

П.А. Долгин

ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ В ЭЛЕКТРО- УСТАНОВКАХ



СТОЙ

НАПРЯЖЕНИЕ

НЕ ВКЛЮЧАТЬ

РАБОТАЮТ ЛЮДИ

НЕ ОТКРЫВАТЬ

РАБОТАЮТ ЛЮДИ



**РАБОТАТЬ
ЗДЕСЬ**

**ВЛЕЗАТЬ
ЗДЕСЬ**



**НЕ ВЛЕЗАЙ
УБЬЕТ!**



**НАПРЯЖЕНИЕ
ОПАСНО
ДЛЯ ЖИЗНИ**

«ЗНАК»

**НЕ ВКЛЮЧАТЬ
РАБОТА НА ЛИНИИ**



УДК 621.31
ББК 31.29
Д 644

*Посвящается памяти
Петра Алексеевича Долгина*

Долгин П.А.
Д 644 Основы техники безопасности в электроустановках, издание 4-е, перераб. и доп., под редакцией А.Ф. Монахова. – М.: «Знано», 2019. – 578 с. ил.

Рецензент: проф. Ю.Г. Сибаров

ISBN 978-5-87789-078-7

Рассматриваются: действия электрического тока на организм человека; способы оказания первой доврачебной медицинской помощи пострадавшему от тока; способы и устройства защиты от поражения током – защитное заземление, зануление, защитное отключение, электрозащитные средства, и др.; условия производства работ под напряжением и пофазного ремонта линий электропередачи; защита от воздействия электромагнитного поля электроустановок сверх- и ультравысокого напряжения; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

В соответствии с действующими нормативными документами в четвертое издание книги внесены коррективы, приведены требования к выполнению защитного автоматического отключения питания и уравнивания потенциалов в электроустановках с напряжением до 1000 В, а также требования к устройствам защитного отключения на дифференциальном токе. В книгу включен также подраздел по охране труда при работе на ВЛ под наведенным напряжением. Указанные подразделы написаны научным редактором А.Ф. Монаховым.

Для студентов и аспирантов электроэнергетических и электротехнических специальностей вузов, инженерно-технических работников промышленных предприятий и проектных организаций.

УДК 621.31
ББК 31.29

ISBN 978-5-87789-078-7

© П.А. Долгин

Предисловие
научного редактора к четвертому изданию

В 2000-ном году вышло последнее издание учебника Петра Алексеевича Долгина «Основы техники безопасности в электроустановках». До сих пор эта книга хранится в библиотеках энергопредприятий и вузов, на полках личных библиотек энергетиков и преподавателей. И хотя бытовые положения, на которых основаны принципы электробезопасности, остались прежними, за это время существенно изменились многие нормативные документы (Правила, ГОСТы, СанПиНы). Так почти полностью были переработаны Правила устройства электроустановок (2003 г.), Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (2013, 2016 гг.) и др. Безусловно, по мере совершенствования средств защиты, накопления опыта проведения работ в электроустановках, процесс совершенствования правил будет продолжаться.

Поскольку при подготовке нового издания книги была поставлена задача не только воспроизвести предыдущее издание, но и сделать эту книгу такой же востребованной энергетиками и учащимися, как и в предыдущие годы, то в нее были внесены изменения и дополнения в соответствии с действующими нормативными документами. Скорректированы главы 1, 2 и 8, дополнены главы 6 и 7, также скорректированы главы 9, 10 и 11. Существенные изменения внесены в главу 12, в особенности, в подраздел 12.1, в части классификации и подготовки персонала в соответствии с действующими Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок. При этом были сохранены общая структура глав, практические примеры и рисунки.

О терминах и обозначениях. В настоящее время большинство ГОСТов в области электробезопасности и проектирования электроустановок с напряжением до 1000 В базируются на директивах Международной электротехнической комиссии, при этом используется англоязычная версия. Использование этой версии для терминов и обозначений остается спорным, в особенности, когда речь идет не о проектировании и работе с документацией зарубежных производителей оборудования, а о техническом персонале, непосредственно занимающимся эксплуатацией электроустановок, для которого термины должны быть понятны «с первого взгляда».

Поэтому в данном издании книги сохранены термины и обозначения, использовавшиеся в предыдущем издании, например, Ф – фазный проводник; НЗП – нулевой защитный проводник; «корпус», а не «открытая проводящая часть»; «малые» напряжения, а не «сверхнизкие»; «замыкание на корпус», а не «повреждение изоляции».

В данной книге сохранены также термины, служащие для обозначения средств защиты, например, с использованием слова «временный»: временное ограждение, временное заземление и т.д. Кроме этого, при редактировании были оставлены используемые в период написания книги обозначения комплексных величин тока, напряжения, полного сопротивления и проводимости с нижним подчеркиванием.

В заключение благодарю Анниси́му Петро́вича До́лина за участие в подготовке переиздания, а также сотрудников и ветеранов Московского энергетического института за ценные советы в ходе подготовки нового издания. Искренне благодарю издательство «Знак», которое без колебаний приняло предложение о переиздании книги.

К сожалению, за относительно небольшой период подготовки к изданию книги не удалось учесть все замечания. Обращаемся ко всем заинтересованным читателям, преподавателям, учащимся, работникам энергетической отрасли, проектировщикам электроустановок с просьбой направлять свои отзывы и пожелания издательству «Знак» (zack1993@rambler.ru) или научному редактору А.Ф. Монахову (a-monakhov@yandex.ru).

ГЛАВА 1

Действие электрического тока на организм человека

1.1. Виды поражений электрическим током

а) Особенности действия электрического тока на живую ткань

Действие электрического тока на живую ткань в отличие от действия других материальных факторов (пара, химических веществ, излучений и т.п.) носит своеобразный и разносторонний характер. В самом деле, проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и механическое (динамическое) действия, являющиеся обычными физико-химическими процессами, присущими как живой, так и неживой материи; кроме того, электрический ток производит и биологическое действие, которое является специфическим процессом, свойственным лишь живой ткани.

Термическое действие тока проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высокой температуры кровеносных сосудов, крови, нервной ткани, сердца, мозга и других органов, находящихся на пути тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства (то есть расстройства их специфической деятельности).

Электролитическое действие тока выражается в разложении органической жидкости, в том числе крови, что сопровождается значительными нарушениями их физико-химического состава.

Механическое (динамическое) действие тока проявляется в возникновении давления в кровеносных сосудах и тканях орга-

31. Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве. М.: Изд-во «ЭНАС», 2014.
32. Ливенцев Н.М. Электрические свойства тканей организма / В кн.: Курс физики. М.: Медицина, 1969.
33. Моныхов А.Ф. Защитные меры электробезопасности в электроустановках. М.: «Энергосервис», 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Действие электрического тока на организм человека	5
1.1. Виды поражения электрическим током	5
1.2. Электрическое сопротивление тела человека	24
1.3. Влияние значения тока на исход поражения	39
1.4. Влияние продолжительности прохождения тока на исход поражения	46
1.5. Влияние пути тока на исход поражения	50
1.6. Влияние частоты и рода тока на исход поражения	55
1.7. Влияние индивидуальных свойств человека на исход поражения	58
1.8. Критерии безопасности электрического тока	59
Глава 2. Первая помощь пострадавшим от электрического тока	66
2.1. Освобождение пострадавшего от действия тока	66
2.2. Меры первой доврачебной медицинской помощи	71
2.3. Искусственное дыхание	76
2.4. Массаж сердца	82
2.5. Электрическая дефибрилляция сердца	87
Глава 3. Явления при стекании тока в землю	91
3.1. Общие сведения	91
3.2. Стеkanie тока в землю через одиночный заземлитель	92
3.3. Стеkanie тока в землю через групповой заземлитель	115
3.4. Напряжение прикосновения	133
3.5. Напряжение шага	145
3.6. Заземлитель в многослойной земле	150
3.7. Электрическое сопротивление земли	165
Глава 4. Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях	186
4.1. Общие положения	186
4.2. Однофазные сети	191
4.3. Трехфазные сети	197

4.4. Выбор сети и режима нейтрали	211
Глава 5. Защитное заземление	215
5.1. Назначение, принцип действия и область применения	215
5.2. Типы заземляющих устройств	217
5.3. Выполнение заземляющих устройств	221
5.4. Расчет защитного заземления	236
5.5. Эксплуатация заземляющих устройств	257
Глава 6. Заглушение	260
6.1. Назначение, принцип действия и область применения	260
6.2. Назначение отдельных элементов схемы заземления	263
6.3. Расчет заземления	272
6.4. Выполнение схемы заземления	287
6.5. Контроль исправности заземления	297
6.6. Классификация электрических сетей и систем заземления электроустановок с напряжением до 1000 В и их применение	299
6.7. Нормативные требования к времени автоматического отключения	303
6.8. Основная система уравнивания потенциалов. Главная заземляющая шина	307
Глава 7. Устройства защитного отключения (УЗО)	312
7.1. Общие сведения	312
7.2. Устройства, реагирующие на потенциал корпуса	317
7.3. Устройства, реагирующие на ток замыкания на землю	322
7.4. Устройства, реагирующие на ток нулевой последовательности 325	
7.5. Устройства, реагирующие на оперативный ток	329
7.6. Устройства, реагирующие на оперативный ток	335
7.7. Устройства защитного отключения, реагирующие на дифференциальный ток	339
Глава 8. Средства защиты, применяемые в электроустановках	348
8.1. Общие сведения	348
8.2. Назначение, конструкция и правила применения электрозащитных средств	350
8.3. Электрические испытания изолирующих электрозащитных средств	375

Глава 9. Защита от воздействия электромагнитного поля промышленной частоты в электроустановках сверх- и ультравысокого напряжений	392
9.1. Биологическое действие электромагнитного поля промышленной частоты	382
9.2. Напряженность электрического поля	386
9.3. Ток, стекающий в землю с человека, находящегося в электрическом поле 50 Гц	396
9.4. Гигиенические нормы	404
9.5. Экранирующий восток	410
9.6. Экранирующие устройства	415
9.7. Некоторые особенности производства работ в зоне влияния	420
Глава 10. Безопасность при пофазном ремонте воздушных линий электропередачи и организация работ под напряжением	424
10.1. Особенности пофазного ремонта	424
10.2. Электростатическое влияние	426
10.3. Электромагнитное влияние	436
10.4. Меры безопасности при пофазном ремонте	457
10.5. Охрана труда при выполнении работ на воздушных линиях под напряжением	464
Глава 11. Безопасность при работах под напряжением на воздушных линиях электропередачи	480
11.1. Особенности и достоинства метода работ под напряжением	481
11.2. Принцип, положенный в основу метода работ под напряжением	482
11.3. Средства для выполнения работ под напряжением и порядок производства работ	489
11.4. Анализ возможных опасностей при работе под напряжением	499
11.5. Некоторые требования техники безопасности к производству работ под напряжением на ВЛ электропередачи	510

Глава 12. Организация безопасной эксплуатации электроустановок	512
12.1. Общие положения	512
12.2. Оперативное обслуживание действующих электроустановок	531
12.3. Производство работ в действующих установках	548
Список литературы	574

Научно-техническое издание

Долин Петр Алексеевич

Основы техники безопасности в электроустановках

Научный редактор А.Ф. Монахов
Редактор Л.С. Служкин
Оригинал-макет Л.С. Служкин

Подписано в печать 20.04.2019
Объем: 36,125 п.л. Формат 60x90/16.
Тираж 1000 экз. Заказ 149200

Издательство «Знак»
Москва, Шоссе энтузиастов, 5
E-mail: znack1993@rambler.ru

Типография АО «Издательские технологии»
Москва, Волгоградский проспект, 42-5