

Содержание

1	Введение	19
2	Защита электрических установок и электрооборудования	25
2.1	Общие положения по безопасности, обеспечиваемой электрооборудованием и электроустановками в их взаимосвязи	25
2.1.1	Предмет стандарта «МЭК 61140»	25
2.1.2	Основные правила защиты от поражения электрическим током	26
2.2	Общие требования к электрозащитным мерам	27
2.2.1	Базовые требования по электрической защите	27
2.2.2	Требования по защите в условиях неисправности.	28
2.2.3	Расширенные требования по электрической защите.	28
2.3	Меры защиты.	29
2.4	Координация защитных мер электрооборудования и электроустановки	29
2.5	Специальные условия функционирования	30
2.6	Защитные меры, осуществляемые с помощью защитных устройств	31
3	Типы электрических сетей по стандарту «МЭК 60364-1»	33
3.1	Тип системы заземления электрической сети	34
3.2	Сети типа «TN»	36
3.2.1	Сети с одним источником питания	36
3.3	Сети типа «TT»	37
3.4	Сети типа «IT»	38
4	Электрические установки и защитные меры по стандарту «МЭК 60364-4-41»	43
4.1	Автоматическое отключение питания.	45

4.1.1	Защита электрических установок посредством устройств контроля дифференциального тока	45
4.1.2	Требования по основным мерам электрической защиты	46
4.2	Требования по мерам электрической защиты при наличии неисправности	47
4.2.1	Защитное заземление	47
4.2.2	Защитное уравнивание потенциалов	47
4.2.3	Автоматическое отключение питания при наличии неисправности	47
4.2.3.1	Время отключения сетей «TN» и «TT»	48
4.2.3.2	Время отключения сетей «IT» в случае второй неисправности (второго замыкания на землю)	48
4.2.4	Дополнительные меры защиты	49
4.3	Сети типа «TN»	49
4.3.1	Защитные устройства в сетях типа «TN»	50
4.4	Сети типа «TT»	50
4.4.1	Защитные устройства в сетях типа «TT»	51
4.5	Сети типа «IT»	52
4.5.1	Защитные и контрольные устройства в сетях типа «IT»	53
4.6	Дополнительные меры защиты	55
4.6.1	Системы функционального сверхнизкого напряжения (ФСНН)	55
4.7	Мера защиты: применение двойной или усиленной изоляции	56
4.7.1	Требования к основным мерам электрической защиты и к мерам защиты при наличии неисправности	56
4.7.1.1	Электрическое оборудование	56
4.7.1.2	Защитные изолирующие оболочки	57
4.7.1.3	Монтаж	57
4.7.1.4	Системы электропроводки	57
4.8	Мера защиты: электрическое разделение цепей	58
4.9	Мера защиты: сверхнизкое напряжение (системы БСНН и ЗСНН)	58
4.10	Дополнительные меры защиты	59
4.10.1	Дополнительные меры защиты: устройства защитного отключения по дифференциальному току (УЗО)	59

4.10.2	Дополнительные меры защиты: дополнительное уравнивание потенциалов.	59
4.11	Приложения к стандарту «МЭК 60364-4-41».	60
5	Изолированные от земли сети типа «IT»	63
5.1	Пример сетей типа «IT» с системами уравнивания потенциалов и устройствами контроля сопротивления изоляции.	64
5.2	Дополнительное защитное уравнивание потенциалов в сетях типа «IT».	68
5.2.1	Минимальное сечение проводников системы дополнительного защитного уравнивания потенциалов.	69
5.3	Испытания сетей типа «IT» в соответствии со стандартом «МЭК 60364-6».	70
5.3.1	Испытания	70
5.3.2	Испытания сетей типа «IT»	71
5.4	Защита от сверхтока в распределительных элеткрсетях всех типов	72
5.4.1	Защита фазных проводников	73
5.4.2	Защита нулевого рабочего проводника.	73
5.4.2.1	Сети типа «TT» или «TN»	73
5.4.3	Сети типа «IT».	73
5.4.4	Защита от тока перегрузки	74
5.4.4.1	Согласование характеристик проводников и устройств защиты от тока перегрузки.	74
5.4.4.2	Случаи, в которых устройства защиты от тока перегрузки не предусматриваются	75
5.4.4.3	Размещение или отсутствие устройств защиты от тока перегрузки в сетях типа «IT».	75
5.4.5	Случаи, в которых устройства защиты от тока перегрузки не предусматриваются по соображениям безопасности	76
5.5	Подключение устройств контроля сопротивления изоляции.	77
5.5.1	Подключение и защита с помощью предохранителей	77
5.5.2	Дополнительное питание и защита с помощью предохранителей	79

6	Специальные функции и преимущества сетей типа «IT»	81
6.1	Более высокая безопасность в эксплуатации	83
6.2	Повышенная пожаробезопасность.	84
6.3	Уменьшенная вероятность несчастных случаев благодаря ограничению силы токов прикосновения	87
6.4	Более высокое допустимое сопротивление системы заземления	88
6.5	Заблаговременное уведомление о снижении сопротивления изоляции.	89
6.5.1	Техобслуживание систем электропитания	93
6.5.2	Техническое обслуживание. Терминология.	94
6.5.3	Стратегии техобслуживания систем типа «IT»	95
7	Применение изолированных от земли систем электроснабжения	97
7.1	Системы типа «IT» в горнодобывающей промышленности.	97
7.1.1	Защитные меры при проведении подземных горных работ	98
7.1.2	Стандарты на подземные горные работы	100
7.1.2.1	DIN VDE 0118-1	100
7.1.3	Защита от поражения электрическим током при выполнении подземных горных работ.	104
7.2	Морские изолированные от земли системы электроснабжения, снабженные устройствами контроля сопротивления изоляции.	105
7.2.1	Стандарты и нормы.	105
7.2.2	Системы электроснабжения, допущенные к использованию на флоте и на морских объектах	107
7.2.3	Морские заземленные и изолированные от земли системы электроснабжения	107
7.2.4	Сети типа «IT» на кораблях и судах Военно-морского флота Германии.	111
7.3	Системы типа «IT» со средствами контроля сопротивления изоляции на железной дороге	114

7.3.1	Примеры применения систем типа «IT» с устройствами контроля сопротивления изоляции	115
7.3.2	Области применения систем типа «IT», оснащенных устройствами контроля сопротивления изоляции	115
7.3.3	Требования к системам контроля сопротивления изоляции	117
7.3.4	Электроустановки постоянного тока повышенной степени безопасности, имеющие аккумуляторные источники аварийного питания	119
7.3.5	Преобразователи в силовых цепях	120
7.4	Изолированные от земли электроустановки типа «IT» в электрических транспортных средствах	121
7.4.1	Защитные меры, применяемые в электрических транспортных средствах	125
7.4.2	Бортовые электрические коммутационно-распределительные системы электрических транспортных средств	127
7.4.3	Зарядные станции для зарядки аккумуляторов электромобилей	128
7.4.4	Международный стандарт на зарядные станции электромобилей	131
7.4.4.1	Стандарт «UL 2231» США о применении устройств контроля сопротивления изоляции	132
7.4.4.1.1	«UL 2231-1», Общие требования	132
7.4.4.1.2	«UL 2231-2», Контуры питания	134
8	Сопротивление изоляции.	139
8.1	История развития правил техники безопасности в Германии (1883 г.)	143
8.2	Сопротивление изоляции как комплексный фактор	144
8.3	Определения.	145
8.4	Факторы, воздействующие на изоляцию	146
8.5	Измерение и контроль сопротивления изоляции	147
8.5.1	Измерение сопротивления изоляции обесточенных электроустановок.	147
8.5.2	Контроль дифференциального тока в системах типа «TN» и «TT».	148

8.5.3	Непрерывный контроль фактического сопротивления изоляции систем типа «ИТ»	149
8.6	Комплексный контроль в системах типа «ИТ»	150
9	Опасности, связанные с электрическим током	153
9.1	Воздействие электрического тока на человека и животных.	155
9.1.1	Предмет и объем публикации МЭК 60479-1:2005-07 . . .	157
9.1.2	Полное электрическое сопротивление человеческого тела	158
9.1.3	Синусоидальный переменный ток частотой 50/60 Гц, большая площадь поверхности контакта	159
9.1.4	Порог фибрилляции желудочков.	159
9.1.5	Зависимость физиологических последствий от длительности и силы переменного тока (для частот от 15 до 100 Гц) – пояснения к рисунку № 9.5.	163
9.2	Важная информация по электропатологии.	164
9.3	Меры защиты от поражения электрическим током.	165
9.4	Несчастные случаи с электрическим током	165
10	Международные стандарты на устройства контроля сопротивления изоляции	169
10.1	Устройства контроля сопротивления изоляции электроустановок переменного тока по стандарту «МЭК 61557-8»	169
10.2	Устройства контроля сопротивления изоляции по стандарту «МЭК 60364-5-53»	172
10.3	Устройства контроля сопротивления изоляции по стандартам Американского общества по испытанию материалов (ASTM).	176
10.3.1	Стандарт «ASTM F 1207M-96:2002» под названием «Стандартные требования к устройствам контроля сопротивления изоляции работающих электроустановок относительно земли».	176
10.3.2	Стандарт «ASTM F 1669M-96:2002» под названием «Стандартные требования к устройствам контроля сопротивления изоляции корабельных электроустановок».	176

10.3.3	Стандарт «ASTM F 1134-94:2002» под названием «Стандартные требования к устройствам контроля сопротивления изоляции корабельных электродвигателей и генераторов»	177
10.4	Различия между устройствами контроля сопротивления изоляции и устройствами контроля дифференциального тока (тока утечки) по «МЭК 62020»	178
10.5	Оборудование для локализации повреждений изоляции изолированных от земли систем электроснабжения	179
11	Техническая реализация устройств контроля сопротивления изоляции и выявления КЗ на землю	183
11.1	Контроль сопротивления изоляции изолированных от земли электроустановок переменного тока, включая трехфазный ток	183
11.1.1	Измерение омических повреждений изоляции	183
11.1.2	Измерение сопротивления току утечки.	187
11.2	Электроустановки переменного тока, имеющие подключенные непосредственно к ним выпрямители или тиристоры	188
11.2.1	Метод измерений с использованием инвертора.	188
11.2.2	Метод измерений, предусматривающий наложение импульсного напряжения	191
11.3	Электроустановки постоянного тока.	192
11.3.1	Асимметричный метод измерений	192
11.3.2	Метод измерений, предусматривающий наложение импульсного напряжения	194
11.4	Принципы измерений, применимые к изолированным от земли установкам переменного и постоянного тока.	195
11.4.1	Метод «АМР» измерений, осуществляемый под управлением микропроцессора и применимый к изолированным от земли установкам переменного и постоянного тока	196
11.4.2	Метод измерений, осуществляемый под управлением микропроцессора, применимый к изолированным от земли установкам переменного и постоянного тока, работающий в условиях сильных помех, и	

	предусматривающий использование технологии частотного кодирования	197
11.5	Система локализации повреждений изоляции в изолированных от земли системах переменного и постоянного тока	200
11.5.1	Системы локализации повреждений изоляции изолированных от земли электроустановок постоянного тока	201
11.5.2	Системы локализации повреждений изоляции изолированных от земли электроустановок переменного и постоянного тока	202
11.5.3	Портативная система локализации повреждений изоляции изолированных от земли электроустановок постоянного и переменного тока, включая трехфазный ток	204
11.6	Краткое изложение	206
12	Значения срабатывания устройств контроля сопротивления изоляции	209
13	Физические аспекты функционирования изолированных от земли электроустановок типа «IT»	213
13.1	Токи утечки в изолированных от земли электроустановках.	213
13.1.1	Расчет токов утечки в изолированных от земли электроустановках	214
13.1.2	Определение собственной емкости обесточенных электроустановок	215
13.1.3	Определение собственной емкости работающих электроустановок.	216
13.2	Соотношение напряжений в изолированных от земли электроустановках переменного тока	217
13.3	Перегрузка по напряжению в изолированных от земли электроустановках переменного тока, включая трехфазный переменный ток	220
13.3.1	Источники перегрузки по напряжению	221

13.3.2	Переходные процессы, связанные с однополюсными низкоомными повреждениями изоляции	223
13.3.3	Установившееся увеличение напряжения	224
13.3.4	Переменяющиеся низкоомные повреждения изоляции	225
13.3.5	Повреждения изоляции систем электроснабжения	226
13.3.6	Коммутация индуктивностей	227
13.3.7	Коммутация проводников и конденсаторов	227
13.3.8	Резонанс и гармоники	228
13.3.9	Увеличение напряжения при отключении КЗ	228
13.4	Изолированные от земли электроустановки и второе повреждение изоляции	229
13.4.1	Различные повреждения изоляции изолированных от земли электроустановок переменного тока	231
14	Ссылки на стандарты, в которых рассматриваются вопросы, связанные с изолированными от земли электроустановками	235
14.1	МЭК 60364-4-41:2005-12 «Низковольтные электроустановки – часть 4-41: Требования по обеспечению безопасности – защита от поражения электрическим током»	235
14.2	МЭК 60364-4-43:2005-07, 64/1557/CDV, 64/1546/RVC, «Низковольтные электроустановки – часть 4-43: Требования по обеспечению безопасности – защита от сверхтока»	235
14.3	МЭК 60364-5-53, ред. 4/CDV:2005-II, МЭК 64/1516/CDV «Низковольтные электроустановки – часть 5-53: Выбор и монтаж электрооборудования – защита, изоляция, коммутация, управление и контроль»	236
14.4	МЭК 60364-6:2005 «Низковольтные электроустановки – часть 6: Испытания»	236
14.5	МЭК 60364-7-710:2002-11 «Электроустановки зданий – часть 7-710: Требования к специальным электроустановкам и особым помещениям – медицинские учреждения»	236

14.6	МЭК 60092-507, ред. 2, МЭК 18/1017/CDV:2005, «Электроустановки кораблей и судов – часть 507 Малые суда»	239
15	Определения терминов по теме «сопротивление изоляции»	243
15.1	Определения по стандарту «МЭК 61557-8:2006»	243
16	Сокращения	249
17	Список стандартов МЭК, ссылки на которые присутствуют в тексте книги	251
18	Практическая информация для проведения самостоятельных исследований	261