

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Электроснабжение»

МОНТАЖ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальности
1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)»
специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение
промышленных предприятий»

Минск
БНТУ
2012

УДК 621.31.035.9(076.5)

ББК 31.29я7

М 77

Составители:

А.Н. Лобусь, А.А. Гончар

Рецензенты:

В.А.Булат, А.С.Красько

М 77 Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования: лабораторные работы (практикум) для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение промышленных предприятий» / сост.: А.Н. Лобусь, А.А. Гончар. – Минск: БНТУ, 2012. – 49 с.

ISBN 978-985-525-721-0.

Лабораторный практикум соответствует программе курса дисциплины «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования» и включает 8 лабораторных работ для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение (по отраслям)» специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение промышленных предприятий».

СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности	4
<i>Лабораторная работа № 1. Измерение сопротивления заземлителей.....</i>	8
<i>Лабораторная работа № 2. Испытание электродвигателя с коммутационными аппаратами после монтажа</i>	12
<i>Лабораторная работа № 3. Испытание конденсаторов для повышения коэффициента мощности.....</i>	16
<i>Лабораторная работа № 4. Определение и устранение неисправностей автоматизированных электроприводов</i>	21
<i>Лабораторная работа № 5. Испытание асинхронного электродвигателя после ремонта.....</i>	25
<i>Лабораторная работа № 6. Испытание трансформаторов после ремонта.....</i>	29
<i>Лабораторная работа № 7. Наладка и испытание схем учета электрической энергии.....</i>	34
<i>Лабораторная работа № 8. Изучение методов определения мест повреждения в кабельных линиях</i>	42

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Помещение лаборатории относится к классу повышенной опасности. Ее создают токопроводящие части клемм и выводов лабораторного оборудования, которые будут находиться под напряжением 230 или 400 В переменного тока.

К выполнению работ с применением измерительных приборов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие в установленном порядке обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда, имеющие соответствующую группу по электробезопасности.

Студент обязан соблюдать требования инструкции по технике безопасности (далее ТБ) выполнять только ту работу, которая ему поручена и безопасные способы выполнения которой ему известны. При необходимости следует обратиться к непосредственному руководителю за разъяснением.

Студенты допускаются к выполнению лабораторных работ после прохождения инструктажа на рабочем месте и личной подписи в журнале регистрации инструктажа. Допуск студентов к выполнению лабораторных работ возлагается на преподавателя, ведущего данные работы.

Преподаватели, учебно-вспомогательный персонал и студенты должны уметь оказывать первую помощь при поражении электрическим током.

Правила ТБ перед началом работы

Перед началом работы необходимо:

1. Подготовить рабочее место, убрать все лишние предметы, не загромождая при этом проходы.
2. Ознакомиться с режимом работы оборудования (стенда) и измерительных приборов.

3. Ознакомиться с электрической схемой оборудования (стенда) и правильности подключения измерительных приборов к нему.

4. Произвести внешний осмотр и проверить:

– исправность кабеля (шнура), его защитной трубки и штепсельной вилки;

– целостность изоляционных деталей корпусов измерительных приборов;

– наличие защитных кожухов и их исправность;

– наличие защитного заземления (зануления);

– четкость работы выключателя;

– устойчивость положения измерительных приборов на рабочем месте;

– надежность контактов на всех измерительных приборах и аппаратах;

– пусковую и защитную аппаратуру (рубильники, выключатели, магнитные пускатели и т.д.) (предохранители, автоматы и т. д.) должны быть закрытого типа, чтобы исключить возможность прикосновения к токоведущим частям.

Об обнаруженных неисправностях студент обязан сообщить непосредственно преподавателю и до их устранения к работе не приступать.

Правила ТБ во время работы

В учебной лаборатории кафедры «Электроснабжение» работы осуществляются под руководством преподавателя и инженера из состава учебно-вспомогательного персонала.

Студенты могут приступить к выполнению лабораторной работы только с разрешения преподавателя.

Количество студентов, выполняющих одну и ту же лабораторную работу, должно составлять не менее двух человек.

Студенты должны выполнять лабораторные работы на закрепленных за ними учебных местах. Переход на другое место без разрешения преподавателя не разрешается.

Собирать электрическую схему и проводить в ней различные переключения разрешается только при снятом напряжении.

По окончании сборки схемы доложить преподавателю (инженеру из состава учебно-вспомогательного персонала) о готовности к выполнению лабораторной работы.

Преподаватель проверяет правильность собранной схемы и в случае отсутствия замечаний дает разрешение на выполнение лабораторной работы.

Если при выполнении лабораторной работы срабатывает защита или перегорают предохранители, необходимо:

- прекратить выполнение лабораторной работы;

- доложить преподавателю о случившемся. Дальнейшее выполнение лабораторной работы возможно после устранения неисправности и только с разрешения преподавателя.

При возникновении каких-либо вопросов необходимо прекратить выполнение лабораторной работы, снять напряжение питания со схемы и обратиться за разъяснением к преподавателю (инженеру из состава учебно-вспомогательного персонала).

Во время выполнения работ студентам следует быть предельно внимательными, осторожными, не отвлекаться и не оставлять без наблюдения схему, находящуюся под напряжением.

Правила ТБ после работы

По окончании выполнения лабораторной работы студент должен получить разрешение от преподавателя на разборку схемы.

При разборке схемы необходимо аккуратно сложить все переносные принадлежности и оборудование, привести в порядок рабочее место.

Запрещается

Выполнять лабораторную работу одному.

Согласно правилам внутреннего распорядка БНТУ, утвержденным приказом ректора от 27.05.02 № 2208 студентам запрещается:

- приносить и распивать алкогольные, спиртосодержащие напитки и пиво;
- распространять, хранить и употреблять токсические и наркотические вещества;
- находиться в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения;
- находиться в помещениях БНТУ в верхней одежде, головных уборах;
- находиться без разрешения преподавателя в лаборатории во время, не установленное расписанием учебных занятий своей группы (подгруппы);
- использовать средства мобильной связи во время проведения занятий;

При выполнении лабораторных работ запрещается:

- прикасаться к электrorаспределительным щитам, электропроводке, арматуре общего освещения и другим токоведущим частям;
- тянуть за шнур электроприбора при отсоединении вилки из розетки;
- выполнять работы при появлении дыма или запаха, характерного для горячей изоляции;
- самостоятельно устранять возникшие неисправности в работе электроустановок.

Лабораторная работа № 1

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить методику расчета заземлителя; измерить сопротивление заземлителя.

Приборы и инструмент: тестер.

Краткие теоретические сведения

При монтаже все металлические нетокопроводящие части электроустановок, которые случайно могут оказаться под напряжением, подлежат заземлению. Такое намеренное заземление называется защитным.

Принцип защиты с помощью заземления состоит в том, чтобы уменьшить напряжение на корпусе электрооборудования при замыкании на него тока в случае повреждения электрической изоляции. Токи замыкания на корпус электрооборудования отводятся в землю через заземлитель и заземляющие проводники. Совокупность заземлителя и заземляющих проводников называется *заземляющим устройством*.

Каждое заземляющее устройство имеет паспорт, в котором указана его схема, основные расчётные данные, сведения о замерах сопротивления. Согласно Правилам технической эксплуатации электроустановок сопротивление заземляющего устройства должно измеряться после монтажа при вводе в эксплуатацию и периодически (например, для цеховых электроустановок не реже одного раза в год). Согласно существующим нормам сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом.

Существует ряд способов измерения сопротивления защитного заземления. Наиболее простым, удобным и достаточно точным является метод амперметра — вольтметра. Сущность его состоит в следующем. Измеряется ток I_x , проходящий че-

рез заземляющее устройство, и напряжение по отношению к достаточно удаленной точке земной поверхности — зонду (рис. 1.1).

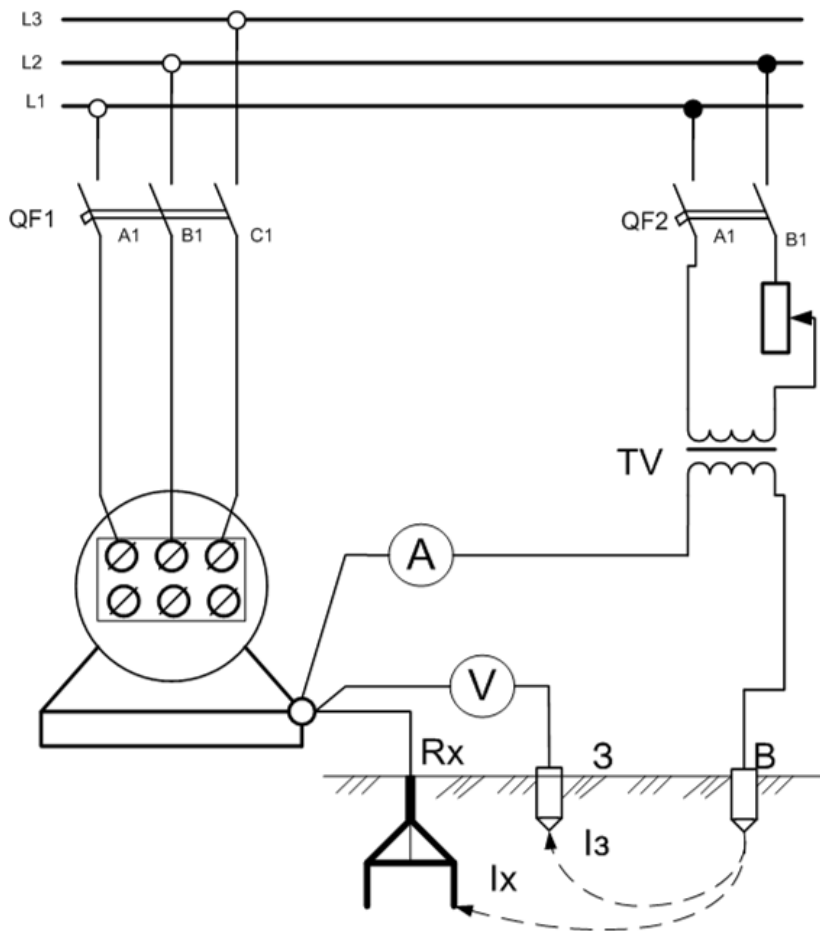


Рис. 1.1. Схема измерения сопротивления заземлителя по методу амперметра-вольтметра

Вспомогательный заземлитель «В» и зонд «З» устанавливаются на таком расстоянии друг от друга и от испытуемого защитного заземления «R_x», чтобы их поля растекания не накладывались. Измеряемый ток «I_x» проходит через испытуемое защитное заземление «R_x» (заземлитель). Падение напряжения на этом защитном заземлении измеряется вольтметром V.

Сопротивление защитного заземления вычисляется по формуле

$$R_x = U_a / I_x. \quad (1.1)$$

Следует иметь в виду, что защитное заземление эффективно в том случае, если ток замыкания на землю не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления. Это возможно в сетях с изолированной нейтралью, где при глухом заземлении на землю или на заземленный корпус ток практически не зависит от величины сопротивления заземления. Защитное заземление применяется также в сетях с большими токами на землю, т. е. в сетях напряжением выше 1000 В с заземленной нейтралью.

План выполнения работы

По заданию преподавателя учащиеся рассчитывают заземлитель. При этом учитывается тип грунта и материал, из которого изготовлены заземлители. Расчетное сопротивление заземлителя должно соответствовать требованиям ПУЭ [2].

Испытание заземляющего устройства производится с помощью омметра непосредственно на примере заземления стенда в лабораторных условиях. Перед началом испытания необходимо произвести осмотр технического состояния заземляющего устройства стенда (произвести внешний осмотр; проверить наличие цепи между корпусом стенда и контуром заземления лаборатории; измерить сопротивление заземляющего устройства (от корпуса стенда до шины заземления на силовом щите лаборатории).

По завершении испытаний следует сделать заключение о соответствии заземляющего устройства нормам ПУЭ.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы измерения сопротивления заземлителя? Нарисовать электрическую схему одного из них.
2. Для чего проводят измерение сопротивления петли фаза-нуль?
3. На каком принципе основаны защитные функции заземления?

Лабораторная работа № 2

ИСПЫТАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОММУТАЦИОННЫМИ АППАРАТАМИ ПОСЛЕ МОНТАЖА

Цель работы: получение навыков монтажа электрооборудования по монтажным чертежам; изучить методику проверки электрооборудования для управления работой электродвигателя.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические сведения

Наиболее широкое распространение во всех отраслях промышленности, строительства и сельского хозяйства имеют асинхронные электродвигатели трехфазного тока с короткозамкнутым ротором. Электродвигатели характеризуются номинальными данными, которые указаны в их паспортах: мощностью, напряжением, током статора, кратностью пускового тока, коэффициентом мощности, частотой вращения ротора, номинальным вращающим моментом [3].

Смонтированный и установленный на рабочее место электродвигатель проверяют при работе вхолостую и под нагрузкой; при необходимости подвергают испытанию. Управление, регулирование и защиту электрических машин осуществляют с помощью электрических аппаратов. Аппараты, применяемые для управления электрическими цепями, подразделяются на неавтоматические и автоматические [4]. К автоматическим аппаратам относятся: контакторы, магнитные пускатели, автоматические выключатели, которые управляются дистанционно или действуют автоматически при изменении установленного режима работы электродвигателей или питающей сети.

Учащемуся необходимо уметь хорошо разбираться в схемах, знать устройство электродвигателей и аппаратов и уметь

осуществлять сборку схем управления, а при необходимости производить соответствующие испытания и измерения.

План выполнения работы

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

Для выполнения работы необходимо смонтировать электрическую схему, приведенную на рис. 2.1. Исследования в данной работе производятся на основе асинхронного электродвигателя М1. Для управления работой электродвигателя используются следующие коммутационные аппараты:

- автоматический выключатель QF1 – для подключения схемы управления к питающему напряжению и защиты от токов короткого замыкания;

- магнитный пускатель КМ1 – для подключения обмотки статора двигателя к питающему напряжению;

- тепловое реле КА1 – для защиты двигателя от длительных перегрузок;

- кнопки кнопочного поста SB1.1 и SB1.2 – для пуска и останова двигателя.

Контроль за током в фазах, фазным напряжением, потребляемой активной мощностью и скоростью вращения вала электродвигателя производится по приборам: А1, V1, W1 и n. Контроль за работой коммутационных аппаратов производится визуально.

Ознакомиться с расположением аппаратов на панели стенда. Смонтировать схему управления двигателем М1. С помощью тестера проверить монтаж схемы по схеме электрической принципиальной при отключенном питании стенда. После проверки преподавателем произвести проверку работы схемы при поданном напряжении питания. Снять показания ампер-

метра. Тестером измерить все фазные и линейные напряжения. Зафиксировать показания. Сделать заключение о правильности выбора пуско-регулирующей аппаратуры и аппаратов защиты. Обосновать выводы.

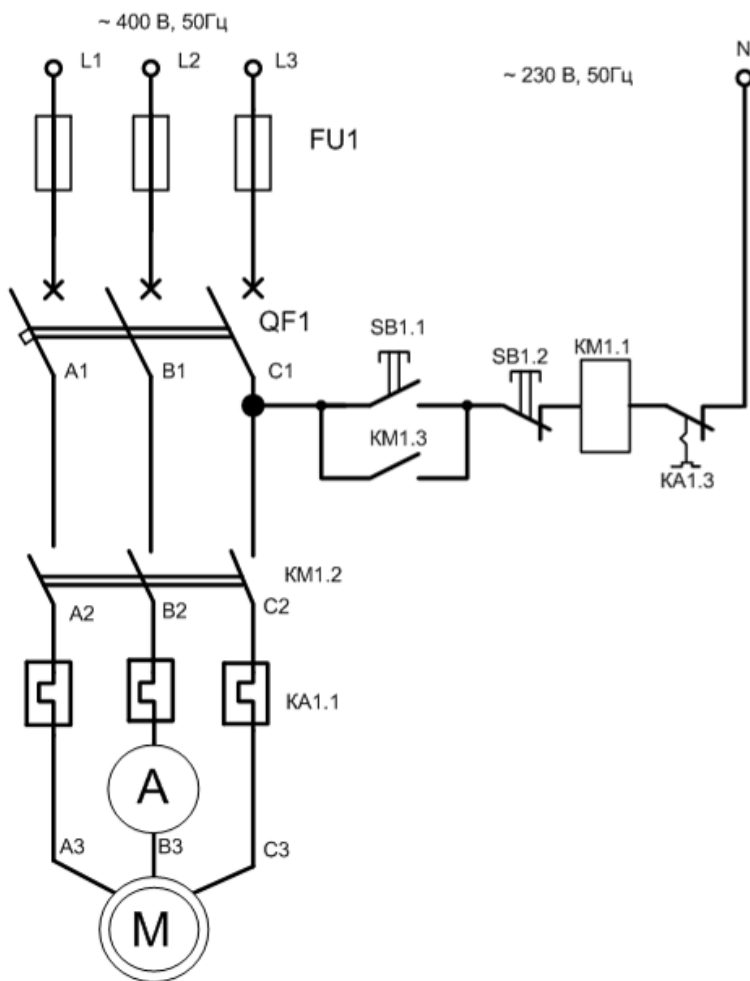


Рис. 2.1. Схема электрическая принципиальная управления АД

Контрольные вопросы

1. Какие аппараты относятся к пуско-регулирующей аппаратуре? Перечислите их.
2. В каких режимах проверяют электродвигатель после монтажа?
3. Каково назначение автоматического выключателя QF1 и теплового реле КА1 в схеме рис. 2.1?

Лабораторная работа № 3

ИСПЫТАНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Цель работы: изучить влияние конденсаторов на коэффициент мощности электрической цепи и методику расчета коэффициента мощности.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические требования

Прохождение реактивной мощности, пульсирующей между источниками питания и электроприемниками, сопровождается увеличением тока. Это вызывает дополнительные затраты на увеличение сечений проводников сетей и мощности трансформаторов, создает дополнительные потери электроэнергии. Кроме того, увеличиваются потери напряжения за счет реактивной составляющей, пропорциональной реактивной нагрузке и индуктивному сопротивлению, что понижает качество электроэнергии по напряжению [11].

Важное значение имеет компенсация реактивных нагрузок и повышение коэффициента мощности в системах электроснабжения промпредприятий. Под компенсацией понимают установку местных источников реактивной мощности, благодаря которым повышается пропускная способность сетей и трансформаторов, а также уменьшаются потери электроэнергии.

Для сохранения нормального напряжения при максимальной нагрузке необходимо соблюдение баланса реактивных мощностей, который достигается за счет мероприятий, снижающих потребление реактивной мощности предприятиями от энергосистемы. Эти мероприятия разбиваются на мероприятия, не требующие специальных компенсирующих устройств и целесообразные во всех случаях, и требующие установки

специальных компенсирующих устройств для выработки реактивной мощности.

Наибольшее распространение в промпредприятиях получили конденсаторы. Мощность конденсатора пропорциональна квадрату напряжения, что следует учитывать при расчетах уровней напряжения сети:

$$Q = f \times C \times U^2 \times 10^{-3} \text{ вар,}$$

где Q – реактивная мощность, вар.;

f – частота сети, Гц;

C – емкость конденсатора, мкФ;

U – напряжение сети, В.

Конденсаторы включаются в сеть параллельно электроприемникам, вследствие чего такая компенсация носит название поперечной (параллельной) в отличие от продольной, при которой конденсаторы включаются в сеть последовательно.

Возможна также индивидуальная компенсация, когда конденсаторы наглухо подключаются к обмоткам отдельных электродвигателей или трансформаторов и коммутируются вместе с ними. Она может применяться для электроприводов, работающих в длительном режиме. Мощность конденсаторов в этом случае выбирается по реактивной мощности холостого хода.

Наряду с большими достоинствами (статические устройства, малые потери) конденсаторы имеют следующие недостатки:

- зависимость мощности от квадрата напряжения, что снижает устойчивость, а при особо неблагоприятных условиях может привести к лавине напряжения;
- сложность регулирования мощности;
- большие размеры при больших батареях;
- перегрев при повышении напряжения и наличии в сети высших гармоник, ведущих к выходу конденсатора из строя.

План выполнения работы

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

Собрать электрическую схему согласно рис. 3.1 для исследования повышения коэффициента мощности с использованием батареи конденсаторов (схема индивидуальной компенсации мощности).

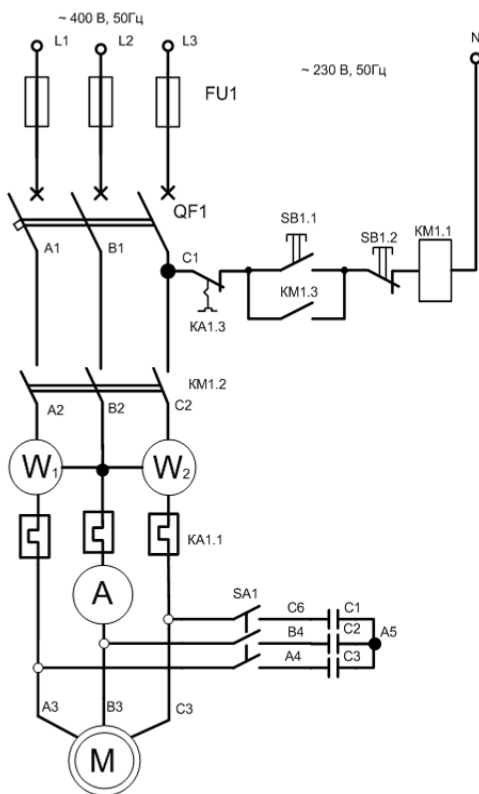


Рис. 3.1. Схема электрическая принципиальная управления АД

В качестве активно-индуктивной нагрузки используется асинхронный электродвигатель М1. Подключение батареи конденсаторов производится выключателем SA1. Ваттметр W1, W2 индицирует активную трехфазную мощность, потребляемую электродвигателем.

По монтажной схеме (рис. 3.2) выполнить подключение ваттметра.

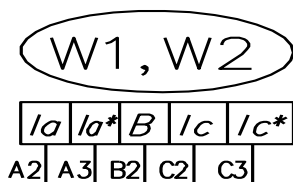


Рис. 3.2. Схема соединений ваттметра

Проверить с помощью тестера правильность сборки. После проверки преподавателем подать напряжение на стенд и включить автомат QF1. При выключенном выключателе SA1 (рычажок в среднем положении) произвести запуск двигателя М1 черной кнопкой кнопочного поста SB1. Зафиксировать показания амперметра А1 и трехфазного ваттметра W1, W2. Тестером измерить фазное напряжение. Данные занести в таблицу (см. табл. 3.1). Не отключая двигателя подключить батарею конденсаторов С1–С3 выключателем SA1 (рычажок в нижнем положении) и отметить уменьшение величины тока на амперметре А1. Снять данные с амперметра и ваттметра и занести в таблицу. Отключить электродвигатель красной кнопкой кнопочного поста SB1. Отключить автомат QF1 и обесточить стенд. Провести вычисления в таблице и сравнить значения коэффициента мощности в опыте без батареи конденсаторов и с ней.

Расчет коэффициента мощности ведется по следующим формулам:

полная мощность

$$Q = f \times C \times U^2 \times 10^{-3}, \text{ вар};$$

коэффициент мощности

$$\cos \varphi = P / S.$$

Таблица 3.1

Результаты опыта

Опыт	U_{ϕ} , В	I_{ϕ} , А	P, Вт	S, ВА	$\cos \varphi$
Без С1-С3					
С С1-С3					

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют компенсацию реактивной мощности?
2. Что такое коэффициент мощности?
3. Какие устройства применяют для повышения коэффициента мощности?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Цель работы: изучить методику поиска и устранения неисправностей автоматизированных электроприводов.

Приборы и инструмент: отвертка, паяльник, тестер.

Краткие теоретические требования

При эксплуатации электроприводов могут возникнуть различные неисправности от простых очевидных неполадок до сложных, требующих значительных временных затрат на поиск повреждений, которые следует устранять.

При ремонте сетей электропитания, замене распределительных щитов, замене кабелей и пр. возможно подключение привода на неверное чередование фаз, следовательно, двигатель будет вращаться в другую сторону, что в некоторых механизмах может привести к выходу оборудования из строя. Для устранения этого в наиболее удобном и безопасном месте необходимо поменять любые две фазы местами [4].

Если при включении двигатель начинает вращаться, но гудит, не набирает оборотов и греется, то причинами могут быть:

– обрыв в цепи статора (чаще обрыв фазы возникает из-за срабатывания предохранителей, реже из-за неисправности выключателя), а также обрыва в обмотке статора;

– при обрыве фазы в двух других фазовых обмотках резко увеличивается ток в 1,7 раза, что и вызывает нагрев двигателя);

– обрыв или слабый контакт в цепи ротора (нарушение контакта стержней с торцевыми кольцами в обмотке ротора – для двигателя с короткозамкнутым ротором);

– заедание в рабочем механизме или механическое повреждение в двигателе;

– неправильное соединение концов обмоток после ремонта (одна фаза перевернута).

Если при пуске двигателя срабатывает максимальная защита или защита от перегрузки (тепловая), то причиной может оказаться неверно выбранный аппарат защиты, замыкание в цепи питания двигателя, неисправность самого двигателя, механический или электрический пробой изоляции в результате перегрева от перегрузок. Повторное включение автоматического выключателя (после его срабатывания при пуске двигателя) производят только после тщательной проверки исправности двигателя [5].

При возникновении неисправностей в автоматическом цикле работы привода поиск неисправности можно провести при отключенном двигателе, оставив включенными цепи управления. Следует промоделировать работу механизма путем нажатия концевых выключателей, командных кнопок и др. и поэтапно контролировать состояние аппаратов цепей управления. Как только обнаружится отклонение от цикла (см. принципиальную схему и циклограмму работы), то в нерабочей цепочке при отключенном питании следует прозвонить всю ветвь от начала до конца, либо при поданном напряжении на сбойном участке вольтметром определить место обрыва цепи. Поиск таких неисправностей следует производить лишь после тщательного изучения циклограммы работы привода в составе оборудования и полной ясности очередности работы аппаратов. Для четкой ориентации в работе электрической схемы полезно составить таблицу состояний всех аппаратов цепи управления на каждом этапе циклограммы. При проверке цепей под напряжением следует соблюдать особую осторожность во избежание поражения электрическим током.

План выполнения работы

Записать паспортные данные асинхронного электродвигателя (см. табличку на корпусе электродвигателя) и ознакомиться с пусковой аппаратурой (записать их полное обозначение и основные данные).

В работе исследуется реверсивный электропривод переменного тока на базе асинхронного электродвигателя. Для этого собирается схема, представленная согласно рис. 4.1.

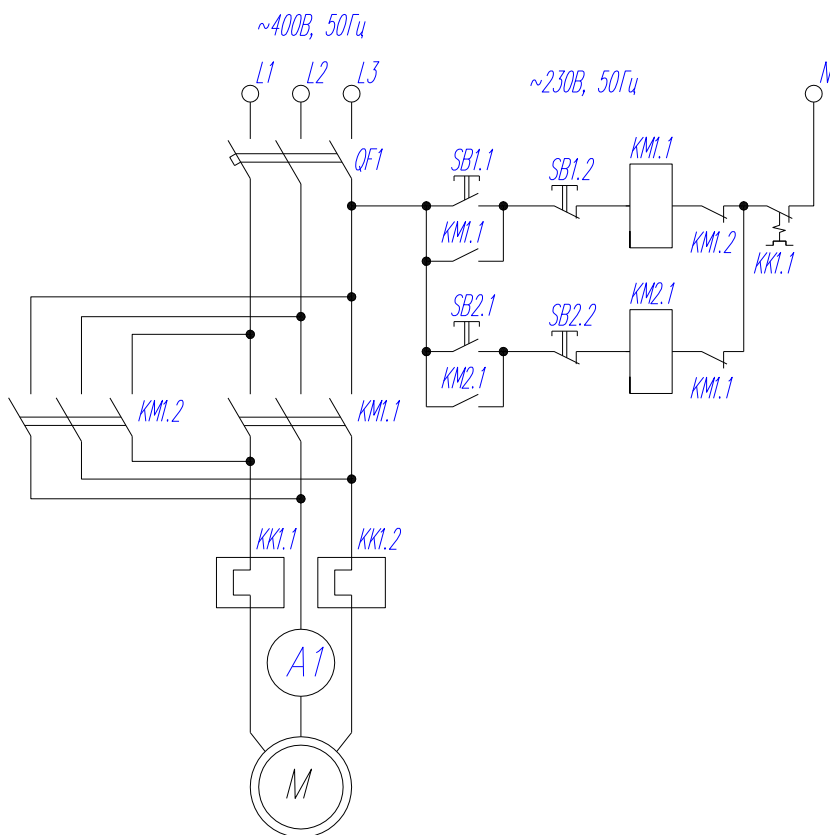


Рис. 4.1. Схема электрическая принципиальная реверса АД

По заданию преподавателя учащиеся могут доработать схему: ввести в схему реле времени (КТ1–КТ3) и промежуточные реле (К1–К2), переключатель SA1, осуществляющие управление каким-либо автоматическим циклом работы электродвигателя, и элементы сигнализации (сигнальная лампа HE1 и звонок HA1). Монтаж схемы выполнить согласно рис. 4.1.

При отключенном питании стенда проверить схему с помощью тестера. Прозвонить сначала силовые цепи: сами цепочки по потенциальным точкам и на предмет КЗ между фазами, фазой и нейтралью. Затем проверить цепи управления (как при не нажатых кнопках, так и при нажатии кнопки). После проверки преподавателем подключить стенд к сети и включить автомат QF1. Опробовать работу схемы: сначала «пуск» кнопочным постом SB1 (включится пускатель КМ1), затем «стоп». Затем включить пускатель КМ2 кнопочным постом SB2 и вновь «стоп». Далее проверить работу блокировки реверса на ходу: при включенном пускателе КМ1 нажать черную кнопку кнопочного поста SB2 (изменений не должно быть). Преподавателем вводятся ошибки в схему управления (обрыв в цепи блок-контакта магнитного пускателя, обрыв в цепи питания схемы управления и т. д.) и предлагается учащимся отыскать и устранить их. Исследуется работа схемы и электропривода в целом при указанных неисправностях. Изучаются методы устранения данных неисправностей. По результатам опыта составить таблицу основных неисправностей и методов их проверки и устранения.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяют компенсацию реактивной мощности?
2. Что такое коэффициент мощности?
3. Какие устройства применяют для повышения коэффициента мощности?

ИСПЫТАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Цель работы: ознакомиться с устройством асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, изучить методику испытания электродвигателя после ремонта.

Приборы и инструмент: отвертка, кусачики, тестер.

Краткие теоретические требования

В промышленности асинхронные электродвигатели с кз (короткозамкнутым ротором) ротором получили наибольшее распространение. Их преимущества состоят в простоте изготовления и эксплуатации, а также большей, чем у двигателей постоянного тока надежности за счет отсутствия коллектора и низкой стоимости, [12].

Двигатель состоит из статора – неподвижной части и ротора – вращающейся части. Статор представляет собой полый цилиндр, набранный из стальных пластин, имеющих вид кольца и изолированных друг от друга. Они образуют неподвижную часть магнитопровода. Пластины стягиваются болтами. Выполнение магнитопровода из отдельных пластин уменьшает потери мощности в стали, вызываемые вихревыми токами. Стальной сердечник магнитопровода статора закрепляется в стальном или алюминиевом корпусе, охватывающем его со всех сторон. С торцов сердечник магнитопровода закрывается крышками, в которых имеются места для установки подшипников. В пазы на внутренней стороне магнитопровода закладывается обмотка статора, которая у трехфазных двигателей состоит из трех по числу фаз обмоток, смещенных по окружности статора друг относительно друга на 120 градусов. Начала и концы фаз выводят наружу в клеммную коробку. По

схеме соединения обмоток статора двигателя выпускаются в исполнении «звезда» (Y) и «звезда/треугольник» (Y/Δ). Схема (Y/Δ) позволяет использовать двигатель в сетях с различными напряжениями либо применять в схемах ступенчатого пуска с переключением схемы соединения обмоток (при этом отпадает необходимость в использовании реакторов. На паспортной пластинке, укрепленной на корпусе двигателя, указывают два номинальных линейных напряжения, различающиеся в 1,73 раза. Если номинальное линейное напряжение сети равно большему напряжению на пластинке, то обмотку статора включают в «звезду», если меньшему – в «треугольник».

Ротор асинхронного двигателя также набирают из стальных штампованных листов в форме диска. Насаженные на вал, они образуют ротор, имеющий форму цилиндра. По окружности диска размещены пазы, в которые закладывают обмотку. Короткозамкнутая обмотка образуется неизолированными алюминиевыми стержнями, помещенными в пазы ротора. По торцам стержни соединяются кольцами. Получается обмотка, не имеющая никаких выводов. Простота конструкции и отсутствие скользящего электрического контакта, как у двигателей постоянного тока, значительно упрощает обслуживание и ремонт асинхронных двигателей с кз-ротором. Внимания требуют лишь осмотр состояния клемм подключения двигателя (из-за окислов контакт ухудшается и может приводить к нагреву клеммы и даже расплавлению изоляции питающих проводов, что в свою очередь может вызвать замыкание на корпус двигателя) и состоянию подшипников (при длительной эксплуатации необходима замена смазки), а также обязательное измерение сопротивления изоляции между фазами (для двигателей со схемой «звезда/треугольник») и фазой и корпусом. Изоляция обмоток электрических машин и проводов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т. д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество,

электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127–660 В, производят мегаомметром с напряжением 1000 В. Допустимые нормы сопротивления изоляции для электрических машин, проводов и кабелей указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не менее 0,5 МОм. Двигатели, имеющие пониженное сопротивление изоляции подвергаются сушке горячим воздухом или путем электрического подогрева обмоток [1].

Проверка соответствия параметров двигателя после ремонта проводится на опыте холостого хода.

План выполнения работы

В данной работе исследуется асинхронный электродвигатель переменного тока М1. При выключенном стенде с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток статора электродвигателя (тестером) и сопротивлений изоляции измеряется мегаомметром или при его отсутствии с помощью тестера и сравнивается с требуемыми. Для этого собирается схема, представленная согласно рис. 5.1.

Проверить правильность монтажа при помощи тестера. После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение (поочередно включить сетевой выключатель стенда, затем автомат QF1). Проверить работу схемы. Нажатием черной кнопки кнопочного поста SB1 запустить двигатель. Замерить ток двигателя и его скорость. Останов двигателя производится нажатием красной кнопки поста SB1. Записать показания приборов. Эти значения должны соответствовать паспортным значениям.

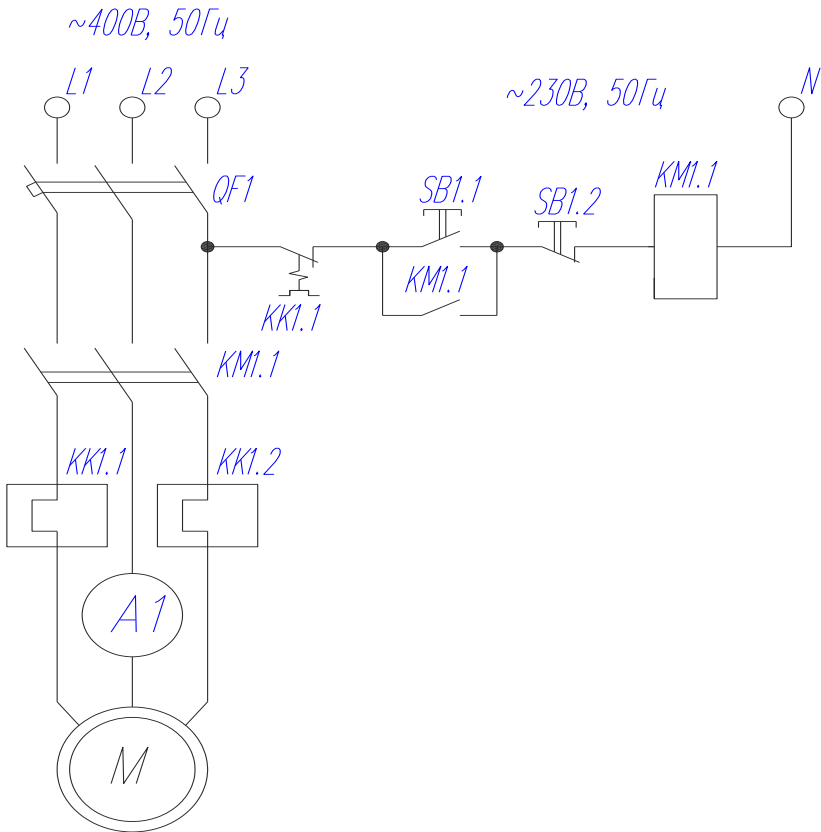


Рис. 5.1. Схема электрическая принципиальная реверса АД

Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы двигателя переменного тока?
2. В чем преимущества двигателей переменного тока по сравнению с двигателями постоянного тока?
3. Каково основное отличие характеристик двигателей переменного тока от двигателей постоянного тока?

Лабораторная работа № 6

ИСПЫТАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Цель работы: изучить назначение и устройство трансформатора и изучить методику испытания трансформатора после ремонта.

Приборы и инструмент: отвертка, тестер.

Краткие теоретические требования

В процессе эксплуатации трансформаторов они требуют периодического обслуживания. Для сухих трансформаторов ввиду простоты их конструкции обслуживание заключается в удалении пыли с клеммных колодок и проверке состояния контактов. Обязательным является проверка сопротивления изоляции обмоток между ними и каждой обмоткой и корпусом, так как изоляция обмоток трансформаторов относительно легко подвергается изменениям под влиянием температуры, влажности, загрязнения и т. д. Происходит старение изоляции, что отрицательно влияет на ее качество, электрическую прочность. По этой причине контроль за ее качеством должен быть периодическим.

Согласно ПУЭ измерение сопротивления изоляции силовых и осветительных электроустановок, работающих при номинальном напряжении 127–660 В, производят мегаомметром с напряжением 1000 В, [1]. Допустимые нормы сопротивления изоляции трансформаторов указывают в технических условиях или ГОСТах. Для электрических машин напряжением до 1000 В сопротивление изоляции обмоток должно составлять не более 0,5 МОм. Сопротивление изоляции обмоток измеряют между отдельными обмотками, а также между каждой обмоткой и корпусом электрической машины.

Трансформаторы прошедшие ремонт должны быть подвергнуты тщательной проверке на сопротивление изоляции и соответствие паспортным данным. Замер сопротивления изоляции проводится при отключенных первичных и вторичных цепях, а проверка рабочих параметров исследуется в опытах холостого хода и при работе под нагрузкой. Отклонения от паспортных значений не должны быть значительными [12].

План выполнения работы

В работе исследуется однофазный силовой трансформатор Т2. При выключенном стенде, с помощью измерительных приборов производится замер сопротивлений обмоток трансформатора и сопротивление изоляции этих обмоток. Эти значения сравниваются с паспортными данными. Затем собирается схема рис. 6.1 и включается трансформатор. На холостом ходу и при номинальной нагрузке определяются напряжения и токи в первичной и вторичной обмотках и сравниваются с паспортными данными. При необходимости строится нагрузочная характеристика трансформатора.

Подключение ваттметра схемы рис. 6.1–6.3 собрать по монтажной схеме рис. 6.4. Проверить правильность монтажа при помощи тестера. Перед подключением стенда к сети вывести регулятор ЛАТРа в положение, соответствующее минимальному выходному напряжению. После проверки схемы преподавателем запитать стенд от сети и подать в схему напряжение (поочередно включить сетевой выключатель стенда, затем автомат QF1). Запитать стенд и плавно увеличивая напряжение на выходе ЛАТРа установить его величину, соответствующую номинальному. Снять показания приборов.

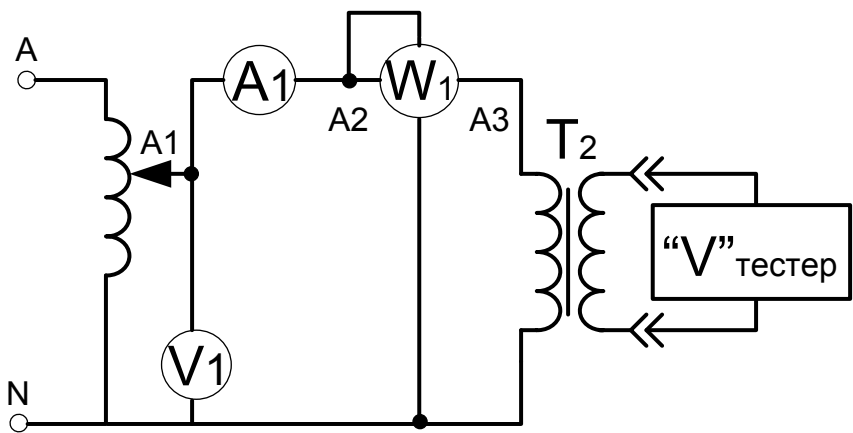


Рис. 6.1. Схема исследования силового трансформатора на холостом ходу

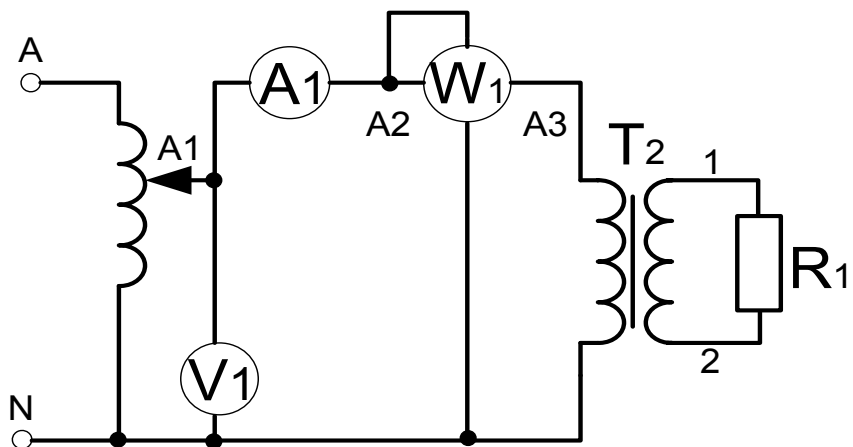


Рис. 6.2. Схема исследования силового трансформатора под нагрузкой (первичная обмотка)

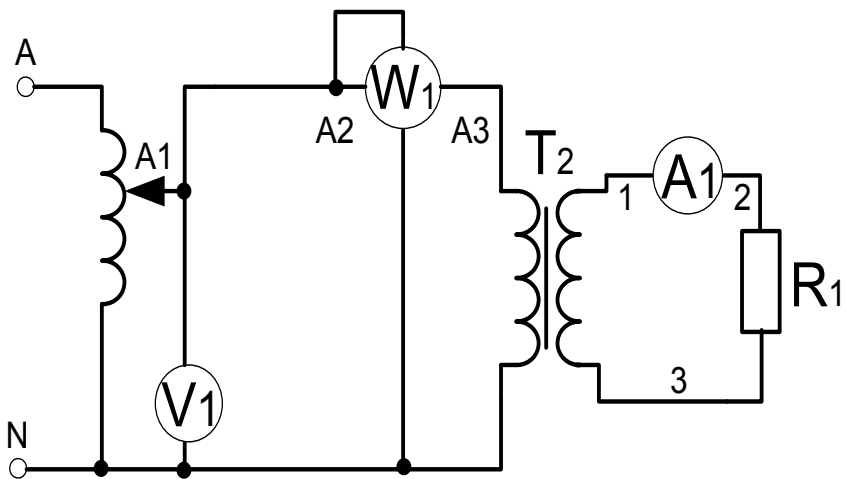


Рис. 6.3. Схема исследования силового трансформатора под нагрузкой (вторичная обмотка)

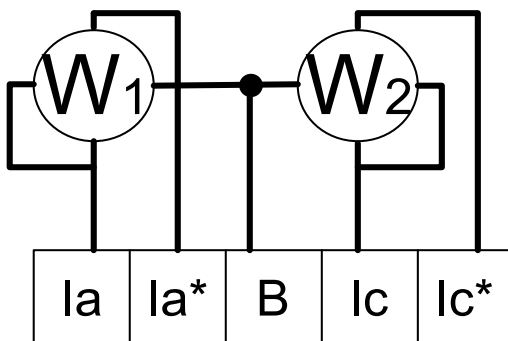


Рис. 6.4. Монтажная схема подключения ваттметра

Таблица 6.1

Параметры исследования трансформатора

Режимы работы	$U_n, В$	$I, А$	$P, Вт$
Опыт х.х			
1-я обмотка под нагрузкой			
2-я обмотка под нагрузкой			

Контрольные вопросы

1. Какие параметры трансформатора подлежат проверке после ремонта?
2. В каких режимах следует проверять трансформатор?

Лабораторная работа № 7

НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЕ СХЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Цель работы: приобретение практических навыков работы с приборами учета электрической энергии различных типов и конструкций.

Приборы и инструмент: отвертка, тестер.

Краткие теоретические требования

Учет энергии на промышленном предприятии позволяет получить информацию о количественных и качественных показателях энергохозяйства предприятия, необходимую для решения следующих задач, [6]:

– автоматизированный коммерческий и технический учет электроэнергии, технической, теплофикационной, питьевой воды, пара, сжатого воздуха, природного и технического газов, нефтепродуктов, всех видов вторичных энергоресурсов по предприятию в целом;

– контроль энергопотребления относительно установленных норм расхода и ограничений по безопасности энергоснабжения;

– фиксация и сигнализация отклонений контролируемых параметров энергоучета;

– прогнозирование параметров энергоучета для планирования энергопотребления и автоматическое управление им, в том числе посредством потребителей-регуляторов;

– обеспечение внутреннего хозрасчета по энергоресурсам между цехами и подразделениями предприятия и его расчета с субабонентами;

– определение, анализ и планирование себестоимости различных видов выпускаемой продукции.

Учет электроэнергии на промышленных предприятиях подразделяется на расчетный (коммерческий) и технический (контрольный) [8].

Расчетный учет электроэнергии предназначен для учета выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее, [6].

Технический учет предназначен для контроля расхода электроэнергии внутри предприятий. Для предприятия следует предусматривать возможность установки стационарных или переносных счетчиков с целью контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, линиями и агрегатами для определения расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции. Приборы технического учета находятся в ведении самих потребителей. Для их установки и снятия разрешения электроснабжающей организации не требуется.

Рассмотрим внедряемые повсеместно на объектах промышленного и коммунально-бытового сектора схемы построения АСКУЭ на базе устройств сбора передачи данных (УСПД). Так при значительной территориальной разбросанности объектов учета и невозможности использования проводных средств связи используется передача информации по каналу сотовой связи с использованием GSM модема. В тех случаях, когда нет возможности использовать радиосвязь, более дешевым оказывается применение проводной телефонной линии, через станции АТС по телефонным каналам. Для автоматизации учета внутри предприятия или на объектах коммунального и бытового потребителя, где каналы связи между уровнями АСКУЭ имеют минимальную протяженность, используют варианты непосредственного подключения УСПД к ПВЭМ по физическим линиям интерфейса RS-485, RS-232 с вариантами подключения к модемам, [8]. В качестве иллюстрации одной из перечисленных выше структур АСКУЭ, приведем схему учета электроэнергии на промышленном предприятии по линии интерфейса RS-485 и RS-232, рис. 7.1.

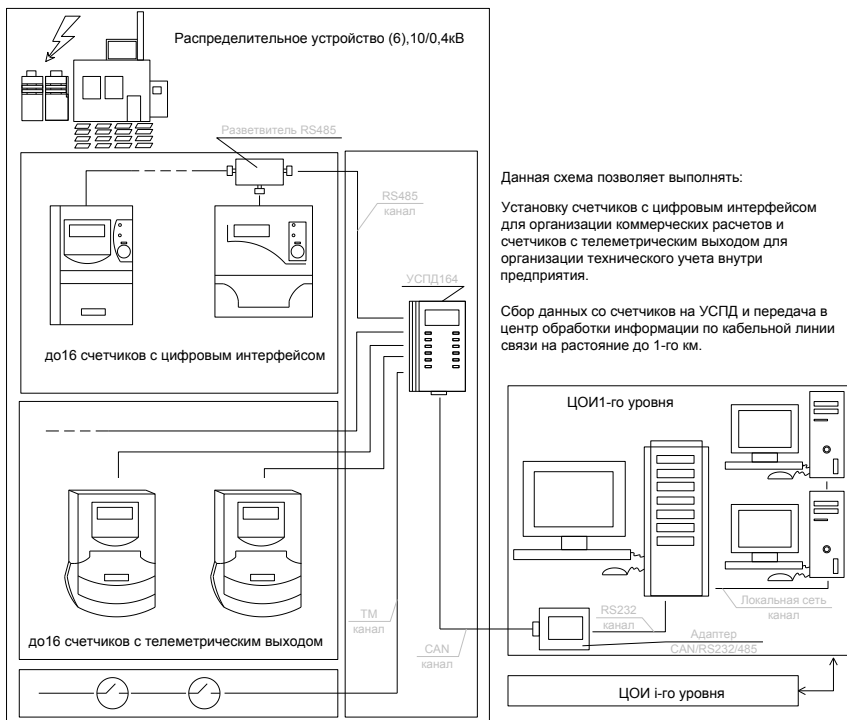


Рис. 7.1. Сбор данных от счетчиков с цифровым интерфейсом по кабельной линии связи

План выполнения работы

1. Изучить паспорта установленных на стенде счетчиков.
2. Начертить схемы распределенной системы сбора и передачи данных указанных на рис. 7.2, 7.3.
3. Освоить навыки работы с программой Admin Tools предназначенной для конфигурирования, наладки и контроля систем учета.
4. Снять показания счетчиков по нескольким точкам учета и построить график нагрузки на компьютере с последующим занесением в отчет.

5. Провести анализ проделанной работы и дать рекомендации по усовершенствованию лабораторной работы.

6. Ознакомиться с структурной схемой стенда бытового и промышленного учета рис. 7.2, 7.3.

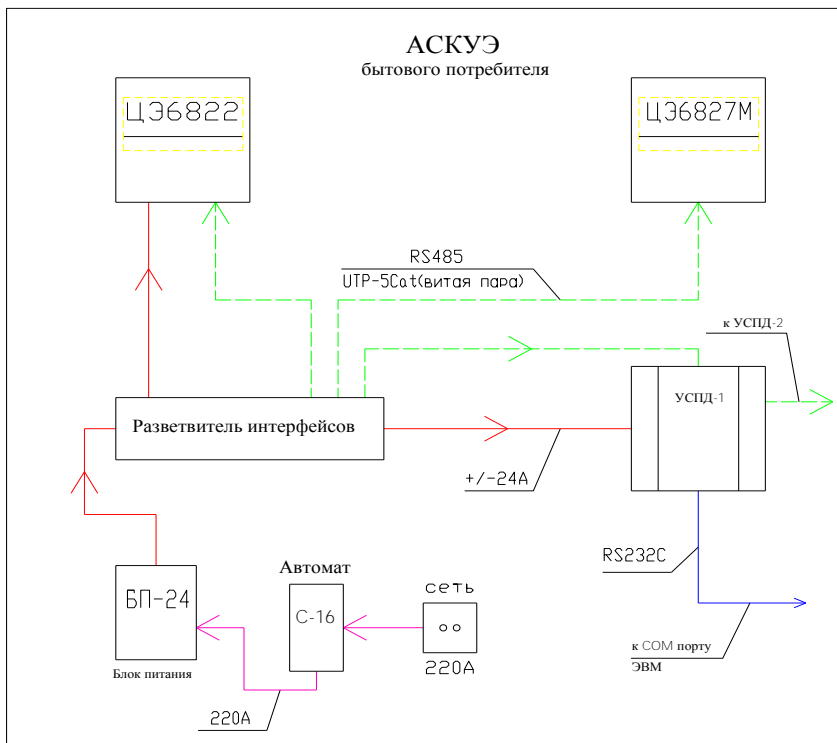


Рис. 7.2. Структурная схема системы учета бытового потребителя

АСКУЭ промышленного потребителя

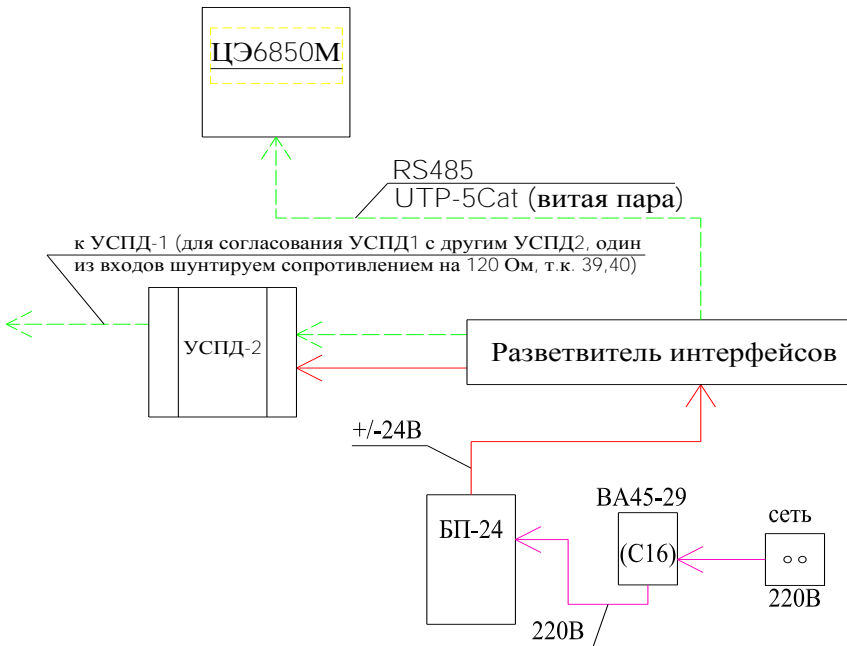


Рис. 7.3. Структурная схема системы учета промышленного потребителя

В настоящее время модель учета электроэнергии представляет собой автоматизированную установку, позволяющую моделировать нагрузку, и осуществлять учет электроэнергии с помощью цифрового счетчика по различным сечениям. Структурная схема лабораторной установки дана на рис. 7.2, 7.3. Как правило, система сбора данных состоит из следующих основных элементов:

– УСПД (устройство сбора и передачи данных), является в своем роде промышленным компьютером, который следит за процессом сбора информации от счетчиков установленных в местах учета и связанных по 485 интерфейсу. В его функции входит также хранение информации в собственной БД (базе данных) за различные интервалы времени;

– счетчик цифровой, в данном случае ЦЭ6850М. Предназначен для измерения активной, реактивной, электрической энергии (P, Q и S), энергии потерь, частоты напряжения, угла сдвига фаз, среднеквадратического значения U-я, силы тока, в 3-х фазных четырехпроводных цепях переменного тока и организации многотарифного учета электроэнергии;

– разветвитель интерфейсов позволяет размножить контактную группу приборов АСКУЭ, обеспечивая подключение значительного количества счетчиков и УСПД, а также разделяет выводы интерфейсных подключений счетчика и УСПД с цепями питания выше указанных приборов.

Источником является блок питания постоянного напряжения на 24 В для работы УСПД и подпитки его батарейки на случай отключения основного питания. Встроенный элемент питания в УСПД позволяет поддерживать время, синхронизированное с ЭВМ и счетчиком для сохранения информации в БД с заданным интервалом. В случае отключения автономного источника не удастся извлечь данные с БД за необходимый интервал времени и придется снова производить переналадку УСПД, чтобы синхронизировать время, так как при этом все время будут получать нули вместо показаний. Для защиты УСПД, блока питания, используются также УЗО и автоматический выключатель.

В состав моделируемой нагрузки данного стенда входят АД. Состав которых изменяется посредством переключателей SAN1–SAN3. Счетчики обычно устанавливаются в счетках ВРУ сетей до 1кВ и в релейной части отсеков КРУ или КСО 6–10 кВ, также могут комплектоваться в отдельных щитах учета. Счетчики могут быть как непосредственного подключения, так и трансформаторного. При этом на входе счетчик должен комплектоваться аппаратом защиты.

Схема электрическая принципиальная учета электроэнергии изображена на рис. 7.4.

Правильность сборки схемы бытового и промышленного учета проверить по монтажным схемам рис. 7.5, 7.6.

АСКУЭ коммерческого или комплексного учета потребителя

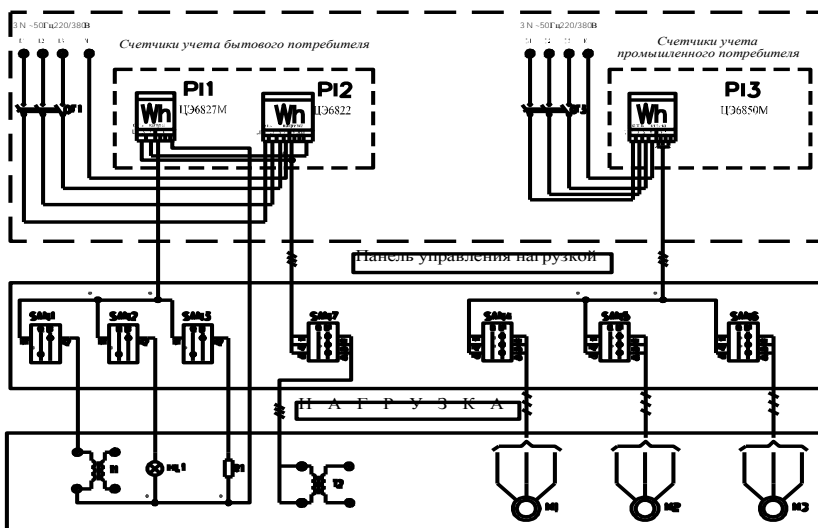


Рис. 7.4. Схема электрическая принципиальная подключения стенда

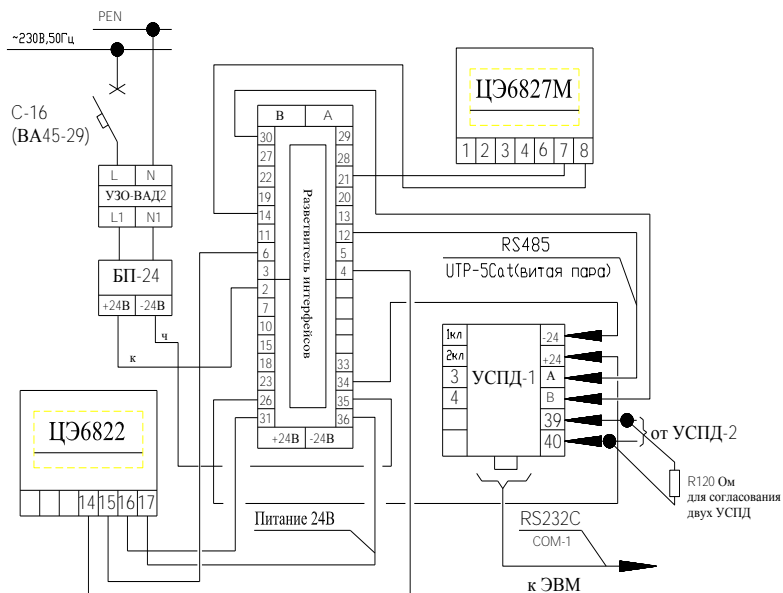


Рис. 7.5. Монтажная схема учета бытового потребителя лабораторного стенда

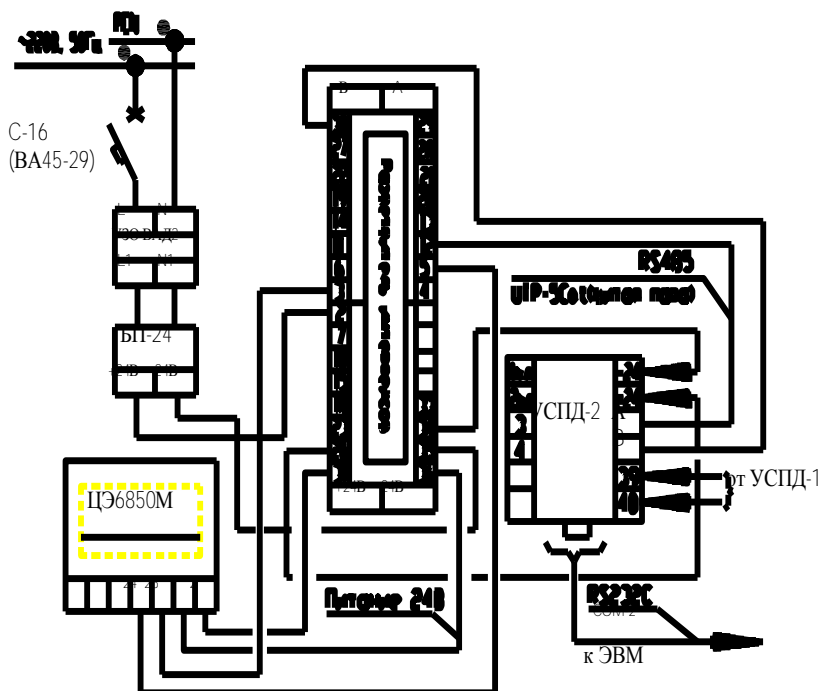


Рис. 7.6. Монтажная схема учета промышленного потребителя лабораторного стенда

Контрольные вопросы

1. Что понимается под техническим и коммерческим учетом?
2. Счетчики какого класса точности следует использовать при организации коммерческого учета?
3. Требуется ли установка отдельного счетчика у потребителя имеющего нагревательную нагрузку?

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Цель работы: получить навыки в определении мест и видов повреждений кабельных линий.

Приборы и инструмент: тестер, комплект штеккеров, датчик для поиска обрывов в кабелях.

Краткие теоретические требования

Выбору метода определения зоны повреждения кабелей предшествует выяснение характера повреждений, определяемых путем измерений мегаомметром на 1000–2500 В. При этом измеряют сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы относительно земли, сопротивление изоляции между каждой парой токоведущих жил, проверяют целостность токоведущих жил. Для обнаружения обрыва жил испытание следует проводить с обоих концов, закорачивая все три фазы на конце, противоположном подключению мегаомметра, [10]. При наличии короткого замыкания определяют переходное сопротивление. Если оно в месте повреждения велико (более 5 МОм), а кабель не выдержал испытания, то для более точного определения места неисправности производят прожигание кабеля. Прожигание кабелей производят как на постоянном токе от специальных установок, так и на переменном токе от трехфазных повышающих трансформаторов. Целью прожигания кабелей является создание переходного сопротивления определенного значения в месте повреждения кабеля.

Выбор метода отыскания мест повреждения кабелей зависит от вида повреждения, пробивного напряжения в месте повреждения и переходного сопротивления. Поиск места повреждения производят обычно в два этапа. На первом этапе

отыскивают зону повреждения, для чего применяют импульсный метод, метод колебательного разряда, емкостный метод и метод петли. На втором этапе определяют точное место повреждения, для чего применяют метод накладной рамы, акустический и индукционный методы [11].

Метод импульсной рефлектометрии – называемый также методом отраженных импульсов или локационным методом, базируется на распространении импульсных сигналов в 2- и многопроводных системах линиях и кабелях.

Приборы, реализующие указанный метод, называются импульсными рефлектометрами.

Сущность метода импульсной рефлектометрии заключается в выполнении следующих операций:

1. Зондировании кабеля (двухпроводной линии) импульсами напряжения.
2. приеме импульсов, отраженных от места повреждения и неоднородностей волнового сопротивления.
3. Выделении отражений от места повреждений на фоне помех (случайных и отражений от неоднородностей линий).
4. Определении расстояния до повреждения по временной задержке отраженного импульса относительно зондирующего.

Упрощенная структурная схема импульсного рефлектометра приведена на рис. 8.2.

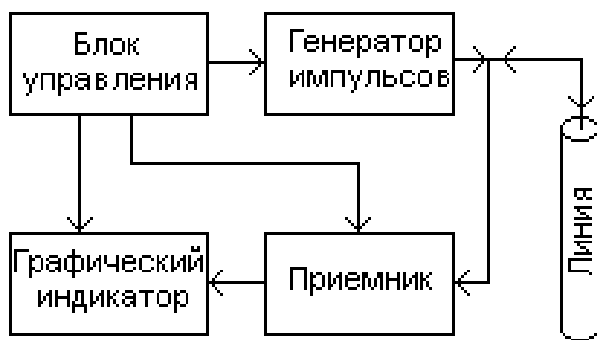


Рис. 8.2. Структурная схема импульсного рефлектометра

С генератора импульсов зондирующие импульсы подаются в линию. Отраженные импульсы поступают с линии в приемник, в котором производятся необходимые преобразования над ними. С выхода приемника преобразованные сигналы поступают на графический индикатор. Все блоки импульсного рефлектометра функционируют по сигналам блока управления. На графическом индикаторе рефлектометра воспроизводится рефлектограмма линии – реакция линии на зондирующий импульс. Образование рефлектограммы линии легко проследить по диаграмме, приведенной на рис. 8.3 ниже. Здесь осью ординат является ось расстояния, а осью абсцисс – ось времени.

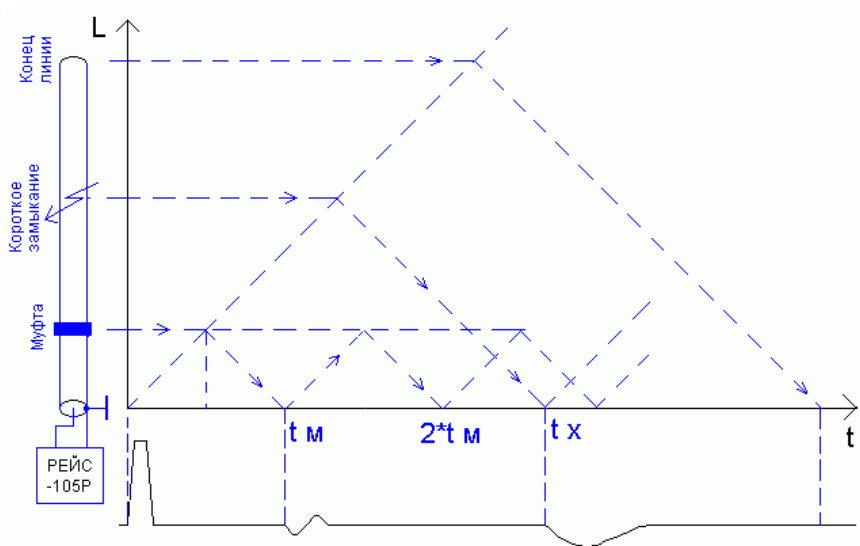


Рис. 8.2. Рефлектограмма кабельной линии

В левой части рисунка показана кабельная линия с муфтой и коротким замыканием, а в нижней части – рефлектограмма этой кабельной линии. Анализируя рефлектограмму линии, оператор получает информацию о наличии или отсутствии в ней повреждений и неоднородностей. Например, по приве-

денной выше рефлектограмме можно сделать несколько выводов:

1. На рефлектограмме кроме зондирующего импульса есть только два отражения: отражение от муфты и отражение от короткого замыкания. Это свидетельствует о хорошей однородности линии от начала до муфты и от муфты до короткого замыкания.

2. Выходное сопротивление рефлектометра согласовано с волновым сопротивлением линии, так как переотраженные сигналы, которые при отсутствии согласования располагаются на двойном расстоянии, отсутствуют.

3. Повреждение имеет вид короткого замыкания, так как отраженный от него сигнал изменил полярность.

4. Короткое замыкание полное, так как после отражения от него других отражений нет.

5. Линия имеет большое затухание, так как амплитуда отражения от короткого замыкания много меньше, чем амплитуда зондирующего сигнала.

Если выходное сопротивление рефлектометра не согласовано с волновым сопротивлением линии, то в моменты времени $2t_m$, $4t_m$ и т. д. будут наблюдаться переотраженные сигналы от муфты, убывающие по амплитуде, а в моменты времени $2t_x$, $4t_x$ и т. д. – переотражения от места короткого замыкания.

Основную сложность и трудоемкость при методе отраженных импульсов представляет выделение отражения от места повреждения на фоне помех.

Метод импульсной рефлектометрии базируется на физическом свойстве бесконечно длинной однородной линии, согласно которому отношение между напряжением и током введенной в линию электромагнитной волны одинаково в любой точке линии. Это соотношение имеет размерность сопротивления и называется волновым сопротивлением линии:

$$R_B = U / I.$$

При использовании метода импульсной рефлектометрии в линию посылают зондирующий импульс и измеряют интервал t_x – время двойного пробега этого импульса до места повреждения (неоднородности волнового сопротивления). Расстояние до места повреждения рассчитывают по выражению

$$l_x = \frac{t_x \times V}{2},$$

где V – скорость распространения импульса в линии.

Отношение амплитуды отраженного импульса U_0 к амплитуде зондирующего импульса U_3 обозначают коэффициентом отражения $K_{отр}$:

$$K_{отр} = \frac{U_0}{U_3} = \frac{R_{B2} - R_{B1}}{R_{B2} + R_{B1}},$$

где R_{B1} – волновое сопротивление линии до места повреждения (неоднородности);

R_{B2} – волновое сопротивление линии в месте повреждения (неоднородности).

Отраженный сигнал появляется в тех местах линии, где волновое сопротивление отклоняется от своего среднего значения: у муфт, у мест изменения сечения жилы, у мест сжатия кабеля, у места обрыва, короткого замыкания и т. д.

Если выходное сопротивление импульсного рефлектометра отличается от волнового сопротивления измеряемой линии, то в месте подключения рефлектометра к линии возникают переотражения.

Переотражения – это отражения от входного сопротивления рефлектометра отраженных сигналов, которые пришли к месту подключения рефлектометра из линии. Выходное и входное сопротивления рефлектометра, как правило, равны между собой.

В зависимости от соотношения входного сопротивления рефлектометра и волнового сопротивления линии изменяется полярность и амплитуда переотражений, которая может оказаться соизмеримой с амплитудой отражений. Поэтому перед измерением рефлектометром обязательно нужно выполнить операцию согласования выходного сопротивления рефлектометра с волновым сопротивлением линии.

Примеры рефлектограммы линии без согласования выходного сопротивления с линией и с согласованием приведены на рис. 8.3.



Рис. 8.3. Рефлектограммы кабельной линии без согласования и с согласованием выходного сопротивления

Импульсный метод – применяют для определения зоны таких неисправностей, как одно-, двух-, или трехфазное короткое замыкание, замыкание жил на землю, обрыва жил [12].

План выполнения работы

Изучить методы определения повреждений в кабельных линиях;

На модели кабельной линии определить характер повреждения с помощью цифрового рефлектометра «Рейс-205» приведенного на рис. 8.4.



Рис. 8.4. Цифровой рефлектометр

Изучить паспорт цифрового рефлектометра «Рейс-205» и по заданию преподавателя определить место повреждения кабельной линии.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы поиска обрывов кабелей?
2. На каком принципе основан индукционный метод поиска обрыва кабеля?
3. В чем суть «заплывающего пробоя»?
4. Что понимается под фазировкой кабеля и какую цель она преследует?
5. Как выявляется место повреждения на кабеле при раскопке?

Учебное издание

**МОНТАЖ, НАЛАДКА
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

Лабораторные работы (практикум)
для студентов специальности
1-43 01 03 «Электроснабжение» (по отраслям)»
специализации 1-43 01 03 01 «Электроснабжение
промышленных предприятий»

С о с т а в и т е л и :
ЛОБУСЬ Александр Николаевич
ГОНЧАР

Редактор М.С. Гарашук
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

Подписано в печать 29.12.2010.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 1,7. Тираж 200. Заказ 748.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.