

УДК 612.311+696.6(075.32)
ББК 31.29-5:31.294.9я723
КТК 230
П53

Рецензенты:

С.А. Цирук — кандидат технических наук, профессор
(Московский энергетический институт, кафедра электроснабжения
промышленных предприятий и электротехнологий);

В.В. Кобыленко — кандидат технических наук
(Таганрогский техникум сервиса и жилищно-коммунального хозяйства)

Полюянович Н.К.

П53 Эксплуатация электротехнических систем объектов ЖКХ : учеб.
пособие / Н.К. Полюянович, М.Н. Дубяго. — Ростов н/Д : Феникс,
2020. — 158 с. : ил. — (Среднее профессиональное образование).

ISBN 978-5-222-32351-9

Учебное пособие подготовлено для студентов средних профессиональных образовательных учреждений, обучающихся по специальностям и рабочим профессиям укрупненной группы «Техника и технологии строительства», в частности получающих профессию «Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства» (вид профессиональной деятельности «Поддержание рабочего состояния силовых и слаботочных систем зданий и сооружений, системы освещения и осветительных сетей объектов ЖКХ») и профессию из ТОП-50 «Электромонтажник» (вид профессиональной деятельности «Монтаж осветительных электропроводок и оборудования»).

В пособии рассмотрены конструктивные особенности, классификация и выбор электротехнического оборудования, инструментов для силовых и слаботочных домовых электрических систем, вопросы, связанные с правильным электромонтажом и обслуживанием электрических сетей, светотехнического оборудования многоквартирных домов. Рассмотрены устройство, конструкция и расчет различных заземляющих устройств, порядок выбора защитных аппаратов объектов ЖКХ. Описаны техническое обслуживание и типовые технологические процессы ремонта оборудования слаботочных и силовых электрических систем, а также характеристики испытаний и правила безопасной эксплуатации этих систем в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. Представлены методы и средства измерений, принципы действия и выбор контрольно-измерительных приборов.

Книга также будет полезна рабочим и служащим с квалификацией «слесарь-электрик», студентам укрупненной группы ФГОС СПО «Электро- и теплоэнергетика».

ISBN 978-5-222-32351-9

УДК 612.311+696.6(075.32)
ББК 31.29-5:31.294.9я723

© Н.К. Полюянович, М.Н. Дубяго, текст, 2019
© ООО «Феникс»: оформление, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	9
1.1. Защита, охлаждение и монтаж оборудования	9
1.2. Виды технического осмотра и обслуживания.....	13
1.3. Причины и виды износов электрооборудования	15
1.4. Надежность, классификация ремонтов электрических систем и оборудования	16
1.5. Определение надежности электрооборудования.....	19
1.6. Классификация помещений с электроустановками ...	22
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>23</i>
2. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	24
2.1. Монтаж кабельных линий и отдельных узлов силовых систем	25
2.2. Монтаж внутренних электрических сетей.....	34
2.3. Электромонтаж систем освещения объектов ЖКХ	39
2.4. Устройство и электромонтаж заземления.....	48
2.5. Заземление электрооборудования	49
2.6. Расчет устройства заземления.....	57
<i>Контрольные вопросы.....</i>	<i>70</i>
3. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МНОГОКВАРТИРНОГО ДОМА.....	71
3.1. Монтаж электропроводки жилого многоквартирного дома.....	73

3.2. Проект электроснабжения квартиры.....	73
3.3. Электропроводка офисного помещения в МКД.....	80
3.4. Методы, средства измерения и принцип действия контрольно-измерительных приборов.....	97
<i>Контрольные вопросы</i>	104
4. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА	105
4.1. Инженерная подготовка электромонтажа оборудования	105
4.2. Просушка обмоток электрических машин и трансформаторов	108
4.3. Электромонтаж электрических машин.....	113
4.4. Электромонтаж трансформаторов.....	117
4.5. Наладка машин и трансформатора после установки	123
<i>Контрольные вопросы</i>	125
5. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, ЭЛЕКТРОАППАРАТУРЫ, УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ, УПРАВЛЕНИЯ.....	126
5.1. Техническое обслуживание и ремонт кабельных ЛЭП.....	127
5.2. Анализ аварийных режимов и отказов оборудования. Выбор аппаратуры защиты	131
5.3. Обслуживание и ремонт электрооборудования.....	133
5.4. Техническое обслуживание электрических аппаратов	135
<i>Контрольные вопросы</i>	139
6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ	140
6.1. Организация обслуживания трансформаторов	140

6.2. Оперативное обслуживание трансформаторов	142
6.3. Текущий ремонт трансформаторов.....	145
<i>Контрольные вопросы</i>	146
7. РАЗБОРКА И ВЫПОЛНЕНИЕ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	147
7.1. Содержание ремонтов	147
7.2. Испытания отдельных узлов	149
7.3. Разборка электрических машин.....	149
<i>Контрольные вопросы</i>	152
ПРИЛОЖЕНИЕ	154
Асинхронный двигатель	154
Двигатель постоянного тока.....	155
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	156

ВВЕДЕНИЕ

Важную роль в обеспечении надежности работы и в повышении эффективности использования электромеханического и электрического оборудования жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) играет его правильная эксплуатация, включающая в себя монтаж, техническое обслуживание и ремонт. Немаловажным является также выбор оборудования с минимальным энергопотреблением, что приведет к снижению потребляемой электроэнергии до 20...25 %.

Электромонтаж и последующая эксплуатация электрооборудования проводятся на основании проектно-сметной документации, норм, отраслевых правил, заводских и других соответствующих инструкций. Электромонтажник, овладевший знанием нормативно-технической документации, способен заполнять всю текущую документацию по электрооборудованию в период его эксплуатации.

Согласно профессиональному стандарту «Электромонтажник домовых электрических систем и оборудования» основной целью являются техническое обслуживание и текущий ремонт домовых электрических систем и оборудования для повышения их эксплуатационной надежности и обеспечения безопасной эксплуатации. При производстве электромонтажных работ необходимо получение знаний и умений в области обслуживания и ремонта силовых и слаботочных электрических сетей зданий [1, 2], а именно:

- выявление неисправностей в домовых силовых и слаботочных системах;
- оценка возможностей устранения неисправностей кабелей, проводки, розеток слаботочной аппаратуры;
- выбор электроизоляционных материалов, электромонтажных инструментов и оборудования согласно правилам применения электромонтажного инструмента, требованиям охраны труда и техники безопасности.

Перечень компетенций для освоения образовательной программы:

ПК 2.1 — осуществлять техническое обслуживание силовых и слаботочных систем зданий и сооружений, системы освещения и осветительных сетей объектов жилищно-коммунального хозяйства в соответствии с требованиями нормативно-технической документации;

ПК 2.2 — осуществлять ремонт и монтаж отдельных узлов освещения и осветительных сетей объектов жилищно-коммунального хозяйства в соответствии с требованиями нормативно-технической документации;

ПК 2.3 — осуществлять ремонт и монтаж отдельных узлов силовых и слаботочных систем зданий и сооружений в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Учебное пособие соответствует рабочей программе учебной дисциплины 08.01.26 «Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства», которую в соответствии с Проектом перечня профессий и специальностей СПО, подготовленным ФИРО РАНХиГС в рамках государственного задания Минобрнауки России №27.12594.2018/12.1, предполагается объединить с 08.01.10 «Мастер жилищно-коммунального хозяйства» под наименованием 08.01.26 «Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства». Перенесено в группу «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений».

Согласно профессиональному стандарту специальности «Слесарь-электрик» основными целями профессиональной деятельности являются обслуживание и ремонт простых и сложных электрических цепей, узлов, электроаппаратов и электрических машин, а также сопряженных с ними механизмов и устройств информационной электроники, их регулирование и испытание [3]. При выполнении этих работ необходимо владеть знаниями и умениями в области эксплуатации, обслуживания и ремонта электрических машин и электроаппаратов, а именно: знать виды слесарно-сборочных и электромонтажных

работ, способы сращивания проводов и кабелей; рассчитывать параметры заземляющих устройств; уметь регулировать приборы электроавтоматики и измерять сопротивление изоляции; применять на практике приемы и способы динамической балансировки роторов электрических машин согласно конструкторской документации; интерпретировать полученные результаты для локализации неисправности и поиска путей ее устранения.

Содержание учебного пособия изложено в 7 главах. Результатом освоения образовательной программы является соответствие профессиональным компетенциям:

ПК 4.2 — настраивать и регулировать контрольно-измерительные приборы и инструменты;

ПК 4.3 — выполнять монтаж, техническое обслуживание и ремонт силовых и осветительных электропроводок;

ПК 4.4 — выполнять прием, ремонт и наладку электрооборудования с последующим контролем качества произведенного ремонта.

Материально-техническое обеспечение процесса обучения электромонтажника домовых электрических систем и оборудования ремонту и обслуживанию систем ЖКХ в соответствии с ФГОС [4] может базироваться на использовании:

- лабораторных стендов по изучению электротехнических материалов, технологии открытого и скрытого электро монтажа, наладки и ремонта электрических систем;
- демонстрационных материалов по электрооборудованию промышленных и гражданских зданий;
- учебного комплекса «Технология электромонтажных работ»;
- комплекта учебного оборудования «Электромонтаж светильников, схем освещения, устройств энергосбережения и эффективность источников света», а также рабочего места электромонтера.

Самым эффективным способом поддержания оборудования в состоянии надежной и безотказной работы, а также восстановления его работоспособности с продлением эксплуатационного ресурса является только система нормативных ремонтов [9].

1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Процесс эксплуатации электрооборудования силовых и слаботочных систем включает в себя: хранение, транспортировку, электромонтаж, испытание и запуск, сдачу в эксплуатацию, техническое обслуживание (ТО), а также ремонты в процессе ТО [10]. *Цель правильной эксплуатации* состоит в обеспечении надежности работы электрооборудования в период установленного срока службы с соответствующими технико-экономическими показателями (увеличение коэффициента полезного действия (КПД) оборудования, уменьшение потерь энергии).

1.1. Защита, охлаждение и монтаж оборудования

Конструктивное исполнение оборудования определяют три фактора: способ охлаждения, защита от воздействия окружающей среды и способ монтажа [9, 10].

Первый из вышеуказанных факторов зависит от места расположения оборудования и особенностей окружающей среды. Стандартом предусмотрены пять категорий размещения оборудования и десять вариаций климатических исполнений.

В соответствии с ГОСТ 15150-69 используют следующие виды исполнений: «УХЛ — для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом; У — для макроклиматических районов с умеренным климатом; ТС и ТВ — для макроклиматических районов с тропическим сухим и влажным климатом; Т — для макроклиматических районов как с сухим, так и с влажным тропическим климатом; М и ТМ — для макроклиматических районов с умеренно-холодным и тропическим

морским климатом; О — для всех макроклиматических районов на суше, кроме климатического района с антарктическим холодным климатом; В — для всех районов на суше и на море, кроме климатического района с антарктическим холодным климатом; ОМ — для макроклиматических районов как с умеренно-холодным, так и с тропическим морским климатом, в том числе для судов неограниченного района плавания» [11].

На работе оборудования сказывается влияние окружающей среды, которую принято подразделять на 4 категории. Электрооборудование, имеющее климатическое исполнение У, УХЛ, ТВ, ТС, Т, предназначено для работы в окружающей среде категорий условно чистой (I) и промышленной (II), климатического исполнения О — в среде категории «приморско-промышленная» (IV), климатических исполнений ТМ, М, ОМ — в среде категории «морская» (III), климатического исполнения В — в среде категорий «морская» (III) и «приморско-промышленная» (IV).

Работа оборудования предусматривает эксплуатацию на открытом воздухе — категория 1, под навесом — категория 2, в закрытых помещениях — категория 3, в помещениях с регулируемыми условиями климата — категория 4, в помещениях с повышенной влажностью (продолжительное наличие воды или конденсата на потолке и стенах) — категория 5 [9].

Согласно ГОСТ 14254-2015 **степень защиты** указывается буквами *IP* и двумя цифрами, где первая характеристическая цифра указывает, что от проникновения внешних твердых предметов: нет защиты — 0; есть защита: 1 — диаметром не менее 50 мм; 2 — диаметром не менее 12,5 мм; 3 — диаметром не менее 2,5 мм; 4 — диаметром не менее 1 мм; 5 — пылезащищенное; 6 — пыленепроницаемое.

Вторая характеристическая цифра указывает, что от вредного воздействия в результате проникновения воды: нет защиты — 0; есть защита: 1 — вертикальное каплепадение; 2 — каплепадение с номинальным углом 15°; 3 — дождевание; 4 — сплошное обрызгивание; 5 — действие струи; 6 — сильное действие струи; 7 — временное непродолжительное

2. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Электроснабжение потребителей осуществляется с помощью электросетей. Согласно ГОСТ Р 54130-2011 электрическая сеть — совокупность соединенных между собой воздушных или кабельных электрических линий и подстанций, предназначенных для передачи и распределения электрической энергии [34].

Электромонтаж распределительных электросетей и осветительных установок осуществляется в соответствии с требованиями строительных норм и правил (СНиП), правил устройства электроустановок (ПУЭ) и инструкций по сборке производственных установок.

Монтаж высоковольтного оборудования намного сложнее монтажа низковольтного оборудования: выше сложность, значительнее объем и масса, поэтому правила установки, соответственно, значительно более строгие.

Технологический процесс установки осуществляется в соответствии с обобщенной схемой:



Электроснабжение осуществляется с помощью *воздушных* и *кабельных* линий. Кабели на напряжение 10 кВ и выше используют для электроснабжения в городах, где очень высокие требования к нормам безопасности, а также на территориях промышленных предприятий.

2.1. Монтаж кабельных линий и отдельных узлов силовых систем

Кабели укладываются в кабельные сооружения, траншеи, блоки, на несущие конструкции, в лотки. Установка выполняется в соответствии с проектной документацией, в которой указаны трассы прокладки линий [10, 13]. При установке необходимо учитывать назначение кабелей (мощность или управление).

Силовые кабели служат для передачи, распределения электроэнергии в силовых и осветительных электроустановках [13]. Линии электропередачи 6...10 кВ и выше выполняются специальными силовыми кабелями. Конструкция силовых кабелей зависит от величины напряжения. Наиболее распространенными являются трех- и четырехжильные силовые кабели с изоляцией, выполненной из бумаги. При напряжении 10 кВ они изготавливаются с изоляцией в общей оболочке из свинца для всех сердечников, а для напряжений 20 и 35 кВ — из отдельно свинцовых сердечников. Сердечники кабеля состоят из большого числа обыкновенных медных проводников с малым поперечным сечением. Кабели на напряжение менее 6 кВ и поперечным сечением менее 16 мм² выполнены из круглых проводов, а кабели на напряжение выше 6 кВ и поперечным сечением более 16 мм² — от секторальных жил (поперечное сечение в форме круга).

На рисунке 2.1 показан трехжильный кабель с секторными жилами на напряжение 10 кВ, где *a* — трехжильный кабель с изоляцией ленты из пропитанной бумаги, *b* — его часть с круглыми сердечниками, *в* — его часть с секторальными сердечниками; 1 — сердечники, 2 — изоляция сердечника,

3 — наполнитель, 4 — изоляция ремня, 5, 7 — защитная крышка, 6 — бумага, пропитанная соединением, 8 — броня из ленты, 9 — пропитанные кабельные нити. Жилы изолированы друг от друга специальной бумагой 2, пропитанной специальной массой, которая включает в себя масло и ка-нифоль. В настоящее время производятся кабели, в которых свинцовое покрытие заменяется алюминием или пластиком (сопрен, винилит).

Согласно ГОСТ 31996-2012 «кабели подразделяют по следующим признакам: а) по материалу токопроводящих жил: медные токопроводящие жилы (без обозначения); алюминиевые токопроводящие жилы (А); б) по виду материала изоляции токопроводящих жил: изоляция из поливинилхлоридного пластика, в том числе пониженной пожарной опасности (В); изоляция из сшитого полиэтилена (Пв); изоляция из полимерных композиций, не содержащих галогенов (П); в) по наличию и типу брони: небронированные (Г), бронированные: броня из стальных оцинкованных лент (Б); броня из лент из алюминия или алюминиевого сплава (Ба); броня из круглых стальных оцинкованных проволок (К); броня из проволок из алюминия или алюминиевого сплава (Ка); г) по виду материала наружной оболочки или защитного шланга: из поливинилхлоридного пластика, в том числе пониженной горючести или пониженной пожарной опасности: наружная оболочка (В); защитный шланг (Шв); из полиэтилена: защитный шланг (Шп); из полимерных композиций, не содержащих галогенов: наружная оболочка (П); д) по наличию металлического экрана: без экрана (без обозначения); с экраном (Э); е) по конструктивному исполнению токопроводящих жил: однопроволочные (о); многопроволочные (м); круглые (к); секторные или сегментные (с)».

Пример условных обозначений кабеля марки ПвБШп в климатическом исполнении Т, с пятью медными многопроволочными жилами секторной формы номинальным сечением 240 мм² на номинальное напряжение 1 кВ: Кабель ПвБШп-Т 5×240 мс (N, PE)-1 ТУ [30].

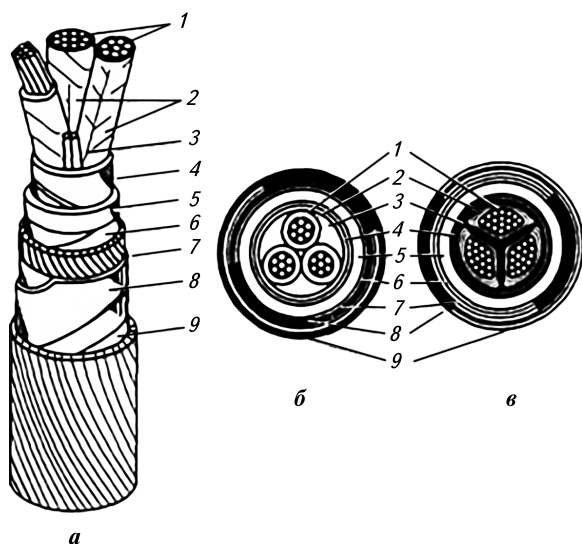


Рис. 2.1. Трехжильный кабель

Контрольные кабели используются для создания схем управления, дистанционного управления, сигнализации и автоматизации. Данные кабели имеют от 4 до 37 сердечников сечением $0,75 \dots 10 \text{ мм}^2$ и изоляцию в виде специальной резины или кабельной бумаги [9]. Для герметичности используется оболочка из алюминия, свинца или поливинилхлорида, которая защищена от механических повреждений стальной броней. Стальная броня покрывается джутовой пряжей. Контрольные кабели укладываются в землю, туннели, помещения с агрессивной средой, в шахты и под водой.

Контрольные кабели в отличие от силовых кабелей имеют букву К в обозначении маркировки кабеля, размещенную после указания материала сердечника. Цифры после букв указывают рабочее напряжение (кВ), для которого рассчитан кабель, количество сердечников и площадь поперечного сечения каждого проводника (мм^2).

Укладка кабелей ведется с учетом перепада уровней по концам линии (до 25 м) и расстояния (в метрах) до сооружений.

Например:

до трубопроводных сетей при продольной прокладке.....	0,5;
до нефте-, газопроводов при продольной прокладке.....	1,0;
при его сохранении в асбоцементной трубе.....	0,25;
до теплотрассы при продольной прокладке.....	2,0;
до теплотрассы при их пересечении с силовым кабелем (теплотрасса должна иметь изоляцию длиной 2 м по обеим сторонам от пересечения).....	0,5;
до полосы дорог при пересечении силовым кабелем трамвайных и неэлектрифицированных железных полотен (кабель сохраняется в термоизолирующих блоках)	9,0;
до электрифицированного железнодорожного полотна.....	10,0;
до трубопровода, если он пересекается силовым кабелем.....	0,5.

Радиус поворота кабеля на трассе может составлять более 15...25 его диаметров. Если кабели пересекаются с инженерными сооружениями, они укладываются в стальные или асбестоцементные трубы, на пересечениях с автомагистралями и железными дорогами — в трубы по всей ширине проезжей части, а при прокладке вдоль дороги выходят за ее пределы. При пересечении кабели с более высоким напряжением укладывают ниже кабелей более низкого напряжения.

Прокладка кабелей в траншеях является наиболее распространенным способом их укладки. Во время прокладки выполняются следующие операции: организационные работы, строительство траншеи, транспортировка кабеля в зону прокладки, раскатка кабеля и укладка его в траншею, защита кабеля от внешних дефектов, заполнение канавы.

Габариты канавы, положение кабеля, его защита от внешних дефектов приведены на рисунке 2.2 [9] (*a* — один кабель; *b* — два кабеля; *в* — три кабеля; *г* — четыре кабеля).

В глубину траншея не менее 0,7 м; ширина такова, что расстояние между несколькими параллельными кабелями с напряжением до 10 кВ, проложенными в ней, составляет

более 100 мм, а от борта канавы до ближайшей кромки — более 50 мм. Глубина уменьшается до 0,5 м на участках длиной до 0,5 м при входе в здания и при пересечениях, если кабель защищен асбестоцементными трубами.

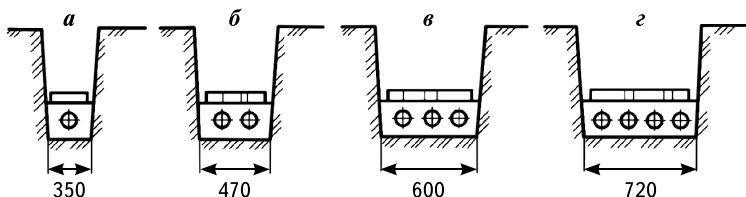


Рис. 2.2. Размещение кабелей в траншеях

Защитить от внешних повреждений кабель напряжением 6...10 кВ можно, поместив сверху насыпи защитный красный кирпич марки «100» или «150» или железобетонную плиту; кабели напряжением 20...35 кВ — плиты; кабели напряжением до 1 кВ — кирпичи и плиты только в местах частых раскопок.

Соединительные муфты устраивают в специально расширенных местах (колодцах) [16]. На 1 км трассы разрешено устанавливать до шести муфт. Необходимо, чтобы соединения в муфте кабеля были влагостойкими, герметичными и имели механическую и электрическую прочность, а также стойкость к коррозии.

Классифицируют *кабельные муфты* по:

- напряжению (до 1 кВ, 6 кВ, 10 кВ, 35 кВ);
- назначению (концевая, соединительная, ответвительная);
- размерам (нормальная, малогабаритная);
- форме (У-образная, Т-образная, Х-образная);
- числу фаз (концевая четырехфазная или трехфазная);
- материалу (свинцовая, чугунная, эпоксидная);
- месту установки (наружная, внутренняя).

Эпоксидные муфты (рис. 2.3, где 1 — оболочка муфты; 2 — держатель; 3 — намотка жилы; 4 — подвязка (проволока, нитки); 5 — заземляющая проводка) имеют полые части,

заполняемые эпоксидным компаундом. Эпоксидные соединительные муфты обозначаются СЭ. Пример муфты, имеющей исполнение СЭп, показан на рисунке 2.3 [10].

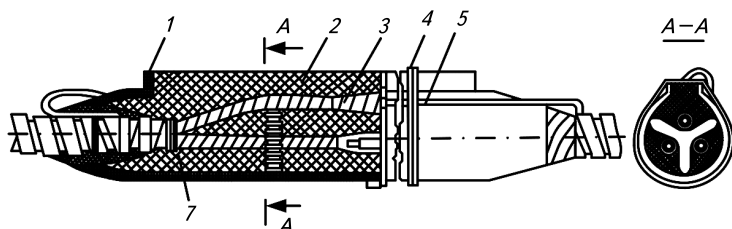


Рис. 2.3. Эпоксидная соединительная муфта СЭ

Укладка кабелей в блоках [13] представлена на рисунке 2.4, где 1 — засыпочный грунт; 2 — труба; 3 — межкабельные прокладки; 4 — основание из бетона, и представляет собой подземную конструкцию из нескольких труб (асбестоцемент, керамика и т.д.) или железобетонных панелей. Блоки укладываются с уклоном к лункам не менее 100 мм на каждые 100 м. На дне колодца устроен водный бассейн, который представляет собой закрытую металлическую решетку. Это углубление

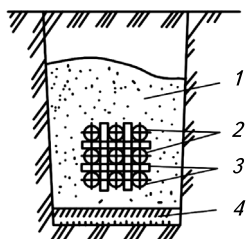


Рис. 2.4. Блок

служит для сбора влаги, просачивающейся в колодец. Монтаж кабелей в бетонных блоках повышает надежность их защиты, но при этом усложняется прокладка, увеличиваются затраты на эксплуатацию и стоимость работ. Предельный ток нагрузки кабеля, проложенного в блоке, меньше в сравнении с кабелем, проложенным в земле или открыто, в связи с худшими условиями охлаждения.

Укладка кабеля на лотках производится по стенам зданий, в цехах предприятий, в туннелях. Опорные конструкции представляют собой стальные стойки с полками. Специальные сварные и перфорированные лотки используют для прокладки небронированных кабелей и проводов по стенам

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В ходе эксплуатации трансформаторы подвергаются оперативному и техническому обслуживанию, а также планово-предупредительным ремонтам [10, 13].

6.1. Организация обслуживания трансформаторов

Эксплуатационное обслуживание трансформаторов состоит из: управления режимом работы; выполнения периодического и внеочередного осмотров; мониторинга характеристик, отображающих рабочий режим; гарантирование надежного общетехнического ухода и различных ремонтов.

Общетехнический уход за трансформатором включает в себя: испытание качества изоляции и контактных устройств и кроме этого систем охлаждения, управления и пожаротушения, выполняемое помимо совокупности планово-предупредительных ремонтов; сохранение качества масла в трансформаторе, в баке переключающего устройства, а также во вводах; мероприятия по реконструкции нормативных свойств масла (сушка, восстановление) и слежение за его уровнем; смазка и обслуживание доступных вращающихся и трущихся узлов, подшипников регуляторов напряжения и охлаждения; повторяющееся тестирование запасного дополнительного оборудования, регулирование, контроль и ремонт вторичных цепей и систем защиты, автоматизации, управления и сигнализации.

Текущий и капитальный ремонты трансформатора составляют планово-предупредительный ремонт; кроме этого к ним относятся контроль и измерение.

Технически обслуживаться трансформаторы могут планово и вне очереди. Выполнение *плановых* работ производится по предварительному согласованию установленных

объемов и сроков; *незапланированные* работы производятся из-за сбоев в работе трансформатора либо его узлов, из-за обнаружения повреждений и т.д. Техобслуживание мощных трансформаторов в энергосистемах осуществляется предприятиями электростанций или электрических сетей.

Эксплуатация всех повышающих и некоторых понижающих подстанций требует постоянного дежурного персонала. Эксплуатация трансформаторных пунктов в городской сети производится без постоянного персонала, а, как и обслуживание, осуществляется передвижными командами.

Задачей оперативного персонала является участие в оперативном обслуживании трансформатора, а обнаруженные им дефекты регистрируются в специальном журнале и рассматриваются при составлении плана эксплуатации оборудования и проведения ремонтов.

Релейная защита и автоматика обслуживаются персоналом особого назначения. Испытатели выполняют профилактический контроль, испытание изоляционных материалов и контактных устройств трансформатора, проверяют исправность разъединителей, выключателей, разрядников, систем управления напряжением и охлаждением и др.

Режимы работы трансформаторов. *Номинальный режим* — режим работы трансформатора при номинальных напряжении, частоте и нагрузке, параметрах охлаждающей среды, указанных в соответствующих стандартах, и при номинальных условиях работы в месте установки. В этом режиме трансформатор может работать в течение длительного времени.

Трансформаторы классов напряжения до 35 кВ рассчитаны на длительную работу (при номинальной нагрузке).

$U_{\text{кл}} =$	3	6	10	15	20	35	110
$U_{\text{max}} =$	3,5	6,9	11,5	17,5	23	40,5	125

Если значения параметров трансформатора превышают значения, соответствующие нормальным режимам, то подобный режим работы отмечается как *аварийный*.

6.2. Оперативное обслуживание трансформаторов

Испытание режимов работы. Периодические испытания заключаются в проверке нагрузки, уровня напряжения и температуры масла, используя измерительные приборы. Показания фиксируются в ежедневном журнале; на электростанциях и подстанциях измерения проводятся с интервалом от одного до двух часов.

Осмотровый контроль работоспособности трансформатора. Периодически каждый трансформатор подлежит внешнему осмотру.

Осмотр основных трансформаторов, подстанций и трансформаторов в зоне загрязнения проводится не реже одного раза в сутки с непрерывным дежурством оперативного персонала и не реже одного раза в месяц — без непрерывного наблюдения. Другие трансформаторы проверяются не реже одного раза в неделю и один раз в шесть месяцев на трансформаторных пунктах.

Во время планового осмотра проверяются:

- состояние внешней изоляции — вводы трансформатора, разрядники и опорные изоляторы;
- мембрана, находящаяся в выхлопной трубе;
- фланцевые соединения (уплотнения);
- отсутствие утечки масла;
- контактные соединения.

По индикаторам уровня масла определяется его количество; кроме того, важно обратить внимание на цвет масла. Темный цвет масла указывает на тот факт, что наблюдается процесс термического разложения из-за увеличения нагрева. Через смотровое стекло проверяется индикаторный силикагель в воздушных осушителях бака вводов и трансформатора. Цвет меняется от голубого до розового, что указывает на влажность сорбента и на необходимость перезарядки воздухоосушителя. Индикатором состояния трансформатора может быть характер издаваемого им шума (с остановленными вентиляторами), треск, который может быть связан

Учебное издание

**Полуянович Николай Константинович,
Дубяго Марина Николаевна**

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Ответственный редактор *И.П. Бородина*
Выпускающий редактор *Г.А. Логвинова*
Технический редактор *А.О. Столярова*

Формат 84×108/32. Бумага типографская № 2.
Тираж 1000 экз. Заказ
Сайт издательства: www.phoenixrostov.ru
Интернет-магазин: www.phoenixbooks.ru

Свои пожелания и предложения
по качеству и содержанию книг
вы можете сообщить по e-mail:
idea@fenixrostov.ru

Импортер на территории ЕАЭС: ООО «Феникс»
344011, Россия, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Варфоломеева, 150
Тел./факс: (863) 261-89-50, 261-89-59

Изготовлено в Украине. Дата изготовления: 06.2019
Изготовитель: ООО «БЭТ». 61024, Украина, г. Харьков, ул. Ольминского, 17.