МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**СЫКТЫВКАРСКИЙ ЛЕСНОЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. М. КИРОВА»**

Кафедра электрификации и механизации сельского хозяйства

***Посвящается 60-летию
высшего профессионального лесного образования
в Республике Коми***

МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Учебное пособие

Утверждено учебно-методическим советом Сыктывкарского лесного института в качестве учебного пособия для студентов направления бакалавриата 110800 «Агроинженерия» и специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

**Сыктывкар
СЛИ
2012**

УДК 621.31: 631
ББК 31.2
М77

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Сыктывкарского лесного института

Составители:
В. А. Кузнецов, старший преподаватель;
Ф. Ф. Асадуллин, доктор физико-математических наук, доцент

Ответственный редактор:
Л. Л. Ширяева, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Рецензенты:
кафедра радиофизики и электроники (Сыктывкарский государственный университет);
Ю. Я. Чукреев, доктор технических наук, профессор (Институт социально-экономических и энергетических проблем Севера Коми НЦ УрО РАН);
Э. А. Денерт, директор филиала ОАО «Межрегиональная распределительная сетевая компания Северо-Запада» «Комиэнерго»

Монтаж электрооборудования и средств автоматизации : учебное
М77 пособие / сост. В. А. Кузнецов, Ф. Ф. Асадуллин ; Сыкт. лесн. ин-т. — Сыктывкар : СЛИ, 2012. — 68 с.
ISBN 978-5-9239-0356-0

Подготовлено для качественного и углубленного изучения дисциплины «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации». Освещены вопросы подготовки и организации электромонтажных работ. Приведены нормативные документы для проведения безопасных и качественных работ монтажных организаций. Рассмотрены способы и приемы выполнения электромонтажных работ.

Предназначено для студентов направления бакалавриата 110800 «Агроинженерия» и специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства».

УДК 621.31: 631
ББК 31.2

Темплан 2010/11 учеб. г. Изд. № 128.

* * *

Учебное издание

МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Составители: **Кузнецов** Виктор Андреевич, **Асадуллин** Фанур Фаритович

Сан.-эпид. заключение № 11.РЦ.09.953.П.000015.01.09

Подписано в печать 17.05.12. Формат 60 × 90 1/16. Уч.-изд. л. 4,7. Усл. печ. л. 4,2. Тираж 40. Заказ № 682.

Сыктывкарский лесной институт — филиал государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия имени С. М. Кирова» (СЛИ)
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39. institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Редакционно-издательский отдел СЛИ. Отпечатано в СЛИ

ISBN 978-5-9239-0356-0

© Кузнецов В. А., Асадуллин Ф. Ф., составление, 2012
© СЛИ, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ 5
1.1. Нормативно-техническая документация 5
1.2. Классификация электроустановок, помещений и электрооборудования 10
1.3. Устройство защитного отключения как основной вид защиты человека от действия тока 12
1.4. Мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках 16
1.5. Командированный персонал 17
Контрольные вопросы 18

ГЛАВА 2. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 19
2.1. Мероприятия при сдаче кабельной линии 19
2.2. Кабельная продукция 20
2.3. Предмонтажная подготовка 23
2.4. Способы прокладки кабеля 24
2.5. Кабельные муфты и концевые заделки 25
Контрольные вопросы 28

ГЛАВА 3. МОНТАЖ ПОДСТАНЦИЙ 29
3.1. Требования к системам энергоснабжения 29
3.2. Комплексные трансформаторные подстанции 30
Контрольные вопросы 35

ГЛАВА 4. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 36
4.1. Воздушные линии электропередач 36
4.2. Проведение электромонтажных работ на объектах строительства 39
4.3. Особенности монтажа ВЛ с СИП 40
Контрольные вопросы 41

ГЛАВА 5. МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК 42
5.1. Источники оптического излучения их устройства, схемы 42
5.2. Общие требования к освещению 45
5.3. Монтаж уличного освещения 47
Контрольные вопросы 50

ГЛАВА 6. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ 51
6.1. Трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока 51
6.2. Построение механических характеристик асинхронного электродвигателя 52
6.3. Обозначение и определение обмоток асинхронного двигателя 55
6.4. Подключение трехфазного асинхронного двигателя по системе TN–C–S 56
Контрольные вопросы 59

ГЛАВА 7. МОНТАЖ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ 60
7.1. Работа системы защиты 60
7.2. Назначение релейной защиты 61
7.3. Измерительные трансформаторы 62
7.4. Правила монтажа релейной защиты и учета электрической энергии относительно нормативных документов 65
Контрольные вопросы 66

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 67

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 68

ВВЕДЕНИЕ

Электромонтажные работы представляют собой сложный комплекс разнообразных трудовых операций, который требует особого внимания, высокой ответственности, профессионализма, так как включает в себя весьма обширный перечень работ, связанных с энергообеспечением. Это проектирование и монтаж систем электроснабжения, электросиловых и электроосветительных установок, монтаж и прокладка электропроводки и линий электропередач и др.

В нормативных документах с 2002 г. («Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), 7-е изд.) произошли большие изменения. Все вновь строящиеся и реконструируемые объекты до 1000 В должны быть оснащены устройством защитного отключения (УЗО), который можно поставить только в системе TN–S или TN–C–S. В связи с этим изменились схемы ввода с четырехпроводной системы на пятипроводную, а также схемы освещения, электропривода и автоматики.

Согласно ПУЭ, изменения касаются и вновь строящихся и реконструируемых воздушных линий до 20 кВ, которые теперь должны выполняться с защитной изолирующей оболочкой — защитными проводами (ВЛЗ).

Произошли изменения в кабельной продукции, появились компактные комплектные трансформаторные подстанции (КТП) на 6 и 10 кВ, отечественный провод СИП (самонесущий изолированный провод) от 1 кВ по напряжению до 20 кВ. Разработан и применен в производстве поливинилхлоридный пластикат (ПВХ), светостабилизированный полиэтилен. Электромагнитные аппараты открыли дорогу электронной аппаратуре и реле. Качественно изменились устройства релейной защиты, средств измерений, приборы учета электроэнергии и вторичных цепей. Разработаны новые комплексные трансформаторные подстанции КТП. Произошло качественное изменение синхронных генераторов.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» и бакалавриата по направлению «Агроинженерия». Пособие дает возможность студентам изучить оборудование и материалы согласно нормативным документам, поможет повысить технический и практический уровень будущего инженера-электрика при монтажных работах.

ГЛАВА 1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫХ РАБОТ

1.1. Нормативно-техническая документация

Наличие и изучение нормативных документов является основной задачей при выполнении электромонтажных работ для специалистов-энергетиков. Для производства безопасных работ при эксплуатации электроустановок применяются «Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» [7], «Межотраслевые правила по охране труда» [9], «Устройство защитного отключения» [11], а также «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ) [10], которые состоят из следующих разделов:

– общие правила;
– передача электроэнергии;
– распределительные устройства и подстанции;
– электрическое освещение;
– электрооборудование специальных установок.

Действующее предприятие на основе нормативных документов издает свои инструкции по охране труда пожарной безопасности, монтажу и эксплуатации электроустановок.

При реконструкции и строительстве новых объектов необходимо:

– подать заявку в СЭС от организации, предприятия на получение технических условий;

– получить подтверждение в Министерстве архитектуры, строительства и коммунального хозяйства Республики Коми на принадлежность объекта организации, предприятию;

– издать приказ о назначении ответственного лица электрохозяйства и его заместителя;

– составить акт разграничения принадлежности питающей организации и организации, предприятия на основании технического условия;

– поручить выполнение проекта организации, имеющей на это право и лицензию;

– согласовать проект с руководствами Энергонадзора; организации, выдающей технические условия; горгаза; водоканала; сетей связи; ГИБДД (при прокладке кабеля по чужим территориям); кабельного хозяйства.

Директор или главный инженер организации, выдавшей технические условия, после всех согласований подписывает разрешение на проведение монтажных работ.

После согласования проекта и однолинейных схем составляется проектно-сметная документация для закупки оборудования, механизмов и материалов.

В техническую документацию электроустановок каждого потребителя электроэнергии включена проектно-техническая документация, содержащая:

1) генплан;
2) технические паспорта электрооборудования (ЭО);

3) акты:

– испытаний и наладки ЭО;

– приемки скрытых работ;

– разграничения балансной принадлежности;

4) протоколы измерений, проверки устройств заземления;

5) сертификаты на оборудование и материалы;

6) проект (однолинейные схемы);

7) список работников:

– имеющих право выполнять оперативные переключения, вести оперативные переговоры, проводить единоличный осмотр электроустановок (ЭУ), выдавать наряды, отдавать распоряжения;

– имеющих право допускающего, ответственного руководителя работ, производителя работ, наблюдающего;

– подлежащих проверке знаний на право производства спецработ в ЭУ;

– допущенных к проверке подземных сооружений на загазованность в ЭУ;

8) журналы и бланки установленных образцов:

– журнал дефектов и неполадок на ЭО;

– журнал выдачи и возврата ключей от ЭУ;

– журнал учета работ по нарядам и распоряжениям;

– журнал учета расхода электроэнергии (ЭЭ);

– журнал учета кабеля;

– журнал учета ЭО;

– оперативный журнал;

– журнал релейной защитной аппаратуры и средств телемеханики;

– журнал регистрации инструктажа на рабочем месте;

– журнал по учету противопожарных и противоаварийных тренировок;

– журнал учета проверки знаний норм и правил работы в ЭУ;

– журнал учета присвоения группы;

– комплект бланков нарядов-допусков;

– бланки переключений;

– журнал учета и содержания средств защиты (СЗ) в ЭУ;

9) инструкции:

– инструкции правил пожарной безопасности (ППБ);

– инструкция по охране труда (ОТ) и техники безопасности (ТБ) на рабочем месте;

– должностные инструкции по каждому рабочему месту;

– инструкции по эксплуатации и обслуживанию ЭО;

– инструкции по предотвращению и ликвидации аварий в ЭУ;

– инструкцию по выключению переключений без распоряжения;

– инструкция по учету ЭЭ и ее экономии.

Для успешного и качественного проведения монтажных работ необходимо уметь читать и выполнять схемы.

Рассмотрим структурные, функциональные, принципиальные схемы.

– *Структурная схема* показывает основные функциональные части устройства, их назначение и взаимосвязь. Эти схемы используют для ознакомления с устройством. Циф- Цифровое обозначение —

арабская единица 1.

– *Функциональная схема* показывает отдельные процессы, происходящие в цепях устройств (установок). Эти схемы используют при изучении их общего принципа действия. Цифровое обозначение — арабская цифра 2.

– *Принципиальная схема* показывает принцип действия устройства. На этих схемах приводят все элементы и связи между элементами. На схемах соединения (монтажные схемы) изображены связи между элементами устройства и сами элементы (провода, жгуты, трубопроводы), а также места присоединения выводов. Цифровое обозначение — арабская цифра 3.

Электрические схемы обозначаются буквой Э. Например, схема электрическая принципиальная — Э3.

Все электрические элементы имеют свое графическое обозначение (табл. 1).

Таблица 1. Расположение и обозначение основных элементов схем

Обозначение	Наименование
1	*2*
SF	Автоматический выключатель
SB	Кнопка «Стоп»
SB **КМ1**	Кнопка пуска с блок-контактами
КК	Контакты теплового реле
КМ	Катушка магнитного пускателя и контактора
КК	Тепловое реле
M	Электродвигатель
SA	Выключатель

1	*2*
S	УЗО (устройство защитного отключения)
KM	Контактор
EL	Лампа накаливания
Штепсельная розетка открытой установки со степенью защиты от IP 20 до IP 23	
XS	Двухполюсная
XS	Двухполюсная сдвоенная
XS	Двухполюсная сдвоенная с защитным контактом
XS	Трехполюсная сдвоенная с защитным контактом
Штепсельная розетка для скрытой установки со степенью защиты от IP 20 до IP 23	
XS	Двухполюсная
XS	Двухполюсная сдвоенная
XS	Двухполюсная сдвоенная с защитным контактом
XS	Трехполюсная с защитным контактом
Штепсельная розетка со степенью защиты от IP 44 до IP 55	
XS	Двухполюсная
XS	Двухполюсная с защитным контактом

Окончание табл. 1

1	2
XS	Трехполюсная с защитным контактом
HA	Звонок
C	Конденсатор
R	Резистор
Rt	Терморезистор
TA	Трансформатор трехфазный
TA	Трансформатор однофазный
Wh	Счетчик учета электрической энергии, Вт
KWh	Счетчик учета электрической энергии, кВт
SQ	Концевик (концевой выключатель)
SB	Кнопка «Стоп» («грибок»)
EK	Нагревательный элемент

Диаметр окружности статора электрической машины равен 20 мм, ротора — 10 мм, обмотки трансформатора — 10 мм, корпуса полупро-

водниковых приборов — 10—14 мм, лампы накаливания — 6—8 мм.

Размеры прямоугольников при обозначении регистрирующих приборов — 10 × 10 мм, интегрирующих — 14 × 10 мм; катушек электромеханических устройств — 12 × 6 мм; предохранителей и резисторов — 10 × 4 мм, электронагревателей, электротермических устройств и установок — 16 × 16 мм.

Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения. В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники делятся на три категории.

Электроприемники первой категории. Перерыв электроснабжения может повлечь опасность для жизни людей, угрозу безопасности государства, значительный материальный ущерб. Электроприемники первой категории должны иметь два независимых резервирующих источника питания. Перерыв электроснабжения допускается на время автоматического восстановления питания. Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории предусматривается независимое резервирующее питание автономного источника.

Электроприемники второй категории. Перерыв электроснабжения приводит к массовому недоотпуску продукции, простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного числа городских и сельских жителей. Электроприемники второй категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых, взаимно резервирующих источников питания. Перерыв в энергоснабжении для электроприемников второй категории устанавливается на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригадой.

Электроприемники третьей категории. Сюда относятся все оставшиеся электроприемники, не вошедшие под определение первой и второй категорий. Электроснабжение источников третьей категории может быть выполнено от одного источника питания. Перерыв электроснабжения, необходимый для ремонта поврежденного элемента системы, не должен превышать суток.

1.2. Классификация электроустановок, помещений и электрооборудования

Электроустановка — это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии. Электроустановка должна удовлетворять требованиям действующих нормативных документов об охране окружающей природной среды по допустимым уровням шума, вибрации, напряженностей электрического и магнитного полей, электромагнитной совместимости.

Электроустановки по условиям электробезопасности делятся на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

Открытые, или наружные, электроустановки, не защищены зданием от атмосферных воздействий. Электроустановки, закрытые навесами, сетчатыми ограждениями, рассматриваются как наружные.

Закрытые, или внутренние, электроустановки — это электроустановки, размещенные внутри здания, защищающего их от атмосферных воздействий.

Электропомещения — помещения или отгороженные (например, сетками) части помещения, в которых расположено электрооборудование, доступное только для квалифицированного обслуживающего персонала.

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

– помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность (сухие помещения — помещения, в которых относительная влажность воздуха не превышает 60 %; влажные помещения — помещения, в которых относительная влажность воздуха более 60 %, но не превышает 75 %);

– помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- сырость или токопроводящая пыль (сырые или пыльные помещения);
- токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные);
- высокая температура (жаркие помещения);
- возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой стороны;

– особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особая сырость (особо сырые помещения);
- химически активная или органическая среда (помещения с химически активной или органической средой);
- одновременно два или более условия повышенной опасности (сырые помещения, металлические полы).

Территории открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током относят к особо опасным помещениям.

Монтаж и обслуживание электроустановок должен выполнять специально подготовленный персонал, прошедший проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы (должности) и имеющий группу допуска по электробезопасности, предусмотренную действующими правилами охраны труда при эксплуатации электроустановок.

Основные требования к электроустановкам:

1. Электроустановка не должна иметь оголенные токоведущие части.

2. Электроустановка, имеющая вращающиеся детали, должна быть защищена.

3. Электроустановка должна иметь свою расчетную токовую защиту.

4. Электроустановка должна быть заземлена. Заземление не должно превышать:

- линейное напряжение 660 В - фазное напряжение 380 В	2 Ом
- линейное напряжение 380 В - фазное напряжение 220 В	4 Ом
- линейное напряжение 220 В - фазное напряжение 127 В	8 Ом

5. Электроустановка должна быть оснащена *устройством защитного отключения* (УЗО). УЗО — это прибор, защищающий человека от прямого или косвенного прикосновения к токонесущей фазе при номинальном отключающем дифференциальном токе не более 30 мА.

1.3. Устройство защитного отключения как основной вид защиты человека от действия тока

В последние годы в нашей стране внедрение УЗО ведется весьма интенсивно. УЗО оснащаются в обязательном порядке все вновь строящиеся и реконструируемые жилые здания. При эксплуатации электроприборов и электроинструментов в особо опасных помещениях действует требование обязательного применения УЗО. Мобильные здания из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения, не оснащенные УЗО, к эксплуатации не допускаются. УЗО применяется для комплектации вводно-распределительных устройств (ВРУ), распределительных щитов (РЩ), групповых щитков (квартирных и этажных), а также для защиты отдельных потребителей электроэнергии.

УЗО достаточно широко используется в электроустановках:

– промышленных предприятий по производству и распределению электроэнергии, железнодорожных предприятий, горной, нефтедобывающей, сталеплавильной, химической промышленности, взрывоопасного производства;

– общественных зданий — детских дошкольных учреждений, школ, профессионально-технических, средних, специальных и высших учебных заведений, гостиниц, медицинских учреждений, больниц, санаториев, мотелей, библиотек, крытых и открытых спортивных и физкультурно-оздоровительных учреждений, саун, театров, клубов, кинотеатров, магазинов, предприятий общественного питания и бытового обслуживания, торговых павильонов и киосков;

– жилых зданий — индивидуальных и многоквартирных, коттеджей, дач, садовых домиков, общежитий, бытовых помещений;

– административных зданий, производственных помещений — мастерских, АЗС, автомоек, ангаров, гаражей, складских помещений.

Первое устройство защитного отключения было запатентовано германской фирмой RWE (Rheinisch — Westfalisches Elektrizitatswerk AG) в 1928 г. (DRP № 552678 от 08.04.28).

Принципы токовой дифференциальной защиты, ранее применявшейся для защиты оборудования — генераторов, линий, трансформаторов, был применен для защиты человека от поражения электрическим током. В 1937 г. впервые действующее устройство на базе дифференциального трансформатора и поляризованного реле, имевшее чувствительность 0,01 А и быстродействие 0,1 с, испытали на человеке. Эксперимент закончился благополучно, устройство четко сработало, человек испытал лишь слабый удар электрическим током, но от дальнейших опытов отказался.

Функционально УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке (рис. 1).

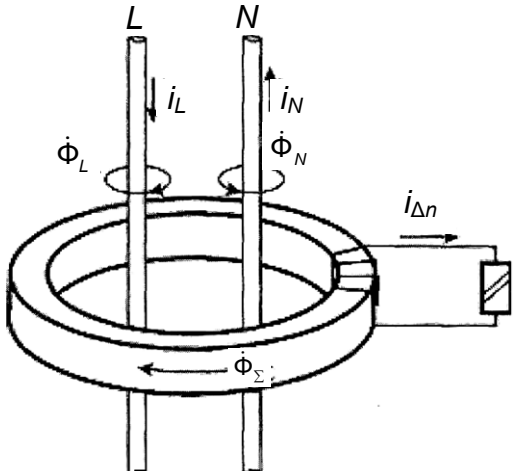

Рис. 1. Дифференциальный трансформатор тока

Суммарный магнитный поток в сердечнике $\dot{\Phi}_\Sigma$, пропорциональный разности токов в проводниках i_L и i_N, являющихся первичными обмотками трансформатора, наводит во вторичной обмотке трансформатора тока соответствующую ЭДС, под действием которой в цепи вторичной обмотки протекает ток $i_{\Delta bm}$, также пропорциональный разности первичных токов.

Следует отметить, что к магнитному сердечнику трансформатора тока электромеханического УЗО предъявляются чрезвычайно высокие требования по качеству: высокая чувствительность, линейность характеристики намагничивания, температурная и временная стабильность. Равные токи во встречно включенных обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки $\dot{\Phi}_L$ и $\dot{\Phi}_N$. Результирующий магнитный поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю.

В литературе по вопросам конструирования и применения УЗО этот трансформатор иногда называют трансформатором тока нулевой последовательности (ТТНП).

В США разработка УЗО шла по пути создания электронных устройств. В 1961 г. было испытано трехполюсное УЗО с электронным усилителем, требовавшим питание от сети, с минимальным отключающим

дифференциальным током 18 мА (рис. 2). При прямом или косвенном прикосновении человека к фазе, подключенной через УЗО и автоматический выключатель потребителя, при утечке дифференциального тока 30 мА и более УЗО должно отключить сеть. Во вторичной обмотке дифференциального трансформатора 1 появится ток. Усиленный ток в электронном усилителе 2 поступает в блок управления 5. Блок управления дает команду, и удерживающее реле 4 отключает сеть.

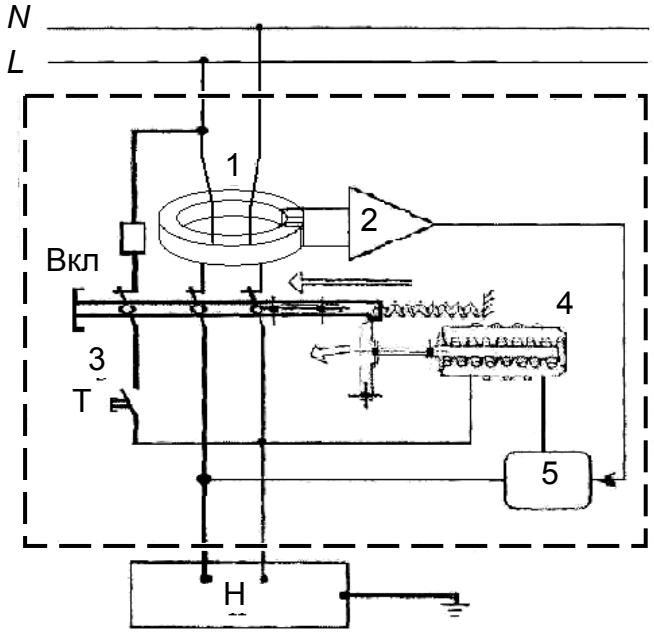

Рис. 2. «Электронное» УЗО с функцией отключения сети:
1 — дифференциальный трансформатор тока; 2 — электронный усилитель;
3 — тестовая сеть; 4 — удерживающее реле; 5 — блок управления;
Т — кнопка «Тест»; Н — нагрузка

Потребитель должен получить от производителя сертификат соответствия и сертификат пожарной безопасности на устройства, без которых применение УЗО, согласно действующим стандартам, не допустимо. В настоящее время параметры УЗО нормируются следующими стандартами: ГОСТ Р 50807-95, ГОСТ 51326.1-99 и ГОСТ Р 51327.1-99.

Номинальное напряжение U_n — действующее значение напряжения, при котором обеспечивается работоспособность УЗО: U_n = 220, 380 В.

Номинальный ток I_n — значение тока, которое УЗО может пропускать в продолжительном режиме работы: I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125 А.

Номинальный отключающий дифференциальный ток $i_{\Delta n}$ — значение дифференциального тока, которое вызывает отключение УЗО при заданных условиях эксплуатации: $i_{\Delta n}$ = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5 А.

У пожарных УЗО, отключающий дифференциальный ток: $i_{\Delta n}$ = 0,3; 0,5 А.

В 1960—1970 гг. во всем мире, в первую очередь в странах Западной Европы, Японии и США, началось активное внедрение УЗО в широ-

кую практику. Результатом этих мероприятий явилось отмеченное официальной статистикой во всех странах резкое (на порядок и более) снижение электротравматизма.

В 70-х годах в нашей стране активно велись научно-исследовательские, экспериментальные и опытно-конструкторские работы по созданию и внедрению в широкую практику УЗО. На нескольких предприятиях было освоено производство УЗО, к сожалению, в малых объемах. При реконструкции гостиницы «Россия» после печально известного пожара все гостиничные номера были оборудованы отечественными УЗО, изготовленными по специальному заказу одним из оборонных предприятий.

По ПУЭ [10], все вновь строящиеся и реконструируемые объекты и электроустановки должны быть оснащены УЗО, в связи с чем и дана классификация электроустановок в отношении применяемых систем заземления, соответствующая стандарту. В электроустановках напряжением до 1 кВ приняты следующие обозначения:

– система TN — система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземленной нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

– система TN–C — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем протяжении (рис. 3). В системе TN–C УЗО работать не будет;

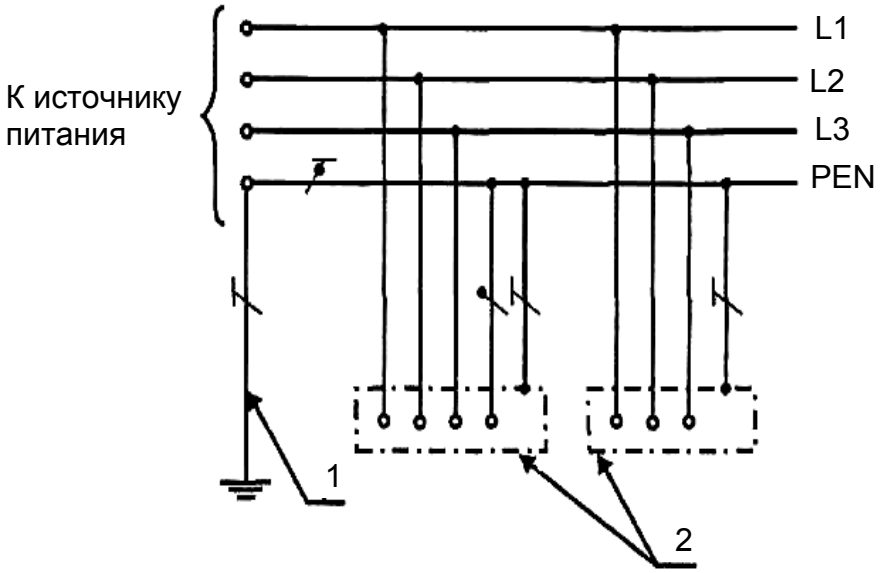

Рис. 3. Система TN–C переменного тока:
1 — заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания;
2 — открытые проводящие части

– система TN–S — система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем протяжении (рис. 4). В системе TN–S УЗО работать будет, поэтому систему TN–C переводят в систему TN–C–S;

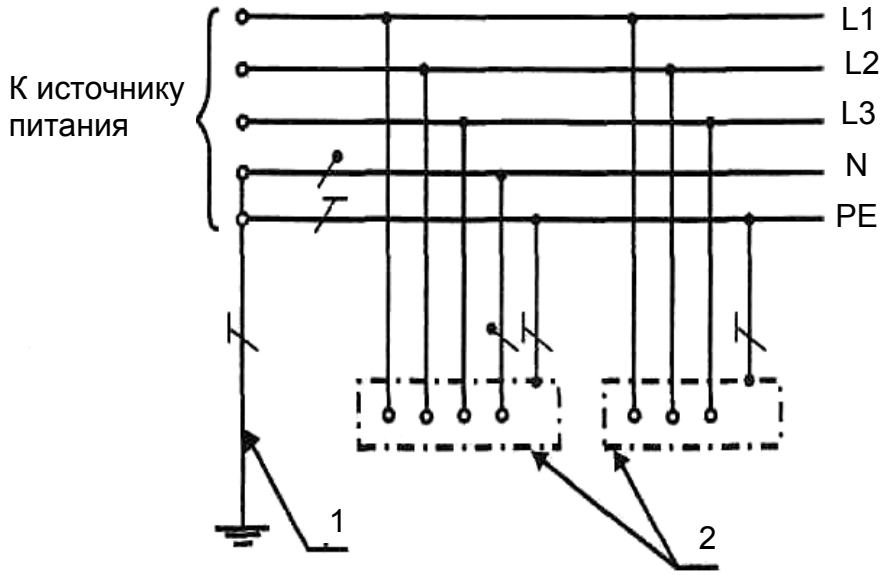

Рис. 4. Система TN–S переменного тока:
1 — заземлитель нейтрали источника переменного тока;
2 — открытые проводящие части

– система TN–C–S — система TN, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике и в какой-то ее части, начиная от источника питания, нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем ее протяжении (рис. 5). На этом участке УЗО будет работать.

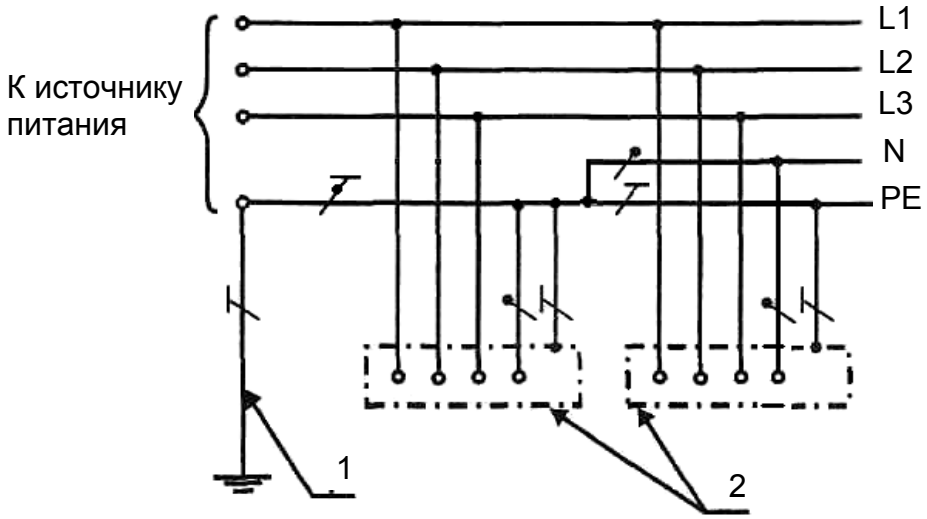

Рис. 5. Система TN–C–S переменного тока:
1 — заземлитель нейтрали источника переменного тока;
2 — открытые проводящие части

1.4. Мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках

А) Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются: 1) оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; 2) допуск к работе; 3) надзор во время работы; 4) оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

– выдающий наряд;

– отдающий распоряжения;

– утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации:

– ответственный руководитель работ;

– допускающий;

– производитель работ;

– наблюдающий;

– члены бригады.

Б) Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках со снятием напряжения.

Подготовка рабочего места со снятием напряжения выполняется в следующей последовательности:

– Производят необходимые отключения и принимают меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов.

– На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов вывешивают запрещающие плакаты «Не включать! Работают люди» или «Не включать! Работа на линии».

– Проверяют отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током.

– Устанавливают заземление (включают заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, устанавливают переносные заземления).

– Вывешивают указательные плакаты «Заземлено», ограждают при необходимости рабочее место и оставшиеся под напряжением токоведущие части.

1.5. Командированный персонал

При больших объемах монтажных работ привлекается командированный персонал. К *командированному персоналу* относятся работники организаций, направляемые для выполнения работ в действующих, строящихся, технически перевооружаемых, реконструируемых электроустановках, не состоящих в штате организаций — владеющих электроустановками.

Командированному персоналу на право производства работ необходимо иметь:

– разрешение на право производства работ;

– удостоверение установленной формы о проверке знаний норм и правил работы в электроустановках с отметкой о группе допуска, присвоенной комиссией командирующей организации;

– сопроводительное письмо, где указана цель командировки, приведен список работников, которым дано право выдачи наряда, а также ответственный руководитель, производитель работ, члены бригады;

– подтверждение о группе допуска командированных лиц.

По прибытии на место работы командированные лица в обязательном порядке проходят:

– вводный и первичный инструктажи по электробезопасности;

– ознакомление с электрической схемой и особенностями электроустановки, в которой предстоит работать;

– инструктаж по схеме электроснабжения электроустановки.

Инструктажи должны быть оформлены записями в журналах инструктажа с подписью инструктируемого и подписью лица, проводившего инструктаж.

Первичный инструктаж с командированным персоналом должен проводить работник организации (владелец электроустановок из числа административно-технического персонала), имеющего IV группу при проведении работ в электроустановках напряжением до 1000 В и V группу при проведении работ в электроустановках напряжением выше 1000 В.

Предоставление командированным работникам права работы в действующих электроустановках в качестве выдающих наряд, ответственных руководителей и производителей работ, членов бригады может быть оформлено руководителем организации — владельца электроустановки резолюцией на письме командирующей организации или письменным указанием. Работы командированным персоналом в действующих электроустановках проводятся по нарядам и распоряжениям в порядке текущей эксплуатации согласно перечню.

Контрольные вопросы

1. Укажите состав проектной документации на электромонтажные работы.
2. Обоснуйте этапы электротехнического проектирования.
3. Представьте состав рабочих чертежей и предъявляемые к ним требования.
4. Какими бывают помещения по степени опасности поражения людей электрическим током?
5. Докажите, что УЗО является единственным прибором, защищающим человека от прямого и косвенного прикосновения к токонесущей фазе.
6. Обоснуйте работу TN–C, TN–S и TN–C–S систем.
7. Поясните допуск командированного персонала к работам в энергоустановках.

ГЛАВА 2. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Кабельная линия (КЛ) — линия, предназначенная для передачи электроэнергии и состоящая из одного или нескольких параллельных кабелей с элементами соединения и подключения к электрической аппаратуре.

Кабельные линии имеют ряд преимуществ перед воздушными линиями:

– повышенная надежность, а значит, и большой срок службы, так как отсутствует влияние внешних атмосферных воздействий;

– повышенная электробезопасность, что снижает вероятность поражения людей и животных электрическим током в аварийных ситуациях;

– не требуется отвода земель сельхозугодий, так как отсутствуют опоры с неизолированными проводами, не загромождаются улицы населенных пунктов;

– меньшие затраты на эксплуатацию и капитальный ремонт КЛ.

2.1. Мероприятия при сдаче кабельной линии

При монтаже кабельных линий (КЛ) напряжением 0,4—220 кВ должны выполняться следующие мероприятия.

1) При сдаче кабельных линий в эксплуатацию напряжением до 1000 В и выше заказчику должны быть оформлены и переданы следующие технические документы:

– проект кабельной линии, который для КЛ напряжением 110 кВ и выше должен быть согласован с заводом-изготовителем кабелей и эксплуатирующей организацией;

– исполнительные чертежи трассы с указанием мест установки соединительных муфт, выполненных в масштабе 1 : 200 или 1 : 500;

– чертеж профиля КЛ в местах пересечения с дорогами и другими коммуникациями для КЛ напряжением 20 кВ и выше и для особо сложных трасс КЛ на напряжение 6 и 10 кВ;

– акты состояния кабелей на барабанах и, в случае необходимости, протоколы разборки и осмотра образцов (для импортных кабелей разборка обязательна);

– кабельный журнал, инвентарная опись всех элементов КЛ (для КЛ напряжением выше 1000 В);

– акты строительных и скрытых работ с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями;

– акты на монтаж кабельных муфт, приемки траншей, блоков, труб, каналов, туннелей и колодцев, устройств КЛ от электрических коррозий, а также документы по тексту;

– протоколы испытания изоляции КЛ повышенным напряжением после прокладки (для КЛ напряжением выше 1000 В);

– акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием, протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах;

– акты проверки и испытания автоматических стационарных установок пожаротушения и пожарной сигнализации.

2) Открыто проложенные кабели, а также кабельные муфты должны быть снабжены бирками, на бирках кабелей в начале и конце линии должны быть указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии, на бирках соединительных муфт — номер муфты, дата монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды, они должны быть расположены по длине линии, через каждые 50 м на открыто проложенных кабелях, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

3) В кабельных сооружениях и других помещениях должен быть организован систематический контроль за тепловым режимом работы кабелей, температурой воздуха и работой вентиляционных устройств. Температура воздуха внутри кабельных туннелей, каналов и шахт в летнее время должна быть не более чем на 10 ºС выше температуры наружного воздуха.

4) Пробы масла из маслонаполненных кабелей и жидкости из концевых муфт кабелей с пластмассовой изоляцией напряжением 110 кВ и выше должны отбираться перед включением новой линии в работу через 1 год после включения, затем через 3 года и последующие годы — каждые 6 лет.

2.2. Кабельная продукция

Кабельную продукцию в зависимости от конструкции подразделяют на кабели, провода и шнуры.

Кабель — одна или более изолированных жил (проводников), заключенных, как правило, в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх чего в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий покров, в который может входить броня.

Провод — одна неизолированная и более изолированных жил, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься неметаллическая оболочка, обмотка и (или) оплетка волокнистыми материалами или проволокой.

Шнур — две или более изолированных гибких или особо гибких жил сечением до 1,5 мм^2, скрученных или уложенных параллельно, поверх которой в зависимости от условий эксплуатации могут быть наложены неметаллическая оболочка или защитные покрытия.

Основными элементами всех типов кабелей, проводов и шнуров являются токопроводящие жилы, изоляция, экраны, оболочка и наружные покровы. В зависимости от назна- назначения условий эксплуатации

кабелей, проводов, экран и наружные покровы могут отсутствовать.

Разновидности кабелей:

АВВГ, ВВГ — силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция и оболочка из поливинилхлоридного (ПВХ) пластиката, без защитного покрова (рис. 6). Область применения — для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах и блоках.

Рис. 6. Кабель силовой с пластмассовой изоляцией без защитного покрова

$АВВГ_З$, $ВВГ_З$ — то же с заполнением. Область применения — для электроснабжения электроустановок, требующих уплотнения кабелей при вводе. Рекомендуются для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках.

АПВГ, ПВГ — силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция из полиэтилена, оболочка из ПВХ пластиката без защитного покрова. Область применения — для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках.

$АП_ВВГ$, $П_ВВГ$ — то же, изоляция из вулканизированного полиэтилена. Область применения — для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных эстакадах, в блоках.

$АВБ_БШ_В$, $ВБ_БШ_В$ — силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция из ПВХ пластиката, защищенный покров типа $Б_БШ_В$. Область применения — для прокладки в земле (траншеях), помещениях, туннелях, каналах, шахтах (кроме прокладки в блоках), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям, но при наличии опасности механических повреждений в процессе эксплуатации.

АВВБ, ВВБ — силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция и оболочка из ПВХ пластиката, с защитным покровом типа Б. Производится согласно требованиям ТУ 16.ко1-16-96. Область применения — для прокладки в земле (траншеях), если кабель не подвергается значительным растягивающим усилиям.

$АВВГ_{НГ}$, $ВВГ_{НГ}$ — силовой кабель с алюминиевой или медной токопроводящей жилой, изоляция из ПВХ пластиката, оболочка из ПВХ пластиката пониженной горючести. Производится согласно требованиям ТУ 16-705.426-86. Область применения — для прокладки в кабельных сооружениях и помещениях для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках.

$АВБ_БШ_{НГ}$, $ВБ_БШ_{НГ}$ — силовой кабель с алюминиевой или медной то-

копроводящей жилой, изоляция из ПВХ пластиката, бронированный, в шланге из ПВХ пластиката пониженной горючести. Производится согласно требованиям ТУ 16 К71-090-90. Область применения — для прокладки в кабельных сооружениях, помещениях и в сооружениях метрополитена. В пожароопасных и взрывоопасных зонах при отсутствии растягивающих усилий в процессе эксплуатации для АВБ$_Б$Ш$_{НГ}$ исключаются взрывоопасные зоны класса В-1 и В-1а.

К обозначению марок кабелей в тропическом исполнении через дефис добавляют букву «Т», кабелей с однопроволочными жилами — буквы «ОЖ» в скобках, кабелей в плоском исполнении — через дефис букву «П».

Конструкция кабеля

Токопроводящая жила — алюминиевая или медная, одно- или многопроволочная круглой или секторной формы; изоляция — из ПВХ пластиката. В кабелях АПВГ, ПВГ — изоляция из полиэтилена, в кабелях А$_{ПВ}$ВГ, П$_В$ВГ — изоляция из вулканизированного полиэтилена. Изолированные жилы многожильных кабелей имеют отличительную расцветку: изоляция нулевых жил — голубого цвета; изоляция жил заземления — двухцветная (зелено-желтой расцветкой).

Скрутка — изолированные жилы двух-, трех-, четырех- и пятижильных кабелей скручены. Двухжильные кабели имеют жилы одинакового сечения, трех-, четырех- и пятижильные имеют все жилы одинакового сечения или одну жилу меньшего сечения (жила заземления или нулевая).

Заполнение — в кабелях АВВГ$_З$, ВВГ$_З$ из ПВХ пластиката или невулканизированной резиновой смеси.

Поясная изоляция — в кабелях с защитным покровом типа Б$_б$Ш$_в$ выпрессована из ПВХ пластиката или материала изоляции либо другого равноценного материала.

Оболочка — из ПВХ пластиката.

Защитный покров кабеля (рис. 7)

В кабелях АВБ$_Б$Ш$_В$, ВБ$_Б$Ш$_В$, АВБ$_Б$Ш$_{НГ}$ типа Б$_Б$Ш$_В$:

– броня из двух стальных лент, наложенных с перекрытием по спирали;

– защитный шланг выпрессован из ПВХ пластиката.

В кабелях АВВБ, ВВБ типа Б:

– подушка из крепированной бумаги;

– броня из двух стальных лент, наложенных по спирали с перекрытием;

– наружный покров из стеклопряжи, битума, мелкого состава.

В кабелях АВВБГ, ВВБГ типа БГ:

– подушка из крепированной бумаги и битума;

– броня из двух стальных лент с противокоррозионным покрытием.

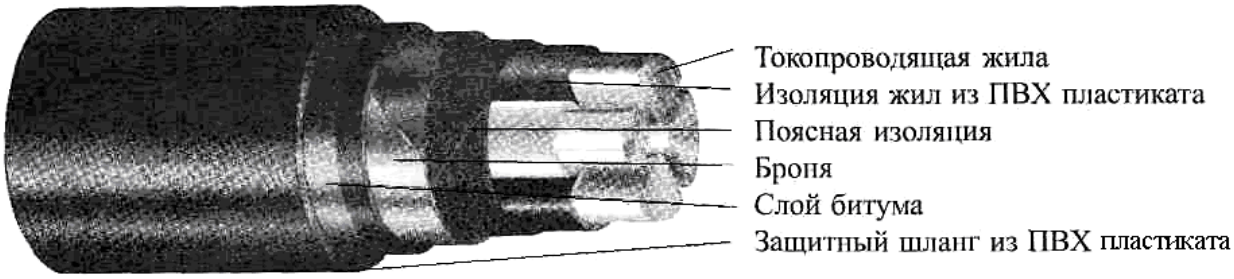

Рис. 7. Кабель силовой с пластмассовой изоляцией с защитным покровом

2.3. Предмонтажная подготовка

При подготовке к монтажу КЛ необходимо изучить следующую документацию:

– пояснительную записку к проекту;

– материалы согласования трассы КЛ с землепользователями, энергоснабжающими и другими организациями;

– план трассы с привязкой КЛ к сооружениям с обозначением пересечений инженерных коммуникаций и глубины их заложения;

– продольный профиль пересечения кабельной линии инженерных коммуникаций (автомобильных и железных дорог, водопроводов) с указанием способов защиты кабелей от механических и других воздействий;

– спецификацию на кабели, соединительные муфты и материалы.

Кабели прокладывают по действующим технологическим правилам. Монтаж КЛ выполняют в две стадии: 1) подготовка трасс и 2) прокладка кабелей с последующим монтажом соединительных муфт, испытанием КЛ и сдачей ее в эксплуатацию.

Выбор трассы

Трассу КЛ выбирают с учетом наименьшего расхода кабеля и обеспечения его сохранности, избегая при этом участков с агрессивными грунтами, содержащими химические вещества, разрушающие стальную броню и оболочку кабеля. По территории сельскохозяйственных предприятий КЛ рекомендуется прокладывать в траншеях, по стенам и в кабельных блоках; по территории поселков — в траншеях по непроезжей части улиц (под тротуарами, газонами) и по дворам.

Кабели до 20 кВ прокладывают на глубину 0,7 м, а при пересечении улиц, шоссейных, железнодорожных путей — на глубину 1 м. Кабельные линии напряжением 6—10 кВ по пахотным землям прокладывают на глубину не менее 1 м, при этом землю над трассой можно использовать под посевы. Уменьшение глубины укладки до 0,5 м допускается при вводе кабелей в здание, а также при пересечении кабельной линией подземных сооружений при условии защиты кабелей от механических повреждений (например, за счет прокладки в трубах). Глубина траншеи должна быть на 0,1 м больше глубины прокладки кабеля. На дне траншеи уст-

раивают «подушку» толщиной не менее 0,1 м из мягкой земли без камней, мусора и шлака. Ширина траншеи по дну для одного кабеля при напряжении до 10 кВ составляет 0,2 м. Расстояние между силовыми кабелями до 10 кВ включительно должно быть не менее 0,1 м.

Несоблюдение расстояний между кабелями вызывает недопустимый их нагрев во время эксплуатации, что может служить причиной выхода кабеля из строя.

Надежная, долговечная эксплуатация кабелей зависит от его качественной прокладки.

2.4. Способы прокладки кабеля

Траншейная прокладка кабеля. Технологический процесс траншейной прокладки кабеля состоит из следующих операций: установки барабана с кабелем на стойки краном, раскатки кабеля равномерно вращением барабана на оси и протяжки кабеля вдоль трассы. Затем укладывают кабель в траншею. Кабель сматывают с барабана сверху, а не снизу. Где допустимо, траншею копают с применением экскаватора-траншеекопателя. При пересечении действующего кабеля запрещено применять механизмы ближе 5 м с одной и другой стороны кабеля, особенно ударные. Траншею копают вручную лопатами. Для удобства соединения кабелей с помощью муфт в местах их установки траншею расширяют до 1,5—2 м. Расстояние между корпусом муфты и ближайшим кабелем должно быть не менее 0,25 м. При вводе кабеля из траншеи в здание или в кабельные сооружения делают запас кабеля 1—1,5 м в виде неполной петли на случай демонтажа концевых муфт и их нового монтажа (запрещается укладывать запас кабеля кольцами). Проложенный в траншее кабель сначала засыпают слоем мягкой земли или песка толщиной не менее 100 мм, поверх которого кладут в один слой поперек трассы красный кирпич (не силикатный) или железобетонные плиты для защиты кабеля от механических повреждений. Для сигнализации о наличии кабеля используют пластмассовую сигнальную ленту, укладываемую на слой мягкой земли или песка на расстоянии 250 мм над кабелем. Затем траншею засыпают вынутой из нее землей или песком, не содержащей камней, строительного мусора, кусков шлака. На подземных КЛ устанавливают охранные зоны по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей.

Бестраншейная прокладка кабелей. Ее применяют для прокладки одиночных бронированных кабелей до 10 кВ со свинцовой или алюминиевой оболочкой на участках открытой местности с помощью ножевых кабелеукладчиков КУ-1505, КУ-К-35, НКУ-1М. Это прогрессивный и экономичный способ прокладки кабелей. При движении кабелеукладчика его нож входит в грунт на глубину 1,2—1,3 м, образуя щель, в которую укладывают кабель. После прохода ножа щель под действием массы грунта закрывается, а кабель остается на глубине 1,0—1,2 м. Защита от механических повреждений не требуется.

Монтаж КЛ следует вести при плюсовой температуре окружающего воздуха. Если необходимо выполнять работы при отрицательной температуре, то кабель прогревают в помещениях с плюсовой температурой.

Соединение кабелей выполняют с помощью муфт. Чаще применяются муфты соединительные и концевые. Работы с муфтами выполняет специально подготовленный электротехнический персонал, используя в своей работе секторные ножницы НС-3, паяльную лампу или горелку, а также нож НКА-1М. Соединение жил выполняют сваркой или пайкой. Для соединения жил применяют гильзы, используя для опрессовки механический пресс либо гидравлический, а также специальные болты.

2.5. Кабельные муфты и концевые заделки

При монтаже КЛ для соединения кабелей применяют соединительные и ответвительные муфты. Для подключения кабелей к электрическим машинам и аппаратам применяют концевые заделки и концевые муфты.

Разновидности и назначение муфт:

– соединительные — для соединения двух кабелей между собой;

– ответвительные — в низковольтных сетях до 1000 В для присоединения ответвления к основной КЛ;

– стопорные — для соединения кабелей с бумажной пропитанной изоляцией для ограничения стекания пропитанной массы верхних участков в нижние при вертикальном или наклонном расположении трассы;

– стопорно-переходные — для соединения кабелей с бумажной изоляцией в общей металлической оболочке с кабелями, жилы которых находятся в отдельных металлических оболочках;

– переходные — для соединения кабелей с различными типами изоляции токоведущих жил.

Маркировка муфт и заделок

Первые буквы обозначают марку арматуры:

– С — муфта соединительная;
– О — муфта ответвительная;
– КВ — концевая муфта или заделка внутренней установки;
– КН — концевая муфта наружной установки;
– КМ — концевая мачтовая муфта наружной установки;
– Ст — стопорная муфта;
– СтП — стопорно-переходная муфта;
– П — переходная муфта;
– К — кожух защитный;
– Кз — кожух защитный подземный;
– Кв — кожух защитный подводный.

Следующие буквы обозначают материал муфты:

– С — свинцовая;
– Л — латунная;

– Э — эпоксидная;
– Ч — чугунная;
– А — алюминиевая и его сплав;
– Б — битумная;
– Р — резиновая;
– В — поливинилхлоридная.

Следующие буквы обозначают конструктивные отличия:
– О — однофазная;
– без обозначения — трехфазная муфта;
– т — трехслойные трубки;
– н — трубки из найритовой резины;
– п — переход внутри заделки жил кабеля на провода;
– з — с заполнителем изоляционным составом для предохранения от влаги окружающей среды;
– м — малогабаритная;
– о — овальная;
– к — круглая;
– сп — с подмоткой из самоклеящихся лент.

Цифровые обозначения показывают диаметры горловин соединительных муфт и кожухов, площадь сечения кабеля и число его жил, напряжение кабеля. Например: КВЛсп — концевая муфта внутренней установки с подмоткой из самоклеющихся лент, муфта трехфазная.

Разделка кабеля и монтаж соединительных муфт. Разделку проводят до монтажа муфты и заделок (рис. 8, 9). Удаляют на определенной длине защитный покров, брони, оболочки, экрана и изоляции кабеля. Их размеры определяются по технической документации муфт и марки кабеля, площади сечения жил кабеля. Резку кабеля осуществляют секторными ножницами типа НС-3. Разделку кабеля начинают с установки бандажей, которые препятствуют раскручиванию покровов кабеля. Бандаж накладывают из мягкой стальной оцинкованной проволоки диаметром 0,8—1,4 мм в 5—6 витков, предварительно подмотав на этот участок смоляную ленту. На броню кабеля на расстоянии 50—70 мм от первого проволочного бандажа накладывают второй бандаж. По внешней кромке второго бандажа бронерезкой или ножовкой с ограничителем глубины реза нарезают верхнюю и нижнюю ленты брони (не более половины их толщины), затем броню разматывают, обламывают и снимают. Далее удаляют «подушку». Битумный состав подогревают огнем паяльной лампы или огнем

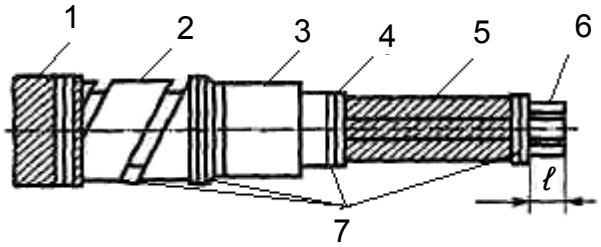

Рис. 8. Разделка кабеля и жил:
1 — защитный покров; 2 — броня;
3 — оболочка; 4 — поясная изоляция;
5 — изоляция жилы; 6 — жила;
7 — бандаж; ℓ — длина жил кабеля,
присоединяемых к контактам
электрооборудования

пропановой горелки. Оболочку кабеля очищают салфеткой, смоченной в подогретом трансформаторном масле до 35—40 ºС.

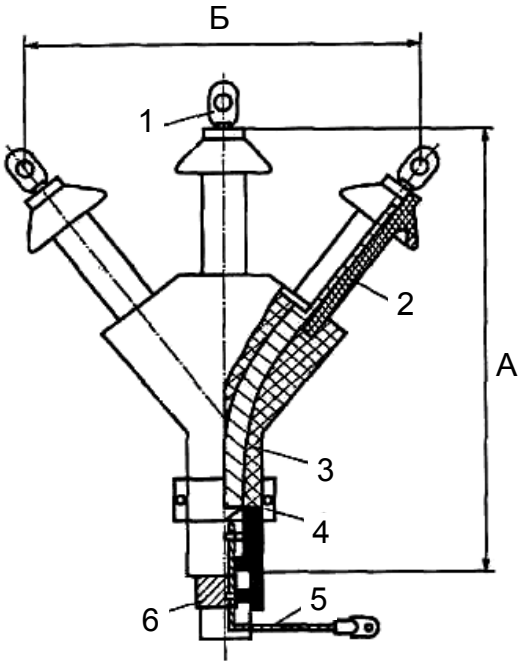

Рис. 9. Концевая эпоксидная муфта на 1 кВ:
1 — наконечники; 2 — проходные изоляторы; 3 — корпус; 4 — скоба;
5 — конец провода заземления; 6 — подмотка; А, Б — габаритные размеры

Оконцевание кабелей. При соединении жил кабелей к контактным выводам электрических устройств их оконцовывают наконечниками, закрепленными на жилах опрессованием, сваркой или пайкой. Соединение жил кабелей в муфтах выполняют в соединительных и ответвительных гильзах опрессованием, сваркой или пайкой.

При прокладке кабеля широкое применение получили соединительные термоусаживающие муфты с болтовыми соединениями марки СТп, предназначенные для соединения силовых кабелей напряжением 1 и 10 кВ (табл. 2).

Таблица 2. Модификации соединительных термоусаживаемых муфт марки СТп в зависимости от типоразмера кабеля и предельных напряжений (ГОСТ 13781.0-86)

Марка муфты	Напряжение в сети	Типоразмер кабеля
1 СТп-1М	До 1 кВ	3 жилы сечением 16, 25 мм
1 СТп-1	До 1 кВ	3 жилы сечением 35, 50 мм
1 СТп-2	До 1 кВ	3 жилы сечением 70, 95, 120 мм
1 СТп-3	До 1 кВ	3 жилы сечением 150, 185, 240 мм
1 СТп-4М	До 1 кВ	4 жилы сечением 16, 25 мм
1 СТп-4	До 1 кВ	4 жилы сечением 35, 50 мм
1 СТп-5	До 1 кВ	4 жилы сечением 70, 95, 120 мм
1 СТп-6	До 1 кВ	4 жилы сечением 150, 185, 240 мм
10 СТп-7М	До 10 кВ	3 жилы сечением 16, 25 мм
10 СТп-7	До 10 кВ	3 жилы сечением 35, 50 мм
10 СТп-8	До 10 кВ	3 жилы сечением 70, 95, 120 мм
10 СТп-9	До 10 кВ	3 жилы сечением 150, 185, 240 мм

Также получили широкое применение концевые термоусаживающие кабельные муфты наружной установки марки КНТп, предназначенные для оконцевания силовых кабелей с бумажной пропитанной и пластмассовой изоляцией на напряжение 1 и 10 кВ (табл. 3).

Таблица 3. Модификация муфт марки КНТп в зависимости от типоразмера кабеля и предельных напряжений (ГОСТ 13781.0.86 и ТУ 197.21-97)

Марка муфты	Напряжение в сети	Типоразмер кабеля
1 КНТп-1М	До 1 кВ	3 жилы сечением 16, 25 мм
1 КНТп-1	До 1 кВ	3 жилы сечением 35, 50, 70, 95 мм
1 КНТп-2	До 1 кВ	3 жилы сечением 120, 150, 185, 240 мм
1 КНТп-3М	До 1 кВ	4 жилы сечением 16, 25 мм
1 КНТп-3	До 1 кВ	4 жилы сечением 35, 50, 70, 95 мм
1 КНТп-4	До 1 кВ	4 жилы сечением 120, 150, 185, 240 мм
10 КНТп-5	До 10 кВ	3 жилы сечением 16, 25, 35, 50 мм
10 КНТп-6	До 10 кВ	3 жилы сечением 70, 95, 120 мм
10 КНТп-7	До 10 кВ	3 жилы сечением 150, 185, 240 мм

При сдаче кабельной линии до 1 кВ сопротивление изоляции можно проверять мегомметром напряжением 2500 В в течение 5 мин. Если сопротивление кабеля не понизилось менее 0,5 МОм, то кабель пригоден к эксплуатации. Оформляется актом.

В высоковольтных кабельных линиях напряжением свыше 1 кВ, согласно ПУЭ [10], допускается проведение четырехкратного повышенного напряжения промышленной частоты испытуемого кабеля. Например, кабель 10 кВ испытывается напряжением 4 × 10 кВ = 40 кВ и оформляется актом.

Контрольные вопросы

1. Обоснуйте приемку кабельных линий в эксплуатацию.
2. Охарактеризуйте разновидности кабельной продукции.
3. Укажите порядок подготовки кабельных трасс монтажу кабелей.
4. Укажите подбор оборудования при монтажных работах с кабелем.
5. Порядок укладки кабеля в подготовленную трассу.

ГЛАВА 3. МОНТАЖ ПОДСТАНЦИЙ

3.1. Требования к системам энергоснабжения

Система электроснабжения сельских и промышленных предприятий должна обеспечивать: экономичность; надежность электроснабжения; безопасность и удобство эксплуатации; качество электрической энергии; гибкость системы (возможность дальнейшего развития); максимальное приближение источников питания к электроустановкам потребителей.

Создание системы электроснабжения начинается с расчетного потребления электроэнергии с учетом мощности на гибкость системы и расчетный запас мощности. По расчетной мощности выбирают систему питания (генератор, трансформаторная подстанция). Определяется категория электроснабжения.

Электроприемники первой категории предусматривают два независимых взаимно резервирующих источника питания. Для электроснабжения особой группы электроприемников первой категории должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого взаимно резервирующего источника питания.

Схема электроснабжения электроприемников особой группы первой категории должна обеспечивать:

– постоянную готовность третьего независимого источника к включению и автоматическое его включение при исчезновении напряжения на обоих основных источниках питания;

– перевод независимого источника питания в режим горячего резерва при выходе из строя одного из двух основных источников питания (в обоснованных случаях может быть допущено ручное включение третьего независимого источника питания).

Электроприемники второй категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания.

Электроприемники третьей категории обеспечиваются одним источником питания.

С начала 90-х годов в энергосистемах наметилась тенденция питания потребителей с шин районных подстанций напряжением 110—220 кВ. До 90-х годов многие предприятия имели свои собственные электростанции, питались напрямую с шин генераторов. Для передачи электроэнергии к удаленным потребителям использовались трансформаторные подстанции, кабельные и воздушные линии.

Трансформаторной подстанцией (ТП) называют электрическую установку, предназначенную для преобразования электрической энергии из одного напряжения в другое и распределения ее потребителям. ТП состоит из одного или двух трансформаторов, распределительных и вспомогательных устройств (шкафа управления, блокировки, сигнализации, пожаротушения).

В сельских электрических сетях ТП нормируют на номинальные напряжения 110/35/10; 110/10; 35/10; 35/0,4; 10/0,4 и 10/0,23 кВ. Подстанции сельских электрических сетей 110/35/10; 110/10; 35/10 кВ называют *районными*.

Потребительские подстанции: 35/0,4; 10/0,4 и 10/0,23 кВ.

Потребительские подстанции 10/0,4 кВ предназначены для питания четырехпроводных распределительных линий 0,38 кВ с глухозаземленной нейтралью и однофазных двухпроводных линий 0,22 кВ.

Подстанции могут быть оснащены одним или двумя трансформаторами. По конструкции исполнения различают открытые (ОТП), закрытые (ЗТП), столбовые (мачтовые) (МТП) трансформаторные подстанции. В последнее время предпочтение отдается комплексной (КТП) трансформаторным подстанциям.

3.2. Комплексные трансформаторные подстанции

Рассмотрим схему комплексной трансформаторной подстанции на примере принципиальной однолинейной электрической схемы КТП-630/10/0,4-0,2-У1 наружного типа с воздушным вводом производства Иркутского завода (рис. 10). КТП наружного типа (наружной установки) в металлическом контейнере предназначены для электроснабжения промышленных, сельских, городских объектов. Подстанции изготовлены на основе сварных конструкций из металлических листов и профилей, выпускаются с одним или двумя трансформаторами мощностью 63; 100; 160; 250; 400; 630 кВА. Присоединение подстанции к воздушной линии 10(6) кВ осуществляется через трехполюсный разъединитель с одним заземляющим ножом с приводом. При воздушном вводе 10(6) кВ после разъединителя устанавливаются разрядники или ограничители напряжения. При кабельном вводе разрядники в схеме не предусматриваются. При воздушном выводе 0,4 кВ разрядники (ограничители перенапряжения) устанавливаются после рубильника.

На рис. 11 показана принципиальная однолинейная электрическая схема КТПК (ВК)-400/10/0,4-91-У1 производства Самарского завода «Электрощит». Подстанция состоит из шкафа УВН (указатель высокого напряжения), шкафа с трансформатором, шкафа РУНН (распределительное устройство низкого напряжения). Шкафы УВН и РУНН выполняются бескаркасными из тонколистовой стали. Шкаф трансформатора и шкаф РУНН устанавливаются на салазках, шкаф УВН — на крыше шкафа трансформатора. В шкафу трансформатора установлены силовой трансформатор с естественным масляным охлаждением и высоковольтные предохранители. Предусмотрена откидывающаяся рама, предназначенная для закатывания трансформатора. Шкаф РУНН выполнен с двухсторонним обслуживанием, состоит из ячеек, разделенных перегородками. На отходящих линиях 0,4 кВ установлены автоматические выключатели выдвижного исполнения с комбинированным

расцепителем максимального тока ручным дистанционным приводом.

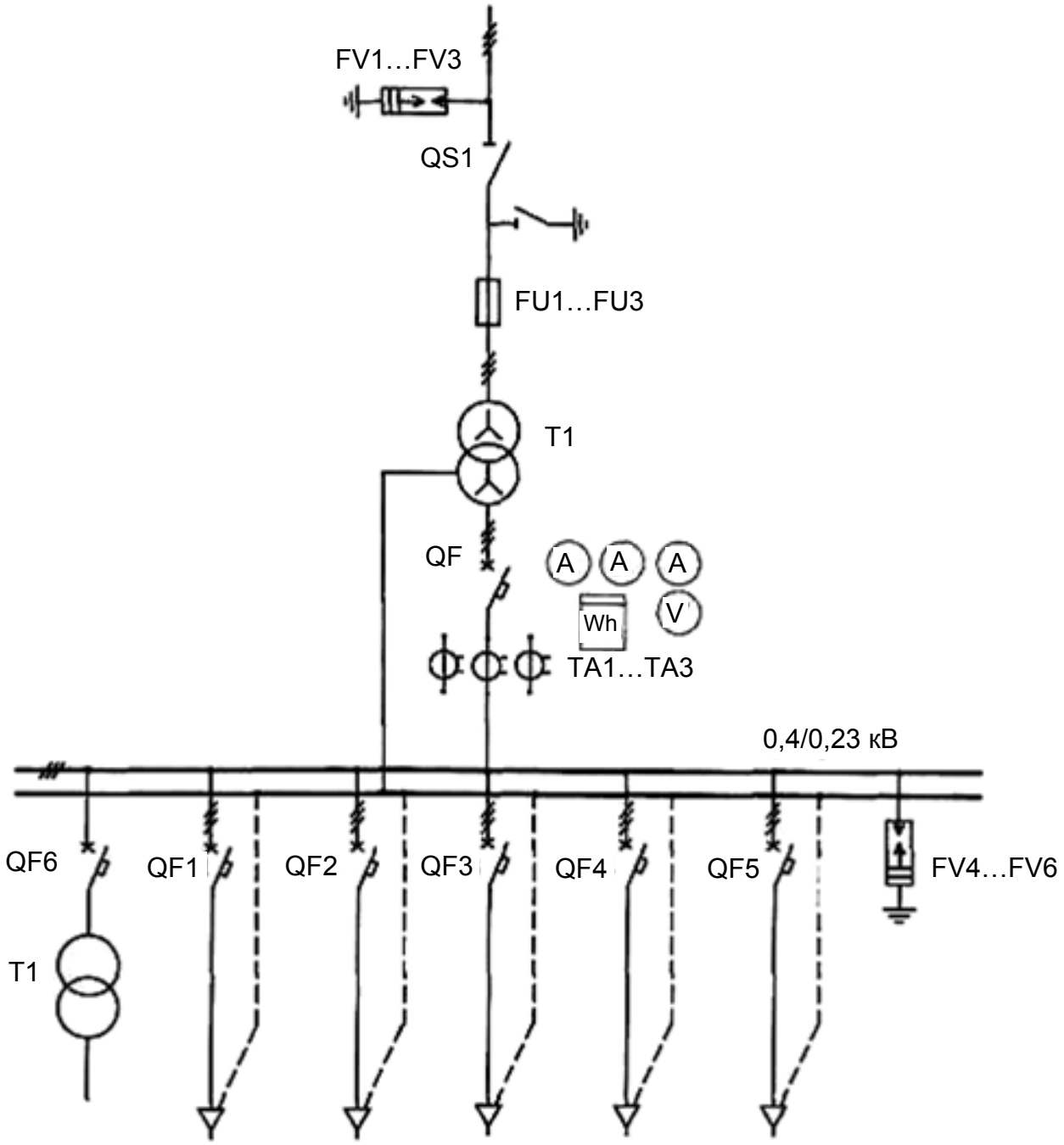

Рис. 10. Принципиальная однолинейная электрическая схема КТП-630/10/0,4-0,2-У1 наружного типа с воздушным вводом (производство Иркутского завода): FV1—FV6 — разрядник; QS1 — разъединитель; QF, QF1—QF6 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; T2 — трансформатор собственных нужд; TA1—TA3 — трансформатор тока

Комплексные понизительные трансформаторные подстанции поступают в собранном или разобранном виде.

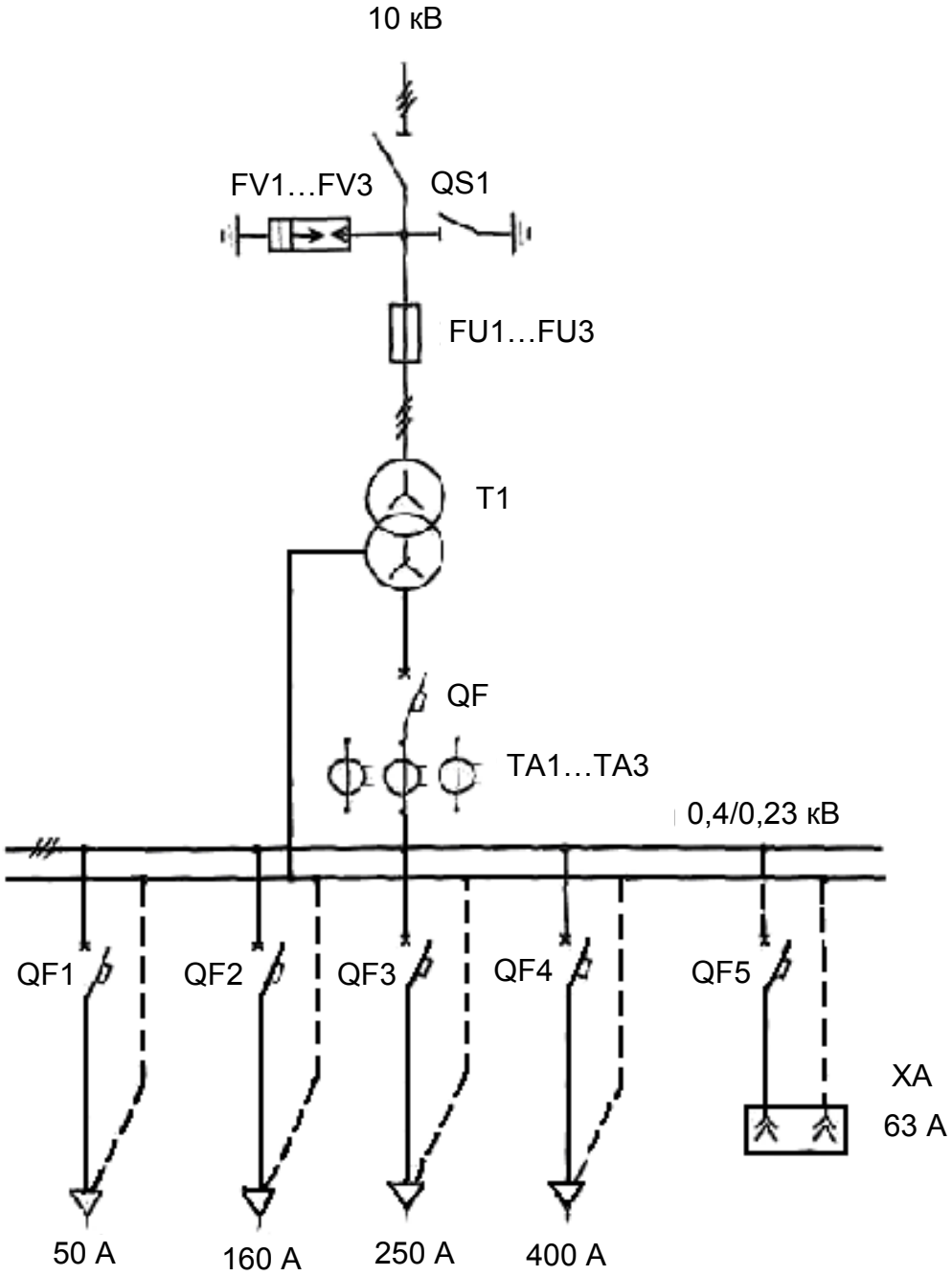

Рис. 11. Принципиальная однолинейная электрическая схема КТПК (ВК)-400/10/0,4-91-У1: FU1—FU3 — предохранитель; FV1—FV3 — разрядник; QF — автоматический выключатель; QS1 — разъединитель; QF1—QF5 — автоматический выключатель; T1 — силовой трансформатор; TA1—TA3 — трансформатор тока

Для установки КТП подготавливают фундамент. Он может быть выполнен из фундаментальных блоков, кирпича или бетона. Если КТП устанавливают в местах с уровнем залегания грунтовых вод менее 3 м, глубина заложения фундамента должна быть не менее 1 м. Подготавливают и выполняют заземление для комплексной понизительной подстанции. Заземляющее устройство, состоящее из заземлителей (стальных, круглых, диаметром 12—14 мм и длиной 5 м), погруженных в грунт наклонно или вертикально, выполняют в траншее и соединяют между собой

перемычками на сварке. Заземляющие проводники не менее чем в двух точках с противоположных сторон подстанции присоединяют к корпусу КТП и трансформатора, к выводу его нулевой точки. К заземляющему устройству присоединяют привод разъединителя, а также все металлические части оборудования и аппаратов КТП, которые могут оказаться под напряжением при нарушении изоляции. Прокладываются заземляющие проводники, присоединяющие оборудование или конструкции к заземлителю, в земле на глубине не менее 0,3 м. После монтажа заземляющее устройство до засыпки траншеи осматривают заказчик и подрядчик и составляют акт на скрытые работы (рис. 12). Согласно ПУЭ [10], если линейное напряжение 380 В, а фазное напряжение 220 В, то заземление не должно превышать 4 Ом. Если заземление выше 4 Ом, необходимо увеличить число заземлителей в контуре заземления КТП.

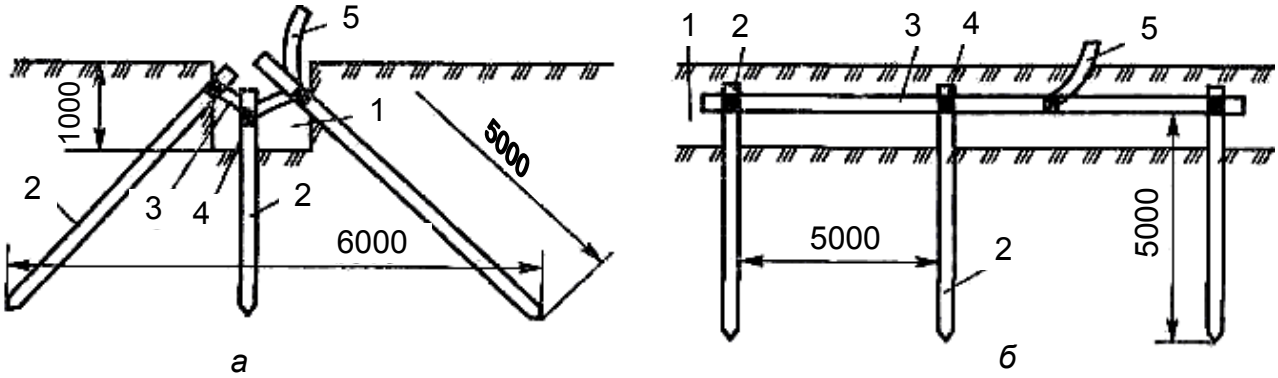

Рис. 12. Монтаж заземляющего устройства КТП из наклонных (*а*) и вертикальных (*б*) заземлителей: 1 — траншея; 2 — заземлители; 3 — перемычки; 4 — сварные соединения; 5 — заземляющие проводники

Монтаж КТП осуществляется в две стадии. Первая стадия, выполняемая в мастерских, включает в себя: проверку комплектности ТП, ревизию, предварительную наладку и испытания оборудования, изготовление нетиповых деталей. Вторая стадия — монтаж конструкций и оборудования, выполняется непосредственно на объекте.

При проверке комплектности ТП смотрят наличие паспорта и заводской документации на КТП, инструкции по установке и вводу ее в эксплуатацию, комплектующее оборудование, комплектность ТП в соответствии с заводской документацией: целостность корпусов КТП и блоков, отсутствие вмятин, наличие и прочность крепления оборудования, приборов, ошиновки, электропроводок.

Проводят ревизию оборудования КТП. Для обеспечения качественного и надежного монтажа и надежной работы подстанции совершают внешний осмотр оборудования, очищают его от пыли и грязи, обследуют контактные и резьбовые соединения, исправность изоляции и состояние покраски.

Проверяют:

– в трансформаторе без вскрытия и подъема сердечника: целостность бака, радиаторов и наличие арматуры трансформатора; отсутст-

вие трещин, сколов на изоляторах; комплектность гаек и состояние резьбы выводов; наличие и уровень масла в расширительном бачке; отсутствие течи масла в уплотнениях крышки, кранах, радиаторах, изоляторах. При осмотре удаляют временные уплотнения и пробки;

– в разрядниках и проходных изоляторах: отсутствие повреждений и загрязнений фарфора, крепление изоляторов и разрядников к корпусу; состояние крепежных деталей, проходных шпилек, уплотнений; крепление ошиновки и присоединение заземляющих перемычек разрядников;

– в опорных изоляторах и высоковольтных предохранителях: отсутствие трещин, сколов фарфора; состояние колпачков и фланцев изоляторов, контактных устройств, пружинящих скоб и контактов; надежность крепления патронов, предохранителей в контактах; целостность плавкой вставки;

– в рубильниках, переключателях: надежность крепления к основанию, свободу перемещения рукоятки; работу блокировок; состояние подвижных и неподвижных контактов, надежность их замыкания;

– в автоматах, магнитных пускателях, реле: целостность корпусов и креплений; отсутствие перекосов и заеданий при работе подвижной системы; тепловое реле; замыкание и размыкание контактов в первичной и вторичных цепях; надежность присоединений, состояние изоляции проводок; пробуют работу контактной системы вручную на включение и отключение;

– в разъединителях: комплектность, крепление изоляторов к раме; отсутствие трещин, сколов опорных изоляторов; состояние контактной части ножей, пружин и заземляющих ножей;

– в счетчиках и трансформаторах тока: надежность крепления, присоединение проводов; функционирование выключателей, кнопок при ручном переключении. Расстояние между неизолированными частями и металлическими нетоковедущими частями должно быть не менее 20 мм по поверхности изоляции и 12 мм по воздуху.

Акт на приемку в монтаж КТП оформляют представители заказчика и подрядчика.

Общую картину распределения электроэнергии 110/10 кВ можно проследить на подстанции 110/10 кВ «Орбита». Подстанцию питают два независимых резервируемых ввода 110 кВ. Один ввод подходит с Сыктывкарских сетей района Верхний Чов, второй ввод — с ТЭЦ «Монди СЛПК». Имеются два трансформатора по 25 МВт. Трансформаторы трехобмоточные, обмотка ВН — 110 кВ и две обмотки НН — 10 кВ. Два ввода с одного трансформатора и два ввода 10 кВ с другого трансформатора вводятся в РУ (распределительное устройство) — 10 кВ для распределения по объектам, питающимся с подстанции 110/10 кВ «Орбита».

Защита от перенапряжения осуществляется установкой ограничителей напряжения на каждую фазу 110 кВ. Для учета электроэнергии и защиты на каждой фазе установлены трансформатор тока и трансформатор напряжения. Каждый трансформатор на выходе 10 кВ имеет трансформатор собственных нужд (ТСН). Группы блоков выключателей на каждую фазу 110 кВ. Для ремонта и резервирования предусмотрены группы блоков разъединителей. На подстанции имеются класс с

высоковольтным оборудованием и два действующих стенда релейной защиты, срабатывающих при замыкании фаз на землю и при межфазном замыкании (рис. 13).

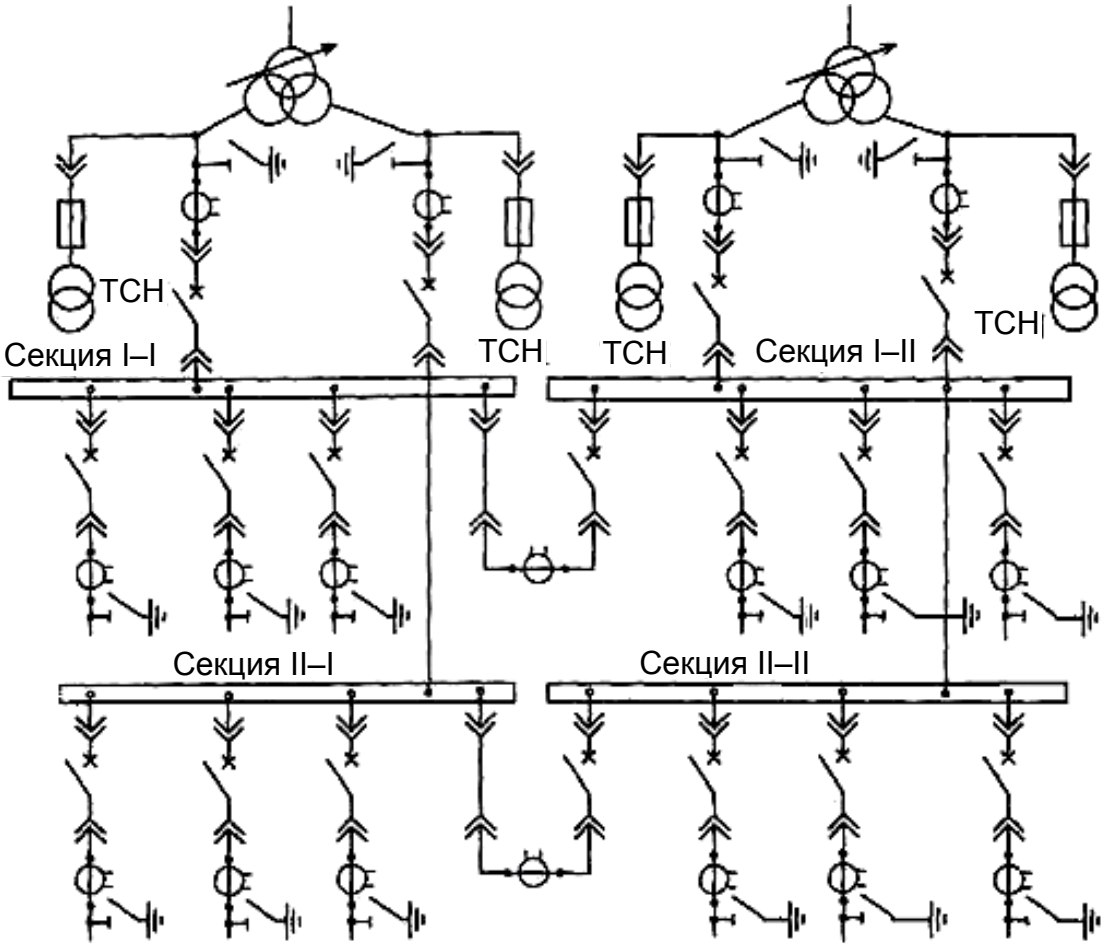

Рис. 13. Схема РУ-10 кВ подстанции
с двумя трансформаторами с расщепленной обмоткой

Контрольные вопросы

1. Дать понятия надежности трех категорий энергетических систем.
2. Пояснить схемы и разновидности трансформаторных подстанций.
3. Указать особенности монтажа заземляющих устройств КТП.
4. Задачи ревизии оборудования КТП перед монтажом.

ГЛАВА 4. МОНТАЖ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

4.1. Воздушные линии электропередач

Воздушные линии электропередач (ВЛ) служат для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным с помощью изоляторов либо подвесных зажимов и линейной арматуры к опорам кронштейнам, стойкам на зданиях и инженерных сооружениях. Основными элементами воздушных линий являются провода, изоляторы, линейная арматура, опоры фундамента.

Начиная с 70-х годов, за рубежом на воздушных линиях среднего класса напряжения вместо оголенных проводов стали использовать изолированные провода, что позволило значительно повысить надежность и экономичность таких сетей. Воздушные линии с изолированными проводами строятся на деревянных и железобетонных опорах. Железобетонные опоры используются в качестве концевых и ответвительных. Токоведущая часть изолированного провода выполняется из алюминиевых сплавов, на первом этапе использовались провода площадью сечения 35 и 70 мм^2. В 2000 г. была введена воздушная линия с изолированными проводами площадью 95 мм^2.

Промышленностью выпускаются провода сечением 150 мм^2, но они проходят как спецзаказ. Для крепления и изоляции провода применяются изоляторы штыревого типа специальной конструкции. Междуфазные расстояния принимаются от 400 до 600 мм. Предприятия «Севкабель» и «Иркутсккабель» выпускают одножильный провод марки СИП-3 на напряжение до 20 кВ. Токопроводящая жила выполнена из уплотненного сплава или уплотненной сталеалюминиевой конструкции проволок и имеет изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена (табл. 4).

Таблица 4. Технические характеристики проводов с защитной изоляцией типа «Заря» марки СИП-3, производства предприятия «Севкабель»

Номинальное сечение токопроводящей жилы, мм^2	Наружный диаметр жилы, мм	Номинальный наружный диаметр провода, мм	Расчетная масса на 1 км, кг	Разрывная прочность, кН, не менее	Электрическое сопротивление постоянному току на 1 км, Ом	Допустимый ток нагрузки, А	Односекундный ток короткого замыкания, кА, не более
35	6,9	11,5	196,3	10,3	0,986	200	3,2
50	8,1	12,6	250,9	14,2	0,720	245	4,3
70	9,7	14,3	336,8	20,6	0,493	310	6,4
95	11,3	16,0	444,4	27,9	0,363	370	8,6
120	12,8	17,4	523,9	35,2	0,288	430	11,0
150	14,2	18,8	616,3	43,4	0,263	485	13,5

Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В с самонесущими изолированными проводами «Аврора» на 0,6 кВ.

Особенности конструкции СИП:

СИП-1 — все жилы, за исключением нулевой несущей жилы, имеют изолированный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена;

СИП-1А — все жилы, в том числе нулевая, имеют изоляционный покров из термопластичного светостабилизированного полиэтилена;

СИП-2 — все жилы, за исключением нулевой несущей жилы, имеют изоляционный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена;

СИП-2А — все жилы, в том числе несущая нулевая жила, имеют изолированный покров из сшитого светостабилизированного полиэтилена.

На воздушных линиях применяются промежуточные и анкерные опоры. *Промежуточные опоры* устанавливаются на прямых участках трассы. Эти опоры в нормальных режимах должны воспринимать усилия, направленные вдоль воздушной линии. *Анкерные опоры* устанавливают на пересечениях с различными сооружениями, а также в местах изменения числа, марок и площади сечения проводов. Эти опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы усилия от натяжения проводов, направленные вдоль линии. Анкерные опоры должны иметь жесткую конструкцию.

На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры. *Концевые опоры* устанавливаются в начале и конце воздушной линии, а также в местах, организующих кабельные вставки. Концевые опоры должны воспринимать в нормальных режимах работы линии одностороннее натяжение проводов. На *транспозиционных опорах* осуществляют транспозицию проводов.

Промежуточные и анкерные опоры могут быть прямыми, угловыми, ответвительными и перекрестными. *Прямые опоры* устанавливаются на прямых участках трассы воздушной линии, *угловые* — в местах изменения направления трассы. Угловые опоры должны воспринимать слагающую натяжения проводов смежных пролетов. На *ответвительных опорах* выполняются ответвления от воздушной линии, на *перекрестных опорах* — пересечение воздушных линий двух направлений.

Для воздушных линий могут применяться деревянные, деревянные с железобетонными приставками, железобетонные и металлические опоры. Металлические опоры применяются на воздушных линиях напряжением 35 кВ и выше.

По конструктивному исполнению опоры могут быть двух видов: башенные (одностоечные) и портальные, которые могут быть выполнены из металла. Достоинством металлических опор является их высокая прочность при относительно малой массе, недостатком — подверженность коррозии. Защита от коррозии осуществляется путем оцинковки или окраски стойким покрытием. В процессе эксплуатации производится повторная окраска поврежденных мест. Основания металлических опор выполняют из железобетона. Железобетонные опоры, по сравнению с металличе-

металлическими опорами, более долговечны и экономичны в эксплуатации, не требуют ухода и ремонта. Недостаток этих опор — их большая масса.

Виды проводов воздушных линий: алюминиевые, стальные, сталеалюминевые, медные и сталебронзовые. В сталеалюминевых проводах внутренние проволоки выполняют из стали, верхние — из алюминия. Сталь предназначена для увеличения механической прочности, алюминий является токопроводящей частью. Основное применение в воздушных линиях нашли сталеалюминиевые провода марки АС.

Согласно ПУЭ [10], все вновь строящиеся и реконструируемые воздушные линии до 1 кВ и свыше 1 кВ до 20 кВ должны выполняться проводами с защитной изолирующей оболочкой — защищенными проводами (ВЛЗ), кроме контактных сетей электрифицированных железных дорог, трамвая, троллейбуса. Крепление проводов СИП производится с помощью комплекта промежуточной подвески СИП.

Серия ES 54-14/ES 70-14 (комплект промежуточной подвески). Крепление подвески СИП применяется на промежуточных и на угловых опорах для крепления несущего провода сечением от 25 до 95 мм^2 (рис. 14, 15, 16).

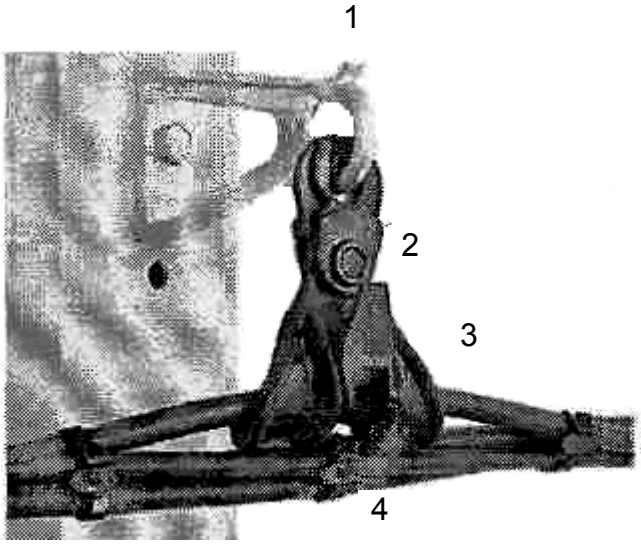

Рис. 14. Схема промежуточной подвески СИП

Основные части комплекта промежуточной подвески (рис. 14):

1 — кронштейн — моноблок из алюминиевого сплава. Крепление на опоре с помощью болта Ø 14 или 16 мм либо двумя отрезками ленты из нержавеющей стали. Верхний блокировочный выступ кронштейна предотвращает запрокидывание поддерживающего зажима.

2 — подвижное звено — обеспечивает подвижность поддерживающего зажима в осевом направлении. Выполнено из термопластика с высокой степенью устойчивости к механическим и погодно-климатическим воздействиям.

3 — поддерживающий зажим — изготовлен из термопластика.

4 — шарнирное колено — применяется для блокировки нулевого

несущего троса.

Диаметр возможного крепления проводов: Ø 8,5—17 мм.

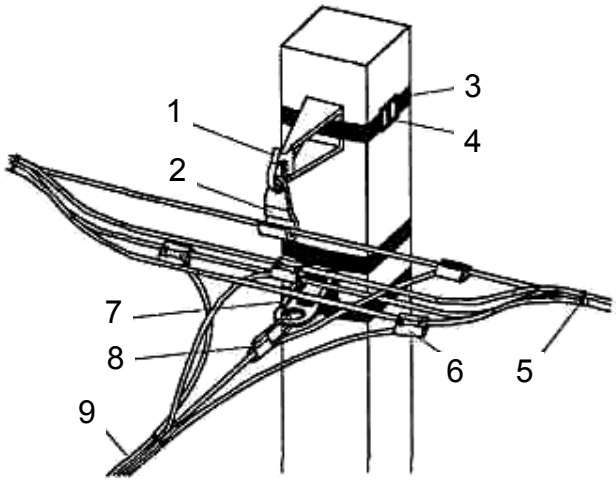

Рис. 15. Крепление самонесущих изолированных проводов типа СИП-2А:
1 — кронштейн; 2 — подвесной (промежуточный) зажим; 3 — лента крепления;
4 — скрепа для фиксации ленты; 5 — кабельный ремешок; 6 — прокалывающий зажим; 7 — анкерный кронштейн; 8 — анкерный зажим; 9 — изолированные провода

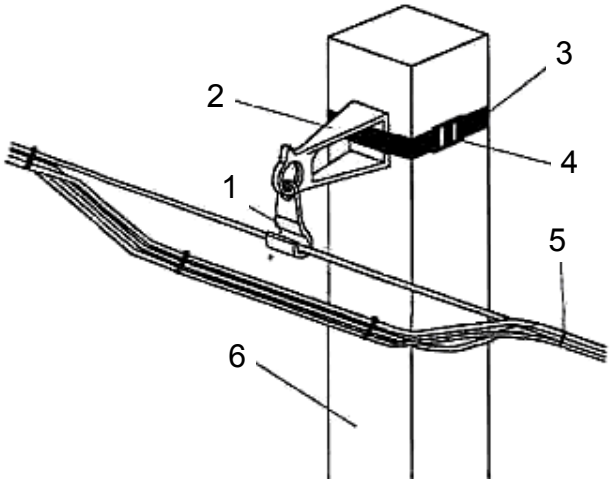

Рис. 16. Крепление СИП с нулевой несущей изолированной жилой
типа СИП-2А на промежуточной опоре:
1 — поддерживающий зажим; 2 — кронштейн; 3 — лента крепления;
4 — скрепа; 5 — кабельный ремешок; 6 — опора

4.2. Проведение электромонтажных работ на объектах строительства

К электромонтажным работам на объектах строительства разрешается приступать только при наличии технической документации (проектов и смет), проекта производства работ, строительной готовности объекта, кранового оборудования и других грузоподъемных средств, обеспечивающих механизацию монтажа, а также электрооборудования, кабельной продукции и материалов, предусмотренных согласованным

графиком производства работ.

Строительство 1 км ВЛ 0,4—10 кВ неизолированным проводом дешевле строительства 1 км ВЛ 0,4—10 кВ СИП, но эксплуатационные затраты превышают затраты ВЛ 0,4—10 кВ СИП почти 20 раз, поэтому срок окупаемости линии СИП составляет 3—4 года. При правильном и качественном монтаже (отсутствие повреждений изоляции, качественной прокладке опор и крепления СИП) наработка на отказ составляет 25—30 лет.

4.3. Особенности монтажа ВЛ с СИП

При прохождении ВЛ напряжением до 1 кВ с СИП по лесным массивам, зеленым насаждениям вырубка просек не требуется. При этом расстояние от проводов до деревьев и кустов при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 0,3 м. Расстояние по вертикали от СИП до поверхности земли, в том числе от проезжей части улиц, должно быть не менее 5 м, по сравнению с 6 м для ВЛ из неизолированных проводов.

Рассмотрим сборку и постановку опоры ПП-10 с изолированным проводом СИП-3 на напряжение линии 10 кВ (рис. 17).

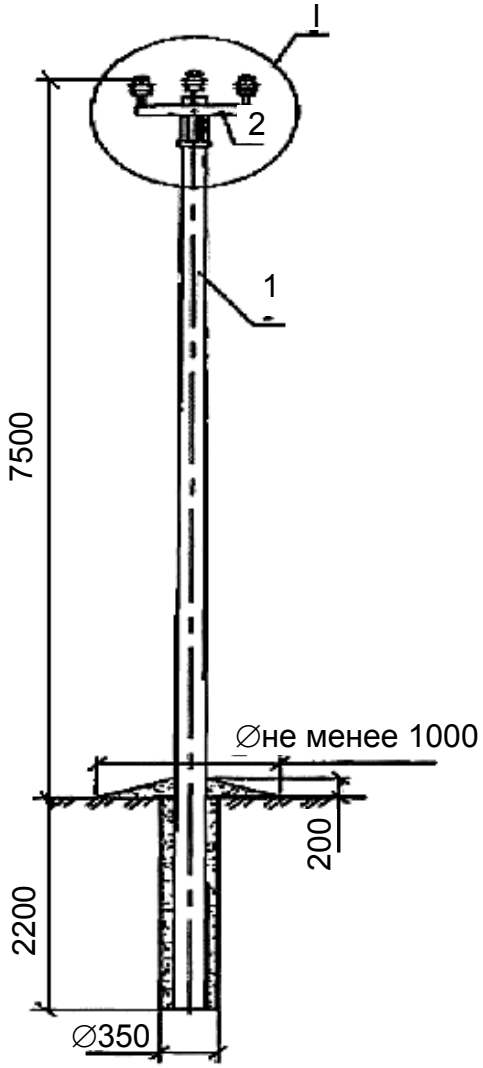

Рис.17. Параметры установленной опоры ПП-10 в грунт

I — оголовник; 1 — столб; 2 — траверса

Так выглядит верхняя часть опоры с траверсой без проводов (рис. 18).

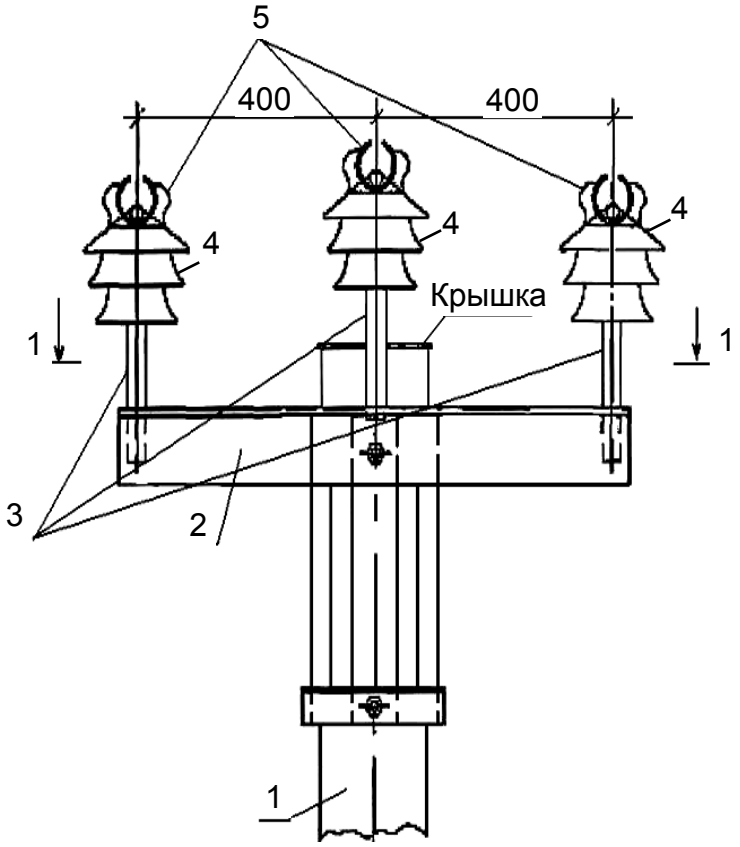

Рис. 18. Часть опоры с траверсой:
1 — опора ПП-10; 2 — траверса; 3 — стержень траверсы;
4 — изоляторы SDI-10; 5 — зажим

Контрольные вопросы

1. Дать понятие назначений воздушных линий.
2. Поясните с разбором технических характеристик самонесущих проводов СИП.
3. Показать особенности металлических опор.
4. Дать оценку бетонным опорам.
5. Особенности прокладки линий с самонесущим изолированным проводом до 20 кВ.

ГЛАВА 5. МОНТАЖ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ И ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

5.1. Источники оптического излучения их устройства, схемы

Сельское хозяйство — крупнейший потребитель электрической энергии оптического излучения. Освещение производственных помещений, животноводческих ферм тепличного хозяйства в значительной степени влияет на развитие и продуктивность животных и растений. Свет стимулирует рост и развитие животных, растений и их сохранность. Важнейшей характеристикой освещения является световой поток.

Световой поток (Φ_c) — мощность излучения источника света, воздействующая на глаз человека. Единица светового потока — люмен (ЛМ). 1 ЛМ = 1/680 Вт.

Освещенность (E) — отношение светового потока Φ_c к площади S, на которую равномерно падает:

$$E = \Phi_c/S.$$

Единица освещенности — люкс (лк). 1 лк = 1 лм/м^2.

Световая отдача η_c показывает, с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет — это отношение светового потока к мощности, потребляемой из сети ($P_{потр}$):

$$\eta_c = \Phi_c/P_{потр}.$$

Единица световой отдачи — 1 лм/Вт.

Лампы накаливания

Распространенными источниками света являются лампы накаливания. В качестве нити накала используют тугоплавкий металл — вольфрамованадиевый сплав. Ток проходит по нити накала, разогревает ее, она излучает свет.

КПД лампы накаливания не более 4—5 %. Потери идут на нагрев лампы. Лампа излучает два вида света: инфракрасный и ультрафиолетовый. Инфракрасное излучение человеческий глаз воспринимает как свет. Ультрафиолетовое излучение остается за порогом нашего восприятия.

Срок службы ламп накаливания в свое время составлял 2500 часов. В силу сложившихся обстоятельств в настоящее время срок службы ламп накаливания не более 1000 часов.

Разрядные лампы высокого давления

К лампам этого типа относят дуговые ртутные лампы (ДРЛ), натриевые лампы (ДНаТ), металлогалогеновые лампы (ДРИ), лампы REFLUX.

Дуговые ртутные лампы. Светильники с ДРЛ предназначены для освещения производственных помещений и открытых пространств, эста-

кад раздела древесины, освещения улиц, складских помещений — там, где не требуется высокое качество цветопередачи. При подаче напряжения на лампу между близко расположенными электродами (основным и вспомогательным) возникает разряд, который ионизирует газ в горелке. После этого возникает разряд между основными электродами горелки, а между основным и вспомогательными разряд прекращается. Дроссель служит для ограничения тока лампы и установления его в допустимых пределах при изменении напряжения питания лампы. В момент зажигания ток лампы превышает номинальный в 2—2,5 раза. Длительность разгорания лампы составляет 5—10 мин, температура колбы может превышать 200 ºС. Повторное зажигание лампы возможно после некоторого ее остывания, т. е. через 10—15 мин после ее погасания. Благодаря высокой температуре колбы температура окружающего воздуха не оказывает существенного влияния на надежность зажигания лампы и их можно эксплуатировать при –40…+80 ºС. Мощность лампы ДРЛ от 80—1000 Вт. Чаще используют лампы мощностью 250 и 400 Вт. Согласно ПУЭ [10], лампы ДРЛ должны устанавливаться от пола или земли на высоте не менее 5 м. В цехах, складах, уличных эстакадах по разделке древесины с лампами ДРЛ используют светильники с лампами накаливания. В цехах, складах, помимо ламп ДРЛ, ламп накаливания, используются светильники аварийного освещения на автономном питании.

При монтаже оборудования освещения с использованием ламп ДРЛ необходимо увеличивать мощность как коммутационных аппаратов, так и защитной аппаратуры, проводов и кабелей (рис. 19).

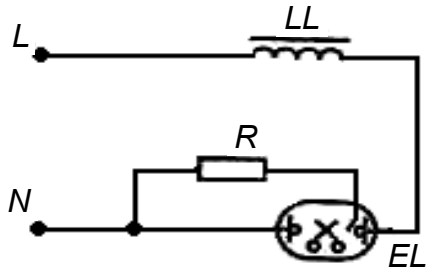

Рис. 19. Схема включения лампы ДРЛ

Натриевые лампы ДНаТ. Визуально излучение этих ламп желтое. Используют их для освещения улиц, там, где не требуется высокое качество цветопередачи. Лампа ДНаТ содержит керамическую горелку до более высокой температуры, чем кварцевые горелки у ламп типа ДРЛ. Для зажигания ламп ДНаТ необходимо повышенное напряжение (порядка 1—2 кВ), поэтому в схеме используется зажигающее устройство (ЗУ) (рис. 20). После зажигания лампы ЗУ прекращает свою работу. Натриевые лампы имеют преимущество перед лампами ДРЛ, не содержащих паров ртути и, значит, имеют экологически высокий срок службы; спектр излучения этих ламп снижает проблемы движения транспорта в условиях ухудшения видимости: туман, дождь, высокий световой поток.

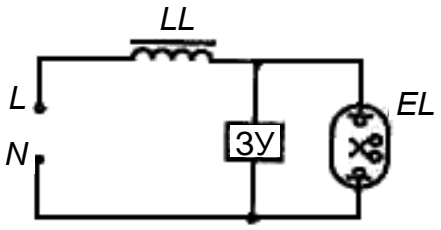

Рис. 20. Схема включения лампы ДНаТ

Разрядные лампы низкого давления (люминесцентные лампы)

Принцип действия разрядных ламп низкого давления основан на том, что если к электродам 4 (рис. 21, 22) приложить напряжение 500—2000 В на 1 м длины трубки, то свободные электроны начинают двигаться в сторону электрода с положительным знаком (анод). Если к электродам приложено переменное напряжение, то направление движения электронов изменяется с его частотой. На своем пути электроны встречают нейтральные атомы газа, которым заполнена трубка, ионизируют их, выбивая электрон с верхней орбиты атома в пространство или с нижней орбиты на верхнюю. Возбужденные атомы, соударяясь с электронами, превращаются в нейтральные атомы. Обратное превращение сопровождается излучением. Так, гелий светится светло-желтым цветом, неон — красным, аргон — голубым, натрий — желтым, олово — розовым цветом. Для паров ртути характерно фиолетовое и ультрафиолетовое излучение.

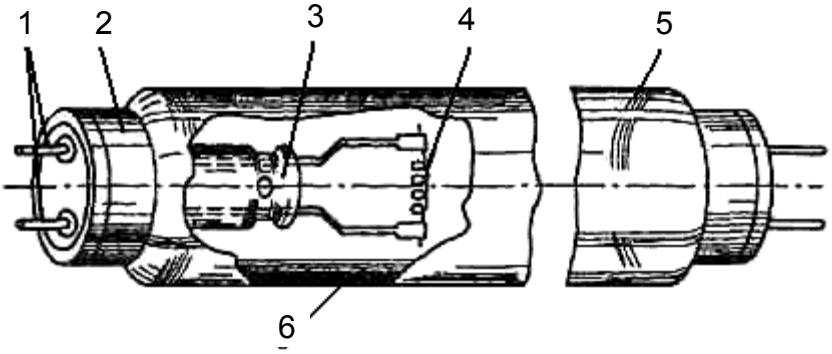

Рис. 21. Устройство разрядных ламп низкого давления:
1 — штырьки; 2 — цоколь; 3 — стеклянная ножка; 4 — электрод (биспираль);
5 — колба; 6 — слой люминофора

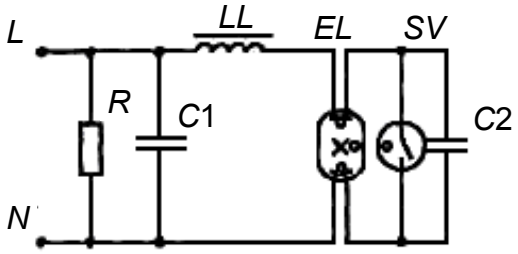

Рис. 22. Схема включения люминесцентных ламп

Внутренняя поверхность колбы лампы покрыта белым кристаллическим веществом — люминофором, который преобразовывает невидимое ультрафиолетовое излучение паров ртути в видимое. Трубки люминесцентных ламп выполнены из обычного стекла, не пропускающего коротковолновое ультрафиолетовое излучение. Трубка заполнена смесью аргона и паров ртути. Аргон облегчает зажигание разряда и способствует уменьшению распыления покрытий электродов. При разряде возбуждаются и излучают только атомы ртути.

Стартер (*SV*) — неоновая лампа тлеющего разряда. Один из электродов — биметаллическая пластинка, которая может замыкать и размыкать цепь электродов лампы. Стартер служит для автоматического замыкания на некоторое время цепи электродов ламп и для мгновенного разрыва этой цепи после разогрева электродов.

Дроссель (*LL*) — индуктивное сопротивление, которое служит для ограничения тока лампы, создавая импульс повышенного напряжения при зажигании лампы.

Конденсатор (*C*1) — подключенный параллельно сети, служит для повышения коэффициента мощности схемы с 0,5—0,6 до 0,9.

Конденсатор (*C*2) — подсоединенный параллельно стартеру, служит для снижения радиопомех, предотвращая возникновение дуги между контактами стартера в момент их размыкания, увеличения импульса зажигания лампы.

Сопротивление (*R*) — предназначено для разряда конденсаторов С1 и С2 после отключения лампы от сети.

5.2. Общие требования к освещению

Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсаций освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, вида и системы освещения должны выполняться согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Светильники должны соответствовать требованиям норм пожарной безопасности НПБ 249-97 «Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний».

Для применения люминесцентных ламп в осветительных установках должны соблюдаться следующие условия:

1. Температура окружающей среды не должна быть ниже 5 ºС.
2. Напряжение у осветительных приборов должно быть не менее 90 % номинального.

Для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентные.

Для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения, как правило, должно применяться напряжение не выше 220 В переменного или постоянного тока. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В может применяться для всех стационарно установленных осветительных приборов вне зависимости от высоты их установки.

Напряжение 380 В для питания осветительных приборов общего внутреннего и наружного освещения может использоваться при соблюдении следующих условий:

1. Ввод в осветительный прибор и независимый, не встроенный в прибор, пускорегулирующий аппарат выполняются проводами или кабелем с изоляцией на напряжение не менее 660 В.

2. Ввод в осветительный прибор двух или трех проводов разных фаз системы 660/380 В не допускается.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки светильников общего освещения над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м применение светильников класса защиты 0 запрещается, необходимо применять светильники класса защиты 2 или 3. Допускается применять светильники класса защиты 1, в этом случае цепь должна быть защищена, отключения (УЗО) с током срабатывания до 30 мА. В установках освещения фонтанов и бассейнов номинальное напряжение питания погружаемых в воду осветительных приборов должно быть не более 12 В.

Аварийное освещение

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности предназначено для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах должны питаться от независимых источников.

Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением и в общественных и жилых зданиях должны быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита подстанции (распределительного пункта освещения) или, при наличии только одного ввода, начиная от вводного распределительного устройства.

Светильники эвакуационного освещения, световые указатели эвакуационных и (или) запасных выходов в зданиях любого назначения, снабженные автономными источниками питания, в нормальном режиме могут питаться от сети любого вида освещения, не отключаемых во время функционирования зданий.

Сечение нулевых рабочих проводников трехфазных питающих и групповых с лампами люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРЗИ, ДНаТ при одновременном отключении всех фазных проводов линии должно выбираться для участков сети, по которым протекает ток от ламп с компенсированными пускорегулирующими аппаратами, равным фазному:

1) независимо от сечения;

2) при сечении фазных проводников менее или равном 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 алюминиевых проводов и не менее 50 % сечения фазных проводников при больших сечениях, но не менее 16 мм^2 для медных и 25 мм^2 алюминиевых проводников.

Установка предохранителей, автоматических и неавтоматических однополюсных выключателей в нулевых рабочих проводах в сетях с заземленной нейтралью запрещается.

Защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения с лампами накали- вания и с лампами люминесцент-

люминесцентными, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ со встроенными в светильники пускорегулирующей аппаратуры следует осуществлять:

1) в сетях с заземленной нейтралью — приспособлением к заземляющему винту корпуса светильника PE проводником. Заземление корпуса светильника ответвлением от нулевого рабочего провода внутри светильника запрещается;

2) в сетях с изолированной нейтралью, а также в сетях, переключаемых на питание от аккумуляторной батареи — присоединением к заземляющему винту корпуса светильника защитного проводника.

При вводе в светильник проводов, не имеющих механической защиты, защитный проводник должен быть гибким.

Механические отражатели светильников с корпусами из изолирующих материалов заземлять не требуется. Защитное заземление металлических корпусов светильников местного освещения на напряжение выше 50 В должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Если проводники присоединяются не к корпусу светильника, а к металлической конструкции, на которой светильник установлен, то между этой конструкцией, кронштейном и корпусом светильника должно быть надежное электрическое соединение.

2. Если между кронштейном и корпусом светильника нет надежного электрического соединения, то оно должно быть осуществлено с помощью специально предназначенного для этой цели защитного проводника.

Для установок наружного освещения: освещения фасадов заданий, монументов наружной световой рекламы и указателей в сетях TN–C–S рекомендуется установка УЗО с током срабатывания до 30 мА, при этом фоновое значение токов утечки должно быть примерно в три раза меньше установки срабатывания УЗО по дифференциальному току.

Светильники с люминесцентными лампами должны применяться с пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,9 при светильниках на две лампы и более 0,85 при однолампoвых светильниках.

Для ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ может применяться как групповая, так и индивидуальная компенсация реактивной мощности. При наличии технико-экономических обоснований допускается применение указанных ламп без устройства компенсации реактивной мощности.

При групповой компенсации должны отключаться компенсирующие устройства одновременно с отключением ламп.

5.3. Монтаж уличного освещения

Монтаж осветительных приборов наружного освещения (светильники прожектора) могут устанавливаться на специально предназначенных для такого освещения опорах, а также на опорах воздушных линий до 1 кВ, на опорах контактной сети электрифицированного городского транспорта всех видов токов напряжением до 600 В.

Установка светильников наружного освещения на опорах ВЛ до 1 кВ должна выполняться при обслуживании светильников:

1) с телескопической вышки с изолирующим звеном — как правило, выше проводов ВЛ или на уровне нижних проводов ВЛ при размещении светильников и проводов ВЛ с разных сторон опоры. Расстояние по горизонтали от светильника до ближайшего провода ВЛ должно быть не менее 0,6 м;

2) иными способами — ниже проводов ВЛ. Расстояние по вертикали от светильника до провода ВЛ (в свету) должно быть не менее 0,2 м, расстояние по горизонтали от светильника до опоры (в свету) — не более 0,4 м.

Над проезжей частью улиц, дорог и площадей светильники должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м. При установке светильников над контактной сетью трамвая высота установки светильников должна быть не менее 8 м до головки рельса. При расположении светильников над контактной сетью троллейбуса — не менее 9 м от уровня проезжей части. Расстояние по вертикали от проводов линий уличного освещения до поперечин контактной сети или до подвешенных к поперечинам иллюминационных гирлянд должно быть не менее 0,5 м. Эти нормативные допуски, согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» и НПБ 249-97 «Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний», ПУЭ [10], закладываются в проект уличного освещения.

Согласно проекту, составляется смета материалов, оборудования, механизмов, использования техники и общие затраты на производство работ. Комплектуются, в соответствии со сметой, материалы и оборудование. В зависимости от объема работ подбирается квалифицированный, подготовленный персонал для выполнения монтажных работ. Согласно ПУЭ [10], все вновь строящиеся и реконструируемые воздушные линии до 20 кВ выполняются изолированным проводом, если отечественным, то СИП.

Схема цехового освещения по системе TN–C–S с использованием УЗО, таймера и фотореле показана на рис. 23. В схеме использовано автономное питание двух аккумуляторов по 12 В.

Рассмотрим квартирную проводку по системе TN–C–S (рис. 24). Квартирная проводка по системе TN–C — это устаревшая проводка, где ноль рабочий и ноль защитный совмещены в одном проводнике. В эту систему УЗО поставить нельзя. Квартирная проводка по системе TN–C–S предусматривает установку УЗО, в которой ноль рабочий и ноль защитный разделены на всем своем протяжении. Укладка провода в квартирных проводках производится в кабель-каналы. Работы производит подготовленный квалифицированный электротехнический персонал.

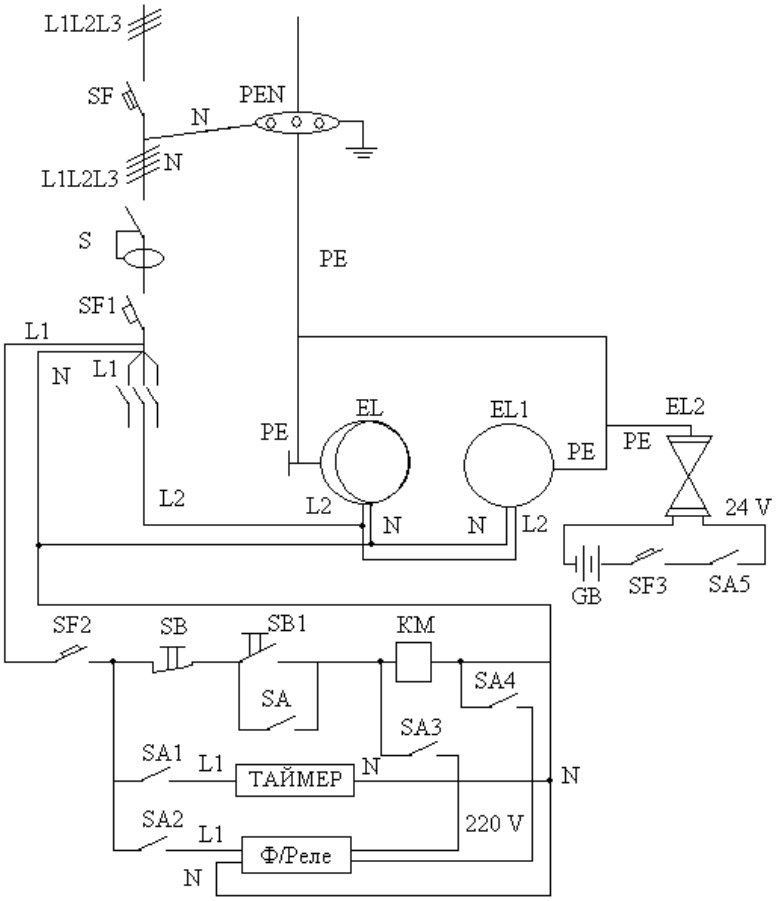

Рис. 23. Цеховое освещение по системе TN–C–S

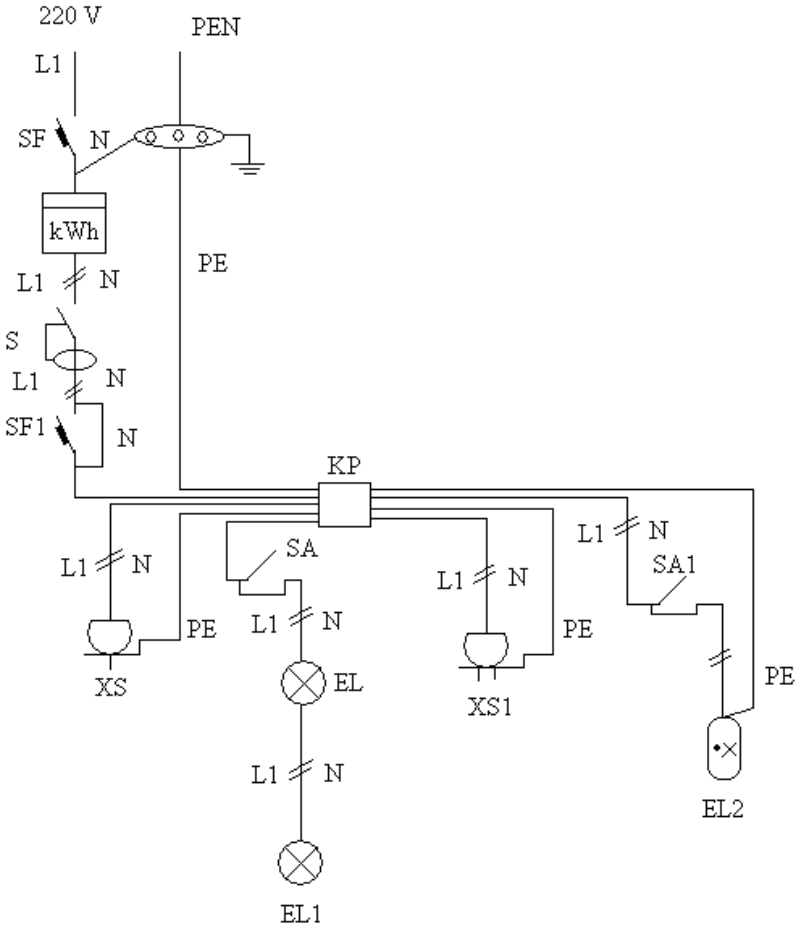

Рис. 24. Квартирная проводка по системе TN–C–S

Примечание к рис. 23, 24.

EL — светильник разрядной лампы высокого давления на кронштейне для наружного освещения;

EL1 — светильник с лампой накаливания;

EL2 — светильник с лампой накаливания для аварийного освещения.

GB — аккумуляторная батарея 24 В;

KM — М/пускатель и катушка М/пускателя;

L1, L2, L3 — фазы;

N — рабочий ноль;

PEN — ноль рабочий и защитный;

PE — защитный ноль;

S — УЗО, ток отсечки 30 мА;

SA — выключатель таймера вторичных цепей;

SA1 — выключатель питания таймера;

SA2 — выключатель питания фотореле;

SA3, SA4 — выключатели питания вторичных цепей фотореле (питание катушки КМ 220 В);

SA5 — выключатель цепи аварийного освещения;

SB — кнопка «Стоп»;

SB1 — кнопка «Пуск»;

SF — вводный автомат 220 В;

SF1 — автоматический выключатель питания М/пускателя;

SF2 — автоматический выключатель для защиты таймера и фотореле;

SF3 — автоматический выключатель защиты цепи батареи 24 В;

XS — простая розетка;

XS1 — двойная розетка.

Контрольные вопросы

1. Почему сельское хозяйство является потребителем электрической энергии оптического излучения?
2. Расскажите о разновидностях ламп, применяемых в сельском хозяйстве.
3. Поясните требования, предъявляемые к освещению.
4. Порядок монтажа уличного освещения.
5. Требования к квартирным проводкам по системе TN–C–S.

ГЛАВА 6. МОНТАЖ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

6.1. Трехфазные асинхронные электродвигатели переменного тока

Механические процессы в животноводстве (водоснабжение, приготовление и раздача кормов, уборка навоза, доение коров), в растениеводстве (подача тепла, орошение, подкормка растений в теплицах закрытого грунта) выполняются с помощью электропривода.

Электропривод — это часть производственного агрегата, в состав которого входят электрический двигатель (двигатели), передаточное устройство, аппаратура управления. Электропривод может включать в себя также устройства, изменяющие напряжение, частоту (выпрямители, преобразователи частоты). Назначение электропривода — передавать вращение рабочей машине и при необходимости изменять скорость вращения (движения) рабочей машины. Стационарно установленные машины приводят в движение с помощью трехфазных асинхронных электрических двигателей до 40 кВт. Пуск асинхронных трехфазных электродвигателей производится прямым включением статора на полное напряжение без регулирующих устройств. Пусковые токи превышают номинальный в 3—7 раз. Для двигателя это не опасно, но в сети возникают существенные колебания напряжения. При недостаточной мощности питающего генератора или трансформатора двигатель может не запуститься.

Возможности современного электропривода постепенно расширяются за счет развития электроники, вычислительной техники, автоматики и механики. Находят широкое применение электродвигатели с фазным ротором, которые обладают повышенным пусковым моментом при небольшом пусковом токе.

В последнее время промышленность выпускает двигатели серии АИР…СХ со встроенной температурной защитой серии 4А не выпускается промышленностью, но эти электродвигатели часто эксплуатируются в хозяйствах и производствах как остаточное явление.

Рассмотрим структурную схему обозначения и маркировку элементов асинхронного трехфазного электродвигателя АИР (рис. 25). Возможны такие обозначения асинхронного электродвигателя: электродвигатель АИР 80 В4 1,5 × 1500, 380 В, лапы; электродвигатель АИР 80 А6 0,75 × 1000, 380 В, лапы:

– 80 — расстояние от центра вала до плоскости крепления лап, мм;
– В, А — длина сердечника статора (А — первая длина, В — вторая длина);
– 4; 6 — число полюсов;
– 1,5; 0,75 — мощность электродвигателя, кВт;
– 1500, 1000 — число оборотов вала в минуту;
– 380 В — линейное напряжение электродвигателя, В;
– лапы — вид крепления электродвигателя.

Рис. 25. Структурная маркировка асинхронного электродвигателя серии АИР

Технические данные электрического двигателя указывают в паспорте, закрепленном на корпусе в виде таблички: номинальная мощность (кВт), номинальное напряжение (В), номинальный ток (А); частота вращения вала (мин$^{-1}$). Номинальное напряжение представлено в виде дроби, например, 380/220 В. Это означает, что данный электродвигатель может быть подключен к сети с линейным напряжением 380 или 220 В при условии соединения обмоток статора соответственно в звезду или треугольник. В сельском хозяйстве обычно используют брызгозащищенные и закрытые обдуваемые асинхронные двигатели, имеющие химовлагоморозостойкое исполнение, предназначенные для работы как на открытом воздухе, так и во всех сельскохозяйственных помещениях (кроме взрывоопасных) с температурой воздуха от –40 до +40 ºС, с влажностью воздуха до (95 ± 3) %.

В условном обозначении двигателей сельскохозяйственного исполнения добавляют букву С после обозначения числа полюсов, например, АИР 90 L 2С У1, а со встроенной защитой добавляют В (АИР 90 L 2ВС У1). Двигатели с температурной защитой относят к автоматизированным изделиям с применением микропроцессорной техники.

6.2. Построение механических характеристик асинхронного электродвигателя

Механическую характеристику асинхронного электродвигателя строят по каталожным или паспортным данным (рис. 26).

1 — точка синхронной угловой скорости: момент равен нулю, а угловая скорость равна синхронной:

$$M = 0; \qquad \omega = \omega_0.$$

Синхронная угловая скорость двигателя равна

$$\omega_0 = 2\pi f / p,$$

где f = 50 Гц — частота сети; p — число пар полюсов.

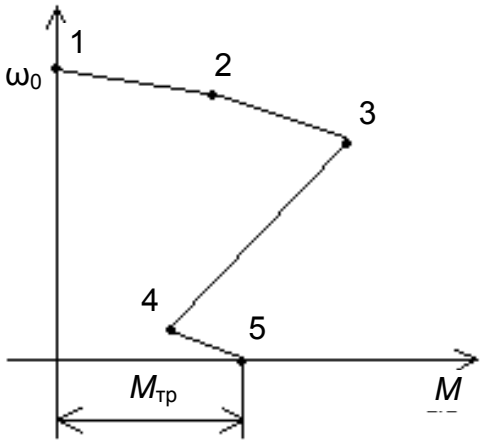

Рис. 26. Построение естественной механической характеристики асинхронного двигателя: ω_0 — синхронная угловая скорость; $M_{тр}$ — момент трогания двигателя; M — момент

Синхронная частота вращения двигателя:

$$n_0 = 60f/p = 3000/p.$$

Связь между угловой скоростью двигателя (ω, рад/с) и частотой вращения двигателя (n, мин$^{-1}$) выражена следующим образом:

$$\omega_0 = \pi n_0/30 \approx 0{,}105 n_0 \text{ или } \omega_{ном} = \pi n_{ном}/30 \approx 0{,}105 n_{ном},$$

где $\omega_{ном}$ — номинальная угловая скорость двигателя, рад/с; $n_{ном}$ — номинальная частота двигателя, об/мин.

Номинальная угловая скорость равна

$$\omega_{ном} = 0{,}105 n_{ном}.$$

2 — <u>точка с номинальными параметрами</u>: момент равен номинальному, угловая скорость равна номинальной:

$$M = M_{ном}; \qquad \omega = \omega_{ном}.$$

Номинальную частоту вращения двигателя берут из паспорта, а угловую скорость ($\omega_{ном}$, рад/с) определяют по формуле

$$\omega_{ном} = 0{,}105 n_{ном}.$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{ном} = P_{ном}/\omega_{ном},$$

где $P_{ном}$ — номинальная мощность электродвигателя, Вт.

3 — <u>точка соответствует критическому моменту</u>: момент равен максимальному, или критическому, соответственно, угловая скорость равна критической:

$$M = M_{кр}; \qquad \omega = \omega_{кр}.$$

Максимальный (критический) момент равен

$$M_{кр} = (M_{кр}/M_{ном})M_{ном} = M^*_{кр} M_{ном},$$

где $M^*_{кр} = M_{кр}/M_{ном}$ — кратность критического момента (паспортная величина, безразмерная).

Критическая угловая скорость:

$$\omega_{кр} = \omega_0(1 - S_{кр}),$$

где $S_{кр}$ — критическое скольжение:

$$S_{кр} = \frac{S_{ном}\left(M^*_{кр} + \sqrt{M^*_{кр}}\right)^2 + 2S_{ном}(M^*_{кр} - 1)}{1 - 2S_{ном}(M^*_{кр} - 1)};$$

где $S_{ном}$ — номинальное скольжение:

$$S_{ном} = (\omega_0 - \omega_{ном})/\omega_0 \text{ или } S_{ном} = (n_0 - n_{ном})/n_0.$$

4 — <u>точка минимального момента</u>: момент равен минимальному, соответственно, угловая скорость равна минимальной:

$$M = M_{min}; \qquad \omega = \omega_{min}.$$

Минимальный момент равен

$$M_{min} = \frac{M_{min}}{M_{ном}} M_{ном} = M^*_{min} M_{ном},$$

где $M^*_{min} = M_{min}/M_{ном}$ — кратность минимального момента (паспортная величина, безразмерная; $M_{ном}$ — номинальный момент двигателя.

Угловая скорость, соответствующая минимальному моменту:

$$\omega_{min} \approx \frac{1}{7}\omega_0.$$

5 — <u>точка пускового момента</u>: момент равен пусковому, угловая скорость равна нулю:

$$M = M_{пуск}; \qquad \omega = 0.$$

Пусковой момент равен

$$M_{пуск} = \frac{M_{пуск}}{M_{ном}} M_{ном} = M^*_{пуск} M_{ном},$$

где $M^*_{пуск} = M_{пуск}/M_{ном}$ — кратность пускового момента (паспортная величина, безмерная).

6.3. Обозначение и определение обмоток асинхронного двигателя

Выводам обмоток статора машин переменного тока присваивают букву С, выводам обмоток ротора — букву Р.

В трехфазном статоре начала обмоток обозначают: первой фазы — С1, второй — С2, концы обозначают соответственно — С4, С5, С6, нулевой точки — 0.

Выводам обмоток ротора присваивают обозначения: Р1, Р2, Р3 — соответственно первая, вторая и третья фазы.

Выводам многоскоростных двигателей перед буквой добавлена цифра, указывающая число полюсов. Например, для трехфазного двигателя при переключении обмоток с двух полюсов на четыре их вывода маркируют соответственно 2С1, 2С2, 2С3, 4С1, 4С2, 4С3.

У двигателей однофазных начало главной обмотки маркируют С1, а конец — С2, начало пусковой обмотки — П1, конец — П2.

У машин постоянного тока выводы якорной обмотки обозначают Я1 и Я2 (соответственно начало и конец), обмотки параллельного возбуждения — Ш1 и Ш2, последовательного возбуждения — С1 и С2, компенсационной — К1 и К2, добавочных полюсов — Д1, Д2, уравнительной — У1, У2.

Определение начал и концов обмоток электродвигателя, если утеряны металлические бирки на выводах. Разметка обмоток трехфазного двигателя происходит в два этапа.

На первом этапе контрольной лампой или цифровым мини-мультиметром либо мегаомметром определяют выводы обмоток. С этой целью с зажимом сети через контрольную лампу соединяют один из шести выводов статорной обмотки двигателя. Проводом, подключенным к другому зажиму сети, поочередно прикасаются к каждому из остальных пяти выводов до тех пор, пока лампа не загорит. Это означает, что два вывода, присоединенных к сети, принадлежат одной обмотке. Эту операцию отыскания концов одной обмотки можно выполнить цифровым мини-мультиметром или мегаомметром. Таким образом, все выводы обмоток разделяют на пары по числу фаз.

На втором этапе определяют начало и концы обмоток (рис. 27). Для этого три обмотки соединяют последовательно и включают в сеть напряжением 220 В. Параллельно каждой обмотке подключают вольтметр со шкалой 200—600 В. При согласованном включении обмоток (т. е. конец пер-

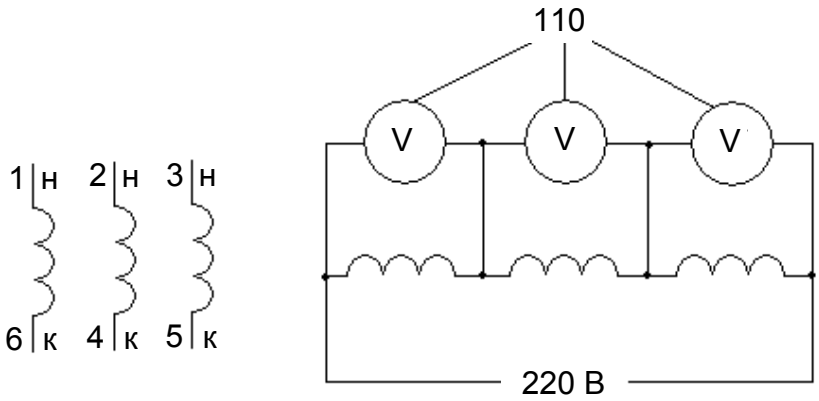

Рис. 27. Определение начала и концов обмоток асинхронного двигателя

вой обмотки окажется соединен с началом второй, а конец второй — с началом третьей обмотки). Вольтметры должны показать одинаковое напряжение на каждой обмотке. На обмотке, включенной встречно двум другим, напряжение повышается, так как в ней находится электродвижущая сила, обусловленная взаимной индукцией двух других обмоток.

После окончания поиска начала и концов обмоток на найденных концах обмоток закрепляют металлические бирки с соответствующими обозначениями. Измерения можно упростить, применяя один вольтметр.

6.4. Подключение трехфазного асинхронного двигателя по системе TN–C–S

На рис. 28 дана схема запуска асинхронного трехфазного двигателя с катушкой магнитного пускателя 220 В по системе TN–C–S.

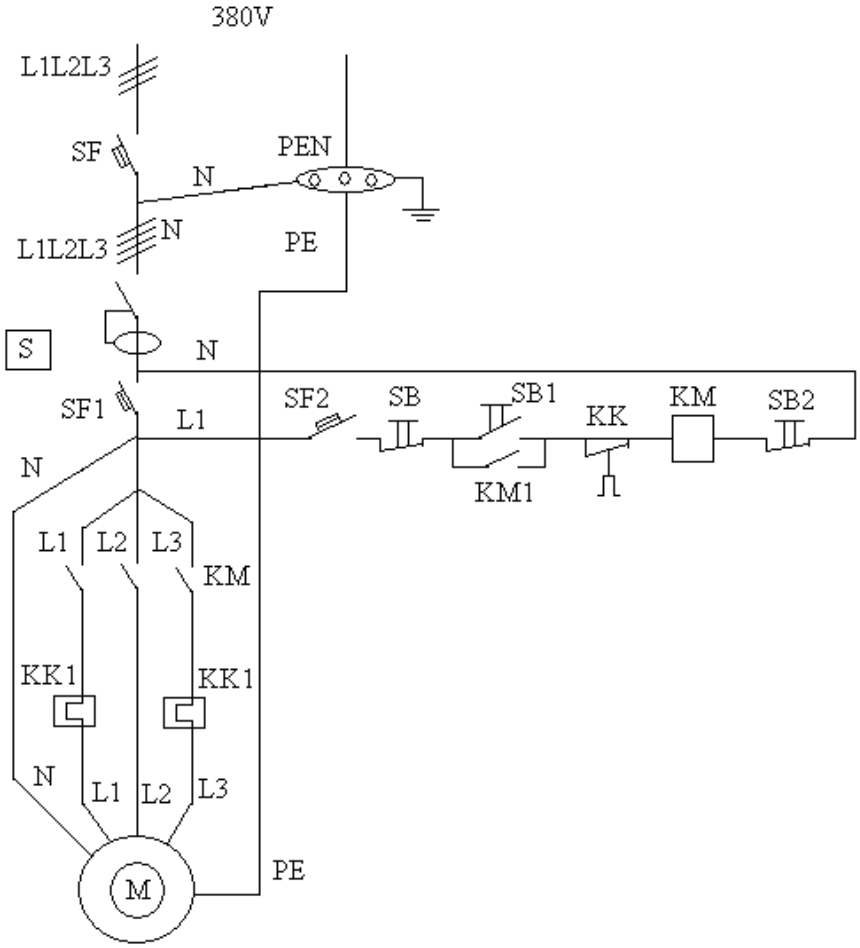

Рис. 28. Схема запуска асинхронного трехфазного двигателя с катушкой магнитного пускателя 220 В по системе TN–C–S: SB1 — кнопка «Пуск»; SB2 — кнопка «Стоп» («грибок»); КМ — катушка магнитного пускателя; КМ1 — блокировочный контакт

На рис. 29 показана схема реверсивного запуска трехфазного асинхронного двигателя с катушкой магнитного пускателя 380 В по системе TN–C–S.

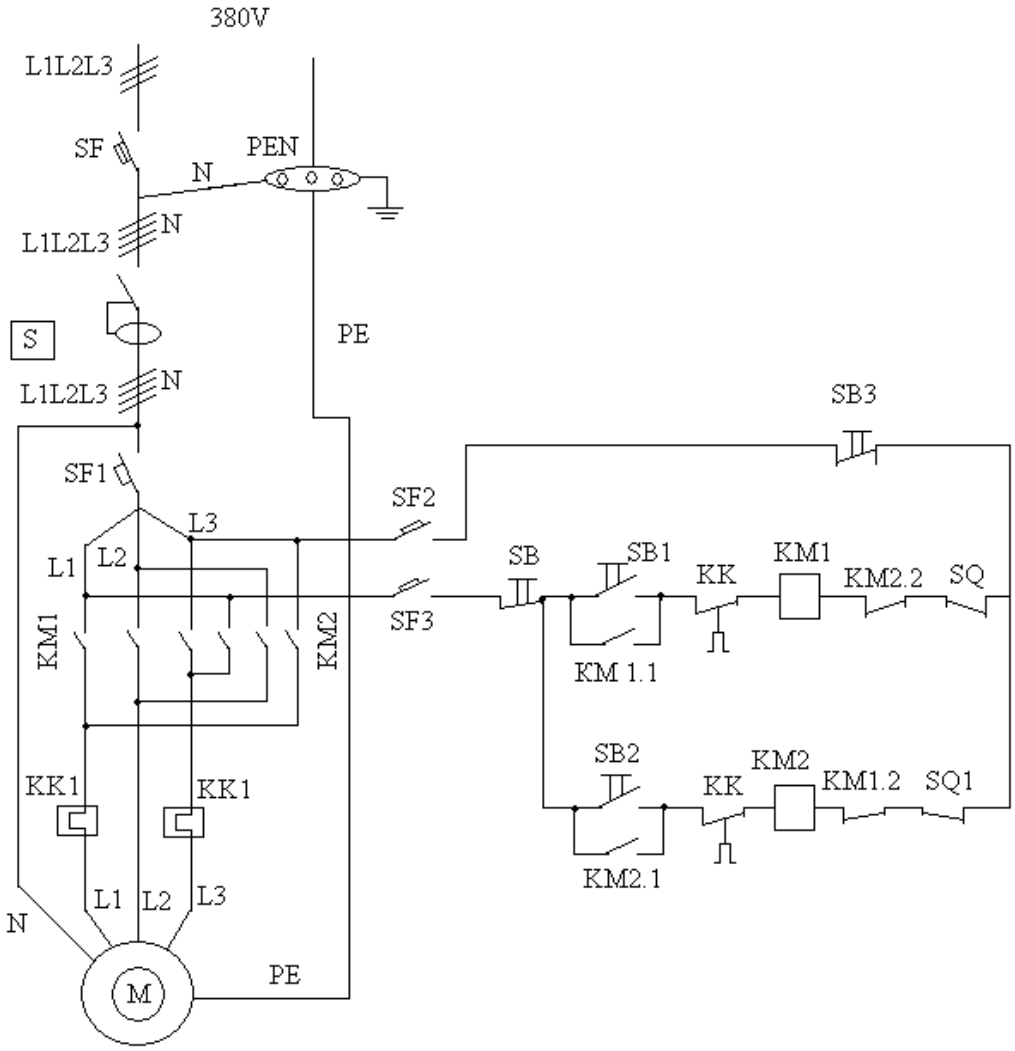

Рис. 29. Схема реверсивного запуска трехфазного асинхронного двигателя с катушкой магнитного пускателя 380 В по системе TN–C–S:
SB1, SB2 — кнопка «Пуск»; SB3 — кнопка «Стоп» («грибок»);
КМ1, КМ2 — катушки магнитного пускателя;
КМ1.1, КМ2.1, КМ2.2, КМ1.2. — блокировочные контакты

Примечание к рис. 28 и 29.
S — УЗО (устройство защитного отключения);
L1, L2, L3 — фазы линии 220 В;
M — электродвигатель.
N — ноль рабочий;
PE — ноль защитный;
PEN — совмещенный ноль рабочий и ноль защитный;
SB — кнопка «Стоп»;
SF, SF1, SF2, SF3 — автоматические выключатели;
SQ, SQ1 — концевой выключатель;
КК, КК1 — контакты теплового реле.

6.5. Требования к установке электродвигателей

Электродвигатели устанавливают с учетом того, чтобы доступ к ним для осмотра и ремонта был удобен. Шкивы, муфты и передачи ограждa-

ются. Корпуса электродвигателей в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных помещениях заземляют. Вибрация оборудования, фундаментов и частей зданий не должна превышать допустимых значений. Проходы обслуживания между фундаментами или корпусами электродвигателей, между электродвигателями или частями здания или оборудования принимаются равными не менее 1 м в свету. Допустимы местные сужения проходов между выступающими частями электродвигателей и оборудования или строительными конструкциями до 0,6 м. Машины малой мощности (до 10 кВт) напряжением до 1000 В разрешается устанавливать при сужении проходов в свету до 0,6 м, но расстояние от корпуса до токоведущих частей щита при этом должно быть не менее 1 м. Расстояние в свету между машиной и стеной здания или между параллельно установленными машинами при наличии прохода с другой стороны — не менее 0,3 м.

Электродвигатели и аппараты в закрытых помещениях, имеющие сопротивление и реостаты всех исполнений, размещают на расстоянии не менее 1,5 м от сгораемых конструкций зданий. Кабельную муфту или трубу с проложенными в ней проводами нужно подводить к коробке контактных зажимов электродвигателя. Допускается подводить кабель к коробке в гибком металлическом рукаве.

6.6. Способы установки электродвигателей

В зависимости от мощности электродвигателя и от назначения электросиловой установки, двигатель может быть установлен на фундаменте, на раме, на корпусе машины, на кронштейне или на консолях в стене или потолке. Двигатели мощностью 10 кВт и выше устанавливают на фундаментах. При равномерной нагрузке (вентиляторы, насосы) вес фундамента должен быть равен 10-кратному весу двигателя. При тяжелых режимах (реверсирования, колебаниях нагрузки) вес фундамента должен быть не менее 20-кратным веса двигателя.

Площадь опорной поверхности определяется весом фундамента и электродвигателя или агрегата и допустимым давлением на грунт:

– на мелкий песок — 20 Н/см^2;
– на крупный песок — 35 Н/см^2;
– на глину и суглинок — 25 Н/см^2;
– на гравий — 50 Н/см^2.

Кирпичные фундаменты выполняют на растворе из цемента и песка (1 : 3), который затвердевает в течение 5—7 дней, бетонные — на составе из цемента, речного песка и мытого гравия (1 : 3 : 5) при выдержке 10 дней. Отверстия под фундаментные болты делают при помощи деревянных конических пробок, которые вынимают через 15—20 часов после окончания кладки бетона. На готовом фундаменте размещают салазки с болтами, выверяют установку ватерпасом, заливают болты раствором, состоящим из одной части цемента и одной части песка, и выдерживают в те-

чение 6—7 дней. После этого устанавливают и выверяют электродвигатель.

При устройстве фундамента для агрегата (компрессорного, насосного), имеющего общее основание — раму или плиту, делают шаблон из досок или толстой фанеры с отверстиями под фундаментные болты. Для этой цели шаблон прокладывают под раму или плиту и размечают отверстия для болтов. Салазки выравнивают по ватерпасу в продольном и поперечном направлениях, подкладывая железные клинья и пластины. Затем затягивают болты, поверхность фундамента заливают слоем (до 1 см) цементного раствора, заделывают все неровности и просветы между фундаментом и салазками. После укрепления салазок приступают к выверке валов двигателя и рабочей машины. Валы должны быть параллельны друг другу, а середины шкивов — находиться в одной плоскости. Для этого концы шнура прикрепляют к краям шкива рабочей машины так, чтобы шнур касался края обода, и прикладывают к краю электродвигателя. При различной ширине шкивов находят их середины и мелом проводят среднюю линию на обоих шкивах. По этим линиям и выверяют параллельность расположения вала при помощи шнуров. При выверке валов электродвигателя и машины, соединяемых муфтами напрямую, применяют вспомогательные скобы, которые закрепляют на валах двигателя и машины. Поворачивая валы двигателя и машины в одном направлении и пользуясь прокладками из жести и полосового железа, добиваются, чтобы расстояния между скобами оставалось одинаковыми в любом положении валов.

Контрольные вопросы

1. Укажите причины успешного использования асинхронных электродвигателей в электроприводе.
2. Поясните структурную маркировку асинхронных электродвигателей серии АИР.
3. Поясните работу асинхронного электродвигателя на механической характеристике.
4. Как определяются обмотки асинхронных электродвигателей?
5. Поясните работу асинхронного электродвигателя по системе TN–C–S.
6. Укажите способы установки электродвигателей.

ГЛАВА 7. МОНТАЖ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ

7.1. Работа системы защиты

Развитие электроэнергетики сопровождается все более широким внедрением современных средств автоматизации, контроля, учета, защиты оборудования и энергетической системы в целом. Релейная защита должна обнаружить неисправность системы и дать команду на отключение силового выключателя *Q*, одновременно извещая оперативный персонал световым и звуковым сигналами о неисправности системы.

Релейная защита состоит из четырех частей: измерительной, логической, управляющей и питающей (рис. 30).

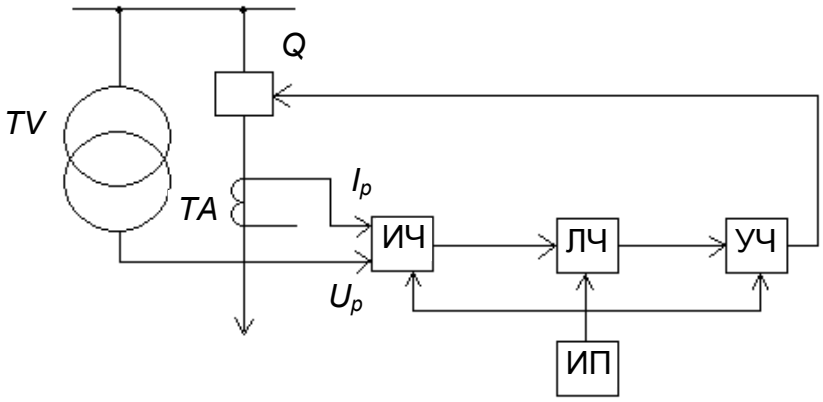

Рис. 30. Структурная схема релейной защиты

Измерительная часть (ИЧ). Измерительная часть непрерывно осуществляет контроль за состоянием защищаемого объекта. При повреждении и ненормальной работе объекта срабатывает и выдает дискретные сигналы на вход логической части (ЛЧ). Контролируемыми величинами, в зависимости от РЗ, является ток *I* и напряжение *U* защищаемого объекта. При рабочих напряжениях выше 1000 В к измерительной части защиты подводят через измерительные трансформатора *TA* не более 5 А и напряжение *TV* не более 100 В.

Логическая часть (ЛЧ). Логическая часть воспринимает дискретные сигналы от измерительной части, выполняет с помощью логических элементов (реле) по заданной программе логические операции и подает выходной сигнал срабатывания на управляющую часть (УЧ).

Управляющая (исполнительная) часть (УЧ). Управляющая часть служит для усиления сигнала ЛЧ до значения, необходимого для отключателя Q и приведения в действие устройств световой и звуковой сигнализаций для оперативного персонала. Сигнал ЛЧ на полупроводниковых элементах имеет недостаточную мощность для срабатывания выключателя Q. Для этой цели применяется дополнительный источник питания (ИП).

Источник питания (ИП). Источник питания используется для питания измерительной, логической, управляющей частей схемы стабильным напряжением.

7.2. Назначение релейной защиты

При эксплуатации любой электроэнергетической системы ЭЭС приходится считаться с возможностью возникновения в ней повреждений и ненормальных режимов работы. Самыми распространенными и в то же время наиболее опасными видами повреждений в трехфазных системах переменного тока являются короткие замыкания (КЗ). Одним из основных видов ненормальных режимов работы являются перегрузки. Название «релейная защита» появилось в ряде стран в связи с тем, что рассматриваемый вид противоаварийной автоматики начал осуществляться посредством электромеханических аппаратов, названных реле. В дальнейшем этот термин получил всеобщее признание и был узаконен.

Первое реле было разработано и построено ученым П. Л. Шиллингом в 1830—1832 гг. В 1835 г. реле было сконструировано также физиком Дж. Генри. До последнего времени широкое распространение имеют понятия, характеризующие свойства, определяемые следующими четырьмя требованиями, предъявляемыми к релейной защите от КЗ: селективность, быстродействие, чувствительность и надежность.

Селективность. Селективностью, или избирательностью, РЗ называется ее способность отключать только поврежденный элемент системы (при КЗ) посредством его выключателей *Q*. Она дает возможность при наличии резервирования питания потребителей исключать перерывы в их электроснабжении. Так, например, в случае КЗ в точке *K*1 (рис. 31) защита должна отключить поврежденную линию выключателем *Q*2, т. е. выключателем, ближайшим к месту повреждения. При этом все потребители, кроме питавшихся от поврежденной линии, остаются в работе.

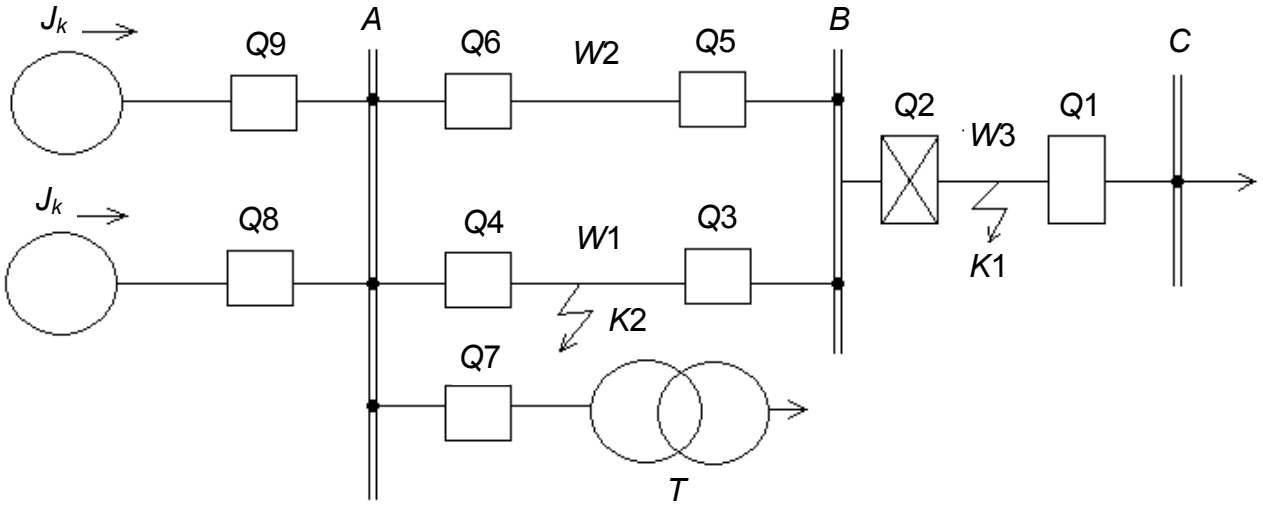

Рис. 31. Селективное отключение поврежденного участка при КЗ в сети

В случае КЗ в точке К2 при селективном действии защиты должна отключаться поврежденная линия W1, а линия W2 остается в работе. При таком отключении все потребители сети сохраняют питание.

Быстродействие. Отключение КЗ должно производиться с боль-

шой быстротой для ограничения размеров разрушения оборудования, повышения эффективности автоматического повторного включения линий и сборных шин, уменьшения продолжительности снижения напряжения у потребителей и сохранения устойчивости параллельной работы генераторов, электростанций и энергосистемы в целом. Допустимое время отключения КЗ по условию сохранения устойчивости зависит от ряда факторов. Важнейшим из них является величина остаточного напряжения на шинах электростанций и узловых подстанций, связывающих электростанции с энергосистемой. Чем меньше остаточное напряжение, тем вероятнее нарушение устойчивости и, следовательно, тем быстрее нужно отключить КЗ. Наиболее тяжелыми по условиям устойчивости являются трехфазные и двухфазные КЗ на землю в сети с глухозаземленной нейтралью, так как при этих повреждениях происходят наибольшие снижения всех междуфазных напряжений. В современных энергосистемах для сохранения устойчивости требуется весьма малое время отключения КЗ. Так, например, на линиях электропередачи 750—1150 кВ необходимо отключать повреждение за 0,06—0,08 с после его возникновения, на ЛЭП 330—550 кВ — за 0,1—0,12 с, а в сетях 110—220 кВ — за 0,15—0,3 с. В распределительных сетях 6 и 10 кВ, отделенных от источников питания большим сопротивлением, КЗ можно отключать со временем примерно 1,5—3 с, так как они не вызывают опасности понижения напряжения на генераторах и не влияют на устойчивость системы. Точная оценка допускаемого времени отключения производится с помощью специальных расчетов устойчивости, проводимых для этой цели. Полное время отключения повреждения t складывается из времени срабатывания защиты $t_з$ и выключателя $t_в$:

$$t_{о.к} = t_з + t_в.$$

7.3. Измерительные трансформаторы

При использовании трансформаторов можно разделить первичные и вторичные цепи измерения и защиты, обеспечить безопасность измерений, удобство обслуживания и регулировки приборов, реле, стандартизировать их по току и напряжению, исключить протекание токов КЗ через последовательно включаемые обмотки приборов и реле, снизить стоимость контрольной проводки за счет уменьшения ее сечения (рис. 32).

Номинальный вторичный ток трансформатора — 5 А, вторичное напряжение трансформаторов — 100 В. Трансформаторы тока и напряжения вносят в измерения определенную погрешность. Первичные обмотки трансформаторов тока и напряжения включаются соответственно в контролируемую цепь последовательно и параллельно. Трансформаторы тока предназначены для преобразования первичного тока до наиболее удобных для измерительных приборов и реле значений и отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Эти трансформаторы изготавливают для внутренней и наружной установки и на всю шкалу токов и напряжений.

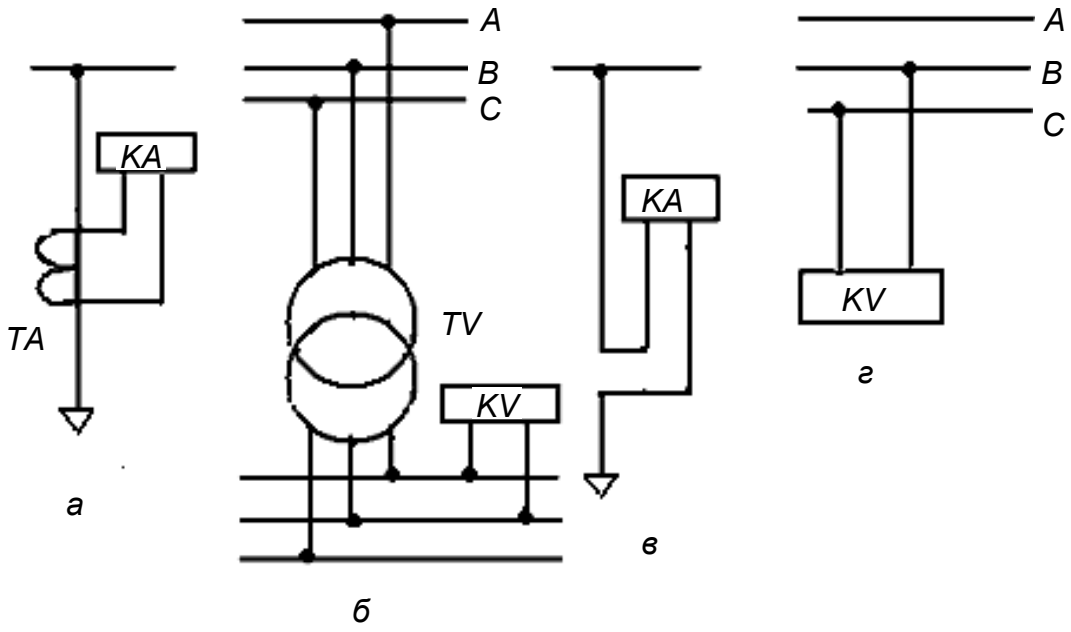

Рис. 32. Схема включения реле: *а*, *б* — вторичных, *в*, *г* — первичных

Трансформатор тока представляет собой замкнутый магнитопровод 2 (рис. 33*а*) и две обмотки. Первичную обмотку 1 включают последовательно в контролируемую цепь (цепь измеряемого тока) I_1. Ко вторичной обмотке 3 присоединяют последовательно токовые обмотки приборов и реле, обтекаемые током I_2. Тогда коэффициент трансформации равен

$$K_т = I_1/I_2 \approx W_2/W_1.$$

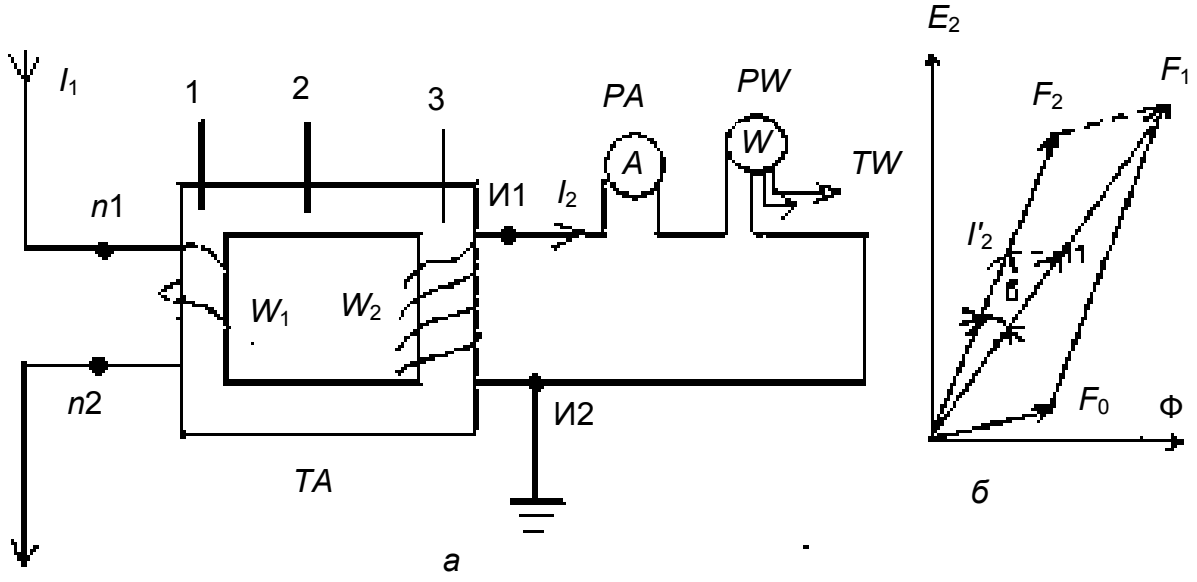

Рис. 33. Трансформатор тока:
а — схема включения; *б* — векторная диаграмма токов;
1 и 3 — первичная и вторичная обмотки; 2 — магнитопровод

Номинальные вторичные токи равны 5 А. Существуют трансформа-

торы тока со вторичным номинальным током для специальных реле 1 А, но они составляют 1,3 % всех реле 5 А. У трансформаторов тока число витков вторичной обмотки W_2 больше числа витков первичной обмотки W_1, а также значение первичного тока I_1 не зависит от нагрузки во вторичной цепи (от значения вторичного тока I_2). На векторной диаграмме рис. 33*б* показана результирующая магнитодвижущая сила (МДС) (F_0). В нормальном режиме работы она сравнительно невелика, что обусловливает малые значения потока магнитного потока (Ф) и электродвижущей силы (ЭДС) (E_2), наводимой во вторичной обмотке. При разомкнутой вторичной обмотке ток в ней равен нулю, т. е. $I_2 = 0$, и МДС вторичной обмотки также равна нулю, т. е.

$$F_2 = I_2 W_2 = 0.$$

Так как ток в первичной обмотке I_1 и ее МДС F_1 практически не изменяются, то результирующая МДС F_0 увеличивается во много раз и становится равной F_1. Соответственно, увеличивается поток Ф, величина которого ограничивается лишь насыщением сердечника и индукцией в стали сердечника. Возросший поток Ф наведет во вторичной обмотке значительную ЭДС, а напряжение на разомкнутых концах этой обмотки может возрасти с нескольких десятков до тысяч вольт, что опасно для обслуживающего персонала, изоляции вторичной обмотки, а также для приборов и реле, присоединенных к ней. Кроме того, при сильном увеличении индукции значительно возрастают потери в стали, что может вызвать нежелательный перегрев сердечника и изоляции обмоток, а в результате вызвать пробой трансформатора. Перед отключением прибора от трансформатора тока необходимо предварительно замкнуть накоротко его вторичную обмотку или зашунтировать обмотку реле, прибора и только после этого отсоединить прибор.

Из-за наличия магнитной системы в трансформаторах тока наблюдаются погрешности измерений. Погрешность трансформатора тока зависит от конструктивных особенностей, а именно: от сечения магнитопровода, магнитной проницаемости материала магнитопровода, средней длины магнитного пути, значения I_1, W_1. Трансформатор тока характеризуется погрешностями по току и углу. По разнице между умноженным на номинальный коэффициент трансформации током, измеренным прибором, и действительным током, протекающим в первичной цепи, определяют погрешность по току (%):

$$\Delta I\% = \frac{K_т I_2 - I_1}{I_1} 100.$$

Полную погрешность по току ε за период времени T определяют по формуле

$$\varepsilon = \frac{100}{I_1}\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T (i_2 k_т - i_1)^2 dt},$$

где I_1 — действующий первичный ток, А; i_1, i_2 — мгновенные значения первичного и вторичного токов, А; T — длительность периода измерений, с; $k_т$ — номинальный коэффициент трансформации.

Угловая погрешность δ представляет собой угол сдвига между вектором первичного тока и повернутым на 180° вектором вторичного тока рис. 33*б*. Из-за нее могут наблюдаться значительные искажения при измерениях приборами с двумя обмотками, одна из которых включается последовательно, а вторая — параллельно. Под нагрузкой трансформатора понимают либо полное сопротивление Z_2 его внешней вторичной цепи, равное сумме сопротивления последовательно включенных обмоток приборов, соединительных проводов и контактов, либо мощность S_2, потребляемую нагрузкой:

$$S_2 = I_2^2 Z_2.$$

Измерительные трансформаторы тока подразделяют на пять классов точности: 0,2; 0,5; 1; 3; 10. Указанные цифры представляют собой токовую погрешность в процентах от номинального тока:

0,2 — лабораторные измерения;
0,5 — коммерческий учет;
1 — контрольные счетчики;
3 — питание амперметров, реле;
10 — питание оперативных цепей.

7.4. Правила монтажа релейной защиты и учета электрической энергии относительно нормативных документов

Для безопасного производства работ в цепях релейной защиты, измерительных приборов и системы учета электрической энергии вторичные цепи измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянные заземления. При необходимости разрыва токовой цепи измерительных приборов, устройств релейной защиты, вторичных цепей трансформатора тока необходимо закорачивать на специально предназначенных для этой цели зажимах или с помощью специальных блоков.

Не допускается производить работы во вторичной цепи между трансформаторами тока и установленной закороткой, которые могут привести к размыканию цепи. При работах во вторичных устройствах и цепях трансформаторов напряжения с подачей напряжения от постороннего источника должны быть приняты меры, исключающие возможность обратной трансформации.

Проверка, опробование действия устройств релейной защиты, электроавтоматики, отключение и включение коммутационных аппаратов

должны выполняться в соответствии с «Межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок» [9, п. 2.3.11].

При монтаже, ремонте и эксплуатации вторичных цепей, устройств релейной защиты, измерительных приборов, электроавтоматики, телемеханики, связи, включая работы в приводах и агрегатных шкафах коммутационных аппаратов, независимо от того, находятся они под напряжением или нет, производителю работ разрешается по распоряжению отключать и включать вышеуказанные устройства, а также опробовать устройства защиты и электроавтоматики на отключение и включение выключателей с разрешения оперативного персонала [9, п. 2.3.7].

При проведении неотложных работ производитель работ (наблюдающий) из числа оперативного персонала, выполняющий работу или осуществляющий наблюдение за работающими в электроустановках напряжением выше 1000 В, должен иметь группу IV, а в электроустановках напряжением до 1000 В — группу III. Члены бригады, работающие в электроустановках напряжением до 1000 В и выше, должны иметь группу III. Перед допуском должны быть выполнены мероприятия по подготовке рабочего места, определяемые выдающим распоряжение. Для проведения безопасных монтажных работ нормативным документом являются «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» [9]. Для технически грамотного решения и проведения монтажных работ нормативной базой являются «Правила устройства электроустановок» [10] и согласованный утвержденный рабочий проект.

Монтажные работы качественно может выполнить только обученный, подготовленный высококвалифицированный электротехнический персонал.

Контрольные вопросы

1. Поясните работу основных четырех частей релейной защиты.
2. Укажите основное значение релейной защиты.
3. Раскройте особенности измерительных трансформаторов.
4. Приведите основные правила монтажа релейной защиты, группы учета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конец XX века ознаменовался научными разработками электронной техники и ее производства. Научно-технический прогресс позволил кардинально решить вопросы монтажа и эксплуатации электроэнергетической системы. Все это поднимает на новый уровень развития электроэнергетическую систему.

В монтажных работах применяются сложные системы автоматики и качественное совершенствование электротехнического оборудования. Персонал, осуществляющий электромонтажные работы, должен обладать высокой квалификацией, совершенствуя и углубляя профессиональные знания и деловые качества.

После изучения дисциплины «Монтаж электрооборудования и средств автоматизации» студент будет знать технические основы и передовые технологии монтажа, наладки электрооборудования и средств автоматизации; основные нормативные документы, основные понятия и определения, характеризующие монтаж и наладку электрооборудования; основные нормативно-технические документы, регламентирующие электромонтажные и наладочные работы; оформление отчетной документации при наладочных работах; требования и мероприятия, направленные на обеспечение безопасных условий труда и многое другое.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева, С. И. Юран, И. Р. Владыкин. — М. : КолосС, 2007. — 351 с.

2. *Ополева, Г. Н.* Схема и подстанции электроснабжения [Текст] : справочник : учеб. пособие / Г. Н. Ополева. — М. : Форум ; ИНФРА-М, 2008. — 480 с.

3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Текст]. — М. : ЭНАС, 2008. — 304 с.

4. Эксплуатация электрооборудования [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. П. Ерошенко, А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева [и др.] — М. : КолосС, 2008. — 344 с.

5. Электропривод и электрооборудование [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, С. И. Юран. — М. : КолосС, 2008. — 328 с.

Дополнительный

6. *Будзко, И. А.* Электроснабжение сельского хозяйства [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. — М. : Колос, 2000. — 536 с.

7. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках [Текст]. — М. : НЦ ЭНАС, 2004. — 96 с.

8. Кабель — провод [Текст] : каталог-справочник / Электротехническая компания «Минимакс». — СПб., [б. г.]. — 160 с.

9. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок [Текст]. — М. : НЦ ЭНАС, 2003. — 192 с.

10. Правила устройства электроустановок. — 7-е изд. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2007. — 549 с.

11. Устройство защитного отключения [Текст] : учеб.-справ. пособие. — М. : Энергосервис, 2003. — 232 с.