерны две разные полосы пропускания: полоса пропускания для повторяющихся сигналов, и полоса пропускания для однократных сигналов. Цифровые осциллографы имеют более высокую полосу пропускания для повторяющихся сигналов, чем может обеспечить их частота дискретизации. Если сигнал повторяется, то осциллографу не обязательно оцифровывать весь сигнал за один запуск. Осциллограф может воспроизвести такой сигнал за несколько запусков, каждый раз захватывая и отображая на экране только часть сигнала. Таким образом, полоса пропускания повторяющихся сигналов не зависит от частоты дискретизации. Эта характеристика аналоговых усилителей цифрового осциллографа.

Полоса пропускания для однократных сигналов применима только для непериодических (или однократных) сигналов, которые захватываются и оцифровываются осциллографом за один такт. В этом случае полоса для однократных сигналов зависит от частоты дискретизации осциллографа.

2. Количество каналов

Количество необходимых каналов зависит от целей измерения. Чаще всего используются 2-х каналные или 4-х каналные осциллографы. Некоторые осциллографы, обозначенные в спецификации "2+2", имеют 2 основных канала и 2 дополнительных канала с ограниченной чувствительностью. В таком осциллографе имеется только 2 АЦП. Дополнительные каналы могут использоваться, например, для анализа цифровых сигналов.

3. Частота дискретизации (для цифровых осциллографов)

Для задач, связанных с измерением однократных или переходных процессов, частота дискретизации имеет первостепенное значение. Параметр "частота дискретизации" обозначает скорость, с которой осциллограф может

оцифровывать входной сигнал. Более высокая частота дискретизации переводится в более широкую полосу пропускания для однократных сигналов и дает лучшее разрешение.

4. Объем памяти (для цифровых осциллографов)

Требуемый объем памяти зависит от общей длительности сигнала, которого необходимо исследовать, и желаемого разрешения. Если необходимо исследовать продолжительные по времени сигналы с высоким разрешением, то требуется память большего объема. Это позволит поддержать более высокую частоту дискретизации на медленных коэффициентах развертки, уменьшая, тем самым, вероятность искажения сигнала и получая больше информации об исследуемом сигнале. Подсчитать требуемый объем памяти можно исходя из следующего соотношения: $\text{Объем памяти} = \text{промежуток времени} / \text{разрешение}$

Достоинства аналоговых осциллографов

- мгновенное обновление экрана при отображении быстроизменяющихся сигналов во времени
- прямые, понятные средства управления для часто используемых настроек (коэффициент чувствительности, коэффициент развертки, смещение сигнала, уровень запуска и т.д.)
- низкая стоимость

Недостатки аналоговых осциллографов

- низкая точность
- мерцание и/или тусклость экрана в зависимости от частоты сигнала и коэффициента развертки
- нет возможности отображения сигнала до запускающего момента
- высокая эксплуатационная стоимость
- ограниченные средства измерения параметров сигналов.

Достоинства цифровых осциллографов

- возможность запоминания изображения на произвольное время
- высокая точность измерений
- широкая полоса пропускания
- яркий, хорошо сфокусированный экран на любой скорости развертки
- возможность отображения сигнала до запускающего момента (в "отрицательном" времени)
- возможность обнаружения импульсных помех
- автоматические средства измерения параметров сигналов
- возможность подключения к компьютеру, принтеру или плоттеру
- возможности математической и статистической обработки сигнала
- средства самодиагностики и самокалибровки

Недостатки цифровых осциллографов

- высокая стоимость
- сложность в управлении

Задания к лабораторной работе:

Задание 1. Измерение амплитуды постоянного сигнала

Оборудование: источник постоянного тока Б5-43, осциллограф.

Ход работы:

Соберите схему представленную на рисунке 5.

Подключите провод с bnc разъемом на одном конце и разъемом типа «крокодил» на другом, к осциллографу GDS820S (канал1) к источнику постоянного

тока Б5-43 (Черный «крокодил» подсоединяется к белому винтовому разъему, а красный «крокодил» к красному винтовому разьему).

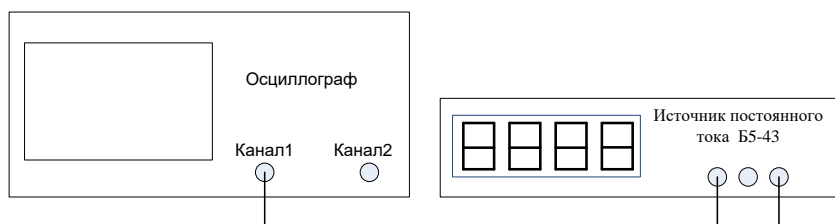





Рис. 5- Схема соединения

Проверьте, что все регуляторы источника тока повернуты против часовой стрелки.

Включите осциллограф. Установите чувствительность канала 1 (ручка вольт\дел.) $2\text{В}\backslash\text{дел}$. В левом нижнем углу должно появиться значение данной характеристики . Проверьте что канал 1 находится в режиме открытого входа (значок ). Если это не так, то необходимо сделать следующие действия: нажмите кнопку Кан1, после чего на экране появятся настройки данного канала. Нажатием кнопки F1 добейтесь появления значка требуемого типа входа. Нажмите кнопку MENU ON\OFF для того чтобы убрать настроечное меню. Если все сделано правильно, то на экране в левом нижнем углу будет следующая картинка .

Включите источник тока. Поверните по часовой стрелке ручку J пока не погаснет индикатор «реж.стаб. j» Затем поворачивая ручку U добейтесь чтобы на экране появилось значение 6В.

Поворачивая ручку «смещение Y» для первого канала установите Position(1)=0В.

Нарисуйте график, отображаемый на экране. По известному значению чувствительности и количеству делений от горизонтальной оси до графика определите значение исследуемого напряжения.

Нажмите кнопку «Измерения». На экране должно появиться окно с различными параметрами исследуемого сигнала. Нажимая кнопку F1 выберите характеристику $V_{ср}$. Запишите полученное значение исследуемого напряжения.

Выключите источник тока и осциллограф. Отсоедините провода.

Сопоставьте между собой полученные значения и сделайте вывод о точности проведенного измерения.

Задание 2. Измерение характеристик периодических сигналов

Оборудование: генератор; осциллограф

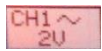
Соберите схему, приведенную на рис. 6. Соедините между собой генератор GRG-450В и осциллограф коаксиальным кабелем с BNC разъемами. На генераторе кабель нужно подсоединить к разъему RF output, а на осциллографе к разъему Кан.1.

Установите на генераторе с помощью переключателя «Frequency Range» поддиапазон 3.0-10 МГц.

Вращая ручку регулировки частоты, установите значение 10 МГц. Учтите, что каждый поддиапазон имеет свою шкалу.

Поворотом ручки Modulation Level установите минимальную модуляцию, а поворотом ручки RF Level максимальный выходной уровень сигнала.

Включите осциллограф

Установите чувствительность канала 1 с помощью ручки вольт\дел. на значение 2в\дел. В левом нижнем углу должно появиться значение данной характеристики  Проверьте что канал 1 находится в режиме закрытого входа(значок ~), если нет, то необходимо сделать следующие действия:

нажмите кнопку Кан1, после чего на экране появятся настройки данного канала. Нажатием кнопки F1 добейтесь появления значка ~. Нажмите кнопку MENU ON\OFF для того чтобы убрать настроечное меню. Если все сделано правильно, то на экране в левом нижнем углу будет следующая картинка.

Включите генератор. На экране должна появиться синусоида. На экране она может иметь малые размеры, поэтому невозможно провести точные измерения. Уменьшайте чувствительность канала 1 до тех пор, пока изображение на экране не будет занимать половину высоты экрана. Поворотом ручки «время/дел» добейтесь на экране появления неподвижного изображения и чтобы на экране было видно 3-4 периода исследуемого сигнала.

Зарисуйте график отображаемый на экране. Запишите полученное значение длительности развертки (нс, мкс, мс) и значение периода сигнала (деления).

Определите значение периода и переведите его в секунды. По формуле: $f = \frac{1}{t}$ определите неизвестную частоту. Определите время нарастания сигнала, время спада, относительная длительность импульса (скважность), которая определяется по следующей формуле: Относительная длительность импульса (%) = длительность импульса/период повторения*100%.

Запишите текущую чувствительность канала 1(в/дел) и амплитуду исследуемого сигнала (дел). Определите значение амплитуды в вольтах.

Нажмите кнопку «Измерения». На экране должно появиться окно с различными параметрами исследуемого сигнала. Нажимая кнопку F1 выберите характеристику «Частота». Нажимая кнопку F2 выберите характеристику «Vamp». Нажимая кнопку F3 выберите характеристику «Период». Нажимая кнопку F4 выберите характеристику «+Длит.» Нажимая кнопку F5 выберите характеристику «Скважность». Запишите и сопоставьте отображаемые значения и значения, полученные в предыдущем пункте. Нажмите кнопку F5 еще раз для выбора характеристики «-Длит.». Запишите это значение.

Содержание отчета:

Цель работы

Ход работы

1. Структурная схема цифрового осциллографа.
2. Структурная схема электронно-лучевого осциллографа.
3. Рисунок, поясняющий работу отклоняющей системы.

Задания на лабораторную работу

4. Рисунок, полученный на экране осциллографа при измерении амплитуды постоянного сигнала.
5. Рисунок, полученный на экране осциллографа при измерении характеристик периодических сигналов.
6. Выводы по работе

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен осциллограф, и какие параметры можно измерять с его помощью.
2. Структурная схема цифрового осциллографа и назначение его структурных элементов.
3. Структурная схема электронно-лучевого осциллографа и назначение его структурных элементов.
4. Режимы работы генератора развертки.
5. Принцип работы электронно-лучевой трубки.
6. Основные характеристики, достоинства и недостатки электронно-лучевого осциллографа.

7. Основные характеристики, достоинства и недостатки цифрового осциллографа.
8. Из-за чего могут возникать погрешности при измерении осциллограмм.

Литература

1. В.Ю.Шишмарев. Технические измерения и приборы. Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. -М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 384с.
2. Латышенко К.П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учебник для студ. учреждений высш.проф. образования. —М.: Издательский центр «Академия»,2012.—320с.
3. Раннев, Г.Г., Тарасенко, А.П. Методы и средства измерений. -М.: Академия, 2011. -336 с.

Подписано в печать 25.12.17г.

Формат 60x84/16
Уч.-изд.л. 2,0

Бумага офсетная
Усл.-печ.л. 2,0

Печать ризографическая
Тираж 50 экз.

Заказ 927

Издательско-полиграфический центр
Набережночелнинского института
Казанского (приволжского) федерального университета

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19