

Министерство образования Российской Федерации

Северо-Западный государственный заочный технический университет

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

ИСПЫТАНИЯ И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рабочая программа
Задание на контрольную работу

Методические указания к выполнению контрольной работы

Факультет энергетический

Специальность I80200 - электрические и электронные
аппараты

**Санкт-Петербург
2002**

Утверждено редакционно-издательским советом университета
УДК 621.3.04(076.5)

Испытания и системы контроля электрических аппаратов: Рабочая программа, задание на контрольную работу. Методические указания по выполнению контрольной работы. -СПб.: СЗТУ, 2002, 22с.

Сборник содержит рабочую программу курса, тематический план лекций для очно-заочной системы обучения, методические указания по изучению курса, задание на контрольную работу и методические указания по решению задач.

Рассмотрено на заседании кафедры электротехники и электромеханики 20 декабря 2001 г., одобрено методической комиссией энергетического факультета 2001г.

Р е ц е н з е н т ы:	кафедра электротехники и электромеханики СЗТУ (заведующий кафедрой В.И. Рябуха, канд. техн. наук, проф.); Л.Л. Лядова, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. АО "Электросила".
----------------------	---

С о с т а в и т е л и:	В.Л. Беляев, канд. техн. наук, доц. Ю.В. Куклев, канд. техн. наук, доц.
------------------------	--

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью изучения данной дисциплины является получение основных навыков проведения испытаний электрических аппаратов, глубоких знаний в области применяемых для этого систем контроля, аппаратуры и оборудования.

Изучив дисциплину, студенты должны быть готовыми к использованию полученных знаний на практике и получить навыки испытаний и эксплуатации электрических аппаратов.

Для изучения дисциплины необходимы знания по физике, высшей и вычислительной математике, теоретическим основам электротехники, теоретической механики, основам метрологии и стандартизации и другим ранее освоенным дисциплинам.

Весь материал дисциплины разбит на 7 разделов, изучаемых на шестом курсе. В методическом пособии приведены вопросы для самопроверки по разделам, тематический план лекций, перечень лабораторных работ, литература, задание и методические указания к выполнению контрольной работы.

После получения зачетов по контрольной работе и лабораторному практикуму студент допускается к сдаче экзаменов по данной дисциплине.

Дисциплину рекомендуется изучать последовательно по темам, придерживаясь следующего порядка и указаний:

1. Приступая к изучению очередной темы, ознакомиться с ее содержанием, изложенным в рабочей программе.
2. Прочитать по учебнику материал темы, не останавливаясь на детальном ее изучении, и выявить, что является главным в данной теме.
3. Усвоив суть темы, следует перейти к ее детальному изучению и ответить на вопросы для самопроверки.
4. Рекомендуется в процессе изучения составлять конспект по каждой теме.
5. Если при изучении темы возникают вопросы, следует обратиться за консультацией к преподавателю.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА (72 часа)

ВВЕДЕНИЕ (2 часа)

Предмет и содержание курса. Виды испытаний. Роль испытаний и исследований для рационального производства и безаварийной эксплуатации электрических аппаратов. Пути развития и совершенствования методов испытаний и исследований электрических аппаратов на основе современных

достижений науки и техники. Испытание как основа для решения вопроса о соответствии испытываемого аппарата предъявляемым к нему требованиям.

1.1. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ (20 часов)

1.1.1. Методы измерения механических величин

Измерение времени. Прямые методы измерения времени. Механические и электромеханические секундомеры. Дискретные методы измерения времени. Электронно-счетные измерители времени. Косвенные методы измерения времени, основанные на записи хода процессов в функции времени. Области применения различных методов измерения времени при испытаниях электрических аппаратов.

Измерение линейных и угловых перемещений, скоростей и ускорений подвижных частей. Запись линейных перемещений в функции времени. Принцип действия регистрирующих приборов с механическими и электрическими преобразователями (датчиками). Дискретные регистрирующие приборы. Запись линейных скоростей и ускорений в функции времени.

Измерение сил, моментов и механических напряжений. Измерение статических сил с помощью пружинных, тензометрических и других динамометров. Измерение механических напряжений с помощью тензометрических преобразователей.

Измерение давлений. Необходимость измерения давления, возникающего в дугогасительных устройствах и корпусах аппаратов. Виды преобразователей, применяемых для этих целей. Требования, предъявляемые к методам измерения давления.

Измерение температуры. Метод термопары. Измерение температуры жидкостными термометрами. Применение терморезисторов. Измерение температуры по изменению сопротивления проводников. Метод цветowych индикаторов.

1.1.2. Методы измерения электрических величин

Измерение токов. Специфика измерения больших токов в неустановившихся режимах. Применение шунтов, их разновидности. Трансформаторы тока. Применение воздушных трансформаторов тока (поясов Роговского) с интегрирующим звеном. Оптико-электронные трансформаторы тока. Измерения тока преобразователем Холла.

Измерение напряжения. Особенности измерения напряжения в переходных процессах. Делители напряжения и регистрирующие приборы (осциллографы). Схемы для осциллографирования напряжения дуги при переменном и постоянном токах.

Измерение частоты и затухания свободных колебаний.

Осциллографирование восстанавливающегося напряжения испытательного контура. Измерение параметров восстанавливающегося напряжения с помощью звукового генератора. Применение индикатора восстанавливающегося напряжения.

Определение коэффициента мощности и постоянной времени испытательного контура. Определение коэффициента мощности по параметрам цепи, по затуханию апериодической составляющей тока короткого замыкания, по ударному току, интегральный метод определения коэффициента мощности. Определение постоянной времени,

Измерение мощности и энергии электрической дуги. Прямые методы измерения мощности с помощью осциллографического гальванометра мощности и путем измерения мгновенных значений тока и напряжения дуги с применением переменножающего устройства. Косвенные методы измерения мощности дуги. Метод осциллографирования тока и напряжения дуги с последующей графоаналитической обработкой осциллограмм. Метод, основанный на регистрации вольт-амперной характеристики дуги с помощью электронного осциллографа.

I.1.3. Методы измерения магнитных величин

Измерение магнитной индукции в немагнитной среде. Измерение индукции переменного магнитного поля микровольтметром с катушкой-датчиком индуцированной ЭДС. Измерение индукции постоянного магнитного поля веберметром (флюксметром) с катушкой-датчиком. Измерение индукции постоянного и переменного магнитных полей с помощью преобразователей Холла.

Измерение магнитной индукции в ферромагнитных элементах. Измерение индукции постоянного магнитного поля веберметром и переменного магнитного поля осциллографированием с использованием интегрирующего звена.

1.1.4. Специальные методы исследований

Методы фото и киnoreгистрации при исследованиях электрических аппаратов. Регистрация процессов развития, движения и гашения электрической дуги с помощью скоростной киносъемки. Регистрация движения дуги с помощью зондов (потенциальных, индуктивных, фотоэлектрических).

Моделирование электромагнитных полей с помощью электролитической ванны или бумаги с полупроводящими свойствами.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите области применения механических, электромеханических секундомеров и электронно-счётных цифровых измерителей времени при испытаниях электрических аппаратов. Каковы погрешности измерения времени

этими приборами?

2. Опишите устройство электромеханического секундомера. В чем заключается принцип работы дискретного измерителя времени?

3. Составьте принципиальные схемы барабанного и дискретного регистрирующих приборов для записи диаграмм перемещения. Как, используя график перемещения в функции времени, можно построить график скорости в функции времени?

4. Каким образом определяют начальное и конечное контактное нажатие в контакторах? Опишите принцип устройства тензометрического динамометра и схемы соединения тензорезисторов при измерении сил.

5. Каким требованиям должен удовлетворять прибор для измерения давления в дугогасительной камере? Опишите принцип работы емкостных, индуктивных и пьезоэлектрических преобразователей, служащих для измерения давления.

6. Назовите области применения для измерения температуры метода термпары, метода терморезистора, метода сопротивления, метода цветowych индикаторов. Достоинства и недостатки этих методов.

7. Какими приборами измеряются большие токи в переходных режимах? Назовите разновидности измерительных шунтов. Почему они должны обладать возможно меньшей индуктивностью? Как это достигается?

8. Какие требования предъявляются к трансформаторам тока? Как уменьшить погрешность при измерении токов короткого замыкания с помощью трансформаторов тока? Приведите схему осциллографирования тока короткого замыкания с помощью воздушного трансформатора тока (пояса Роговского) и интегрирующей цепи.

9. Какими приборами измеряются напряжения в переходных режимах? Какие требования предъявляются к трансформаторам напряжения и делителям напряжения? Приведите схемы осциллографирования напряжения дуги и восстанавливающегося напряжения дуги при заземленном и незаземленном контакте аппарата.

10. Как определяются параметры восстанавливающегося напряжения по осциллограмме переходного процесса? Опишите принцип действия индикатора восстанавливающегося напряжения. Достоинства и недостатки этого индикатора.

11. Как определить коэффициент мощности короткозамкнутого контура по параметрам цепи, по апериодической составляющей тока короткого замыкания, по фазовому сдвигу тока и напряжения на осциллограмме.

12. Как можно определить мощность и энергию дуги с помощью светолучевого и электронно-лучевого осциллографов? Приведите схему с преобразователем Холла для измерения мощности дуги.

13. Как определить индукцию переменного магнитного поля с использованием микровольтметра и катушки-датчика, индукцию постоянного магнитного поля веберметром с катушкой-датчиком? Приведите схему осциллографирования магнитной индукции в ферромагнитных элементах.

14. Каковы преимущества и недостатки исследования движения дуги с

помощью скоростной киносъемки, с помощью зондов? Можно ли этими методами определить мгновенную скорость дуги?

Литература: [1], с. 9...77; [2] с.106...177; [3], с.66...106;
[4], с.83...188; [5], с.145...158; [6], с.5...170;

1.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ (20 часа)

1.2.1. Испытание и исследование контактов и контактных узлов

Исследование отброса контактов. Осциллографические методы исследования при электродинамическом отбросе и отбросах (дребезге), возникающих вследствие сил упругой деформации соударяющихся при включении контактов. Измерение суммарного времени отбросов контактов с помощью цифровых электронно-счетных измерителей времени.

Определение износа контактов. Измерение износа по измерению провала контактов, их толщины, объема и массы.

Проверка одновременности размыкания контактов. Измерение провала и зазора контактов. Измерение падения напряжения на контактах постоянным током и с помощью преобразователя Холла.

1.2.2. Испытание расцепителей и встроенных реле

Проверка расцепителей максимального тока высоковольтных выключателей. Проверка срабатывания расцепителей. Испытание на нагревание. Испытание на механическую износостойкость.

Испытания расцепителей и встроенных реле низковольтных выключателей. Испытания электромагнитных расцепителей максимального тока без выдержки времени. Испытания тепловых расцепителей максимального тока. Испытания независимых расцепителей высоковольтных выключателей.

1.2.3. Испытание двигательных приводов высоковольтных выключателей

Методика проведения испытаний. Оценка результатов испытаний.

1.2.4. Проверка сигнализации высоковольтных выключателей

Методика проведения испытаний.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какими силами вызывается отброс контактов? Какие методы и приборы применяются для измерения отброса контактов при испытаниях?

Укажите достоинства и недостатки оценки дребезга (вибрации) контактов с помощью электронно-счетных цифровых миллисекундомеров.

2. Что может служить мерой износа контактов? Укажите достоинства и недостатки различных методов измерения износа контактов.

3. Как проверяется одновременность размыкания контактов? Опишите методику измерения провала и зазора контактов на примере мостиковой контактной системы.

4. Как измеряется падение напряжения на контактах? Почему преобразователь Холла может использоваться для определения падения напряжения на контактах? Укажите преимущества и недостатки различных методов измерения падения напряжения.

5. Как проверяется срабатывание расцепителей максимального тока высоковольтных и низковольтных выключателей? Что такое время-токовая характеристика выключателя? Какой вид имеет эта характеристика у выключателя с электромагнитным и тепловым расцепителями?

6. В чем заключается испытание независимых расцепителей высоковольтных выключателей? При каких колебаниях напряжения эти расцепители должны надежно срабатывать и вызывать отключение выключателя?

Литература: [1], с.77...93; [2], с.13...27; [5], с.26...29, 33...41.

1.3. ИСПЫТАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АППАРАТОВ (8 часов)

1.3.1. Испытание на длительное нагревание

Методика проведения испытаний. Схема испытания. Измерение температуры при испытаниях на нагревание. Оценка результатов испытания.

1.3.2. Испытание на электродинамическую и термическую стойкость

Методика проведения испытаний. Схемы испытательных установок. Оценка результатов испытаний.

1.3.3. Испытание на коммутационную способность в рабочих режимах на переменном токе

Испытание на коммутационную способность и коммутационную износостойкость контакторов переменного тока. Режимы нормальных и редких коммутаций для различных категорий применения. Методики испытаний. Схемы испытаний, оценка результатов испытаний.

Испытание коммутационной способности выключателей высокого напряжения при отключении ненагруженных воздушных линий.

1.3.4. Испытание на коммутационную способность при коротких замыканиях

Испытание высоковольтных выключателей. Высоковольтные коммутационные лаборатории. Синтетические испытания. Схема Скитса, схема Вейля-Добке, схема Каплана-Нашатыря. Определение включающей и отключающей способности выключателей прямыми и косвенными методами в условиях короткого замыкания. Испытание низковольтных выключателей.

Низковольтные испытательные станции. Общие требования. Схема испытаний. Измерения, производимые при испытаниях. Оценка результатов испытаний

Определение коммутационных параметров по осциллограммам. Калибровка осциллографических гальванометров (шлейфов). Определение тока включения и тока отключения. Измерение возвращающегося напряжения.

1.3.5. Испытание на коммутационную способность при постоянном токе

Испытательные станции постоянного тока. Применение генераторов в качестве источников тока. Применение в качестве источников тока выпрямителей, питающихся от сети высокого напряжения. Испытательный контур. Определение параметров испытательного контура по осциллограммам. Измерения, производимые при испытаниях. Оценка результатов испытания.

1.3.6. Специальные измерения, производимые при исследованиях

Определение безнагрузочной характеристики высоковольтного выключателя переменного тока.

Измерение тока в дуговом разряде с помощью шунта, с помощью быстронасыщающихся трансформаторов, с помощью преобразователя Холла.

Измерение времени горения дуги. Применение измерителей длительности горения дуги с бесконтактными датчиками, с герконовыми реле и электронными цифровыми измерителями времени.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для чего и в каких случаях проводится испытание аппарата на длительное нагревание? Опишите методику проведения испытания при измерении температуры токоведущих частей аппарата методом термопар.

2. С какой целью проводится испытание аппарата на стойкость к сквозным токам? Опишите методики проведения испытаний на электродинамическую и термическую стойкость. Как оцениваются результаты испытаний?

2. Что такое категория применения контактора? Чем отличаются условия испытаний на коммутационную способность в режиме нормальных и редких коммутаций для контакторов переменного тока различных категорий применения?

4. Как определяются границы ионизированной зоны выхлопа при испытании контакторов на коммутационную способность? Почему важно знать эти границы?

5. Почему необходимо проводить испытания контакторов на коммутационную износостойкость? Приведите схемы этих испытаний. Как оценить результаты испытания?

6. С какой целью определяют коммутационную способность выключателей высокого напряжения при отключении ненагруженных воздушных линий? Приведите схему замещения длинной линии при этих испытаниях.

7. Приведите упрощенную схему силовых цепей коммутационной лаборатории для испытания высоковольтных выключателей на коммутационную способность. Каково назначение входящих в нее элементов?

8. В чем заключается принцип синтетических испытаний? Приведите схемы синтетических испытаний по Скитсу, Вейлю-Добке, Каплану и Нашатырю. Назовите области применения этих схем, их достоинства и недостатки.

9. Приведите схему силовых цепей коммутационной лаборатории для испытания низковольтных выключателей переменного тока. Какие требования предъявляются к таким лабораториям?

10. Приведите упрощенную схему силовых цепей при испытании выключателей постоянного тока на коммутационную способность. Каково назначение входящих в нее элементов?

11. Как определить по осциллограммам ток включения и отключения, а также величину возвращающегося напряжения при испытании низковольтных выключателей переменного тока?

12. Как определить по осциллограммам ток включения и отключения, а также величину постоянной времени испытательной цепи при испытании выключателей постоянного тока?

13. Опишите методику определения безнагрузочной характеристики высоковольтного выключателя переменного тока. С какой целью проводится это испытание?

14. Какие методы измерения тока дугового разряда Вы знаете? На чем основан метод измерения тока с помощью преобразователя Холла?

Литература: [1], с.93...168; [2], с.36...44; 48...70; 178...188;
[4], с.142 ...157; [5], с.85...98; 125...145;

1.4. ИСПЫТАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ (8 часов)

1.4.1. Испытание изоляции высоковольтных аппаратов

Высоковольтное испытательное оборудование. Установки для получения высокого переменного напряжения. Схемы выпрямления. Каскадные генераторы. Установки для получения импульсных напряжений и токов.

Измерения на высоком напряжении. Методики проведения испытаний при напряжении промышленной частоты и при импульсном напряжении. Измерения импульсных токов.

Оценка результатов испытаний.

1.4.2. Испытание изоляции низковольтных аппаратов

Оборудование и приборы для проведения испытаний. Испытание электрической прочности изоляции. Проверка электрического сопротивления изоляции. Методики проведения испытаний. Оценка результатов испытаний.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что представляет собой высоковольтный испытательный трансформатор? В чем его отличие от обычного силового трансформатора?
2. Для чего применяется и как осуществляется последовательное соединение испытательных трансформаторов? Приведите схему последовательного соединения трансформаторов с питанием их обмоток через переходные трансформаторы.
3. Как осуществляется регулирование и стабилизация напряжения на зажимах испытательного трансформатора?
4. Опишите принцип действия резонансного трансформатора высокой частоты.
5. Что представляет собой каскадный генератор?
6. Каков принцип работы емкостного генератора больших токов?
7. Опишите принцип работы генератора импульсных напряжений.
8. Изложите методику проведения испытания изоляции высоковольтного аппарата в сухом состоянии. То же при дожде.
9. Опишите методику проведения испытания высоковольтного аппарата полной волной импульсного напряжения, срезанной волной импульсного напряжения.
10. Какое оборудование применяется для проверки прочности изоляции и сопротивления изоляции низковольтных аппаратов?
11. Опишите методику проверки прочности изоляции низковольтного аппарата.

Литература: [3], с.4...106; [7], с.5...70, с.96...356; с.414...467; 546...557; [2], с. 45...48; [5], с.63...85.

1.5. ИСПЫТАНИЯ, ПРОВОДИМЫЕ С ЦЕЛЮ ПРОВЕРКИ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ (6 часов)

1.5.1. Проверка механической износостойкости

Проверка механической износостойкости контактных низковольтных аппаратов. Оценка результатов испытаний.

Испытание выключателей высокого напряжения на механическую стойкость. Оценка результатов испытаний.

1.5.2. Механические испытания на воздействие вибрационных и ударных нагрузок

Испытания на воздействие вибрационных нагрузок. Испытания на воздействие ударных нагрузок. Оценка результатов испытаний.

1.5.3. Испытания оболочек

Испытания оболочек, не предназначенных для работы во взрывоопасной среде. Степени защиты персонала, защиты от попадания посторонних предметов, от проникновения воды. Методы испытаний. Оценка результатов испытаний.

Испытания оболочек, предназначенных для работы во взрывоопасных помещениях.

1.5.4. Климатические испытания

Виды климатических испытаний. Методики проведения испытаний. Оценка результатов испытаний.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Опишите методику проверки низковольтных контактных аппаратов на механическую износостойкость.

2. Опишите методику проверки высоковольтных выключателей на механическую стойкость,

3. Как проводятся испытания на воздействие вибрационных нагрузок? В чем заключается метод качающейся частоты, метод фиксированных частот, комбинированный метод?

4. Как проводятся испытания на воздействие ударных нагрузок при определении ударной прочности, при определении ударной устойчивости?

5. Какие требования по степеням защиты предъявляются к оболочкам? Как проводятся испытания оболочек в соответствии с этими степенями?

6. Какие требования предъявляются к оболочкам, предназначенным для работы во взрывоопасных помещениях? Как проводятся испытания таких оболочек?

7. Перечислите виды климатических испытаний.

8. Как проводятся испытания на воздействие изменения температуры среды? На воздействие ее верхнего значения?

9. Как проводятся испытания на воздействие влажности среды в условиях выпадения росы?

11. Как проводятся испытания на воздействие пыли (песка)?

11. Как проводятся испытания на воздействие соляного тумана?

12. Как проводятся испытания на воздействие плесневых грибов?

13. В чем заключается испытание на работоспособность в условиях гололеда?

14. Как проводятся испытания на воздействие инея с последующим его оттаиванием?

15. В чем заключается испытание на воздействие солнечного излучения?

Литература: [1], с.168...183; [2], с.71...96; [4], с.101...107;
[5], с.165...170; 170...207.

1.6. ИСПЫТАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ (4 часа)

1.6.1. Основные показатели надежности и методы их определения

Основные термины и определения, относящиеся к надежности в технике. Методы испытаний.

1.6.2. Анализ результатов испытаний

Нормальный закон распределения результатов испытаний и его характеристики. Нахождение доверительных интервалов для центра распределения. Определение допустимых (толерантных) пределов. Определение объема выборки для заданной доверительной вероятности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что понимается под надежностью электрического аппарата? Какими основными показателями характеризуется надежность?

2. Какие показатели характеризуют безотказность и долговечность работы аппарата? Что понимается под ремонтпригодностью и сохраняемостью аппарата?

3. Какими методами определяются основные показатели надежности?

4. Дайте понятие о нормальном законе (законе Гаусса). Какими числовыми параметрами характеризуется нормальный закон распределения?

5. Приведите примеры измеряемых при испытании электрических аппаратов параметров, распределение которых происходит по закону, близкому к нормальному.

6. Как определяется центр распределения при нормальном законе?

7. Как определяется среднеквадратическое отклонение при нормальном законе?

8. Дайте понятие о доверительном интервале для центра распределения. Как он определяется?

9. Что понимается под допустимыми (толерантными) пределами? Как они определяются?

10. Как определяется объем выборки для заданной доверительной вероятности?

Литература: [1], с.163...199; [2], с.97...105; [4], с.166 ..206;
[5], с.207...214 .

1.7. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УСКОРЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ (4 часа)

1.7.1. Средства автоматизации и их использование для испытаний электрических аппаратов

Программно-временные устройства. Многоканальные системы автоматического контроля и измерений. Применение микроэлектроники и вычислительной техники для автоматизации испытаний электрических аппаратов.

1.7.2. Ускорение испытаний

Целесообразность ускорения длительных видов испытаний электрических аппаратов. Ускорение испытаний путем форсирования режимов. Ускорение испытаний путем прогнозирования по закономерностям изменения параметров.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие функции выполняют программно-временные устройства в процессе испытания аппаратов? Приведите примеры их применения.

2. Какие преимущества дает применение многоканальных систем автоматического контроля и измерений? Приведите примеры их использования при испытаниях аппаратов.

3. Какие функции возлагаются на автоматизированные комплексы испытания аппаратов? В чем заключается целесообразность их применения.

4. Для каких видов испытаний электрических аппаратов наиболее целесообразно применять методики ускоренного испытания?

5. В чем заключается суть ускорения испытаний путем форсирования

режимов?

6. Объясните, почему и как по ранее установленным закономерностям изменения параметров можно прогнозировать результат полного испытания по начальному периоду испытания.

Литература: [2], с.189...207, [4], с. 208...219.

Тематический план лекций для студентов
очно-заочной формы обучения (28 часов)

1. Вводное занятие	2 часа
2. Методы измерений, применяемые при испытаниях электрических аппаратов	4 -«-
3. Исследование элементов выключателей	4 -«-
4. Испытание по определению электрических параметров аппаратов	4 -«-
5. Испытание изоляции электрических аппаратов	4 -«-
6. Испытания, проводимые с целью проверки неэлектрических параметров коммутационных аппаратов	4 -«-
7. Испытания на надежность	4 -«-
8. Автоматизация и ускорение испытаний	2 -«-

Перечень лабораторных работ (12 часов)

1. Измерение перемещения якоря электромагнита с помощью дифференциального индуктивного преобразователя	2 часа
2. Измерение механических усилий посредством тензометрической установки	2 -«-
3. Исследование токораспределения в параллельных контактах электрических аппаратов	2 -«-
4. Определение постоянной времени нагрева и установившейся температуры обмотки электромагнитного реле методом сопротивления	2 -«-
5. Исследование работы расцепителей автоматического резьбового предохранителя	2 -«-
6. Исследование продолжительности отбросов контактов при их соударении в процессе включения	2 -«-

Литература

Основная:

1. Дзербицкий С. Испытания электрических аппаратов. –Л.: Энергия, 1977.
2. Петин О.В., Щербаков Е.Ф. Испытания электрических аппаратов. – М.: Высш. школа, 1985.

3. Кужекин И.П. Испытательные установки и измерения на высоком напряжении. –М.: Энергия, 1980.

Дополнительная:

4. Намитов К.К. Испытания аппаратов низкого напряжения. –М.: Энергоатомиздат, 1989.

5. Образцов В.А. Контрольные испытания низковольтных аппаратов. – Л.: Энергоатомиздат, 1989.

6. Болотин И.Б., Эйдель Л.З. Измерения при испытании аппаратов в режимах короткого замыкания. –Л.: Энергоатомиздат, 1988.

7. Высоковольтное испытательное оборудование и измерения. / Под ред. А.А. Воробьева. –М.: Госэнергоиздат, 1960.

Перечень ГОСТ на испытания электрических аппаратов

1. ГОСТ 2933-83*. Аппараты электрические низковольтные. Методы испытаний.

2. ГОСТ 403-73. Аппараты электрические на напряжение до 1000 В. Допустимые температуры нагрева частей аппаратов.

3. ГОСТ 9098-78*Е. Выключатели автоматические на токи до 6300 А и напряжение до 1000 В. Общие технические условия.

4. ГОСТ 17242-86 Е. Предохранители плавкие на напряжение до 1000 В. Общие технические условия.

5. ГОСТ 12434-83*Е. Аппараты коммутационные низковольтные. Общие технические условия.

6. ГОСТ 11206-77*Е. Контактторы электромагнитные на напряжение до 1000 В. Общие технические условия.

7. ГОСТ 14312-79. Контакты электрические. Термины и определения.

8. ГОСТ 17703-72. Аппараты электрические коммутационные. Основные понятия. Термины и определения.

9. ГОСТ 25072-81. Изделия электротехнические низковольтные. Методы контроля электрической изоляции.

10. ГОСТ 21657- 83*. Электрическая изоляция изделий ГСП. Технические требования. Методы испытаний.

11. ГОСТ 14254-80*. Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний.

12. ГОСТ 10434-82*. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования.

13. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Термины и определения.

14. ГОСТ 16962.1-89Е. Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.

15. ГОСТ 17441-84. Соединения контактные электрические. Правила приемки и методы испытаний.

16. ГОСТ 687-78*Е. Выключатели переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.

17. ГОСТ 689-90*Е. Разъединители и заземлители переменного тока на

напряжение от 6 до 750 кВ. Общие технические условия.

18. ГОСТ 12450-82. Выключатели переменного тока на номинальные напряжения от 110 до 750 кВ, технические требования к отключению ненагруженных воздушных линий и методу испытаний.

19. ГОСТ 8024-90. Аппараты и электротехнические, устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний.

20. ГОСТ 1516 1-76*. Электрооборудование переменного тока на напряжение от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

21. ГОСТ 1516 2-76*. Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.

22. ГОСТ 10390-86*. Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Метода испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии.

23. ГОСТ 17512-82*. Электрооборудование и электроустановки на напряжение 3 кВ и выше. Методы измерения при испытаниях высоким напряжением.

2. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

1. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой указывается фамилия, имя и отчество студента, специальность, шифр, наименование предмета. На каждом листе тетради оставляются поля 4-5 см для замечаний преподавателя-рецензента.

2. Условие каждой задачи следует переписать в тетрадь. Оно должно предшествовать решению. Расчетные формулы следует писать вначале в общем виде, а затем подставлять цифровые значения, указывая размерность полученного результата. Выбранные величины должны быть обоснованы. При заимствовании расчетных формул, методов расчета и т.п. следует ссылаться на использованную литературу с указанием страницы, номера формулы или рисунка.

3. Все графические работы могут быть выполнены карандашом на миллиметровой бумаге.

4. Буквенные обозначения электрических и магнитных величин должны применяться в соответствии с ГОСТ. Все вычисления следует производить в системе единиц СИ.

5. Если задачи в контрольной работе содержат несколько вариантов, то студент должен выбрать вариант, соответствующий начальной букве его фамилии

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Начальная буква фамилии	АБВ	ГДЕ	ЖЗИ	КЛМ	НОП	РСТ	УФ	ХЦЧ	ШЩ	ЭЮЯ

ЗАДАЧА 1. Рассчитать и выбрать конструкцию шунта для измерения коммутируемых низковольтным аппаратом токов промышленной частоты (50 Гц) в диапазоне, указанном в табл.1, при наличии посторонних магнитных полей. Регистрирующий прибор - светолучевой (магнитоэлектрический) осциллограф. Напряжение, которое необходимо подать на осциллограф - не менее 10 мВ. Длительность протекания тока - до 0,3 с. Материал токовой цепи (кроме выводов) - манганин.

Выполнить масштабный эскиз шунта.

Таблица 1

№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ток, А	от до	100 8000	100 10000	100 12000	100 16000	100 20000	200 24000	200 28000	200 32000	200 36000	200 40000

Литература: [6], с.25 ..30.

ЗАДАЧА 2. Рассчитать и выбрать конструкцию шунта для работы в цепи импульсного генератора тока с ударной емкостью 4 мкФ при напряжении 100 кВ, создающего волны тока 10/20 с амплитудой в диапазоне, указанном в табл.2. Измерения должны производиться с амплитудной ошибкой не более + 5%. Индуктивность шунта не более 0,2 мкГн. Напряжение, которое необходимо подать на отклоняющие пластины электроннолучевого осциллографа, должно быть не менее 50 В. Материал токовой цепи (кроме выводов) - манганин.

Выполнить в масштабе эскиз шунта.

Таблица 2

№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ток, кА	от до	6 30	7 35	8 40	9 45	10 50	11 55	12 60	13 65	14 70	15 75

Литература: [6], с.25...32.

ЗАДАЧА 3. Определить параметры нагрузки: $\cos \varphi$, R и L применительно к трехфазной испытательной цепи, в которой установившееся значение отключаемого аппаратом тока составляет $I_0 = 1000$ А (эффективное значение) при линейном напряжении $U_L = 380$ В, а наибольшее ударное (пиковое) значение тока $I_{\text{пмакс.}}$ подключения цепи к источнику достигает величины, указанной в табл.3.

Таблица 3

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_{\text{пмакс.}}, \text{А}$	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500

Примечание: При решении задачи воспользоваться зависимостью между ударным коэффициентом $K_{\text{уд}}$ и коэффициентом мощности $\cos \varphi$, приведенной на рис.1.

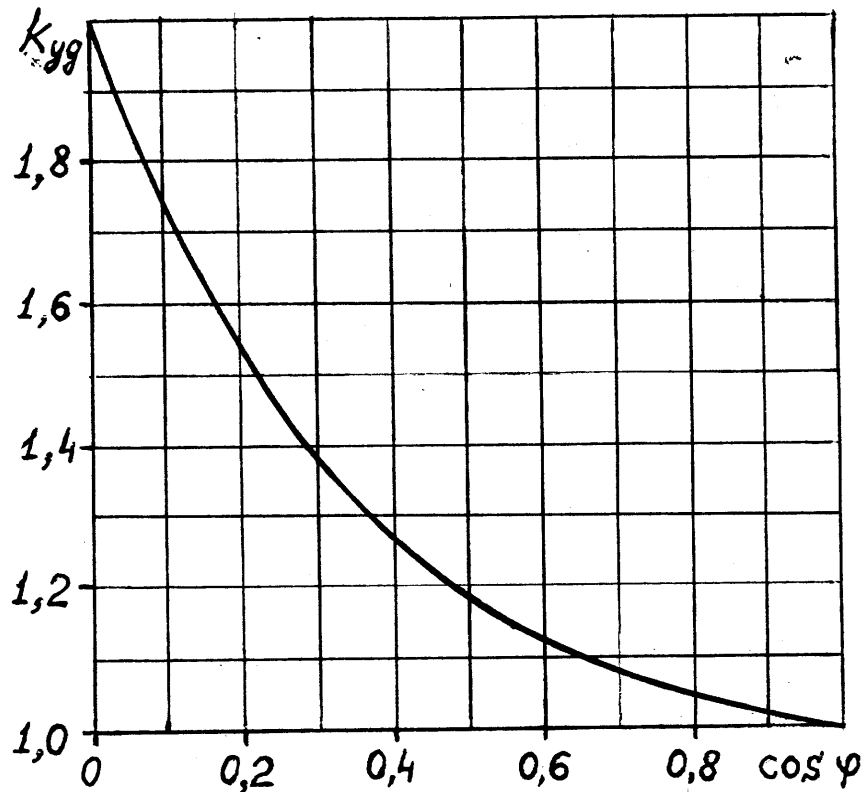


Рис.1

Методические указания

1. Определяем величину ударного коэффициента:

$$K_{y0} = \frac{I_{n\max}}{\sqrt{2}I_0}.$$

2. По зависимости, приведенной на рис.1, определяем соответствующее значение $\cos j$.

3. Определяем активное сопротивление испытательной цепи

$$R = \frac{U_{\text{л}}}{\sqrt{3}I_0} \cos j, \text{ Ом.}$$

4. Определяем индуктивность испытательной цепи

$$L = \frac{U_{\text{л}} \sqrt{1 - \cos^2 j}}{\sqrt{3}I_0 \omega}, \text{ Гн.}$$

Литература:[2], с.137..141.

ЗАДАЧА 4. Используя данные и результаты вычислений задачи 3 для своего варианта, определить волновые параметры испытательной цепи: собственную частоту f_0 , коэффициент повышения амплитуды k_a и среднюю скорость роста восстанавливающегося напряжения (при первом подъеме от нуля до максимума $U_{\text{Вмакс}}$).

При этом считать, что сопротивление, шунтирующее нагрузку, отсутствует ($R_{ш} = \infty$), приведенная емкость $C = 2500$ пФ, коэффициент схемы $\kappa_{cx} = 1,5$.

Методические указания

1. Для определения собственной частоты использовать уравнение

$$f_0 \approx \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4} \left(\frac{R}{L} - \frac{1}{CR_{ш}} \right)^2}, \text{ Гц.}$$

2. Для определения коэффициента собственной частоты использовать формулу

$$\kappa_a = \frac{U_{Вмакс}}{u_0} \approx 1 + \exp \left[-\frac{1}{4f_0} \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{CR_{ш}} \right) \right].$$

3. Для определения скорости роста восстанавливающегося напряжения использовать формулу

$$\left(\frac{dU_B}{dt} \right)_{cp} \approx 2f_0 \kappa_a u_0, \text{ В/с,}$$

где $u_0 = \sqrt{\frac{2}{3} \kappa_{cx} U_{л} \sin j}$ - мгновенное возвращающееся напряжение источника для трехфазной цепи.

Литература: [5], с.148...150.

ЗАДАЧА 5. Контактom вспомогательной цепи контактора было сделано 100 операций отключения номинального тока. Времена дуги t_i и количество отключений n_i с этим временем (из общего числа отключений $n = 100$) приведены в табл.4.

Таблица 4

Варианты 1-5		Варианты 6-10	
t_i , мс	n_i	t_i , мс	n_i
7,4	2	8,0	1
7,5	2	8,1	2
7,6	5	8,2	3
7,7	7	8,3	5
7,8	9	8,4	8
7,9	12	8,5	11
8,0	15	8,6	16
8,1	16	8,7	18
8,2	14	8,8	14
8,3	9	8,9	10
8,4	5	9,0	5
8,5	3	9,1	3
8,6	1	9,2	2

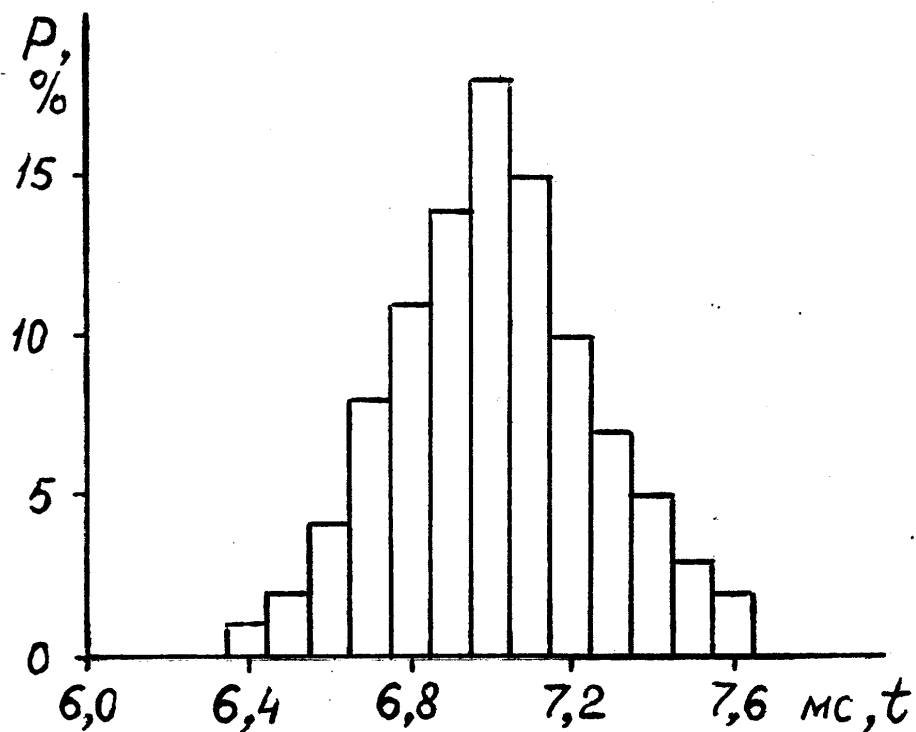


Рис.2

Требуется:

1. Построить гистограмму распределения P (%) времени дуги t и по ее виду сделать заключение, что результаты измерений распределены по закону, близкому к нормальному (пример построения гистограммы приведен на рис.2).
2. Оценить значение центра распределения времени дуги и среднеквадратического отклонения.
3. Определить двусторонний интервал значений времени дуги, в котором с доверительной вероятностью $b = 0,95$ заключен центр распределения.
4. Пользуясь правилом трех сигм, определить интервал, за пределы которого практически не выйдет время дуги при отключении данной цепи.

Методические указания

1. Оценкой значения центра распределения служит среднее арифметическое измеренных значений времени дуги

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}, \text{ мс.}$$

2. Оценкой среднеквадратического отклонения служит величина:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}, \text{ мс.}$$

3. Двусторонний интервал значений времени дуги, в котором с доверительной вероятностью $b = 0,95$ заключен центр t_u распределения, определяется формулой

$$\bar{t} - y_a \frac{S}{\sqrt{n}} \leq t_u \leq \bar{t} + y_a \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где $y_a = 1,96$ при $b = 0,95$.

4. Интервал, за пределы которого не выйдет время дуги, определяется при $n > 30$ по правилу трех сигм:

$$t_{\min} = \bar{t} - 3S \leq t \leq \bar{t} + 3S = t_{\max},$$

где $\sigma \approx S$ при $n > 30$.

Литература: [1]. с.183...187

Содержание

1. Рабочая программа	3
2. Задание на контрольную работу	17