

М.А. КОРОТКЕВИЧ

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по электротехническим специальностям



Минск
«Вышэйшая школа»
2012

УДК 621.311(075.8)
ББК 31.279-08я73
К68

Рецензенты: кафедра «Электроснабжение» Белорусского государственного аграрного технического университета; доцент кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого кандидат технических наук Ю.А. Рудченко

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства

Короткевич, М. А.

К68 Монтаж электрических сетей : учеб. пособие / М. А. Короткевич. – Минск : Выш. шк., 2012. – 512 с. : ил.

ISBN 978-985-06-2085-9.

Рассмотрены вопросы сборки и установки опор, монтажа проводов, грозозащитных тросов, заземляющих устройств и фундаментов воздушных линий электропередачи напряжением до 750 кВ, монтажа кабельных линий электропередачи, а также некоторые вопросы выполнения ремонтных работ на отключенных воздушных и кабельных линиях электропередачи, технологии производства ремонтных работ на воздушных линиях без снятия с них напряжения.

Для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям. Может быть полезно инженерно-техническому персоналу электросистем.

УДК 621.311(075.8)
ББК 31.279-08я73

ISBN 978-985-06-2085-9

© Короткевич М.А. 2012
© Оформление УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Обеспечение выдачи мощности с электрических станций и удовлетворение нужд потребителей в качественном и надежном снабжении электрической энергией осуществляется за счет сооружения новых и эксплуатации существующих линий электропередачи и трансформаторных подстанций различных номинальных напряжений.

В Белорусской энергосистеме протяженность линий электропередачи напряжением 0,38...750 кВ составляет свыше 268 тыс. км, а количество трансформаторных подстанций с высшим напряжением 6...750 кВ приближается к 70 тысячам.

Цель дисциплины «Монтаж электрических сетей» состоит в подготовке студента к самостоятельной работе по руководству монтажом, реконструкцией и модернизацией объектов электрических сетей (воздушных и кабельных линий электропередачи и трансформаторных подстанций). Будущий специалист должен знать основы не только сооружения воздушных и кабельных линий электропередачи, но и выполнения ремонтных работ. Он должен уметь использовать нормативные документы для организации выполнения операций по монтажу оборудования подстанций, сборке и установке фундаментов и опор, раскатке, натягиванию и визуированию проводов и грозозащитных тросов, обеспечению соблюдения габаритных расстояний до земли и пересекаемых инженерных сооружений. При этом будущий специалист должен быть готов к руководству работами по сооружению электросетевых объектов как из унифицированных элементов, так и из элементов, разработанных для конкретной линии или подстанции.

Считается, что если заказчик ограничен в сроках строительства, но более свободен в финансовых средствах, то сооружение линий может осуществляться с использованием унифицированных и типовых конструкций. Если заказчик требует создания современного линейного сооружения, то необходимы индивидуальная разработка и изготовление конструкций. Увеличение первоначальных капитальных затрат, вызванное увеличением объемов проектирования, естественно, должно окупиться снижением эксплуатационных затрат в течение определенного времени.

Технологическая часть курса базируется на дисциплинах «Электрические системы и сети», «Проектирование механической части линий электропередачи», «Прикладная механика».

К сожалению, учебники и учебные пособия по дисциплине «Монтаж электрических сетей», предназначенные для студентов учреждений высшего образования, до настоящего времени ни в Республике Беларусь, ни в России не издавались. Данное учебное пособие призвано в какой-то мере восполнить имеющийся пробел.

В соответствии с базовой программой дисциплины (регистрационный номер ЭФ-37/4 баз) в учебном пособии излагаются вопросы монтажа и ремонта воздушных (напряжением до 750 кВ) и кабельных (напряжением до 110 кВ) линий электропередачи, а также трансформаторных подстанций. Приводятся организационная структура, структура транспортных и такелажных работ при сооружении воздушных и кабельных линий электропередачи. Рассмотрены способы установки опор из различных материалов, монтаж заземляющих устройств, фундаментов металллических опор, проводов и грозозащитных тросов, влияние воздушных линий электропередачи на окружающую среду. Приведена методика обоснования целесообразности прокладки воздушных линий электропередачи над лесным массивом. Изложены способы монтажа кабельных линий в земляных траншеях и кабельных сооружениях, а также способы монтажа трансформаторных подстанций.

При написании книги автор использовал свой многолетний опыт преподавания данного предмета на кафедре «Электрические системы» Белорусского национального технического университета.

Автор выражает благодарность рецензентам книги – коллективу кафедры «Электроснабжение» Белорусского государственного аграрного технического университета (в частности, профессору Г.И. Януковичу), а также доценту кафедры «Электроснабжение» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого кандидату технических наук Ю.А. Рудченко, замечания которых в максимальной степени были учтены при подготовке рукописи к изданию.

Все отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

Автор

РЕКОМЕНУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Андриевский, В.Н.* Эксплуатация воздушных линий электропередачи / В.Н. Андриевский, А.Т. Голованов, А.С. Зеличенко. М., 1976.
- Белорусская энергетическая система / сост. И.Н. Александров. Минск, 2001.
- Гордон, С.В.* Сооружение линии электропередачи / С.В. Гордон. М., 1984.
- Заземляющие устройства опор В.Л. Минск, 1995.
- Зеличенко, А.С.* Проектирование механической части воздушных линий сверхвысокого напряжения / А.С. Зеличенко, Б.И. Смирнов. М., 1981.
- Карякин, Р.Н.* Заземляющие устройства электроустановок. Справочник / Р.М. Карякин М., 1998.
- Короткевич, М.А.* Проектирование линий электропередачи. Механическая часть / М.А. Короткевич. Минск, 2010.
- Крюков, К.П.* Конструкции и механический расчет линий электропередачи / К.П. Крюков, Б.П. Новгородцев. Л., 1979.
- Найфельд, Р.М.* Заземление, защитные меры электробезопасности / Р.М. Найфельд. М., 1971.
- Поспелов, Г.Е.* Передача электроэнергии и электропередачи / Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин. Минск, 2003.
- Правила устройства электроустановок. М., 1988.
- Справочник по проектированию линий электропередачи / М.Б. Вяземский [и др.]; под ред. М.А. Реута, С.С. Рокотяна. М., 1980.
- Справочник по сооружению линий электропередачи напряжением 35...750 кВ; справочник мастера / С.В. Крылов [и др.]; под ред. М.А. Реута. М., 1990.
- Справочник по электрическим установкам высокого напряжения / Б.А. Астахов [и др.]; под ред. И.А. Баумштейна, С.А. Бажанова. М., 1989.
- Электротехнический справочник. В 3 т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / под. общ. ред. В.Г. Герасимова [и др.]. М., 1985.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
1. ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	6
1.1. Основные термины и определения	6
1.2. Организационная структура строительства воздушных линий электропередачи	15
1.3. Транспортные и такелажные работы при сооружении воздушных линий электропередачи	20
1.3.1. Транспортные работы	20
1.3.2. Перевозка опор, проводов, изоляторов наземным транспортом	26
1.3.3. Такелажные работы	31
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>42</i>
2. СООРУЖЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	44
2.1. Закрепление опор в грунте	44
2.2. Разбивка котлованов для установки одностоечных и двухстоечных железобетонных опор	48
2.3. Разбивка котлованов для установки фундаментов металлических опор	51
2.4. Установка сборных железобетонных и свайных фундаментов	54
2.5. Особенности устройства фундаментов в болотах и скальных грунтах	62
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	<i>63</i>
3. МОНТАЖ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ	65
3.1. Назначение заземления и требования, предъявляемые к заземляющим устройствам	65

3.2. Определение эквивалентного удельного сопротивления грунта	75
3.3. Расчет сопротивления заземления опор воздушных линий электропередачи	84
3.4. Конструкции заземлителей	103
3.5. Монтаж горизонтальных и вертикальных заземлителей	112
3.6. Измерение сопротивления заземления опор воздушных линий электропередачи	117
3.7. Проектирование заземляющих устройств опор воздушных линий электропередачи	125
3.8. Оценка целесообразности применения заземляющих устройств с глубинными вертикальными электродами	131
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	138
4. СБОРКА И УСТАНОВКА ОПОР	140
4.1. Сборка и установка железобетонных опор	140
4.2. Сборка и установка металлических опор	162
4.2.1. Сборка металлических опор	162
4.2.2. Установка металлических опор	173
4.2.3. Определение усилий, возникающих в талках при приспособлении при подъеме опоры с помощью падающей стрелы	181
4.2.4. Монтаж стальных свободстоящих опор воздушных линий электропередачи напряжением до 220 кВ способом вертикального наращивания	186
4.2.5. Монтаж стальных свободстоящих опор из многогранных гнутых стоек	193
4.3. Сборка и установка деревянных опор	201
4.4. Экспресс-метод оценки надежности опор воздушных линий электропередачи	205
4.5. Измерение тяжения в оттяжках опор	207
4.6. Испытания железобетонных стоек опор на прочность, прогиб и трещиностойкость	209
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	212
5. МОНТАЖ ПРОВОДОВ И ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ	215
5.1. Организация работ по монтажу проводов и грозозащитных тросов	215
5.2. Раскатка проводов и грозозащитных тросов	219
5.3. Соединение проводов и грозозащитных тросов	233
5.3.1. Способы соединения проводов и тросов и требования, предъявляемые к соединениям	233
5.3.2. Соединение проводов и тросов в пролетах воздушных линий	235

5.3.3. Соединение проводов и тросов в шлейфах анкерных и анкерно-угловых опор	241
5.3.4. Измерение переходного сопротивления контактных соединений проводов	244
5.4. Натягивание и визирование проводов и тросов	245
5.5. Перекадка проводов и тросов с монтажных роликов в поддерживающие зажимы	248
5.6. Требования, предъявляемые к пересечениям воздушных линий электропередачи с инженерными сооружениями и водными преградами	252
5.7. Особенности монтажа проводов и грозозащитных тросов на пересечениях с водными преградами	258
5.8. Монтаж волоконно-оптических линий связи на проводах воздушных линий электропередачи	265
5.9. Усилия, действующие на опоры при монтаже проводов и тросов	269
5.10. Монтаж самонесущих изолированных и покрытых проводов воздушных линий электропередачи напряжением 0,38...10 кВ	274
5.11. Ремонт воздушных линий электропередачи	284
5.11.1. Регулировка стрелы провеса проводов	284
5.11.2. Ремонт проводов и замена изоляторов	285
5.11.3. Определение усилий в проводах и тросах при опускании их с опор	291
5.11.4. Замена грозозащитных тросов и проводов воздушных линий электропередачи	293
5.11.5. Ремонт опор воздушных линий электропередачи	297
5.12. Ремонт воздушных линий электропередачи под напряжением	308
5.13. Техника безопасности при выполнении ремонтных работ на отключенных воздушных линиях электропередачи	315
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	325
6. ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	328
6.1. Негативное влияние воздушных линий электропередачи на окружающую среду	328
6.2. Отвод земли для сооружения линий электропередачи	330
6.3. Акустические шумы, создаваемые воздушными линиями электропередачи	334
6.4. Влияние напряженности электромагнитного поля на человека	339
6.5. Влияние воздушных линий электропередачи на линии радиовещания, телефонной и телеграфной связи	346

6.6. Целесообразность прокладки воздушных линий электропередачи через лесные массивы	356	8.3. Особенности монтажа крупных силовых трансформаторов	457
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	365	8.3.1. Организация монтажа крупных силовых трансформаторов	457
7. МОНТАЖ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	367	8.3.2. Подготовка трансформаторного масла	460
7.1 Конструктивное устройство силовых электрических кабелей	367	8.3.3. Разгерметизация активной части и установка комплектующих изделий	461
7.2. Прокладка кабельных линий электропередачи	376	8.4. Монтаж закрытых трансформаторных подстанций городской электрической сети	464
7.3. Особенности прокладки кабельных линий внутри зданий атомных электростанций	385	8.5. Монтаж вводно-распределительного устройства на напряжение 0,38 кВ	487
7.4. Раскатка кабеля с барабана	388	8.6. Монтаж трансформаторной подстанции с воздушным вводом на напряжение 6...10 кВ	489
7.5. Определение усилий тяжения за оболочку и жилы кабелей при их раскатке	392	8.7. Монтаж комплектных трансформаторных подстанций на напряжение 35/10 кВ	494
7.6. Прокладка кабеля в земляных траншеях	398	<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	496
7.7. Прокладка кабелей через улицы, дороги, трамвайные и железнодорожные пути	410	<i>Приложение</i>	498
7.8. Соединение и оконцевание кабелей	412	Построение монтажных кривых для визируемых пролетов	498
7.8.1. Технические требования, предъявляемые к термоусаживаемым кабельным муфтам	412	Рекомендуемая литература	506
7.8.2. Монтаж термоусаживаемых соединительных кабельных муфт	420		
7.8.3. Монтаж термоусаживаемых концевых кабельных муфт	421		
7.9. Прокладка кабелей в блоках	422		
7.10. Прокладка кабелей в туннелях и коллекторах	426		
7.11. Прокладка кабелей в каналах	429		
7.12. Прокладка кабелей в трубах	430		
7.13. Прокладка кабелей на эстакадах и в галереях	431		
7.14. Прокладка кабелей на лотках	435		
7.15. Прокладка кабелей на тросах	437		
7.16. Прокладка кабелей на пересечениях с водными преградами	438		
7.17. Заземление кабелей и кабельных конструкций	441		
7.18. Ремонт кабельных линий электропередачи	442		
7.19. Определение трассы кабельной линии и глубины заложения кабеля в земляной траншее	445		
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	447		
8. МОНТАЖ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ	450		
8.1. Требования к монтажу оборудования открытых распределительных устройств на напряжение до 750 кВ	450		
8.2. Требования к монтажу оборудования закрытых распределительных устройств на напряжение до 10 кВ	453		

Учебное издание

Короткевич Михаил Андреевич

МОНТАЖ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Малышева*

Художественный редактор *В.А. Ярошевич*

Технический редактор *А.Н. Бабенкова*

Корректор *В.И. Аверкина*

Компьютерная верстка *А.Н. Бабенковой*

Подписано в печать 23.05.2012. Формат 84×108/32. Бумага офсетная.

Гарнитура «Petersburg». Офсетная печать. Усл. печ. л. 26,88.

Уч.-изд. л. 30,55. Тираж 1000 экз. Заказ 1163.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Вышэйшая школа”». ЛПН № 02330/0494062 от 03.02.2009. Пр. Победителей, 11, 220048,

Минск. e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>

Филиал № 1 открытого акционерного общества «Красная звезда».

ЛПН № 02330/0494160 от 03.04.2009. Ул. Советская, 80, 225409, Барановичи.