

Областное государственное бюджетное профессиональное образовательное
учреждение
«Ульяновский техникум железнодорожного транспорта»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

ПО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОМУ КУРСУ

**МДК 03.02 АППАРАТУРА ДЛЯ РЕМОНТА И НАЛАДКИ
УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

*программы подготовки специалистов среднего звена
по специальности*

13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Ульяновск, 2021 год

Составитель: Жаранов Е.В., преподаватель ОГБПОУ УТЖТ

Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине МДК 03.02 Аппаратура для ремонта и наладки устройств электроснабжения составлен в соответствии с требованиями к минимуму результатов освоения дисциплины, изложенными в Федеральном государственном стандарте среднего профессионального образования по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), разработанной в соответствии с примерной программой Протокол ФУМО 9/18 от 14.11.2018 по специальности, номер в реестре 13.02.07-181204.

Методические рекомендации по дисциплине МДК 03.02 Аппаратура для ремонта и наладки устройств электроснабжения адресован обучающимся очной формы обучения

Практическое занятие 1

Изучение комплектной установки для наладочных работ

Цель

Познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний вариатора типа РНО-250-5М, устройствами типа УП-04, УПР-3

Краткие теоретические сведения

Применение переносных устройств для получения и регулирования больших токов облегчает наладку электрооборудования.

Вариатор РНО-250-5М предназначен для регулирования тока прогрузки с первичной стороны нагрузочного трансформатора. Вариатор РНО-250-5М при неизменном положении токосъемных роликов допускает протекание тока до 12 А в течение одного часа. Допустимый ток лимитируется перегревом угольно-графитного ролика токосъемного механизма и малым сечением токоотводящих гибких проводников от роликов к выходным зажимам у вариатора в заводском исполнении.

Устройство УП-04 предназначено для проверки различного электрооборудования, работающего на напряжении 0,4 кВ переменного тока и 220 (110) постоянного тока: магнитных пускателей, контакторов, реле времени, промежуточных реле, реле напряжения, токовых реле переменного тока, автоматических выключателей с токами отсечки до 500 А.

Устройство УПР-3 предназначено для проверки простых реле безборки каких-либо испытательных схем: реле времени, реле напряжения, промежуточных и сигнальных реле, работающих на постоянном или переменном токе.

Для правильного использования устройства, обеспечения безопасности и удобства эксплуатации целесообразно руководствоваться прилагаемыми

правилами пользования устройством. В этих правилах должна быть указана последовательность операций во всех режимах работы устройства.

Контролируемые параметры вариатора РНО-250-5М

Номинальное напряжение питания, В	220
Максимальное регулируемое напряжение, В	250
Максимальный регулируемый ток, А	150
Допустимая длительность максимального тока при неизменном положении токоъемных роликов на витках обмотки, с	20
Габариты, мм	228×300×465
Масса, кг	40

Контролируемые параметры УП-04

Напряжение питания, В	220 В
Выходные величины:	
– регулируемое напряжение при переменном токе при 2 А, В	0—380
– регулируемое напряжение при постоянном токе при 2 А, В	0—250
– коэффициент пульсации при токе нагрузки 0,5 А	5 %
– кратковременный ток прогрузки токовых обмоток электрооборудования, А	до 500
– длительности прогрузки токами 250—500 А с последующим отключением на время 90 с	не более 10 с

Характеристика встроенных в устройство приборов

Вольтметр постоянного и переменного тока:

– пределы измерения, В	25—100—250—500
– класс точности	2,0

Амперметр переменного тока:

– пределы измерения, А	0,5—1—2,5—5—10—25—100—250—500
– класс точности	2,5

Электросекундомер ПВ-53Щ (6 режимов работы)

Масса устройства, кг	16
Габариты, мм	470×290×190
Диапазон рабочих температур, °С	от –10 до +40

Контролируемые параметры УПР-3

Питание 220 В или две фазы и нуль в сети 380 В, 50 Гц

Выходное напряжение переменного тока и ток нагрузки:

– при питании от сети 220 В 0—220 В, 2 А

– при питании от сети 380 В 0—380 В, 2 А

Выходное напряжение постоянного тока и ток нагрузки
..... 0—250 В, 2 А

Величина переменной составляющей в напряжении

постоянного тока при нагрузке до 1 А 5 %

Характеристика встроенных в устройство приборов

Вольтметр постоянного и переменного тока:

– пределы измерения 25, 50, 100, 250, 500 В

– класс точности 1,5

Электросекундомер ПВ-53Щ

Габариты, мм 250×300×140

Масса устройства, кг не более

Порядок выполнения

1 Познакомиться с паспортными данными вариатора РНО-250-5М.

2 Описать устройство УП-04

3 Записать технические данные УПР-3

4 Ответить на контрольные вопросы

5 Сделать вывод

Содержание отчета

1 Исходные данные

- 2 Описание устройства УП-04
- 3 Технические данные УПР-3
- 4 Ответы на контрольные вопросы
- 5 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Укажите назначение вариатора, и какие испытания с ним производятся.
- 2 Сколько обмоток имеет разделительный трансформатор?
- 3 Укажите назначение сопротивлений R4 и R5.
- 4 Назовите этапы проверок прибора. Как проверяются амперметр и вольтметр?
- 5 Назовите назначение меток на шкале.
- 6 Каким должно быть значение изоляции?

Практическое занятие 2

Настройка и регулировка переносных установок для наладочных работ

Цель

Познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний устройств типа УПКА-1 и УПАСТ; микрометра М-1

Краткие теоретические сведения

С помощью рекомендуемого специализированного устройства УПКА-1 можно выполнять все наладочные работы за исключением испытаний на высоком напряжении и прогрузки токовых цепей.

Устройство предназначено для проведения всех регламентированных работ по наладке комплектных распределительных устройств внутренней (КРУ) или наружной (КРУН) установки (исключая высоковольтные испытания и прогрузку токовых цепей) без сборки дополнительных электрических схем, кроме включения соединительных шлангов. Производить опробование выключателя следует с измерением времени и скорости включения и отключения, проверку напряжения срабатывания и возврата контактора включения и электромагнита отключения, проверку работы привода — при пониженном (на 20 %) напряжении. Проверка надежности контактных соединений ошиновки и аппаратуры высоконапряжения путем измерения их переходных сопротивлений составляет большую долю всей наладки оборудования.

Портативный микрометр

М-1 упрощает эти измерения.

Микрометр предназначен для измерения переходных сопротивлений контактов коммутационной аппаратуры с номинальным напряжением до 500 кВ. Для удобства эксплуатации питание прибора может осуществляться либо от сети переменного тока, либо от встроенных сухих элементов, причем

имеется возможность подзаряжать последние, не вынимая их из прибора. Прибор также снабжен длинными измерительными проводами, что дает возможность производить измерения с земли.

Настройка и проверка автоматических синхронизаторов являются трудоемкими и кропотливыми операциями, требующими независимого источника напряжения с регулируемой частотой и сложной схемы с приборами и реле. Применение комплектного устройства УПАСТ освобождает наладчика от потерь времени на сборку и наладку этой схемы.

Устройство позволяет провести полную проверку автосинхронизатора и предварительную настройку узлов опережения и подгонки частоты, с тем чтобы после опробования автоматической синхронизации генератора при отключенных разъединителях блока и окончательной корректировки установок вышеуказанных узлов с минимальными затратами времени ввести схему автоматической синхронизации в работу.

Контролируемые параметры устройства типа УПКА-1

Выходные величины:

- регулируемое напряжения переменного тока, В 0—250 или 0—400
- регулируемое напряжения постоянного тока
- с нагрузкой до 5 А, В 0—250
- напряженне питания вибрографа напряжения 13 В, 50 Гц
- постоянного тока с нагрузкой до 10 А, В 8
- напряжения постоянного тока для питания привода выключателя, В 220

Характеристика встроенных в устройство приборов

Комбинированный ампервольтметр	Ц315
(с дополнительной защитой от перегрузок)	
Электросекундомер со схемой проверки времени работы контактов всех видов	ПВ-53Щ
Блок гасительных сопротивлений на токи, А	75, 150, 200
Масса устройства, кг	16
Габариты, мм	350×290×140

Контролируемые параметры микрометра М-1

Пределы измерения, мкОм	×1—0—100
	×5— 0—500
	×25—0—2500
Класс точности, %	4
Напряжение питания, В:	
– в режиме «Сеть» — «С»	220±10 %
– в режиме «Батарея» — «Б» = 6 и = 3	
Ток потребления от сети, А:	
– в режиме «Сеть» — «С»	не более 0,15
– в режиме «Заряд» — «З»	не более 0,05
Ток в измеряемой цепи, А	1
Время подзаряда внутренних батарей от сети, ч	5—8
Температура окружающего воздуха при относительной влажности до 80 %, °С	от –15 до +35
Длина измерительных проводов, м	15
Габариты, мм	350×280×190
Масса прибора с комплектом батарей и измерительными проводами, кг	около 14

Контролируемые параметры комплектного устройства УПАСТ

Напряжение питающей сети, В	370—420
Потребляемый ток в режиме проверки автосинхронизатора на фазу, А	не более 0,6
Выходные напряжения генератора, В	100±5 %
Выходное напряжение системы, В	0—110
Выходное оперативное напряжение постоянного тока, В	220±10 %
Максимальный ток нагрузки на фазу генератора, А	0,25
Максимальный ток нагрузки системы, А	2

Максимальное изменение напряжения генератора, вызванногонесимметрией поля фазорегулятора, в течение последнейчетверти периода биения, В	не более 3
Пределы регулирования периода биений, с	4—16
Класс точности встроенных приборов	2,5
Коэффициенты нелинейных искажений, вносимыхустройством	не более 1,5 %
Устройство обеспечивает правильную работу в интервалетемпературы окружающего воздуха, °С	от –20 до +30
Габариты, мм	500×380×180
Масса, кг	17

Порядок выполнения

- 1 Записать технические данные устройства УПКА-1
- 2 Описать принцип действия микрометра М-1
- 3 Записать технические данные устройства УПАСТ
- 4 Ответить на контрольные вопросы
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Технические данные устройства УПКА-1
- 2 Описание принципа действия микрометра М-1
- 3 Технические данные устройства УПАСТ
- 4 Ответы на контрольные вопросы
- 5 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Что обеспечивают устройства типа УПКА-1, УПАСТ?

- 2 В чем заключается проверка правильности работы защиты прибора?
- 3 Что необходимо прилагать к каждому устройству?
- 4 Что проводится по окончании работы с устройством?
- 5 Как устроен и работает микрометр?
- 6 В каких случаях необходимо заменить батареи?
- 7 За счет чего достигается изменение частоты генератора?
- 8 Чем регулируется период вращения генератора?

Практическое занятие 3

Выбор комплектных устройств

Цель

Приобретение навыков по выбору комплектных устройств

Краткие теоретические сведения

Комплектное распределительное устройство - устройство служащее для приема и распределения электрической энергии и состоящее из шкафов и соединительных элементов (например, токопроводов), которые поставляются отдельными шкафами или блоками, состоящими из нескольких шкафов в собранном или подготовленном для сборки виде.

Комплектные распределительные устройства полностью изготавливаются на заводах; на месте установки их укрупненные элементы лишь монтируются. Эти распределительные устройства в наибольшей степени отвечают требованиям –индустриализации энергетического строительства, поэтому в настоящее время они становятся наиболее распространенной формой исполнения распределительных устройств.

Вместе с тем широко сооружаются также распределительные устройства смешанного типа, выполняемые частично как сборные и частично как комплектные.

ВЫБОР КОМПЛЕКТНОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проектировщики электроустановок в проектных организациях производят выбор типов (КРУ) в соответствии с типовыми проектами и согласно прикреплениям к заводам изготовителям КРУ Отступления от этого

порядка производятся редко и требуют соответствующего обоснования. Поэтому специалист проектировщик в какой-то степени «ограничен» в выборе типа КРУ.

В учебном проектировании нет условий, ограничивающих выбор типа КРУ, применение же различных типов КРУ для одних и тех же условий дает широкий простор для деятельности. Тут важно, чтобы такое «конструирование» имело творческий подход к принимаемым техническим решениям на базе знания особенностей и условий правильного применения конструкций (КРУ)

Отметим некоторые основные положения, которыми следует руководствоваться, применяя КРУ:

Выбираемый тип КРУ или КРУН должен удовлетворять тем значениям токов короткого замыкания, которые будут действовать в электроустановке. При этом электродинамическая стойкость каждого типа шкафа, даваемая в таблицах, должна быть больше или равна значению ударного тока, коммутационная способность выключателя должна быть проверена расчетом как по симметричному, так и по асимметричному току отключения, ток отключения применяемых плавких предохранителей должен быть больше периодической составляющей начального тока короткого замыкания.

Номинальные значения токов нагрузки выбранных шкафов (имеются ввиду сборные шины и аппараты, контактные соединения и ошиновка) должны быть больше или равны токам допускаемых длительных нагрузок как в нормальном режиме, так и при возможных форсированных режимах нагрузки. При подборе шкафов следует учитывать, что номинальные токи сборных шин шкафа в отдельных случаях должны быть больше номинального тока ошиновки шкафа и устанавливаемых в нем аппаратов, что должно проверяться расчетом.

Выбираемый тип КРУ или КРУН должен соответствовать способу его установки и обслуживания с учетом климатических условий, в которых он должен будет работать.

При установке КРУ в помещениях следует учитывать, что некоторые типы КРУ требуют одностороннего, а другие двустороннего обслуживания.

Шкафы с односторонним обслуживанием устанавливаются в ряд на расстоянии около 100 мм от стены или колонны.

Шкафы КРУ, требующие двустороннего обслуживания, устанавливаются в ряд на расстоянии 800 мм от стены, при этом допускаются местные уменьшения этого расстояния до 600 мм

При двухрядной установке шкафов расстояние между фасадами их должно быть выбрано таким, чтобы при выдвинутой в ремонтное положение подвижной части шкафа (тележке) проход между ней и шкафом другого ряда был не менее 800 мм. Для большинства типов КРУ расстояние между фасадами шкафов при двухрядной установке (коридор) должно быть не менее 2100 мм, а для шкафов типа КЭ 10 и КМ 10—1800 мм.

При компоновке помещений, в которых устанавливаются КРУ, желательно отводить небольшие площадки для ремонтов выдвигаемых частей (тележек) шкафов.

Вводы в КРУ от трансформаторов или реакторов обычно выполняются шинами и очень редко кабелями. Проектирование кабельных вводов практически трудностей не составляет и выполняется концевыми кабельными разделками в шкафу.

Вводы в шкафы КРУ шинами могут конструктивно выполняться по разному сверху или сбоку, или сзади. Кроме того, в зависимости от схемы электрических соединений они могут выполняться с подсоединением к сборным шинам либо вглухую (т.е. без аппаратов), либо через выключатели и другие аппараты. Непосредственное (глухое) подсоединение шинных вводов к сборным шинам КРУ применяется в КРУ от токоограничивающих реакторов в основном на ТЭЦ.

Подсоединение вводов к сборным шинам КРУ через выключатели и другие аппараты применяется на вводах от трансформаторов или реакторов в

схемах подстанций или системах электроснабжения с н (6 кВ) на электростанциях, а также от токоограничивающих реакторов блочных ТЭЦ.

При выборе типа КРУ необходимо учитывать возможности выполнения вводов от трансформаторов или реакторов на сборные шины, которые в большинстве типов выполняются по-разному, особенно если ввод должен осуществляться через выключатель.

Для ввода может потребоваться либо только один шкаф, либо его нужно осуществлять в двух смежных шкафах.

Наиболее универсальными по возможности осуществления вводов являются КРУ серий КЭ-10 и КМ-10.

При проектировании вводов на сборные шины от трансформаторов следует учитывать, что на вводах от трансформаторов с. н. на сборные шины КРУ по условиям работы устройств защиты и автоматики, а также для учета электроэнергии должны устанавливаться ТН.

Секционирование сборных шин в КРУ осуществляется всегда в двух шкафах по сетке схем КРУ в соответствии с принципиальными схемами. Если помещения секций с КРУ подразделяются поперечной перегородкой, то шкафы с аппаратами секционирования устанавливаются друг от друга на расстоянии ширины одного шкафа и соединяются между собой специальным токопроводом заводского изготовления, проложенным через специальный проем в этой перегородке. При разработке проектов вводов необходимо пользоваться сеткой схем шкафов выбранного типа КРУ, с помощью которых можно подбирать шкафы вводов с конкретными их номерами по типовой сетке схем. Для вводов шинами от трансформаторов и реакторов, а также для секционирования сборных шин и устройства перемычек между сборными шинами КРУ применяются специальные комплектные токопроводы 6—10 кВ заводского изготовления, данные о которых берутся из соответствующих информационных материалов завода-изготовителя.

В проекте электроустановки должен быть решен вопрос об организованной прокладке силовых кабелей, отходящих от шкафов КРУ и

КРУН к электроприемникам или потребителям. Для этой цели в зависимости от места установки КРУ и количества прокладываемых кабелей могут быть использованы кабельные каналы, туннели, лотки или же траншеи. Измерительно-контрольные кабели вспомогательных цепей должны прокладываться отдельно от силовых кабелей независимо от их напряжения.

2 ВЫБОР

При выборе КРУ будем в основном основываться на параметрах заданного трансформатора. А именно на значении высшего и низшего напряжений и мощности трансформатора. Мой трансформатор является понижающим с напряжения 3,15 кВ до напряжения 0,4 кВ. Принимая во внимание относительно не большую мощность 1000 кВА и напряжение приемников 0,4 кВ будем считать, что данный трансформатор установлен в цеховой трансформаторной подстанции комплектного типа и предназначен для питания небольших станков и других устройств (0,4-0,23 кВ). Тогда необходимы следующие шкафы КРУ:

шкаф для ввода высокого напряжения, для подачи высокого напряжения на вводы трансформатора со стороны ВН (рис.1). Для цеховых подстанций характерна кабельная распределительная сеть, поэтому выбираем шкаф кабельного ввода 4ШН-12К (рис.2). Позволяет производить включение и отключение силового трансформатора со стороны ВН Это шкаф внутренней установки с односторонним обслуживанием;

шкаф шинного ввода 4ШН-11Ш (рис.2), для ввода в КРУ от трансформатора (используем шинный ввод).;

шкаф отходящих линий 5ШН-610Ш-3 (рис.2), включающий в себя релейный блок (рис.2). Позволяет производить включение и отключение присоединение потребителей на стороне НН, вести учет расхода энергии, обеспечивает защиту линий потребителей и цепей собственных нужд при перегрузках, коротких замыканиях и т.д.

Для защиты от однофазных замыканий на землю предусмотрены токовые реле в нулевых проводах отходящих линий.

Рис.1. КТП 3,15/0,4-0,23 кВ .

1- шкаф ввода ВН; 2 – ввод трансформатор со стороны ВН; 3 – силовой трансформатор; 4 – ввод со стороны НН; 5 – шкафы КРУ 0,4 кВ;

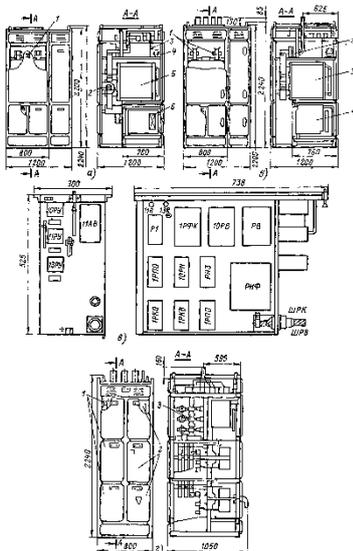
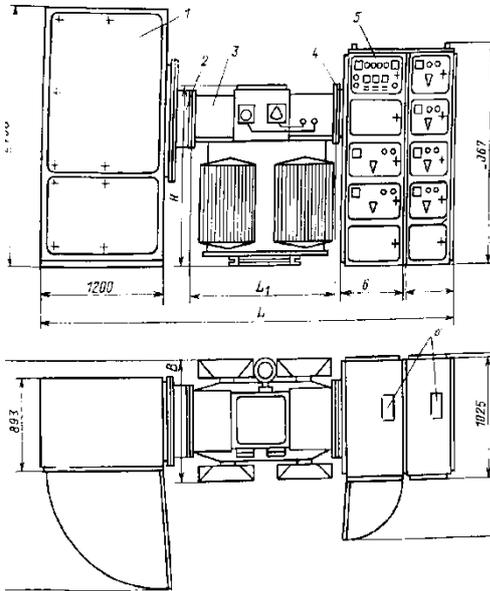


Рис.2. Шкафы КРУ 0,4 кВ в КТО-03-0,5. а - шкаф кабельного ввода 4ШН-12К (1-вольтметр; 2-ТТ; 3 - предохранитель; 4-ТН; 5 - выключатель типа Э-16В; 6 - релейный блок); б - шкаф шинного ввода сверху 4ШН-11Ш (1- ТН; 2-ТТ; 3-выключатель типа Э-16В; 4- релейный блок); в - релейный блок типа 4БР-116; г - шкаф отходящих линий 5ШН-610Ш-3 (1 - ре лейный блок, 2 - выключатель; 3-ТТ)

Защита от многофазных коротких замыканий осуществляется автоматическими выключателями серии А3100, в которых предусмотрены комбинированные тепловые расцепители.

Защита от перегрузок силового трансформатора силового трансформатора осуществляется тепловым реле.

Учет энергии ведется трехфазным счетчиком.

Учитывая, что КРУ расположен внутри цеха, выбираем все шкафы КРУ внутреннего исполнения с односторонним обслуживанием. Исполнение КРУ рядное.

Схемы главных цепей шкафов приведены на рис.3.

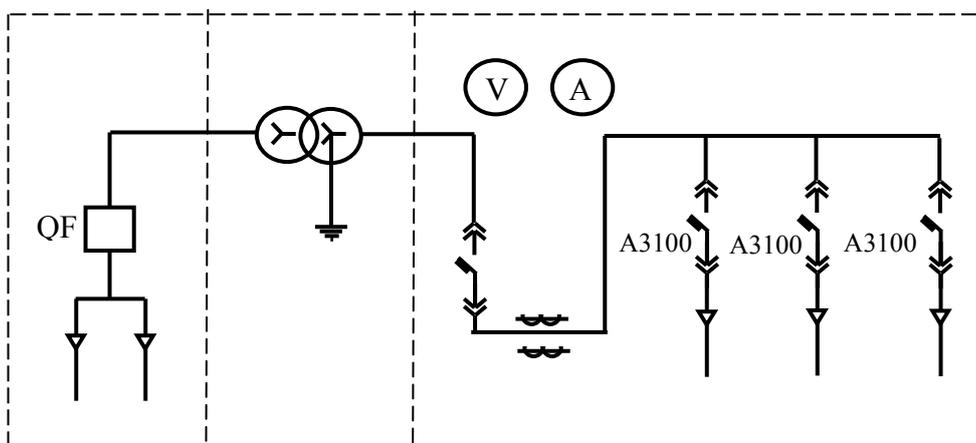


Рис.3. Схемы электрических соединений шкафов КРУ и трансформатора

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические сведения
- 2 Перечертить схему соединения шкафов КРУ и трансформатора
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Схема соединения шкафов КРУ и трансформатора
- 2 Ответы на контрольные вопросы
- 3 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 На что основываемся при выборе КРУ?
- 2 Как осуществляется секционирование сборных шин в КРУ?
- 3 Краткое определение КРУ?
- 4 Где изготавливаются комплектные распределительные устройства?
- 5 Что предусмотрено для защиты от однофазных замыканий на землю?
- 6 Что должен удовлетворять выбор типа КРУ?
- 7 Основные положения которыми руководствуются применяя КРУ?
- 8 Чем осуществляется защиты от многофазных коротких замыканий?
- 9 Чем ведётся учет энергии?

Практическое занятие 4

Изучение конструкции высоковольтной испытательной установки

Цель

Познакомиться с техническими данными, конструкцией, объемом и способами испытаний электротехнических лабораторий ЭТЛ-10, ЭТЛ-35

Краткие теоретические сведения

Электротехнические лаборатории (ЭТЛ) предназначены для испытания и поиска мест повреждений высоковольтных кабельных линий напряжением до 35 кВ, а также для испытаний и проведения измерений на оборудовании подстанций. Питание ЭТЛ-35 производится от промышленной однофазной сети 220 В, 50 Гц. Допускается питание от автономного генератора электроснабжения мощностью не менее 2,2 кВА. Для полной реализации возможностей ЭТЛ-35 мощность генератора должна быть не менее 20 кВА. Обслуживание лаборатории производится бригадой из двух операторов, имеющих допуск на проведение работ в цепях с напряжением свыше 1000 В.

Лаборатория производит:

- измерения емкостей и тангенсов угла диэлектрических потерь электротехнических объектов при напряжении до 10 кВ;
- измерения величин параметров мощных трансформаторов на низком напряжении;
- измерения методом вольтметра-амперметра малых сопротивлений;
- измерения тока утечки на постоянном напряжении до 60 кВ подвысоким потенциалом;

- испытания выпрямленным напряжением до 140 кВ, переменным напряжением до 100 кВ;
- топографическое определение трассы кабельных линий;
- прожиг изоляции кабеля с дефектами и ее последующий дожиг;
- определение областей с повреждениями на кабельных линиях индукционным и акустическим методами;
- определение расстояния до области с повреждением в высоковольтных кабелях (0,4—10 кВ) импульсным беспрожиговым методом на высоком и низком напряжении.



Передвижная электротехническая лаборатория ЭТЛ-35, предназначена для высоковольтных испытаний оборудования распределительных устройств и кабельных линий среднего напряжения, а так же испытаний трансформаторного оборудования.

В стандартную комплектацию ЭТЛ-35 входит блок высоковольтных испытаний, блок низковольтных измерений, блок измерения тангенса дельта, измеритель тока утечек, система безопасности и коммутации.

Дополнительно, передвижная электротехническая лаборатория ЭТЛ-35 может быть оснащена дополнительным оборудованием на усмотрение заказчика – тестер устройств заземления DET4ТС.2, мегомметр, измеритель параметров трансформаторов СА-540, мост переменного тока СА7100-3, прибор для диагностики трансформаторов FRAScan и т.д.

Назначение лаборатории ЭТЛ-35:

- испытания изоляции кабелей и других устройств и приспособлений постоянным (до 60 кВ) и переменным (до 100 кВ) высоким напряжением;
- измерение сопротивления изоляции, напряжением до 2,5 кВ;

Измерение параметров трансформаторов:

- потери холостого хода;
- потери короткого замыкания;

- сопротивление короткого замыкания;
- коэффициент трансформации;
- измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Оборудование лаборатории условно подразделяется на основное (монтируемое) и дополнительное (не монтируемое) оборудование.

Лаборатория может комплектоваться ПК и обеспечивать:

- составление отчетов и протоколов испытаний;
- хранение и печать данных об испытаниях и измерениях.

Возможные шасси. ЭТЛ-35 может быть смонтирована, как в цельнометаллическом фургоне российского производства (ГАЗЕЛЬ, УАЗ, ВАЛДАЙ) и иностранного производства (Mercedes, FORD, FIAT, Volkswagen, Pego и др.), а так же на грузовые машины повышенной проходимости, т.к. ГАЗ-33081, КАМАЗ, УРАЛ, IVECO и др.

Передвижная кабельная электролаборатория ЭТЛ-10 монтируется в фургоне автомобиля и предназначена для выполнения следующих работ:

- высоковольтные испытания объектов переменным напряжением до 50 кВ;
- высоковольтные испытания объектов постоянным напряжением до 60 кВ;
- прожиг дефектной изоляции кабелей с последующим дожигом ее;
- определение расстояния до места повреждения с помощью рефлектометра РИФ-9;
- поиск повреждений кабелей с помощью генератора звуковой частоты ГЗЧ-2500 и приемника приемника П-900 индукционным методом;
- поиск повреждений кабелей с помощью генератора акустики ГАУВ-32 и приемника приемника П-900 акустическим методом.

В стоимость ЭТЛ-10 входит обучение персонала Заказчика работе на ЭТЛ-10. Срок изготовления ЭТЛ-10 - 30 дней.

Конструкция ЭТЛ отвечает требованиям безопасности "Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и ПБ10-611-03; ПБ10-382-00; СанНиП.

Порядок выполнения

- 1 Ознакомиться с техническими данными ЭТЛ-10
- 2 Описать конструктивное исполнение ЭТЛ-10
- 3 Описать назначение отдельных элементов ЭТЛ-10
- 4 Ознакомиться с техническими данными ЭТЛ-35
- 5 Описать конструктивное исполнение ЭТЛ-35
- 6 Описать назначение отдельных элементов ЭТЛ-35
- 7 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Название и цель работы
- 2 Подробное описание назначения ЭТЛ-10
- 3 Назначение ЭТЛ-35
- 4 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Расскажите о назначении панели управления и блока кабельных барабанов.
- 2 Опишите систему электробезопасности ЭТЛ.
- 3 Поясните устройство блока высоковольтных испытаний.
- 4 Какие испытания проводятся лабораторией?
- 5 Расскажите о назначении блока управления высоковольтными испытаниями?

Практическое занятие 5

Изучение приборов для измерения электротехнических величин

Цель

Приобретение практических навыков в изучении устройства и принципа действия датчиков температуры

Краткие теоретические сведения

Мост измерительный — устройство для измерений электрической величин (сопротивления, ёмкости и др.) методом сравнения измеряемой величины с образцовой мерой; выполнен по схеме мостовой цепи, в измерительной диагонали которой включен нуль-индикатор или измерительный прибор (обычно гальванометр). Мосты измерений постоянного тока делятся на одинарные (4-плечие) — для измерений активных (омических) сопротивлений от 1 Ом и выше, двойные (6-плечие) — для измерений сопротивлений менее 1 Ом и комбинированные (одинарно-двойные) — для измерений сопротивлений в диапазоне 10^{-6} — 10^6 Ом. Мосты измерений переменного тока, служащие для измерений ёмкости, индуктивности и т. д., обычно делают 4-плечими, реже 6-плечими. Различают мосты измерений уравновешенные (наиболее точные), работа которых основана на нулевом методе, и неуравновешенные, в которых об измеряемой величине судят по показаниям измерительного прибора (проградуированного в соответствующих единицах).



Рисунок 5.1. Мост постоянного тока МО-62

Мост постоянного тока МО-62 переносной предназначен для:

- измерения омических сопротивлений в пределах от $2 \cdot 10^{-5}$ до 10^5 Ом;
- проверки существующих измерительных приборов и устройств к термометрам сопротивления;
- определения характера и места повреждения воздушных линий или кабеля.

Габаритные размеры моста, мм - 395x285x205.

Масса, кг - не более 10кг.

Мост МО-62 имеет следующие пределы измерений:

- от 0,00002 до 0,0001 Ом (класс точности: $\pm 5\%$);
- от 0,0001 до 0,001 Ом (класс точности 1,0);
- от 0,001 до 0,1 Ом (класс точности 15,0);
- от 0,1 до 10^5 Ом (класс точности 5,0);
- от 10^5 до 10^6 Ом (класс точности 5,0).

Одновременно мост МО-62 имеет возможность производить следующие виды измерений и испытаний:

- подгонку сопротивления соединительных линий приборов с термометрами сопротивления по 2-х и 3-х проводной схеме включения;
- измерение сопротивления изоляции в пределах от 1 до 100 Мом;

- использование плеча сравнения моста в качестве магазина сопротивления;

- использование внутреннего гальванометра.

Прибор переносной МО-62 предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от +10 до +35 °С и относительной влажности до 80%.

Питание прибора МО-62 может осуществляться:

- от встроенных в прибор гальванических элементов;
- от наружных батарей соответствующего напряжения;
- от сети переменного тока 127/220В.

Для мостовых измерений используются калиброванные провода с сопротивлением каждого провода 0,0012-0,0015 Ом.

Встроенный в прибор гальванометр имеет следующие параметры:

- постоянная по току - $0,4 \cdot 10^6$ а/дел;
- внутреннее сопротивление - 55 Ом.

Порядок выполнения

- 1 Изучить устройство МО-62
- 2 Дать краткое описание устройства МО-62
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Описание устройства МО-62
- 2 Ответы на контрольные вопросы
- 3 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды датчиков температуры изучаются в данной работе?
- 2 Принцип действия и устройство жидкостных термометров расширения?

3 Принцип действия и устройство манометрических термометров?

4 Сравнительные характеристики газовых, жидкостных и пожарожидкостных манометрических термометров.

5 Принцип действия и устройство термопар?

6 От чего зависит сигнал термопар?

Практическое занятие 6

Изучение самопишущих и цифровых приборов

Цель

Познакомиться с техническими данными, конструкцией цифровых осциллографов LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)

Краткие теоретические сведения

Современные цифровые запоминающие осциллографы (ЦЗО), построенные на базе открытой платформы дают возможность пользователю визуально наблюдать исследуемый сигнал, зачастую достаточно сложной формы. Использование длинной памяти, расширенных режимов синхронизации и сегментированной развертки позволяют инженеру фиксировать различные артефакты во входном сигнале или же наоборот «отлавливать» полезные сигналы, имеющие определенные параметры. Эти возможности в том или ином виде присутствуют практически в любом современном цифровом осциллографе.

Но исключительная полезность цифрового осциллографа определяется не только его способностью визуально отображать форму входного сигнала, но и производить различного рода измерения, что, в общем, и классифицирует осциллограф как «средство измерения».

Большинство ЦЗО способно производить измерения достаточно большого типа параметров, так например, осциллографы серии WaveRunner производства компании LeCroy способен производить измерения до 40 параметров сигнала, с одновременной индикацией 8 результатов измерений в штатном режиме, а при инсталляции дополнительных опций осциллографы LeCroy старших серий способны приводить измерения до 170 различных параметров. Это широкий набор различных амплитудно-временных измерений вполне достаточных для удовлетворения потребностей широкого круга пользователей.

В основе всех видов измерений современного осциллографа лежат два вида измерений – это амплитудные и временные. Так же цифровые осциллографы способны осуществлять безразмерные виды измерений, например подсчет числа целых периодов сигнала, числа точек дискретизации, числа пиков гистограммы и пр. **Амплитудные измерения** предназначены для измерений параметров амплитуды входного сигнала (или же результатов математической обработки) – это такие как, непосредственно, амплитуда, нижнее значение, верхнее значение, пиков значение, выбросы, среднеквадратическое значение и многие другие. **Временные измерения** предназначены для измерений параметров сигнала нормированных по времени – это частота, период, длительность, фазовые сдвиги, время нарастания и спада, параметры джиттера и многие другие. Так же современные ЦЗО имеют некоторые производные виды измерений от амплитуды и времени, например измерение площади сигнала, что применительно к импульсному сигналу определяет его энергию, измерение числа периодов сигнала на заданном участке или измерение числа точек дискретизации образующих форму сигнала на всем экране или на заданном участке. В ЦЗО так же присутствуют специализированные виды измерений, предназначенные для измерения параметров специфических устройств или режимов, например измерение параметров мощности электрического сигнала, измерение параметров систем последовательной передачи данных, измерение параметров дисковых или оптических приводов, измерения джиттера и многие другие. Но и даже эти специализированные виды измерений базируются на основных результатах измерения амплитудно-временных параметров сигнала.

Рассмотрим цифровой осциллограф LeCroyWaveAce (серии WA 1000, WA 2000)

Основные характеристики

- полосы пропускания 40 МГц, 60 МГц, 100 МГц, 200 МГц и 300 МГц;
- Количество каналов: 2 (WA xx2) или 4 (WA xx4);

- частота дискретизации до 2 Гвыб/с;
- длина памяти 4 Кб/канал или 9 Кб / канал (18 Кб в режиме объединения каналов) для 2-х канальных (WA xx2) и 10 Кб/канал (20 Кб в режиме объединения) для 4-х канальных моделей (WA xx4);
- расширенные возможности синхронизации – по фронту, по параметрам импульса, по ТВ сигналу, по скорости нарастания или выбор собственной синхронизации по каждому каналу;
- цветной 14,5 см дисплей;
- 32 вида автоматических измерений;
- русскоязычный пользовательский интерфейс и меню подсказки;
- большой внутренний объем для записи и хранения осциллограмм;
- 5 математических функций;
- режим записи и воспроизведения предысторий
- USB-порты для подключения принтера, компьютера и устройств памяти, дистанционное управление по USB и RS-232 (WA xx2) или USB и LAN (WA xx4).



Рисунок 6.1. Цифровой осциллограф LeCroyWaveAce (серии WA 1000, WA 2000)

Малое время запуска. От момента включения осциллографа WaveAce до готовности к работе проходит всего 10 секунд.

Дисплей. Все модели WaveAce имеют цветной высококонтрастный дисплей с диагональю 14,5 см.

Коммуникативные возможности. Сохранение осциллограмм, снимков экрана и установок на Ваш USB-накопитель легко осуществляется с помощью интерфейса USB на передней панели осциллографа. Интерфейсы USB, RS-232 или LAN, расположенные на тыльной панели осциллографа, обеспечивают полное дистанционное управление осциллографом. USB-порт также служит для подключения принтера.

Компактность. WaveAce компактен! Всего 13 см в глубину и вес 2,3 кг (WA xx2) или 3 кг (WA xx4).

Управление яркостью. Яркость отображения осциллограмм может оперативно изменяться регулятором яркости. На экране появляется шкала, индицирующая степень яркости.

Индивидуальное управление каналами. Быстрое измерение коэффициента отклонения каждого из каналов.

Кнопки-регуляторы. Для придания дополнительной функциональности каждая ручка WaveAce работает как кнопка. Нажатие ручки «Вольт/деление» автоматически устанавливает режим плавного измерения коэффициента отклонения, нажатие ручки «Время/деление» запускает режим масштабирования, а нажатие ручки «Смещение» автоматически устанавливает его значение на ноль.

Русскоязычный пользовательский интерфейс. Выбирайте один из 9 доступных языков пользовательского интерфейса.

Кнопка печати. Для сохранения или распечатки осциллограммы достаточно нажать кнопку на передней панели осциллографа.

Подсветка активных кнопок. При выборе таких режимов, как автоматическое измерение или курсорные измерения, подсвечивающиеся кнопки напомнят Вам о включенных режимах.

Меню подсказки. Нажмите любую кнопку или поверните любой регулятор при включенном режиме подсказки, и на экране появится всплывающее окно, описывающее функциональное назначение этого органа управления.

Автоустановка. Быстрое конфигурирование всех настроек осциллографа WaveAce при наблюдении неизвестного сигнала. Выбирайте один из четырех доступных режимов оптимизации наблюдения сигнала.

Полный набор возможностей для любых измерений

Хороший осциллограф должен быть простым в работе и способным обеспечить малое время измерений и отладки. Осциллограф WaveAce™ сочетает длинную внутреннюю память, цветной дисплей, прекрасные измерительные функции, расширенные режимы синхронизации и широкие возможности подключения внешних устройств для сокращения времени отладки. Обладая полосой пропускания от 40 МГц до 300 МГц, частотой дискретизации до 2 Гвыб/с и памятью до 10 Кб на канал (20 Кб в режиме объединения каналов) осциллограф WaveAce™ превосходит по функциональности все другие малогабаритные осциллографы.

Цифровые фильтры. Цифровые фильтры возможны во всех каналах осциллографов WaveAce. НЧ, ВЧ, полосовые и режекторные фильтры позволяют выделить только те частоты, которые Вам нужны.

Синхронизация. Синхронизация по фронту не всегда даёт лучший способ фиксации сигналов. Кроме базовых режимов, WaveAce имеет возможности синхронизации по длительности импульса, скорости нарастания (спада), ТВ синхронизации или собственную синхронизацию по каждому каналу.

Большое время захвата. Большим неудобством малогабаритных осциллографов является краткое время записи из-за маленькой памяти. Осциллографы WaveAce имеют память до 10 Кб на канал (20 Кб в режиме объединения каналов), что обеспечивает время записи в 2 -3 раза больше, чем у аналогичных осциллографов. Большее время записи и большая частота

дискретизации дает больше возможностей по детальному изучению сигнала. Режим встроенного масштабирования осциллограмм приближает Вас к деталям сигнала.

Автоматические измерения. 32 автоматических измерения параметров сигнала значительно экономят время работы. Одновременная индикация до 4 измеренных параметров в цветовой кодировке канала или вывод на экран всех 32 измерений в табличном виде. Широкий набор измерений временных параметров позволяют производить измерения временных параметров между двумя входными сигналами.

Режим допускового контроля. Встроенный режим допускового контроля по маскам позволяет с помощью осциллографа WaveAce легко идентифицировать проблему и понять, когда она проявляется. Результаты допускового контроля постоянно отображаются на экране осциллографа.

Коммуникативные возможности. Осциллограф WaveAce имеет USB интерфейс на передней панели для подключения USB-устройств для сохранения экранных копий, форм сигналов и профилей осциллографа. USB разъём на задней панели, обеспечивает подключение принтера или дистанционное управление осциллографом. Бесплатное программное обеспечение EasyScore предоставляет полный доступ к возможностям осциллографа – отображение на экране, управление, измерения и сохранение данных. Интерфейс RS-232 также обеспечивает полное дистанционное управление. Четырёхканальные модели вместо RS-232 оснащаются LAN интерфейсом.

Математические функции. Осциллограф WaveAce обеспечивает пять математических функций – сложение, вычитание, умножение, деление и БПФ. Построение БПФ производится до 1024 точкам, имеет четыре различных окна и две шкалы – линейную и логарифмическую.

Запись последовательности осциллограмм. Осциллограф WaveAce имеет возможность записи и последующего воспроизведения

последовательности из 2500 входных осциллограмм, что позволяет локализовать рванты или кратковременные импульсные помехи.

Большой внутренний объём для записи. Возможность записи во внутреннюю память осциллограмм или профилей органов управления помогает сократить время тестирования и отладки устройств. Осциллограф WaveAce может записать во внутреннюю память 20 осциллограмм, 20 профилей и 2 опорные осциллограммы.

Режимы сбора информации. Различные приложения требуют разных режимов сбора информации. Для гарантии того, что любой сигнал будет захвачен, осциллограф WaveAce имеет режимы сбора – оцифровка в реальном времени, пиковый детектор, усреднение и режим эквивалентной дискретизации.

Порядок выполнения

- 1 Изучить краткие теоретические сведения
- 2 Описать назначение цифровых осциллографов LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)
- 3 Рассмотреть плюсы и минусы цифровых осциллографов LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)
- 4 Оформить отчет о проделанной работе
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Исходные данные
- 2 Назначение цифровых осциллографов LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)
- 3 Плюсы и минусы цифровых осциллографов LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)
- 4 Вывод

Контрольные вопросы

1 Сколько математических функций имеют цифровые осциллографы LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)

2 Назовите расширенные возможности синхронизации.

3 Сколько видов автоматических измерений имеет цифровой осциллограф LeCroyWaveAce(серии WA 1000, WA 2000)

4 Сколько проходит времени от момента включения осциллографа WaveAce до готовности к работе?

Практическое занятие 7

Изучение измерительных комплектов

Цель

Изучить назначения, принципы действия и правила эксплуатации электронных осциллографов, измерительных генераторов, цифровых и аналоговых вольтметров, комбинированных приборов; освоить методику работы с этими приборами.

Исходные данные

Технические описания и инструкции на изучаемые приборы

Порядок выполнения

1 При выполнении работы используйте технические описания и инструкции на изучаемые приборы

2 Изучите электронные вольтметры. Перерисуйте структурные схемы, приведенные в описании, выпишите основные технические параметры приборов - входное сопротивление, входную емкость, значения измеряемых напряжений, погрешности, частотный диапазон измеряемых напряжений. Для универсальных вольтметров и комбинированных приборов выпишите максимальные значения измеряемых токов, сопротивлений. Уясните назначение ручек управления прибором, входных гнезд; разберитесь в условных обозначениях, приведенных на передних панелях приборов

3 Изучите измерительные генераторы, перерисуйте их структурные схемы и запишите основные технические данные. Уясните назначение всех управляющих ручек на передних панелях. Уясните порядок установки

заданных частоты и амплитуды сигналов, используя для этих целей шкалы и показания встроенных измерителей

4 Изучите электронный осциллограф. Уясните назначение всех ручек управления, гнезд и переключателей. Зарисуйте схематично переднюю панель осциллографа, изобразив все ручки управления (кроме блока БВС). Запишите основные технические данные прибора - входные сопротивления и емкость, полосу пропускания усилителя, диапазон частот и амплитуд исследуемых сигналов, погрешности измерений

5 Сделать вывод

Содержание отчета

1 Назначение и цель работы

2 Краткие характеристики рассматриваемых в работе приборов (их назначения и основные параметры)

3 Ответы на контрольные вопросы

4 Вывод

Контрольные вопросы

1 Назовите простейший прибор для измерения тока?

2 Перечислите положительные свойства электронных вольтметров.

3 В чем заключается принцип получения изображения исследуемого напряжения на экране осциллографа в общих чертах?

4 Что необходимо для наблюдения на экране исследуемого напряжения на осциллографе?

5 Дать определение измерительных генераторов сигналов.

6 Основные рекомендации по применению измерительных генераторов.

Практическое занятие 8

Построение сетевого графика

Цель

Изучить понятие сетевого графика

Исходные данные

Таблица 8.1. Параметры работ

Индекс работы	Длительность работы, нед.
1.2	2,5
2.3	3,0
2.4	4,5
3.5	6,5
3.6	4,5
3.7	5,5
5.8	2,0
7.9	9,5
6.9	4,5
9.10	7,5
8.10	4,0
10.11	4
4.11	-
11.12	2,0
10.13	2,5
12.13	1,5
13.14	2,5
7.14	5
14.15	3
15.16	2

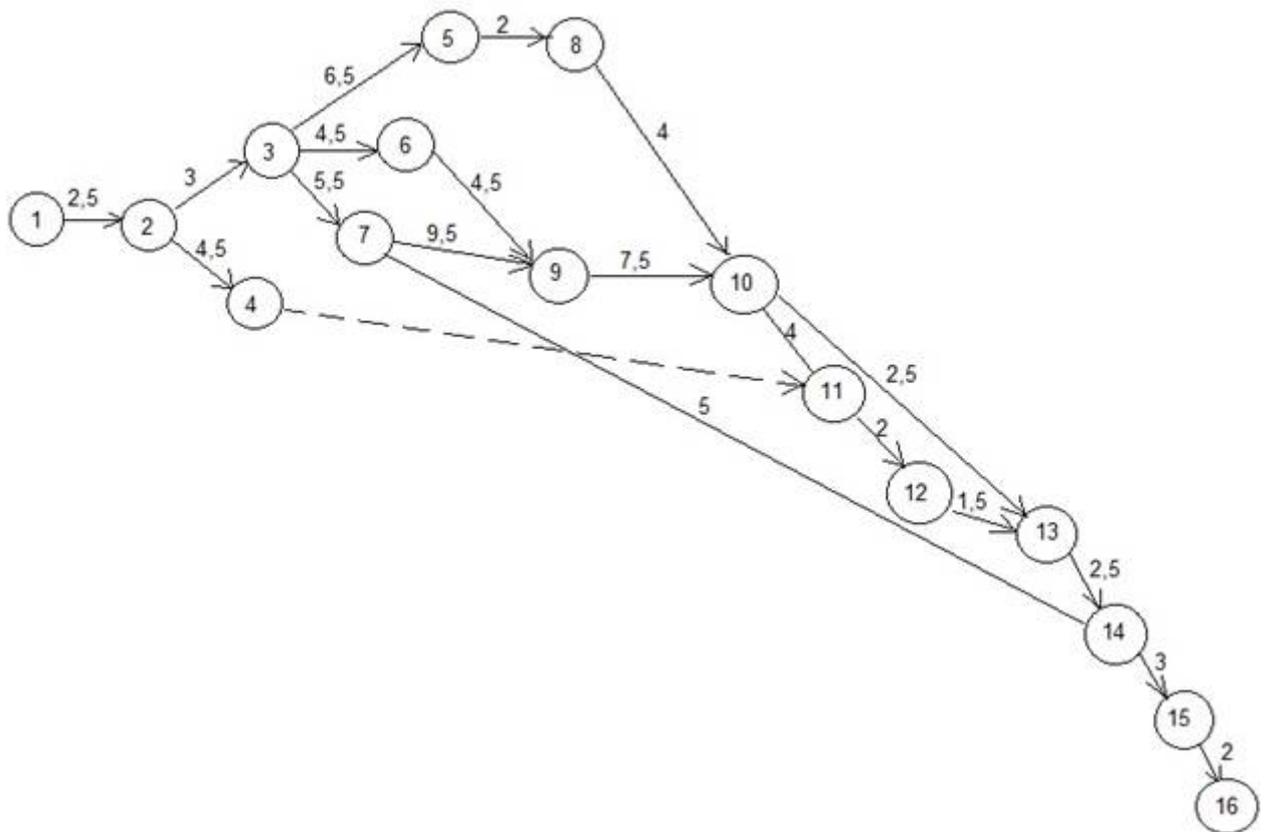
Краткие теоретические сведения

Задача по организации производства с решением – Построение сетевого графика.

Построить сетевой график. Определить критический путь и показатели раннее начало, раннее окончание, позднее начало, позднее окончание для работы 9.10.

Решение задачи на построение сетевого графика. Расчет параметров сетевого графика

Сначала построим сетевой график. Кружком на сетевом графике изображается событие, стрелкой отражается работа. Сверху показываем длительность работ. Если бы была информация об исполнителях, то ее мы бы отразили под стрелкой в квадратике.



Теперь рассчитаем критический путь.

Критический путь – это максимальный из путей от исходного события до конечного события.

В нашем случае самый длинный путь, т.е. критический путь равен 43.

По критическому пути следуют работы 1.2 (длительность 2,5 недели), 2.3 (3), 3.7 (5,5), 7.9 (9,5), 9.10 (7,5), 10.11 (4), 11.12 (2), 12.13 (1,5), 13.14 (2,5), 14.15 (3), 15.16 (2)

Поэтому критический путь равен $2,5+3+5,5+9,5+7,5+4+2+1,5+2,5+3+2=43$ недели.

Рассчитаем показатели раннее и позднее начало, ранее и позднее окончание для работы 9.10.

Данные показатели рассчитываются по следующим формулам:

Раннее начало (ранний срок начала) = наибольший из путей от исходного события к данному.

Раннее окончание (ранний срок окончания) = ранее начало + продолжительность работы.

Позднее начало (поздний срок начала) = позднее окончание – продолжительность работы.

Позднее окончание = Критический путь – наибольший из путей, ведущих от исходного события к данному ($\max t_{\text{ож}}$).

Тогда:

Раннее начало (ранний срок начала) = наибольший из путей от исходного события к данному $= 2,5+3+5,5+9,5=20,5$ недель.

Раннее окончание (ранний срок окончания) = ранее начало + продолжительность работы $= 20,5+7,5=28$ недель.

Позднее начало (поздний срок начала) = позднее окончание – продолжительность работы $= 28-7,5=20,5$ недель.

Позднее окончание = Критический путь – наибольший из путей, ведущих от исходного события к данному ($\max t_{\text{ож}}$) $= 43-15=28$ недель.

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические данные
- 2 Построить сетевой график
- 3 Оформить отчет о проделанной работе
- 4 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Исходные данные
- 2 Оформить сетевой график
- 3 Ответа на контрольные вопросы
- 4 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Основные элементы используемые для оформления сетевого графика?
- 2 Основной принцип построения сетевого графика?
- 3 В каких трех состояниях может выполняться работа?

Изучение гальванометров

Цель

Изучение движения рамки гальванометра, применение баллистического режима работы гальванометра для измерения емкости конденсаторов и потокосцепления

Краткие теоретические сведения

Магнитоэлектрический гальванометр - это высокочувствительный электроизмерительный прибор, с помощью которого можно фиксировать отсутствие тока или напряжения или измерять малые постоянные токи, напряжения и количества электричества. В последних случаях гальванометр перед измерением градуируют.

Конструктивно гальванометры выполняются переносными и зеркальными. Переносные гальванометры имеют встроенную шкалу и стрелочные или световые указатели. Зеркальные гальванометры укрепляют стационарно обычно на капитальной стене здания и снабжают выносной шкалой и осветителем.

Наиболее чувствительными являются зеркальные гальванометры. Лучшие из них позволяют обнаруживать токи вплоть до 10^{-11} А. Чувствительность переносных гальванометров на несколько порядков ниже, но в работе они удобнее и используются чаще.

В зависимости от рода измеряемой величины можно выделить гальванометры постоянного тока, баллистические гальванометры и гальванометры переменного тока. Рассмотрим первые два из трех видов гальванометров.

Гальванометры постоянного тока. Рассмотрим устройство и работу магнитоэлектрического гальванометра с подвижной рамкой (рис. 9.1). Бескаркасная рамка 1 подвешена на подвесе 2. Ток i_r в обмотке рамки

подводится через подвес и безмоментную нить 4. Угол поворота рамки в поле постоянного магнита NS фиксируется с помощью зеркала 3.

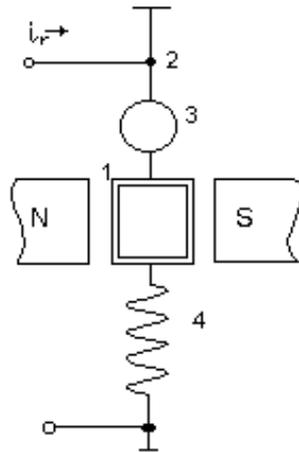


Рисунок 9.1. Устройство зеркального гальванометра

Измерение силы тока основано на наблюдении углов α поворота рамки

1.

Движение рамки гальванометра в общем случае описывается уравнением движения:

$$J \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = \sum_{i=1}^n M_i \quad (9.1)$$

(второй закон механики вращательного движения),

где J – момент инерции подвижной части гальванометра,

α – угол поворота,

$\sum_{i=1}^n M_i$ – сумма моментов действующих сил.

На рамку действуют:

1 Вращающий момент M_1 , обусловленный взаимодействием тока с магнитным полем $M_1 = BNSi$,

где B – индукция магнитного поля в воздушном промежутке,

S – площадь витка рамки,

N – число витков рамки,

i – ток, протекающий в рамке.

2 Тормозящий момент M_2 .

$$M = -P \frac{d\alpha}{dt}, \text{ причём } P = P_1 + P_2,$$

где P_1 – коэффициент торможения рамки вследствие трения её о воздух, P_2 – коэффициент электромагнитного торможения, являющегося следствием того, что в обмотке рамки во время её движения индуцируется э.д.с.

Величина P_2 зависит от величины сопротивления внешней цепи R . Если изменять параметры внешней цепи, можно изменять P_2 , а следовательно, и характер движения подвижной системы гальванометра. Для того чтобы гальванометр работал в нужном режиме, во внешнюю цепь вводят критическое сопротивление $R_{кр}$, которое подбирается соответствующим образом и обеспечивает заданный режим работы.

3 Противодействующий момент M_3 созданы силой упругости нити и пропорциональны углу α закручивания нити $M_3 = -D\alpha$, D – модуль кручения.

Таким образом, уравнение можно записать так:

$$J \frac{d^2\alpha}{dt^2} = BNSi - P \frac{d\alpha}{dt} - D\alpha \quad (9.2)$$

Рассмотрим его решения и разные случаи движения рамки гальванометра. Из этого уравнения видно следующее. Угловая частота ω_0 свободных колебаний разомкнутой рамки в отсутствие подведённого к ней тока и в условиях, когда можно пренебречь трением рамки о воздух,

будет иметь значение $\omega_0^2 = \frac{D}{J}$. Для замкнутой рамки $\omega^2 = \frac{D}{J} - \frac{P^2}{4J^2}$ и колебания рамки (если ток к ней не подведён, но она была выведена из положения

равновесия) будут происходить по закону $\alpha = \alpha_0 e^{-\mu t} \sin(\omega t + \varphi)$, где $\mu = \frac{P}{2J}$.

Если же в покоящуюся рамку ($\alpha = 0$ и $\frac{d\alpha}{dt} = 0$) будет включён ток постоянной силы, то движение рамки можно описать выражением

$$\alpha = \alpha_k \left[1 - e^{-\mu t} \sqrt{\frac{\mu^2 + \omega^2}{\omega^2}} \sin \left(\omega t + \arctg \frac{\omega}{\mu} \right) \right] \quad (9.3)$$

- установившееся отклонение рамки гальванометра при прохождении по ней тока i .

Из общего решения можно сделать следующие выводы:

1 Пусть $K_2^2 = 4JK_1$. В этом случае $\omega=0$. Предел правой части выражение $\alpha = \alpha_k - \alpha_k(\alpha t + 1)e^{-\alpha t}$.

Поворот рамки на угол совершается аperiodически, т.е. рамка асимптотически подходит к положению равновесия, не переходя его (рис. 9.2 кривая I).

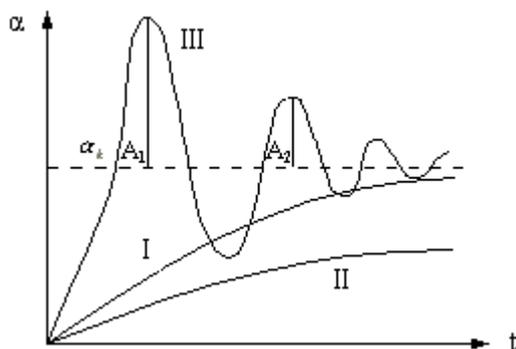


Рисунок 9.2.

В этом случае гальванометр называется критически переуспokoенным. Для этого необходимо выполнение условия , которое можно переписать в

виде: $R_g + R = \frac{B^2 N^2 S^2}{2\sqrt{JK_2}}$. Величина $R_g + R = R_{кр}$, называется полным критическим

сопротивлением гальванометра. Близкий к критическому режим является наиболее удобным для измерения, так как он обеспечивает минимальное время подхода подвижной системы гальванометра к положению равновесия.

2 Если $K_2^2 > 4JK_1$, то рамка поворачивается аperiodически, но с меньшей скоростью. В этом случае гальванометр называется переуспokoенным (кривая II).

3 Если $K_2^2 < 4JK_1$, то в этом случае движение происходит периодически, рамка совершает затухающие колебания (кривая III). Амплитуда этих

колебаний α_0 равна коэффициенту при тригонометрической функции в формуле:

$$\alpha_0 = \alpha_k e^{-\alpha} \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2}{\omega^2}} \quad (9.4)$$

Затухание колебаний характеризуется декрементом. Декремент затухания Δ определяется соотношением двух следующих друг за другом максимальных отклонений от положения равновесия в одну

сторону.

$$\Delta = \frac{A_n}{A_{n-1}} = \frac{A_{n-1}}{A_{n-2}} = \dots$$

Величина $\ln \Delta = \lambda$ называется логарифмическим декрементом затухания.

Величина ω , стоящая под знаком синуса в уравнении:

$$\alpha = \alpha_k - \alpha_k e^{-\alpha} \sqrt{\frac{\alpha^2 + \omega^2}{\omega^2}} \sin\left(\omega t + \arctg \frac{\omega}{\alpha}\right),$$

является круговой частотой, связанной с

периодом колебания T соотношением $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Тогда $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{K_1}{J} - \frac{K_2^2}{4J^2}}}$. Так как для данного гальванометра K_1 и J являются величинами постоянными, то период колебания рамки можно изменять, изменяя K_2 . При $K_2=0$ (цепь разомкнута) период колебания подвижной системы гальванометра равен:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{K_1}{J}}} \quad (9.5)$$

Эта величина, называемая периодом незатухающих (свободных) колебаний, является одной из основных характеристик гальванометра. Таким образом, тот или иной режим работы гальванометра достигается изменением сопротивления внешней цепи, на которую замкнута обмотка рамки прибора. На этом же основан способ быстрого успокоения колебаний рамки (демпфирование). Для быстрого успокоения рамки достаточно её обмотку замкнуть накоротко в момент прохождения через положение равновесия.

Чувствительностью гальванометра к напряжению называется величина:

$$S_u = \frac{Si}{R_y} \quad (9.6)$$

Чаще пользуются понятием критической чувствительности к напряжению:

$$S_{u_{кр}} = \frac{Si}{R_{кр}} \quad (9.7)$$

В этом случае чувствительность гальванометра к напряжению характеризуется отклонением подвижной системы, вызванным напряжением, равным 1 и приложенным к цепи, состоящей из гальванометра, замкнутого на внешнее критическое сопротивление. Такой режим часто встречается на практике. Для увеличения токовой чувствительности гальванометра следует увеличить $R_{кр}$, но при этом будет понижаться чувствительность гальванометра к напряжению. Практически оказывается, что режим работы цепей, в которых важно измерение малых токов или малых напряжений резко различны. Все параметры прибора могут быть вычислены теоретически. Тем не менее для каждого гальванометра они в обязательном порядке должны быть определены на опыте. -5-. Чувствительность зеркальных гальванометров зависит от расстояния между зеркальцем подвижной части и шкалой и измеряется, соответственно, в мм/(А·м) и мм/(В·м).

В паспортных данных гальванометров часто приводится величина, обратная чувствительности. Для переносных гальванометров – цена деления, например: 1дел = 10^{-6} А; для зеркальных гальванометров – постоянная, например: $C_i = 10^{-9}$ (А·м)/мм.

Наиболее чувствительные современные зеркальные гальванометры имеют постоянную до 10^{-11} (А·м)/мм, у переносных гальванометров цена деления достигает примерно 10^{-8} – 10^{-9} А/дел.

Баллистический гальванометр. Такие гальванометры используются для измерения количества электричества (или потокосцепления) в кратковременных импульсах тока.

Основное условие баллистического режима работы гальванометра состоит в том, что длительность τ импульса тока должна быть гораздо

меньше периода собственных колебаний подвижной части гальванометра: $\tau \ll T_0$.

Увеличение периода колебаний $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{W}}$ (до 15–25с) достигается путём увеличения момента инерции подвижной части J с помощью укрепленных на подвесе или растяжках дополнительных деталей (дисков или колец).

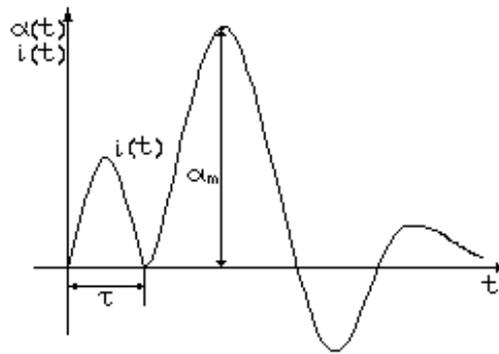


Рисунок 9.3. Графики импульса тока и отклонения рамки баллистического гальванометра

Кратковременный импульс тока $i(t)$, протекающий в рамке гальванометра, вызывает кратковременный импульс вращающего момента, под действием которого подвижная часть отклоняется от нулевого положения на некоторый угол. Затем рамка под действием противодействующего момента возвращается в исходное положение. Если выполняется условие $\tau \ll T_0$, то отклонение указателя α_m (баллистический отброс) пропорционально количеству электричества Q , прошедшего через рамку за время τ :

$$Q = \int_0^{\tau} i(t) dt = C_Q \alpha_m, \quad (9.8)$$

где C_Q — цена деления (баллистическая постоянная) гальванометра.

Баллистическая чувствительность $S_Q = \alpha_m / Q$ или цена деления (баллистическая постоянная) $C_Q = 1 / S_Q$ зависит от сопротивления внешней цепи $R_{\text{внешн.}}$, на которую замкнут гальванометр. Поэтому перед применением гальванометра необходимо определить опытным путём его

баллистическую постоянную при том сопротивлении цепи, при котором гальванометр будет работать.

Порядок выполнения

- 1 Изучить краткие теоретические сведения
- 2 Ответить на контрольные вопросы
- 3 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Назначение и цель работы
- 2 Ответы на контрольные вопросы
- 3 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Рассказать о назначениях гальванометров магнитоэлектрической системы?
- 2 Объяснить устройство и принцип действия магнитоэлектрического гальванометра?
- 3 Дать определение основным параметрам гальванометра.
- 4 Рассказать об основных режимах работы гальванометра.
- 5 Объяснить схему и порядок определения основных параметров гальванометра.

Практическое занятие 10

Изучение люксометров

Цель

Научиться осуществлять гигиенический контроль за производственным освещением

Краткие теоретические сведения

Сущность метода. Метод основан на измерении величины силы тока, пропорциональной интенсивности светового потока. Измеряется освещенность гальванометром, градуированном при лампах накаливания люксах.

Приборы. Измерение освещенности проводят при помощи люксметра (Ю-Иб), который состоит из светоприемника в виде селенового фотоэлемента, гальванометра и насадки-поглотителя. Люксметр КМ 16 имеет две шкалы измерений 0-30 и 0-100.

Методика измерений. Люксметр устанавливают горизонтально и проверяют положение стрелки. Она должна быть на нуле. Если стрелка отклонилась от нулевого значения, с помощью шлица гальванометра устанавливают "0". Подключают к гальванометру фотоэлемент и располагают его в плоскости, в которой измеряют освещенность. Если освещенность выше 100 Лк, пользуясь насадкой, проводят измерения, а результаты измерений по шкале прибора умножают на 10 или 100 в зависимости от насадки.

Люксметр градуирован для ламп накаливания. При этом для измерения освещенности люминесцентных ламп необходимо вводить поправочный коэффициент:

- для ламп ЛД (дневного света) – 0,9
- для ламп ЛБ (белого света) - 1,1

Изучение принципа работы люксметра

Назначение. Люксметр Ю116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом, источниками которого расположены произвольно относительно светоприёмника люксметра.

Переносной фотоэлектрический люксметр Ю116 общепромышленного назначения поменяется для контроля освещённости на промышленных предприятиях, в сельском хозяйстве, на транспортных объектах и других отраслях народного хозяйства, а также для исследований проводимых в научных, конструкторских и проектных организациях.

Люксметр предназначен для эксплуатации при температуре окружающего воздуха от -10° до $+35^{\circ}$ С и относительной влажности до 30%.

Технические данные. Диапазон измерений и номинальный коэффициент ослабления применяемых двух насадок приведены в таблице № 10.1.

Таблица 10.1. Класс точности люксметра 10 по ГОСТ 14841-80. Т

Без насадок с открытым фотоэлементом	С насадками		
КМ	КР	КТ	
5-30	50-300	500-3000	5000-30000
20-100	200-1000	2000-10000	20000-100000

Примечание. КМ, КР, КТ – условное обозначение совместно применяемых насадок для создания общему номинального коэффициента ослабления 10.100.1000 соответственно.

Шкалы прибора неравномерные, градуированы в люксах: одна шкала имеет 100 делений, другая – 30 делений.

Отметка “5” шкалы 0-30, отметка "20" шкалы 0-100, соответствующие начальным значениям диапазонов изменений отмечены точкой.

Пределы допускаемой погрешности люксметра в основном диапазоне измерений 5-30 и 20-100 Лх (без насадок), соответствует +10% от «значения измеряемой освещённости». Увеличение допускаемой погрешности при переходе с основного диапазона измерений, указанного в таблице 10.1 на не основные диапазоны посредством установления или удаления

соответствующих насадок не превышает + или - 5% от значения измеряемой освещенности.

Пределы допускаемой дополнительной косинусной погрешности люксметра соответствуют величинам, указанным в таблице 10.2

Таблица 10.2.

Угол падения света	Пределы допускаемой дополнительной косинусной погрешности, в процентах от изменяемой величины.
С насадками/Без насадок	
60°	+7 10
80°	+15 Не нормируется

Время успокоения подвижной части измерения люксметра не превышает 4 с.

Допускаемое изменение показаний люксметра, вызванное отклонением температуры окружающего воздуха от 20° С до любой температуры в диапазоне от - 10° С до + 35° С, не превышает + 1% от измеряемой величины на каждый 1°С.

Габаритные размеры, мм

- 210*155*85- измерителя люксметра.
- 185*105*55 - фотоэлемента люксметре с насадками КМ, КР, КТ.
- 309*155*135 - футляра люксметра.

Масса люксметра, кг, не более:

- 0,85 - без футляра,
- 1,75- в футляре.

Устройство и работа люксметра. Люксметр состоит из измерителя люксметра и отдельного фотоэлемента с насадками. Принципиальная электрическая схема люксметра приведена на рисунке.

На передней панели измерителя имеются кнопки переключателя и табличка со схемой, связывающей действие кнопок и используемых насадок с диапазонами измерений, приведённых в таблице 10.1.

Прибор магнитоэлектрической системы имеет две шкалы: 0-100 и 0-30, на каждой шкале точками отмечено начало диапазона изменений: на шкале 0-100 точка соответствует отметке 5, прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое положение.

На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для основного селенового фотоэлемента. Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром с розеткой, обеспечивающей правильную полярность соединения. Длина шнура – 1,5 метра.

Светочувствительная поверхность фотоэлемента составляет около 30 см. Для уменьшения косинусной погрешности применялся насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Насадка обозначена буквой К, нанесенной на внутреннюю сторону. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из трех насадок совместно с насадкой К, образует три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10.100.1000 и применяется для расширения диапазона измерений. Люксметр градуируется без насадок в основном диапазоне измерений (5-30Lx, 20<100Lx) и имеет наименьшую допускаемую погрешность измерения равную +10%.

Правила хранения и транспортировки. Храните люксметр в футляре в помещении при температуре окружающего воздуха от 10 до 35° С в относительной влажности не более 80% при 25° С, при этом в окружающем воздухе не должно быть пыли, газов и паров, вызывающих коррозию.

Транспортирование люксметра должно производиться в упаковке для перевозки всеми видами закрытого транспорта, в также самолетами в отапливаемых герметизированных отсеках при температура от -40 до +50°С в относительной влажности (95+3)% при (25+5)° С.

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отраженные в настоящем издании.

Порядок выполнения

- 1 Изучить краткие теоретические сведения
- 2 Изучить люксметр марки Ю-Иб
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Исходные данные
- 2 Краткое описание люксметра марки Ю-Иб
- 3 Ответы на контрольные вопросы
- 4 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Правила хранения и транспортировка люксметра?
- 2 В чем измеряется освещенность?
- 3 Из чего состоит люксметр?

Практическое занятие 11

Изучение фазоуказателей

Цель

Приобретение навыка при эксплуатации фазоуказателей

Краткие теоретические сведения

Фазоуказатель — электроизмерительный прибор, помогающий выявить расположение фаз в случае, когда электроустановку требуется подключить к трёхфазной сети и важным является порядок следования фаз.

Фазоуказатель является устройством контроля правильности чередования фаз питающего напряжения. В схему фазоуказателя входят лампа, резистор и конденсатор, включенные по схеме звезды на вторичную обмотку трансформатора. При неправильном чередовании фаз лампа гореть не будет или будет гореть тускло.

Фазоуказатель А - В - С используют для определения порядка следования фаз в трехфазной сети. Векторная диаграмма напряжений для схемы соединений обмоток трансформатора, соответствующей группе 1. Фазоуказатель представляет собой несимметричный трехфазный приемник, соединенный звездой.

Фазоуказатель рассчитан для включения в исследуемые цепи при напряжении от 50 до 500 и при частоте 40 - 60 Гц.

Фазоуказатель универсальный типа Э500 применяется для определения последовательности чередования фаз, а также для определения коэффициента мощности или величины фазового угла между векторами тока и напряжения в симметричных трехфазных сетях переменного тока, частоты 50 Гц. Фазоуказатель Э500 позволяет измерять фазовый угол между векторами тока и напряжения 0 - 90 - 180 - 270 - 360 эл.

Ламповый фазоуказатель. Фазоуказатели бывают двух типов: индукционные и ламповые.

Фазоуказатель, применяемый для фазировки на напряжение 6 - 10 кВ, состоит из двух указателей напряжения 10 кВ, включенных последовательно при помощи провода с изоляцией типа магнито. В одном из них неоновая лампочка и конденсаторы удалены и вместо них вмонтировано несколько сопротивлений по 2 - 5 МОм. Фазировать одним указателем недопустимо,

так как он не рассчитан на двойное напряжение, фазировать двумя последовательно включенными указателями ненадежно, так как две последовательно включенные неоновые лампы дадут неотчетливое свечение и не позволят различить фазовое, линейное и двойное фазовое напряжения.

Фазоуказатель рассчитан для работы в кратковременном режиме при нажатии кнопки включения на несколько секунд для того, чтобы определить только направление вращения диска.

Ламповый фазоуказатель состоит из конденсатора и двух ламп, с добавочными сопротивлениями, включенными в звезду. При такой схеме ярко гореть будет только одна лампа, включенная в фазу, отстающую от фазы с емкостью.

Фазоуказатель типа Д145 / 1 предназначен для определения порядка следования фаз в сетях трехфазного тока.

Комплект К-50. Фазоуказатель кратковременного включения предназначен для проверки чередования фаз.

Фазоуказатель типа ФУ-2 применяется для определения последовательности чередования фаз в сети трехфазного тока по направлению вращения диска, укрепленного на оси короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя.

Фазоуказатель первого типа (ФУ-2) состоит из трех маленьких катушек, соединенных в звезду, над сердечниками которых расположен легкий алюминиевый диск, могущий вращаться. На диске нарисованы черные и белые секторы, позволяющие определять направление вращения диска.

Фазоуказатель второго типа состоит из двух ламп накаливания и катушки индуктивности, соединенных в звезду. При включении в цепь трехфазного тока лампа, соединенная с фазой, опережающей фазу с индуктивностью, горит с большим накалом.

Переносный универсальный фазоуказатель электромагнитной системы предназначен для определения коэффициента мощности и величины

фазового угла между векторами тока и напряжения (прибор типа Э500 / 1), либо фазового угла между двумя напряжениями (прибор типа Э500 / 2) в симметричных трехфазных сетях переменного тока частоты 50 Гц, а также для определения последовательности чередования фаз.

Применяются фазоуказатели и другого типа. Присоединим к проводам трехфазной цепи две лампы и конденсатор, соединенные звездой, приняв за фазу А ту, в которую включен конденсатор.

Применяются фазоуказатели и другого типа. Присоединим к проводам трехфазной цепи две лампы и конденсатор, соединенные звездой приняв за фазу Л ту, в которую включен конденсатор. Статором фазоуказателя является трехстержневой магнитопровод, стержни которого расположены по окружности со сдвигом 120 между стержнями. На стержнях размещены обмотки, соединенные в звезду. Ротором служит легкий алюминиевый диск с черными и белыми секторами, по которым определяется направление вращения диска.

Режим работы фазоуказателя - кратковременный. Габаритные размеры фазоуказателя составляют 175X265x125 мм; вес - 3 кг.

Проверить с помощью фазоуказателя порядок чередования фаз питающей цепи, междуфазные напряжения которой должны быть 100 В. Векторная диаграмма асинхронного двигателя при неподвижном роторе. Во время толчка ротора фазоуказатель получает напряжение, достаточное для трогания его диска с места. Отметив выводы статора по маркировке фазоуказателя, следует этим же прибором, но через трансформаторы напряжения проверить чередование фаз питающего кабеля, после чего подключить кабель к соответствующим по маркировке выводам статора.\

Условное обозначение магнитного. Подобным же образом действуют фазоуказатели, в которых во вращающемся магнитном поле помещен металлический диск. Взаимодействие вихревых токов, возникающих в диске, с вращающимся магнитным полем вызывает вращение диска.

Зависимость коэффициента мощности от отношения показаний двух ваттметров, измеряющих активную мощность трехфазной системы.

Необходима твердо помнить, что фазоуказатель показывает только чередование фаз, но не их наименование. Если фазы, подведенные к зажимам А, В, С, переключить на В, С, А соответственно, то направление вращения диска останется таким же. Но если оставить одну фазу и переключить две другие в любом порядке, то направление вращения диска будет обратное. Отметив выводы статора по маркировке фазоуказателя этим же прибором с помощью трансформатора напряжения, следует проверить чередование фаз питающего кабеля, после чего необходимо подключить кабель к соответствующим по маркировке выводам статора. В и С С помощью фазоуказателя определяют порядок чередования фаз. Рисуются треугольник линейных и звезда фазных напряжений.

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические сведения
- 2 Дать краткую характеристику фазоуказателя
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Оформить отчет о проделанной работе
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Исходные данные
- 2 Ответы на контрольные вопросы
- 3 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение фазоуказателя?

- 2 Принцип работы электронного фазоуказателя?
- 3 Принцип работы электромеханического фазоуказателя?
- 4 Принцип работы фазоуказателя на неоновых лампах?

Практическое занятие 12

Изучение конструкции приборов контроля напряжения

Цель

Познакомиться с конструкцией и техническими данными вольтметра, киловольтметра

Краткие теоретические сведения

Наиболее распространенными измерениями в энергетике являются измерения напряжения и тока. Если последовательно с амперметром подключить резистор, имеющий большое сопротивление, то такой прибор можно использовать для измерения напряжения постоянного тока.

Приборы, показания которых пропорциональны напряжению, называются вольтметрами. В соответствии со стандартом на шкале каждого электроизмерительного прибора обозначены единицы измеряемой величины, класс точности прибора, условное обозначение рода измеряемого тока, система прибора и другие сведения. Для проведения измерений напряжения в электрических цепях применяются электронные вольтметры. Они имеют большое входное сопротивление, обладают высокой чувствительностью. Примерами универсальных вольтметров могут служить аналоговый вольтметр В7-26 и цифровой В7-27. В последние годы все большее распространение получают самые разнообразные комбинированные цифровые приборы (мультиметры), созданные на базе микроэлектроники. Примерами таких приборов являются цифровые комбинированные приборы ВР-11, 43302, 4323А. Комбинированные цифровые приборы измеряют постоянное и переменное напряжение, величину постоянного и переменного тока, сопротивление резисторов, а в ряде случаев и другие параметры электрических сигналов и цепей.

Измеритель высокого напряжения постоянного и переменного тока РД-140 предназначен для измерения переменного синусоидального напряжения частотой 50 Гц до 100 кВ и постоянного напряжения до 140 кВ.

Имеется возможность измерения как несимметричного напряжения (один из выводов источника заземлен), так и симметричного (оба вывода источника находятся под высоким потенциалом). Особенностью изделия является наличие высоковольтного блока (ВБ), подключаемого к источнику измеряемого напряжения, и интеллектуального измерительного

модуля (ИИМ), связь между которыми осуществляется по радиоканалу на расстоянии до 50 м. РД-140 предназначен для эксплуатации внутри помещений в диапазоне температур от +10 до +35 °С, относительной влажности окружающего воздуха до 80 % и давлении от 650 до 800 мм рт.ст.

На месте установки не допускается тряска, вибрация, наличие в воздухе паров агрессивных жидкостей (кислот, щелочей и т.п.). Исполнение изделия соответствует климатической категории УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150–69 и группе 2 приборов по ГОСТ 22261–82.

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические сведения
- 2 Дать краткую характеристику вольтметра и киловольтметра
- 3 Описать назначение приборов В7-26, В7-27, РД-140
- 4 Ответить на контрольные вопросы
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Назначение и цель работы
- 2 Назначение приборов В7-26, В7-27, РД-140
- 3 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Что такое средство измерений?
- 2 Какие параметры и свойства средств измерений следует учитывать при их выборе?
- 3 Какие бывают погрешности средств измерений?
- 4 Какие условные обозначения наносят на электроизмерительные приборы и что означает класс точности прибора?

5 Какие требования техники безопасности предъявляют к электроизмерительным приборам?

Практическое занятие 13

Изучение конструкции приборов для измерения сопротивления изоляции

Цель

Познакомиться с назначением и конструкцией омметра, мегомметра

Краткие теоретические сведения

Мегометр (от *мега...*, *ом* и *...метр*) — прибор для измерения больших значений сопротивлений. Измерение сопротивления производится на высоких напряжениях, которые прибор сам и генерирует (обычно 500, 1000 или 2500 В). В приборах старых конструкций для получения напряжений обычно используется встроенный механический генератор, работающий по принципу динамомашины. В настоящее время мегометры также выполняются в виде электронных устройств, работающих от батарей. Наиболее часто применяется для измерения сопротивления изоляции кабелей. Мегометр используется для измерения высокого сопротивления изолирующих материалов (диэлектриков) проводов и кабелей, разъемов, трансформаторов, обмоток электрических машин и других устройств, а также для измерения поверхностных и объемных сопротивлений изоляционных материалов. По этим значениям вычисляют коэффициенты абсорбции (увлажненности) и поляризации (старения изоляции).

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические сведения
- 2 Дать описание омметра, его назначение и принцип работы
- 3 Дать описание мегометра, его назначение и принцип работы
- 4 Ответить на контрольные вопросы
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Назначение и цель работы
- 2 Описание, назначение и принцип работы омметра
- 3 Описание, назначение и принцип работы мегометра
- 4 Ответы на контрольные вопросы
- 5 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Как устроен и работает омметр?
- 2 Как измерить сопротивление при помощи мостов?
- 3 Какие требования техники безопасности предъявляются к электроизмерительным приборам?
- 4 Почему напряжение на зажимах генератора зависит от скорости вращения якоря?
- 5 Как проверяется исправность мегомметра, и с какой скоростью должен вращаться его якорь?

Практическое занятие 14

Изучение конструкции приборов для регулирования контроля напряжения

Цель

Познакомиться с техническими данными, конструкцией переключающего устройства ПБВ, объемом и способами испытаний переключающего устройства РПН

Краткие теоретические сведения

Устройство ПБВ предназначено для переключения ответвлений обмоток при невозбужденном трансформаторе. Основными частями ПБВ являются контактная система, состоящая из подвижных и неподвижных контактов, и приводной механизм, приводящий в действие подвижные контакты. Вспомогательные части — бумажно-бакелитовые изделия, предназначенные для электрической изоляции контактов от заземленных деталей, между отдельными контактами и для крепления основных частей.

Неподвижные контакты располагают по окружности (на бакелитовом цилиндре или гетинаксовом диске) или вдоль (на гетинаксовой рейке или бакелитовой трубке). При расположении контактов по кругу переключающие устройства называют барабанными, при расположении вдоль — реечными. К неподвижным контактам присоединяют винтами, болтами или пайкой (в зависимости от конструкции) регулировочные ответвления обмотки. Подвижные контакты примыкают с помощью привода к неподвижным, осуществляя требуемое соединение ответвлений.

Порядок выполнения

- 1 Изучить теоретические сведения
- 2 Описать назначение переключающего устройства РПН
- 3 Описать назначение переключающего устройства ПБВ
- 4 Ответить на контрольные вопросы
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Назначение и цель работы
- 2 Назначение переключающего устройства РПН
- 3 Назначение переключающего устройства ПБВ
- 4 Ответы на контрольные вопросы
- 5 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Сколько надо сделать переключений приводным колпаком, чтобы перейти с одного ответвления на другое?
- 2 Когда приводной колпак устанавливается нейтральное положение? (3)
- 3 Что такое сезонное регулирование?
- 4 Рассмотрите назначение переключателя без возбуждения.
- 5 Сколько ответвлений имеет ПБВ и в чем его отличие от РПН?
- 6 Какие схемы регулирования применяются на трансформаторах?
- 7 Назовите основные части РПН. Как осуществляется управление РПН?

Практическое занятие 15

Проверка исправности приборов для наладочных работ

Цель

Познакомиться с проверкой исправности приборов для наладочных работ

Краткие теоретические сведения

При проверке выполняются следующие операции: внешний осмотр, проверка электрической прочности изоляции, определение электрического сопротивления изоляции, опробование, определение величины номинального выходного напряжения на зажимах прибора, силы тока в измерительной цепи при коротком замыкании, пределов допускаемой основной погрешности измерения электрического сопротивления изоляции.

Допускается применять средства измерений, обеспечивающие измерение значений соответствующих величин с требуемой точностью. Средства поверки должны быть исправны, проверены и иметь свидетельства (отметки в формулярах или паспортах) о поверке.

К проведению проверки допускаются лица, изучившие инструкцию по эксплуатации прибора и прошедшие проверку знаний, правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок напряжением свыше 1 кВ.

При проверке должны соблюдаться следующие условия: температура окружающего воздуха $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$; относительная влажность от 30 до 80 %; атмосферное давление от 84 до 106 кПа или от 630 до 795 мм рт.ст.

Порядок выполнения

- 1 Проведение внешнего осмотра
- 2 Проверка комплектности
- 3 Ответить на контрольные вопросы
- 4 Оформить отчет о проделанной работе
- 5 Сделать вывод

Содержание отчета

- 1 Назначение и цель работы
- 2 Назначение микрометра М-1 и его особенности
- 3 Назначение мегомметра и его особенности
- 4 Ответы на контрольные вопросы
- 5 Вывод

Контрольные вопросы

- 1 С какой целью проводится проверка приборов?
- 2 Когда производится калибровка приборов?
- 3 Что такое поверительное клеймо?
- 4 Что должно быть заведено на каждый прибор?
- 5 Что такое манипуляция с прибором?

Практическое занятие 16

Оформление технической документации при проверке приборов

Цель

Познакомиться с оформлением технической документации при проверке приборов

Исходные данные

Формы «Свидетельство о поверке», «Извещение о непригодности»

Краткие теоретические сведения

Оформление результатов поверки. При положительных результатах поверки на корпус прибора наносится поверительная наклейка, в паспорте производится запись о годности к применению и (или) выдается свидетельство о поверке (прил. 1). При отрицательных результатах поверки прибор не допускается к дальнейшему применению, в паспорт вносится запись о непригодности его к эксплуатации, клеймо предыдущей поверки гасится, свидетельство о поверке аннулируется и выдается извещение о непригодности (прил. 2).

Протоколы поверки оформляются не менее чем в двух экземплярах. Один находится на месте эксплуатации средства измерения, другой в поверительной лаборатории — в архиве или в памяти ЭВМ.

По результатам мероприятий по контролю и надзору составляется акт проверки в двух экземплярах с необходимыми приложениями (протоколы испытаний, акт отбора образцов, протокол технического осмотра и другие документы или их копии, связанные с результатами мероприятия по контролю и надзору). Акт проверки составляется согласно установленному образцу

Порядок выполнения

- 1 Оформить свидетельство о поверке
- 2 Заполнить извещение о неисправности

3 Сделать вывод

Содержание отчета

1 Назначение и цель работы

2 Назначение свидетельства о поверке

3 Назначение извещения о непригодности

4 Вывод

Контрольные вопросы

1 Как производится оформление результатов проверки?

2 Что указывается в акте проверки и когда проводятся повторные проверки?

3 К чему приравнивается непроверенное оборудование?

4 Что указывается в паспорте прибора?