



**В.М.Лаврентьев,
Н.Г.Царанов**

Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт ВЛ 110 – 1150 кВ

учебно-практическое пособие



ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	11
Введение	13
Глава первая. ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ РОССИИ	15
1.1. Единая энергетическая система	15
1.2. Основные вехи развития электрических сетей	16
1.3. Перспективы развития и модернизации электрических сетей	23
1.3.1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2030 г.	23
1.3.2. Инвестиционная программа ОАО «ФСК ЕЭС» на 2010—2014 гг.	24
1.3.3. Инновационное развитие Единой национальной электрической сети...	26
Контрольные вопросы к гл. 1	28
Глава вторая. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ	29
2.1. Общие сведения	29
2.2. Материя, масса и энергия	29
2.3. Электричество и электрический ток	30
2.4. Выработка электроэнергии	36
2.5. Передача и распределение электроэнергии	37
2.6. Воздушные линии электропередачи	39
Контрольные вопросы к гл. 2	40
Глава третья. МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	41
3.1. Строительные материалы	41
3.2. Конструкционные материалы	42
3.3. Материалы для проводников	45
3.3.1. Основные свойства электротехнических материалов и их классификация	45
3.3.2. Строение металлических проводниковых материалов	47
3.3.3. Физические свойства металлов	50
3.3.4. Механические свойства металлов	52
3.3.5. Электрические свойства металлов	55
3.3.6. Классификация проводниковых материалов	59
3.4. Материалы для проводов воздушных линий	60
3.5. Изоляционные материалы	64
3.6. Прочие материалы	65
Контрольные вопросы к гл. 3	65
Глава четвертая. УСТРОЙСТВО ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	67
4.1. Проектирование и расчет воздушных линий	67
4.1.1. Основные элементы воздушных линий	67
4.1.2. Предпроектные мероприятия	68
4.1.3. Климатические условия и нагрузки	70
4.1.4. Продольный профиль трассы воздушной линии	73
4.1.5. Расстановка опор по профилю с помощью шаблона	75
4.1.6. Расчет монтажных стрел провеса	78
4.1.7. Общие сведения о грозозащите	79
4.1.8. Типы и виды молниеотводов, зона защиты	79
4.2. Провода и грозотросы	82
4.2.1. Конструкция неизолированных проводов	82
4.2.2. Канаты стальные марки ТК	88
4.2.3. Провода марки СИП	88
4.2.4. Провода повышенной пропускной способности	89
4.2.5. Виды упаковки проводов	90

4.3. Изоляторы для воздушных линий	91
4.3.1. Выбор изоляции для воздушных линий	91
4.3.2. Определения	91
4.3.3. Общие требования	91
4.3.4. Изоляция воздушных линий	92
4.3.5. Выбор изоляции по разрядным характеристикам	93
4.3.6. Конструкция линейных изоляторов	95
4.3.7. Полимерные изоляторы	99
4.4. Арматура для воздушных линий	103
4.4.1. Традиционная линейная арматура	103
4.4.2. Спиральная арматура	123
4.5. Опоры воздушных линий	127
4.5.1. Назначение опор	127
4.5.2. Деревянные опоры	130
4.5.3. Железобетонные опоры	132
4.5.4. Металлические опоры	136
4.5.5. Композитные опоры	143
4.6. Фундаменты опор	145
4.7. Заземление опор воздушных линий	152
Контрольные вопросы к гл. 4	156
Глава пятая. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ	
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПРОВОДА	
ГОЛОЛЕДНЫХ И ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК	
5.1. Вибрация проводов и грозотросов и защита от нее	159
5.2. Гололед на проводах и грозотросах воздушных линий	165
5.2.1. Гололедно-изморозевые нагрузки	167
5.2.2. Плавка гололеда	170
5.3 «Пляска» проводов	174
Контрольные вопросы к гл. 5	178
Глава шестая. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ	
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	
6.1. Общие сведения об эксплуатации воздушных линий	179
6.2. Подготовка и требования к персоналу	180
6.3. Ремонтно-производственные базы	182
6.4. Бригадные автомобили	184
6.5. Комплектация бригад инструментом, приспособлениями, такелажным	
оборудованием, средствами малой механизации для различных видов	
работ и средствами связи	186
6.6. Средства индивидуальной защиты	189
6.7. Эксплуатационная документация	191
6.8. Аварийно-восстановительные работы	193
6.8.1. Организация аварийно-восстановительных работ	193
6.8.2. Нормы аварийного резерва, его хранение и пополнение	194
6.9. Организация капитального ремонта	196
6.10. Согласования проектов и работа со сторонними организациями	198
6.11. Работа с населением, мероприятия по охране воздушных линий	199
Контрольные вопросы к гл. 6	201
Глава седьмая. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ	
ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	
7.1. Обходы и осмотры воздушных линий	203
7.2. Характерные неисправности на элементах воздушных линий	208
7.3. Нарушения и отклонение от норм на трассах воздушных линий	210
7.4. Неисправности опор и фундаментов	215
7.5. Нарушения, выявляемые при осмотрах опор и фундаментов	217

7.6. Неисправности на проводах, грозозащитных тросах и в контактных соединениях	224
7.7. Неисправности в гирляндах изоляторов и линейной арматуре	230
7.8. Неисправности заземляющих устройств	235
7.9. Проверка состояния антикоррозийного покрытия элементов воздушных линий	236
7.10. Восстановление знаков и плакатов на опорах	236
7.11. Замер тяжения и регулировка оттяжек опор	237
7.12. Противопожарные мероприятия	238
7.12.1. Общие требования пожарной безопасности в лесах	238
7.12.2. Требования пожарной безопасности в лесах при проведении рубок лесных насаждений	239
7.12.3. Требования пожарной безопасности в лесах при строительстве, реконструкции и эксплуатации линий электропередачи	240
7.13. Доведение до норм заземления опор и регулировка разрядных рогов	241
7.14. Измерения на воздушных линиях при эксплуатации	242
7.14.1. Измерения сопротивления соединений проводов	242
7.14.2. Измерения сопротивления заземлений опор	242
7.14.3. Измерения стрел провеса проводов и габаритов на пересечениях	243
7.14.4. Выявление «нулевых» фарфоровых изоляторов	244
7.15. Окраска концов траверс и нижней части опор	245
7.16. Вырубка единичных угрожающих деревьев и кустарников	246
Контрольные вопросы к гл. 7	248
Глава восьмая. Ремонтные работы на воздушных линиях электропередачи	251
8.1. Ремонт отдельных участков провода и грозотроса	251
8.2. Соединение проводов и грозозащитных тросов	256
8.2.1. Соединение проводов овальными соединителями	257
8.2.2. Соединение проводов прессуемыми зажимами	260
8.2.3. Соединение проводов и грозотросов спиральными зажимами	263
8.2.4. Соединение стальных грозотросов спиральным соединителем	263
8.2.5. Термитная сварка проводов	264
8.2.6. Соединение проводов болтовыми соединителями	267
8.3. Замена проводов и грозотросов	267
8.4. Замена изоляторов и арматуры на воздушной линии	278
8.4.1. Повреждения изоляторов и арматуры	278
8.4.2. Замена изоляторов и арматуры	282
8.4.3. Замена гасителей вибрации и распорок	284
8.5. Ремонт опор воздушных линий	286
8.5.1. Повреждения деревянных опор	286
8.5.2. Повреждения железобетонных опор	287
8.5.3. Ремонт железобетонных опор	289
8.5.4. Замена и усиление отдельных деталей металлических опор	291
8.5.5. Выправка опор	294
8.5.6. Регулирование тяжения в оттяжках опор и защита их от коррозии	296
8.5.7. Замена опор воздушной линии	297
8.6. Окраска металлических опор	299
8.6.1. Общие положения	299
8.6.2. Очистка опор от ржавчины	303
8.6.3. Способы окраски опор	304
8.6.4. Красители, применяемые для окраски опор	306
8.7. Ремонт фундаментов опор воздушных линий	308
8.8. Ремонт контуров заземления	310
8.9. Уничтожение древесно-кустарниковой растительности на трассах воздушных линий электропередачи	311
Контрольные вопросы к гл. 8	315

Глава девятая. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАВЕДЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ	318
9.1. Наведенное напряжение на проводах и грозотросах воздушных линий	318
9.1.1. Физическая природа наведенного напряжения и распределение его по длине воздушных линий при различных схемах заземления проводов и грозотросов	318
9.2. Измерение наведенного напряжения на отключенных воздушных линиях	322
9.2.1. Общие положения	322
9.2.2. Подготовка к проведению измерений и места измерений	323
9.2.3. Проведение измерений	325
9.2.4. Меры безопасности при выполнении измерений	328
9.3. Охрана труда при работах на воздушных линиях под наведенным напряжением	329
9.3.1. Меры безопасности при выполнении работ на воздушных линиях электропередачи под наведенным напряжением	329
9.3.2. Мероприятия по снижению уровня наведенного напряжения на проводах и грозозащитных тросах воздушных линий	332
Контрольные вопросы к гл. 9	334
Глава десятая. РАБОТЫ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ	336
10.1. Развитие работ под напряжением в России и за рубежом	336
10.2. Необходимость, преимущества и недостатки работ под напряжением	341
10.3. Общие положения и нормативно-техническая документация при работах под напряжением	342
10.4. Схемы выполнения работ под напряжением	343
10.5. Требования к персоналу, выполняющему работы под напряжением	346
10.6. Условия производства работ под напряжением	347
10.7. Организационно-технические мероприятия по обеспечению безопасного производства работ под напряжением	348
10.8. Меры безопасности при работах под напряжением	350
10.9. Технологии выполнения работ под напряжением	353
10.9.1. Работы под напряжением по технология ГДР в Белглавэнерго	353
10.9.2. Работы под напряжением по технологии Молдглавэнерго	354
10.9.3. Работы под напряжением по технологии ВНР	355
10.9.4. Работы под напряжением по технологии Минэнерго Украины	357
10.9.5. Работы под напряжением на промежуточных металлических опорах воздушных линий 220 и 330 кВ с расположением проводов «треугольник» и «бочка»	358
10.9.6. Работы под напряжением на натяжных гирляндах по технологии ВНР	359
10.10. Технология замены (ремонта) поддерживающих изолирующих подвесок под напряжением на воздушных линиях 500—750 кВ, применяемая в ОАО «ФСК ЕЭС»	360
10.11. Технология работ под напряжением в пролетах на воздушных линиях 500—750 кВ, применяемая в ОАО «ФСК ЕЭС»	363
10.12. Специальные устройства, приспособления и средства защиты для работ под напряжением на воздушных линиях	365
10.12.1. Изолирующие приспособления и средства защиты	365
10.12.2. Монтажные устройства и приспособления	368
Контрольные вопросы к гл. 10	372
Глава одиннадцатая. ТАКЕЛАЖНЫЕ И ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ РАБОТЫ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ	374
11.1. Такелажные работы и применяемые приспособления	374
11.2. Лебедки и тали	374
11.3. Блоки и полиспасты	377

11.4. Домкраты	384
11.5. Канаты стальные	385
11.5.1. Выбор и расчет канатов	389
11.6. Канаты из синтетических волокон	391
11.7. Стропы	392
11.8. Монтажные стрелы и шарниры	394
11.9. Узлы такелажа	397
11.10. Основные способы установки опор	403
11.11. Такелажные работы при монтаже проводов и грозотросов	407
11.12. Общее устройство кранов и конструкция их основных частей	413
11.12.1. Назначение и классификация	413
11.12.2. Общее устройство кранов	416
11.12.3. Основные параметры кранов	417
11.12.4. Устойчивость крана	422
Контрольные вопросы к гл. 11	424
Глава двенадцатая. БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ	425
12.1. Техника безопасности и охрана труда при выполнении работ	425
12.1.1. Общие положения	425
12.1.2. Требования к персоналу	425
12.1.3. Опасные и вредные производственные факторы	427
12.1.4. Спецодежда и средства индивидуальной защиты	430
12.1.5. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ	431
12.1.6. Организация работ по нарядам	434
12.1.7. Организация работ по распоряжениям	436
12.1.8. Выдача разрешения на подготовку рабочего места и первичный допуск к выполнению работ	437
12.1.9. Допуск к работе	437
12.1.10. Надзор при проведении работ, изменения в составе бригады	439
12.1.11. Перевод на другое рабочее место	440
12.1.12. Перерывы в работе	440
12.1.13. Повторный допуск	441
12.1.14. Окончание работ	441
12.1.15. Включение электроустановок в аварийных случаях	442
12.1.16. Работа командированного персонала	442
12.1.17. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ	443
12.1.18. Перевозка персонала	444
12.1.19. Требования гигиены	445
12.1.20. Требования пожарной безопасности	445
12.1.21. Прочие требования безопасности	445
12.2. Требования безопасности перед началом работы	445
12.2.1. Общие требования	445
12.2.2. Проверка такелажа и монтажных приспособлений	446
12.3. Требования безопасности при выполнении работ	446
12.3.1. Общие требования	446
12.3.2. Проверка отсутствия напряжения и установка заземлений	448
12.3.3. Верхолазные работы	450
12.3.4. Такелажные работы	453
12.3.5. Ремонт, замена гирлянд изоляторов	453
12.3.6. Демонтаж, монтаж и ремонт проводов (грозотросов)	454
12.3.7. Сборка, установка и ремонт опор	458
12.3.8. Земляные и буровые работы, устройство фундаментов	460
12.3.9. Работы в зоне влияния электрического поля	462

12.3.10. Работа в пролетах пересечения в ОРУ и на воздушных линиях с другими проводами и ВЛ	463
12.3.11. Работа на воздушных линиях под наведенным напряжением и на многоцепных ВЛ	463
12.3.12. Работа на пересечениях и сближениях с транспортными магистралями	465
12.3.13. Работа с применением автомобилей, грузоподъемных машин и механизмов	465
12.3.14. Обходы и осмотры воздушных линий	469
12.3.15. Расчистка трассы воздушных линий от деревьев и древесно-кустарниковой растительности	470
12.3.17. Погрузоразгрузочные работы	474
12.3.18. Производство сварочных и других огневых работ	475
12.3.19. Сварка сталеалюминиевых проводов термитными патронами	476
12.4. Требования безопасности в аварийных ситуациях	478
12.5. Требования безопасности по окончании работ	479
12.6. Требования к персоналу при работах на воздушных линиях под напряжением	479
12.7. Организационные мероприятия по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве	480
Контрольные вопросы к гл. 12	480
Приложение 1	482
Приложение 2	484
Приложение 3	485
Приложение 4	486
Приложение 5	487
Приложение 6	488
Приложение 7	489
Приложение 8	490
Приложение 9	491
Приложение 10	493
Приложение 11	494
Приложение 12	495
Приложение 13	496
Приложение 14	502
Приложение 15	509
Приложение 16	517
Приложение 17	518
Приложение 18	519
Приложение 19	523
Приложение 20	525
Приложение 21	526
Приложение 22	543
Приложение 23	554
Список литературы	569