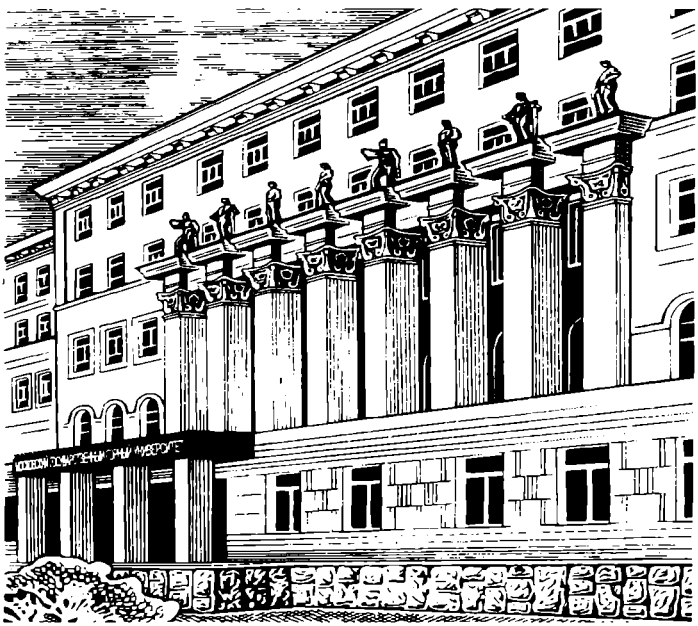
90-летию
МГА–МГИ–МГГУ
посвящается



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ — *президент МГГУ, чл.-корр. РАН*

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС — *директор Издательства МГГУ*

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ — *академик РАЕН*

А.П. ДМИТРИЕВ — *академик РАЕН*

Б.А. КАРТОЗИЯ — *академик РАЕН*

А.В. КОРЧАК — *академик МАН ВШ*

М.В. КУРЛЕНЯ — *академик РАН*

В.И. ОСИПОВ — *академик РАН*

В.Л. ПЕТРОВ — *академик МАН ВШ*

Э.М. СОКОЛОВ — *академик МАН ВШ*

К Н. ТРУБЕЦКОЙ — *академик РАН*

В.А. ЧАНТУРИЯ — *академик РАН*

Е.И. ШЕМЯКИН — *академик РАН*

ГОРНАЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

Е.Ф. Цапенко
С.З. Шкундин

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Издание 2-е, стереотипное

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электроснабжение» направления подготовки дипломированных специалистов «Электроэнергетика»



МОСКВА
◆
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
◆
2008

УДК 622.271.3:621.31
ББК 32.211
Ц 17

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ.29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей № 77.99.60.953.Д.008501.07.07

Рецензенты:

- кафедра Инженерной экологии и охраны труда Московского энергетического института (ТУ) (зав. кафедрой проф. *В.Т. Медведев*);
- главный инженер Тучковского комбината строительных изделий и материалов *А.С. Кудрявцев*

Цапенко Е.Ф., Шкундин С.З.

Ц 17 Электробезопасность на горных предприятиях: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2008. — 103 с.

ISBN 978-5-7418-0057-9

Изложены основы электробезопасности в электроустановках напряжением до 1000 В общего назначения. Дан анализ условий электробезопасности и средств защиты на карьерах и в шахтах. Учебное пособие содержит часть материала по дисциплине «Электробезопасность и перенапряжения в системах электроснабжения», которая предусмотрена для студентов, обучающихся по направлению «Электроэнергетика» специальности «Электроснабжение».

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Электроснабжение» направления подготовки дипломированных специалистов «Электроэнергетика».

Может быть полезно бакалаврам при выполнении дипломных работ, а также аспирантам при исследовании условий электробезопасности в системах электроснабжения горных предприятий.

Допечатка тиража.

УДК 622.271.3:621.31
ББК 32.211

ISBN 978-5-7418-0057-9

© Е.Ф. Цапенко, С.З. Шкундин, 2008
© Издательство МГГУ, 2008
© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Электробезопасность» введена в учебный план МГГУ в связи с необходимостью более глубокого и полного изучения основных принципов обеспечения электробезопасности, определяющих возможность эксплуатации горного оборудования и электроустановок в исключительно тяжелых и опасных условиях горного производства.

Традиционно отдельные аспекты электробезопасности являются небольшой частью таких дисциплин, как «Охрана труда», «Безопасность жизнедеятельности» и др., в которых весьма кратко излагаются только элементарные сведения по электробезопасности без рассмотрения специальных вопросов и их теоретического анализа.

С другой стороны, в специальной технической литературе по электробезопасности обычно делается попытка охватить анализом большое многообразие современных электрических установок и оборудования, что связано с трудностью обобщения требований электробезопасности и выделения из них основных принципиальных вопросов. При этом, естественно, не может быть в достаточной степени использована теоретическая электротехника, понятия и законы которой служат основой при расчетах и разработках различных современных устройств электробезопасности. Так, в литературе приведены многочисленные разработки по защите распределительных сетей 6—10 кВ при замыканиях на землю, а самые главные аналитические соотношения между напряжениями и токами нулевой последовательности, необходимые для таких разработок, отсутствуют.

Назначение дисциплины — дать студентам теоретически обоснованное представление об основных видах опасности поражения человека электрическим током в системах электроснабжения с разными режимами нейтрали. Задачами изучения дисциплины являются освоение студентами известных способов и средств защиты, умение осуществлять проверку соблюдения условий электробезопасности в конкретных системах электроснабжения, а также осуществлять разработку и совершенствование различных защитных устройств.

Дисциплина базируется главным образом на дисциплине «Теоретические основы электротехники», читаемой на кафедре электротехники МГГУ, а также на дисциплине «Высшая математика».

Книга состоит из трех частей: в первой части рассмотрены основы электробезопасности; во второй и третьей частях — специальные вопросы электробезопасности на карьерах и в шахтах.

РАЗДЕЛ 1

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРО-БЕЗОПАСНОСТИ

Глава 1

ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Глава 2

МЕРЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Глава 1

ОПАСНОСТИ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

1.1. ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Поражение человека электрическим током зависит от нескольких факторов. К ним относятся: величина тока, проходящего через тело человека, и время его действия; путь прохождения тока в организме человека; частота тока.

Основной фактор поражения при электротравмах — электрический ток. Переменный ток обычной промышленной частоты начинает ощущаться в пределах величины 1 мА. При токе 5—10 мА возникают неприятные и болезненные ощущения. Случайное прикосновение к токоведущим частям, при котором через тело человека может пройти ток указанной величины, опасно, так как может вызвать шок и связанные с ним непроизвольные реакции, хотя такой ток и не оказывает непосредственно вредного воздействия на человеческий организм.

Первую степень опасности представляет ток, при котором мышечные сокращения становятся настолько значительными, что разжатие рук и самостоятельный отрыв от проводника тока невозможны. Это величина тока около 8—10 мА.

Таким образом, для безопасности людей требуется отключение электрических устройств, находящихся под напряжением, если через тело течет ток около 10 мА, хотя этот ток, как правило, еще не приводит к необратимым изменениям в организме.

При увеличении тока до 25—30 мА возникает опасность фибрилляции сердца, т.е. нарушения нормальной сердеч-

ной деятельности. Фибрилляция — это такое состояние сердца, когда вместо ритмичных сокращений, происходящих в определенной последовательности, наступают очень частые беспорядочные подергивания многочисленных волокон сердечной мышцы. Число таких сокращений доходит до 500—700 в минуту, т.е. в 10 раз превышает нормальный ритм работы сердца. Сердце перестает работать как насос и не перекачивает кровь, что может привести к смерти. Если немедленно принять ряд мер для восстановления нормального ритма работы сердца, особенно в клинических условиях, это не приведет к смерти. В производственных условиях следует учитывать, что каждый несчастный случай, связанный с возрастанием тока до величины, вызывающей фибрилляцию сердца, может привести к смертельному исходу. Действительно, в течение тех нескольких минут, которые может выдержать мозг, не получая достаточного притока крови, врачебная помощь, как правило, отсутствует, а помощь, оказываемая пострадавшему непосредственно на производстве не специалистами, в большинстве случаев опаздывает или бывает недостаточной.

В настоящее время общепринятым нижним пределом опасности электрического тока считается величина 100 мА при продолжительности прохождения тока 3 с. Однако можно выдержать ток значительно большей величины без непосредственной опасности смертельного исхода, если время воздействия тока достаточно мало.

Таким образом, для обеспечения безопасности людей требуется не только отключать сеть, но и строго выдерживать время отключения, соответствующее допустимой величине тока, который еще безопасен для человека.

Наиболее опасное поражение возникает, когда ток проходит через мозг и сердце. Проходя через центральную нервную систему, электрический ток вызывает различные реакции организма. В случае чрезмерного раздражающего действия тока сигналы центральной нервной системы могут вызвать опасную для жизни реакцию организма, в том

числе прекращение деятельности сердца и легких. Это — так называемое рефлекторное действие электрического тока на организм человека.

Одновременно с рефлекторным действием электрический ток оказывает прямое, непосредственное воздействие на ткани и органы, вызывая непроизвольные и противоестественные сокращения мышц. При этом могут возникать различные нарушения в организме, включая механические повреждения тканей, а также нарушение и даже прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения. Такое действие тока называется электрическим ударом.

Кроме электрического удара, при поражении током бывают электрические ожоги, электрометаллизация кожи и электрические знаки.

Причиной смерти при электрическом ударе может быть как прекращение работы сердца, так и прекращение дыхания. В настоящее время следует считать достоверно установленным, что наиболее опасным является прекращение сердечной деятельности.

Установлено, что постоянный ток представляет для человека меньшую опасность, чем переменный ток промышленной частоты. Принятые в промышленности частоты 50—60 Гц являются наиболее опасными для человека; уменьшение или увеличение этой частоты тока снижает опасность поражения. С этой точки зрения постоянный ток можно рассматривать как переменный, частота которого равна нулю.

Большое значение при поражении током имеет сопротивление тела человека, а также внутреннее состояние организма, характеризуемое такими факторами, как возбужденность, потливость, трезвость, положительные эмоции.

Различные участки человеческого тела имеют различное электрическое сопротивление. Максимальное сопротивление имеет верхний роговой слой кожи. Этот слой лишен сосудов, нервов и аналогичен в функциональном отношении диэлектрику. Основное сопротивление тела че-