

ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Анализ понятия “заземленный линейный проводник”

Харечко Ю. В., канд. техн. наук

Приведен анализ понятия “заземленный линейный проводник” и изложены некоторые требования к заземленным фазным и полюсным проводникам.

Ключевые слова: заземленный линейный проводник, линейный проводник, фазный проводник, полюсный проводник.

Согласно п. 413.1.3.1 ГОСТ Р 50571.3–94 [1] (разработан на основе стандарта МЭК 60364-4-41:1992 и действовал с 1 января 1995 г. до 31 декабря 2010 г.), для систем TN было сформулировано требование: “Если нейтральной точки нет или она недоступна, **должен быть заземлен фазный проводник**”. Данный пункт содержал аналогичное требование для системы TT: “Нейтральная точка или, если таковой не существует, **фаза питающего генератора или трансформатора должны быть заземлены**” (здесь и далее выделено автором). Требования, изложенные в п. 411.4.2 и 411.5.1 действующего стандарта МЭК 60364-4-41:2005 “Низковольтные электрические установки. Часть 4-41. Защита для безопасности. Защита от поражения электрическим током” [2] и разработанного на его основе ГОСТ Р 50571.3–2009 [3] для систем TN и TT также предписывают заземлять линейные проводники, если в электрических системах отсутствуют или являются недоступными нейтральная и средняя точки. Иными словами, с 1995 г. в стандартах комплекса ГОСТ Р 50571 используют понятие “заземленный линейный проводник”, которое плохо согласовано с другими понятиями национальной нормативной документации. Рассмотрим его и определим область применения заземленных линейных проводников.

В п. 312.1 “Токопроводящие проводники в соответствии с родом тока” стандарта МЭК 60364-1:2005 “Низковольтные электрические установки. Часть 1. Основопологающие принципы, оценка основных характеристик, определения” [4] приведена классификация токопроводящих проводников, используемых в низковольтных электрических системах (подробнее об этом см. в [5]). Аналогичная классификация приведена в п. 312.1 “Токоведу-

щие проводники¹ в соответствии с родом тока” ГОСТ Р 50571.1–2009 [6], разработанного на основе стандарта МЭК 60364-1:2005. Согласно требованиям международного и национального стандартов заземленные линейные проводники могут быть в однофазных и трехфазных электрических системах TN-S, TN-C-S и TT, которые не имеют нейтралей. На рис. 1 и 4 указанных стандартов представлены примеры выполнения токопроводящих проводников в однофазной двухпроводной и трехфазной трехпроводной электрических системах переменного тока, а на рис. 6 — в двухпроводной электрической системе постоянного тока. В данной статье² они приведены на рис. 1. Если заземлить выводы источников питания переменного и постоянного тока, то присоединенные к ним фазные проводники в системах 1 и 2 и полюсный проводник в системе 3 будут представлять собой заземленные линейные проводники.

На рис. 31A2 (см. рис. 2 [7]) стандарта МЭК 60364-1:2005 и ГОСТ Р 50571.1–2009 показана трехфазная система TN-S с источником питания, обмотки которого соединены в треугольник. В этой электрической системе заземлен фазный проводник L3. Похожая электрическая система приведена на рис. V.1 стандарта МЭК 60950-1:2013 “Информационное оборудование. Безопасность. Часть 1. Ос-

¹ В ГОСТ Р 50571.1–2009 вместо корректного термина “токопроводящий проводник” использован термин “токоведущий проводник”, что является грубой ошибкой. Токопроводящими проводниками являются линейный, фазный, полюсный, нейтральный и средний проводники, а также PEN-, PE- и PEL-проводники. Однако три последних проводника, которые предназначены выполнять, во-первых, функции защитных проводников и, во-вторых, функции нейтрального, среднего и линейного проводников, не являются токоведущими проводниками.

² В статье приведены рисунки из ГОСТ Р 50571.11–2009, в которых исправлены ошибки.

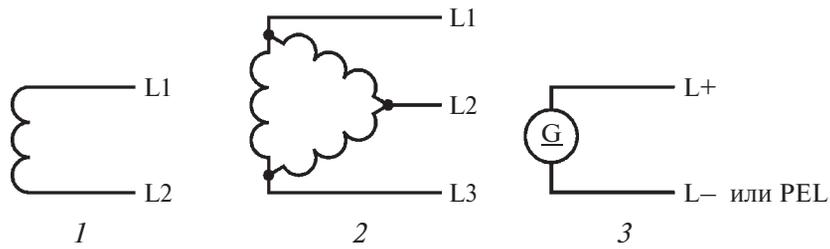


Рис. 1. Электрические системы:

1 — однофазная двухпроводная; 2 — трехфазная трехпроводная; 3 — двухпроводная постоянного тока

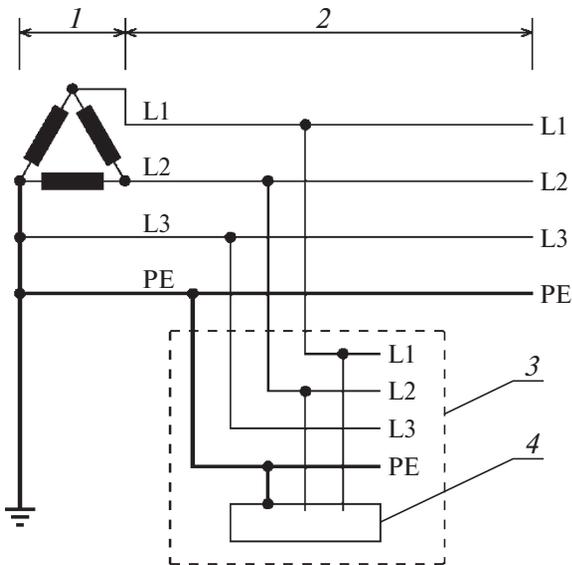


Рис. 2 (J.1). Система TN-S:

1 — источник питания; 2 — распределительный кабель; 3 — граница здания; 4 — электрооборудование

новые требования” [8], который повторяет рис. J.1 (см. рис. 2 настоящей статьи) стандарта МЭК 60990:1999 “Методы измерения тока прикосновения и тока защитного проводника” [9]. При этом в обоих международных стандартах указано, что в представленной системе имеется заземленный линейный проводник. Примеры трехфазных систем TN-C-S и TT, которые имеют заземленные фазные проводники LE3, показаны на рис. 3 и 4 данной статьи.

Поскольку однофазные двухпроводные электрические системы не имеют нейтралей и соответственно нейтральных проводников, в них заземляют фазные проводники. Примеры однофазных систем TN-S, TN-C-S и TT, в которых заземлены фазные проводники LE, показаны на рис. 5 — 7.

В двухпроводных электрических системах TN-S, TN-C-S и TT постоянного тока применяют заземленные полюсные проводники, которые присоединены к заземленным полюсам источников питания. На рис. 31Н,

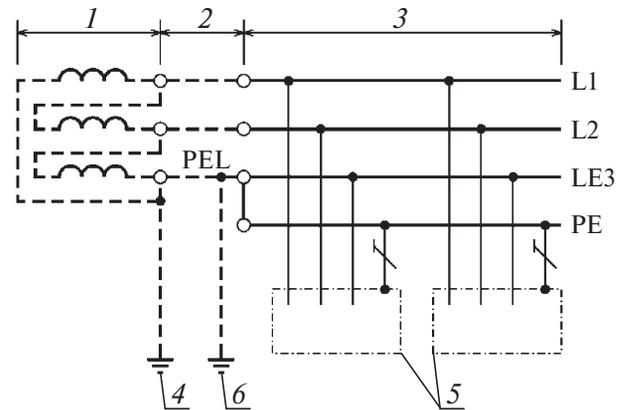


Рис. 3. Система TN-C-S трехфазная трехпроводная с разделением PEL-проводника на заземленный линейный проводник и защитный проводник на вводе электроустановки:

1 — источник питания; 2 — распределительная сеть (при ее наличии); 3 — электроустановка; 4 — заземление источника питания; 5 — открытые проводящие части; 6 — заземление распределительной сети

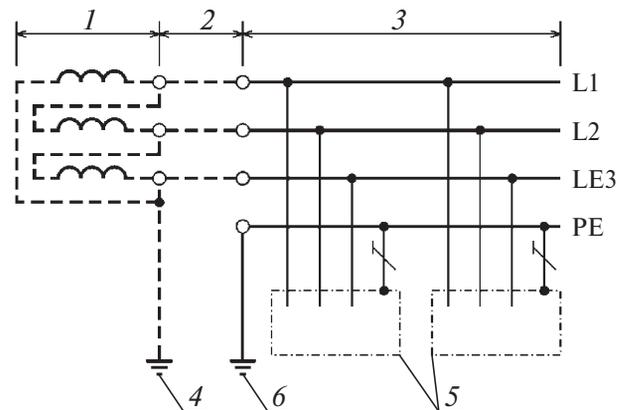


Рис. 4. Система TT трехфазная трехпроводная:

1 — 5 — то же, что на рис. 3; 6 — защитное заземление в электроустановке

31К и 31Л стандарта МЭК 60364-1:2005 и ГОСТ Р 50571.1—2009 (см. рис. 8³ данной статьи и рис. 3 и 4 [10]) показаны примеры таких электрических систем, в которых заземлен отрицательный полюсный проводник L—.

³ На рис. 8 не показаны аккумуляторные батареи, которые подключены параллельно источнику питания.

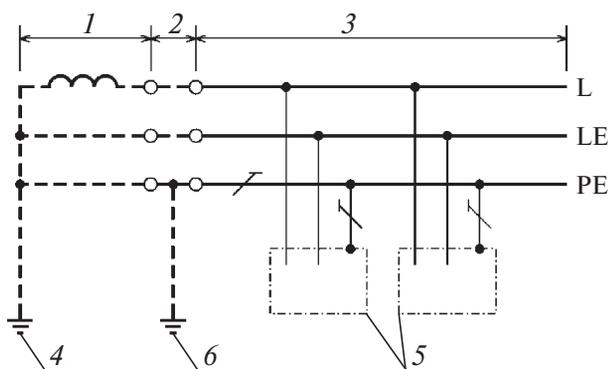


Рис. 5. Система TN-S однофазная двухпроводная:
1–6 — то же, что на рис. 3

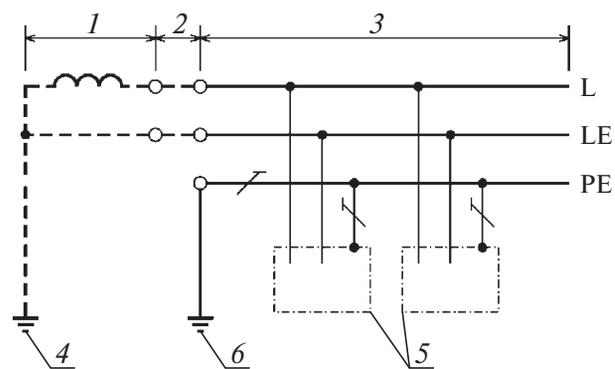


Рис. 7. Система TT однофазная двухпроводная:
1–5 — то же, что на рис. 3; 6 — защитное заземление в электроустановке

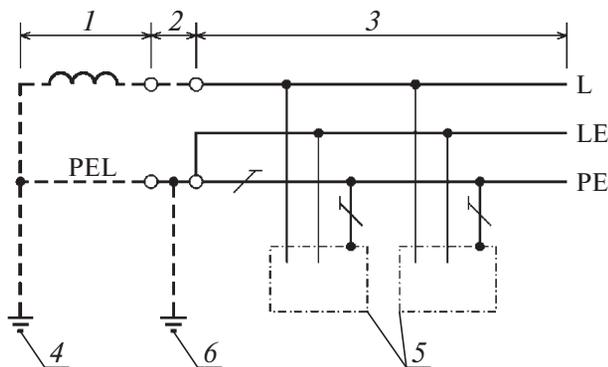


Рис. 6. Система TN-C-S однофазная двухпроводная с разделением PE-проводника на заземленный линейный проводник и защитный проводник на вводе электроустановки:
1–6 — то же, что на рис. 3

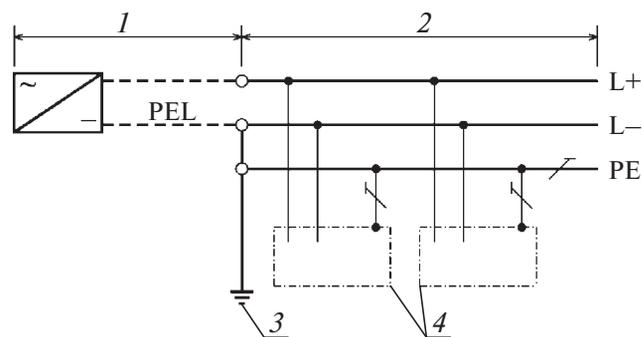


Рис. 8 (31Н). Система TN-S постоянного тока двухпроводная:
1 — источник питания; 2 — электроустановка; 3 — заземление системы; 4 — открытые проводящие части

Термин “заземленный линейный проводник”, широко применяемый в международных стандартах, не определен ни в Международном электротехническом словаре (МЭС), ни в стандартах и других документах МЭК. Отсутствовало определение этого термина и в национальной нормативной документации. Поэтому при разработке ГОСТ Р 50571.1–2009 было решено включить в него предложенное автором в [11] следующее определение: “заземленный линейный проводник LE: Линейный проводник, имеющий электрическое присоединение к локальной земле”. Одновременно в национальном стандарте были установлены следующие термины:

“фазный проводник L: Линейный проводник, используемый в электрической цепи переменного тока”;

“полюсный проводник L: Линейный проводник, используемый в электрической цепи постоянного тока”.

Рассматриваемому термину дано определение также в ГОСТ Р 50462–2009 [12], разработанному на основе стандарта МЭК 60446:2007

“Основополагающие принципы и принципы безопасности для интерфейса “человек-машина”, выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов или буквенно-цифровых обозначений” [13]. В национальном стандарте установлены требования к цветовой и буквенно-цифровой идентификации различных проводников, в том числе заземленных линейных проводников. Поэтому в отличие от первоисточника в ГОСТ Р 50462–2009 дано следующее определение рассматриваемого термина: “заземленный линейный проводник: Линейный проводник, имеющий электрическое соединение с заземляющим устройством”. Термины “фазный проводник” и “полюсный проводник” определены в ГОСТ Р 50462–2009 так же, как в ГОСТ Р 50571.1–2009.

Два представленных определения имеют некоторые различия. Определение, данное рассматриваемому термину в ГОСТ Р 50571.1–2009, характеризует заземленный линейный проводник в общем виде как линейный проводник, имеющий электрическое соединение с локальной землей. В определении термина,

приведенном в ГОСТ Р 50462–2009, конкретизирован способ выполнения этого соединения, поскольку указано, что линейный проводник присоединен к заземляющему устройству.

Согласно требованиям, изложенным в п. 5.2.3 “Фазные проводники в электрических цепях переменного тока” ГОСТ Р 50462–2009, заземленные фазные проводники необходимо идентифицировать синим цветом⁴. Концы заземленных фазных проводников и точки их соединений следует маркировать буквенно-цифровыми обозначениями в соответствии с требованиями, изложенными в п. 6.2.14 стандарта, если возможна путаница с цветовым обозначением нейтральных, средних или заземленных полюсных проводников.

Предпочтительным для идентификации заземленных полюсных проводников требованиями п. 5.2.4 “Полюсные проводники в электрических цепях постоянного тока” ГОСТ Р 50462–2009 установлен синий цвет. Концы заземленных полюсных проводников и точки их соединений необходимо маркировать буквенно-цифровыми обозначениями, указанными в п. 6.2.14 стандарта, если возможна путаница с цветовым обозначением средних, нейтральных или заземленных фазных проводников.

В соответствии с требованиями п. 6.2.14 “Заземленные линейные проводники” ГОСТ Р 50462–2009 следует соблюдать следующую буквенно-цифровую идентификацию проводников:

заземленного фазного проводника однофазной электрической цепи — LE;

заземленных фазных проводников трехфазной электрической цепи — LE1, LE2 и LE3;

заземленного положительного полюсного проводника — LE+;

заземленного отрицательного полюсного проводника — LE–.

Таким образом, при введении с 1 июля 2010 г. ГОСТ Р 50571.1–2009 была устранена неопределенность понятия “заземленный линейный проводник”, а термины “фазный проводник” и “полюсный проводник” получили надлежащие определения. Более того, с 1 января 2011 г. действует ГОСТ Р 50462–2009, в котором установлены требования к цветовой и буквенно-цифровой идентификации заземленных линейных, фазных и полюсных про-

водников. Этим национальные стандарты выгодно отличаются от международных⁵.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [15] позиционируют заземленные линейные проводники в электрических системах переменного и постоянного тока в качестве нейтральных проводников. Термин “нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)” в них определен так: “проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока”. Данное определение имеет ряд ошибок и недостатков.

Во-первых, здесь указан глухозаземленный вывод источника однофазного тока. В стандарте МЭК 60364-1:2005 и ГОСТ Р 50571.1–2009 установлено, что к выводам однофазного источника питания подключают линейные проводники (см. рис. 1), а к заземленному выводу может быть подключен РЕL-проводник или заземленный фазный проводник. Поэтому упоминание однофазного источника питания, не имеющего средней точки, здесь ошибочно.

Во-вторых, упомянута глухозаземленная точка источника в сетях постоянного тока. В стандарте МЭК 60364-1:2005 и ГОСТ Р 50571.1–2009 указано, что к средней точке источника питания постоянного тока, которую обычно заземляют, присоединяют средний проводник или РЕM-проводник, а не нейтральный проводник. При заземлении одного из двух полюсов источника питания постоянного тока к нему присоединяют РЕL-проводник или заземленный полюсный проводник (см. рис. 8).

В-третьих, в анализируемом определении речь идет только о глухозаземленной нейтрали, а в системах ИТ нейтраль обычно изолирована от земли. К изолированной нейтрали также присоединяют нейтральные проводники.

⁴ Требованиями п. 5.2.2 ГОСТ Р 50462–2009 нейтральные и средние проводники предписано идентифицировать синим цветом.

⁵ В августе 2010 г. стандарт МЭК 60446:2007 был заменен новым стандартом МЭК 60445:2010 “Основополагающие принципы и принципы безопасности для интерфейса “человек-машина”, выполнение и идентификация выводов оборудования, концов проводников и проводников” [14]. В 2007 – 2010 гг. автор принимал участие в обсуждении проекта стандарта МЭК 60445, одновременно работая над проектом стандарта МЭК 60462. Поэтому в Приложении В “Список комментариев от некоторых стран” стандарта МЭК 60445 были включены требования ГОСТ Р 50462–2009, отличающиеся от аналогичных требований стандарта МЭК 60445, в том числе определение термина “заземленный линейный проводник” и требования к идентификации заземленных линейных проводников.

В-четвертых, термин “сеть” использован неправомерно, поскольку нейтральные проводники применяют не только в электрических сетях, но и в электрических цепях низковольтных электроустановок. Нейтральные проводники могут также использоваться и в низковольтных электрических системах, включающих в себя несколько электроустановок. Поэтому термин “сеть” необходимо исключить из определения.

В-пятых, из анализируемого определения следует исключить термин “электроустановка до 1 кВ”, так как применяемая в ПУЭ классификация электроустановок по номинальному напряжению на электроустановки до 1 кВ и выше 1 кВ противоречит аналогичной классификации электроустановок и электрооборудования, используемой в стандартах и других документах МЭК. В последних применяют понятие “низкое напряжение”, под которым понимают любое напряжение, не превышающее 1000 В переменного тока и 1500 В постоянного тока. Электроустановки в стандартах МЭК подразделяют на низковольтные и высоковольтные, а все электрооборудование — на низковольтное и высоковольтное.

В-шестых, наименование рассматриваемого термина следует заменить на “нейтральный проводник”, чтобы оно точно соответствовало наименованию аналогичного термина (“neutral conductor”), который применяют в документах МЭК. Это позволит, с одной стороны, приблизить национальную терминологию к международной, а с другой — уменьшить вероятность появления грубых ошибок в требованиях национальных нормативных документов.

В-седьмых, в определении ПУЭ ошибочно использованы словосочетания “однофазный ток” и “трехфазный ток”. В ГОСТ Р 52002–2003 [16], который устанавливает основные понятия в электротехнике, указаны следующие виды электрического тока: переменный, постоянный, пульсирующий, синусоидальный. Поэтому трехфазными и однофазными могут быть электрические системы, электрические сети, электрические установки, электрические цепи и электрическое оборудование, а не электрический ток.

В-восьмых, в рассматриваемом определении указано, что нейтральный проводник предназначен для питания **электроприемников**. Однако посредством (в том числе) нейтральных проводников питают трансформаторы, которые не являются электроприемниками.

В ПУЭ и другой национальной нормативной и правовой документации, распространяющейся на низковольтные электроустановки и электрооборудование, рассматриваемому термину целесообразно дать следующее определение: **нейтральный проводник (N)** — *проводник, электрически присоединенный к нейтралу и используемый для передачи и распределения электрической энергии*. Это позволит устранить все ошибки, допущенные ПУЭ при определении термина “нейтральный проводник”.

В заключение следует отметить, что поскольку в новых ГОСТ Р 50571.1–2009 и ГОСТ Р 50462–2009 приведены исчерпывающие определения терминов “заземленный линейный проводник”, “фазный проводник” и “полюсный проводник”, необходимо исправить терминологию в ПУЭ и других национальных нормативных и правовых документах, а также уточнить изложенные в них требования и рекомендации к низковольтным электроустановкам.

Список литературы

1. **ГОСТ Р 50571.3–94 (МЭК 364-4-41–92)**. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. — М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. **International standard IEC 60364-4-41:2005**. Low-voltage electrical installations. Part 4-41: Protection for safety. Protection against electric shock. Fifth edition. — Geneva: IEC, 2005-12.
3. **ГОСТ Р 50571.3–2009 (МЭК 60364-4-41:2005)**. Электроустановки низковольтные. Ч. 4-41. Требования для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. — М.: Стандартинформ, 2011.
4. **International standard IEC 60364-1:2005**. Low-voltage electrical installations. Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions. Fifth edition. — Geneva: IEC, 2005-11.
5. **Харечко Ю. В.** Об изменении требований стандарта МЭК 60364-1 к классификации проводников в низковольтных электроустановках. — Промышленная энергетика, 2009, № 2.
6. **ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364-1:2005)**. Электроустановки низковольтные. Ч. 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010.
7. **Харечко Ю. В.** Анализ новых требований к электрическим системам TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT переменного тока с одним источником питания. — Промышленная энергетика, 2012, № 4.
8. **International standard IEC 60950-1:2013**. Information technology equipment. Safety. Part 1: General requirements. Edition 2.2. — Geneva: IEC, 2005-12.
9. **International standard IEC 60990:1999**. Methods of measurement of touch current and protective conductor current. Second edition. — Geneva: IEC, 1999-08.

10. **Харечко Ю. В.** Анализ новых требований к электрическим системам TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT постоянного тока. — Промышленная энергетика, 2013, № 6.
11. **Харечко Ю. В.** Уточнение терминологии в новом ГОСТ Р 50571.1, устанавливающим основные требования к низковольтным электроустановкам. — Электрика, 2009, № 5.
12. **ГОСТ Р 50462–2009 (МЭК 60446:2007).** Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса “человек-машина”, выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов и буквенно-цифровых обозначений. — М.: Стандартиформ, 2010.
13. **International standard IEC 60446:2007.** Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification. Identification of conductors by colours or alphanumerics. Fourth edition. — Geneva: IEC, 2007-05.
14. **International standard IEC 60445:2010.** Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification. Identification of equipment terminals, conductor terminations and conductors. Edition 5.0. — Geneva: IEC, 2010-08.
15. **Правила** устройства электроустановок. Раздел 1. Общие правила. Гл. 1.1: Общая часть; гл. 1.2: Электроснабжение и электрические сети; гл. 1.7: Заземление и защитные меры электробезопасности; гл. 1.9: Изоляция электроустановок. Раздел 6. Электрическое освещение. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Гл. 7.1: Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий; гл. 7.2: Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений; гл. 7.5: Электротермические установки; гл. 7.6: Электросварочные установки; гл. 7.10: Электролизные установки и установки гальванических покрытий. 7-е изд. — М.: ЗАО “Энергосервис”, 2002.
16. **ГОСТ Р 52002–2003.** Электротехника. Термины и определения основных понятий. — М.: ИПК “Изд-во стандартов”, 2003.

Y.Kharechko@rambler.ru

