

## ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

### Анализ новых требований к электрическим системам TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT постоянного тока

Харечко Ю. В., канд. техн. наук

Проанализированы новые требования ГОСТ Р 50571.1–2009 к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT для электрических систем постоянного тока.

**Ключевые слова:** тип заземления системы, система распределения электроэнергии, низковольтная электрическая система, низковольтная электрическая установка, постоянный ток.

Новые требования к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT изложены в ГОСТ Р 50571.1 [1], который разработан на основе стандарта МЭК 60364-1 “Низковольтные электрические установки. Часть 1. Основополагающие принципы, оценка основных характеристик, определения” [2] и введен в действие с 1 июля 2010 г. В стандарте МЭК 60364-1 приведены требования к типам заземления системы для низковольтных электрических систем переменного и постоянного тока. Однако в нем отсутствует определение термина “тип заземления системы” и не указан объект, для которого он предназначен. В ГОСТ Р 50571.1, где даны исчерпывающие определения терминов “тип заземления системы” и “система распределения электроэнергии” [3], эти недостатки устранены.

В отличие от требований к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT для электрических систем переменного тока требования к тем же типам заземления систем для электрических систем постоянного тока больше похожи на краткие пояснения. Они приведены в п. 312.2.4 “Системы постоянного тока” стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 и проиллюстрированы обычно используемыми системами постоянного тока, имеющими указанные типы заземления системы.

На рисунках стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 части системы, не охваченные областью действия стандартов, обозначены пунктирными линиями, а части, на которые распространяются требования стандартов, — сплошными линиями. Однако на рисунках обоих стандартов не обозначены точки электрических соединений защитных проводников к открытым проводящим частям.

В отличие от стандарта МЭК 60364-1 название каждого рисунка ГОСТ Р 50571.1 содержит

число токопроводящих проводников для представленной там же электрической системы. В данной статье приведены исправленные рисунки (без аккумуляторных батарей, которые подключены параллельно источнику питания), указаны (в скобках) оригинальные номера и названия, заимствованные из ГОСТ Р 50571.1 (в названиях его рисунков курсивом обозначены отличия от названий рисунков стандарта МЭК 60364-1). На рисунках использованы следующие графические обозначения проводников: — защитный проводник (PE); — средний проводник (M); — совмещенный защитный заземляющий и средний проводник (PEM-проводник, PEM).

В п. 312.2.4.1 “Система TN-S” международного и национальных стандартов указано: “Заземленный линейный проводник, например L-, в системе типа а) или заземленный средний проводник M в системе типа б) **отделен от защитного проводника во всей электроустановке**” (здесь и далее полужирным шрифтом выделено автором). Две системы TN-S постоянного тока приведены на рис. 1 (31Н). В примечаниях к этим системам указано, что в электроустановках допускается дополнительное заземление защитного проводника PE.

При типе заземления системы TN-S заземляют одну из токоведущих частей источника питания, которой обычно является средняя токоведущая часть. При ее отсутствии заземляют положительный или отрицательный полюс источника питания, к которому присоединен полюсный проводник. Открытые проводящие части низковольтной электроустановки электрически соединяют с заземленной токоведущей частью источника питания, используя для этого защитные проводники PE.

Решение о заземлении положительного или отрицательного полюса, как отмечено в требова-

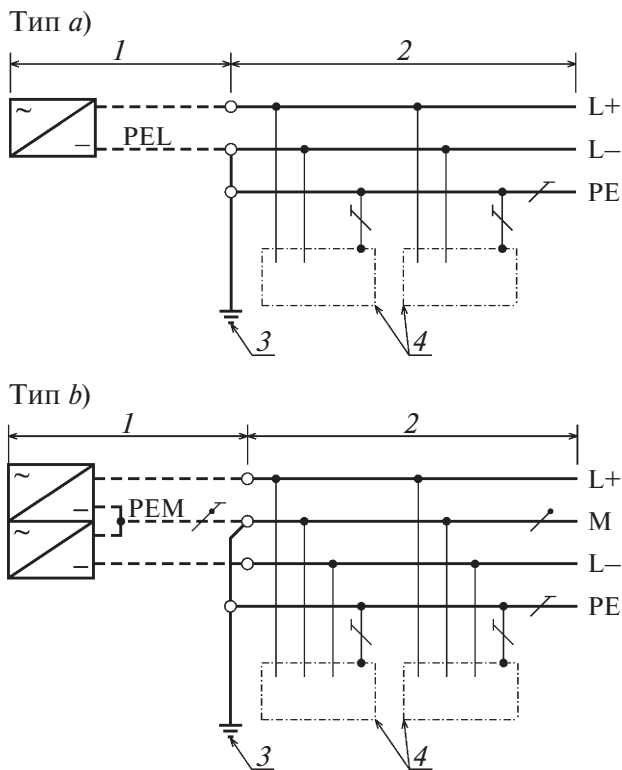


Рис. 1 (31Н). Системы TN-S постоянного тока — двухпроводная а), трехпроводная б):

1 — источник питания; 2 — электроустановка; 3 — заземление системы; 4 — открытые проводящие части

ниях стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1, должно приниматься с учетом особенностей функционирования электроустановки или других условий, связанных, например, с предотвращением коррозии полюсных проводников и заземляющих устройств.

В п. 312.2.4.2 “Система TN-C” международного и национального стандартов указано: “Функции заземленного линейного проводника, например L-, и защитного проводника в системе типа а) **объединены** в одном PEL-проводнике **во всей электроустановке** или функции заземленного среднего проводника М и защитного проводника в системе типа б) **объединены** в одном PEM-проводнике **во всей электроустановке**”. На рис. 2 (31J) показаны две системы TN-C постоянного тока, в примечаниях к которым поясняется, что в электроустановках допускается дополнительное заземление PEL- и PEM-проводников.

Стандарт МЭК 60364-1 не накладывает никаких ограничений на использование типа заземления системы TN-C в низковольтных электрических системах переменного и постоянного тока. В отличие от международного стандарта требованиями п. 312.2.1.1 ГОСТ Р 50571.1 запрещено выполнять электроустановки жилых и общественных зданий, торговых предприятий и медицинских учреждений с типом заземления

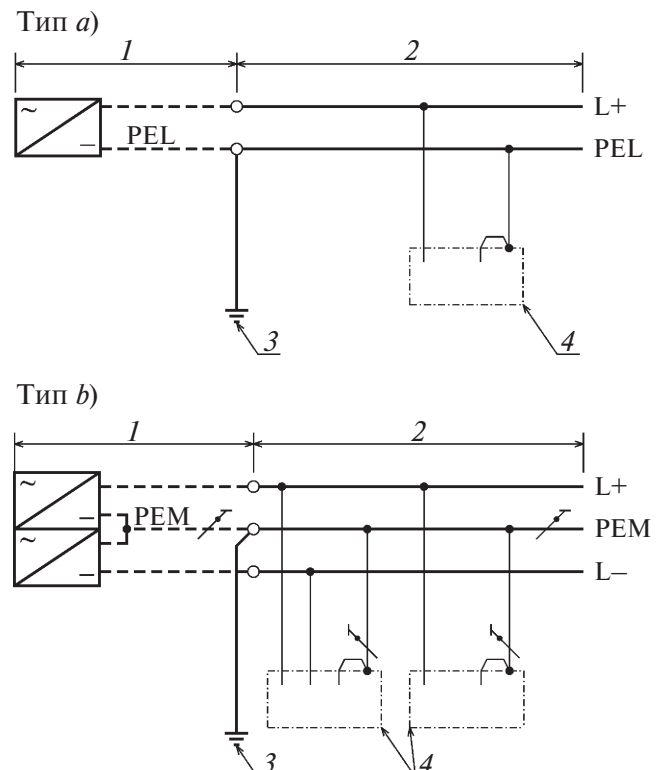


Рис. 2 (31J). Системы TN-C постоянного тока — двухпроводная а), трехпроводная б):

1 — 4 — то же, что на рис. 1

системы TN-C. В электрических цепях таких электроустановок зданий нельзя применять PEN-проводники [4]. Аналогичный запрет на применение типа заземления системы TN-C и использование PEL- и PEM-проводников в частях электроустановок жилых и общественных зданий, торговых предприятий и медицинских учреждений, функционирующих на постоянном токе, следует ввести в п. 312.2.4.2 ГОСТ Р 50571.1.

При типе заземления системы TN-C заземляют одну из токоведущих частей источника питания. Открытые проводящие части низковольтной электроустановки электрически соединяют с заземленной токоведущей частью источника питания, используя для этого PEL- или PEM-проводник. Поскольку во многих случаях последнее условие нельзя выполнить, тип заземления системы TN-C применяется крайне редко.

Согласно требованиям п. 543.4.1 стандарта МЭК 60364-5-54 “Низковольтные электрические установки. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники” [5] минимально допустимое сечение PEN-, PEL- и PEM-проводников равно  $10 \text{ мм}^2$  по меди и  $16 \text{ мм}^2$  по алюминию. При использовании в электрических цепях низковольтной электроустановки

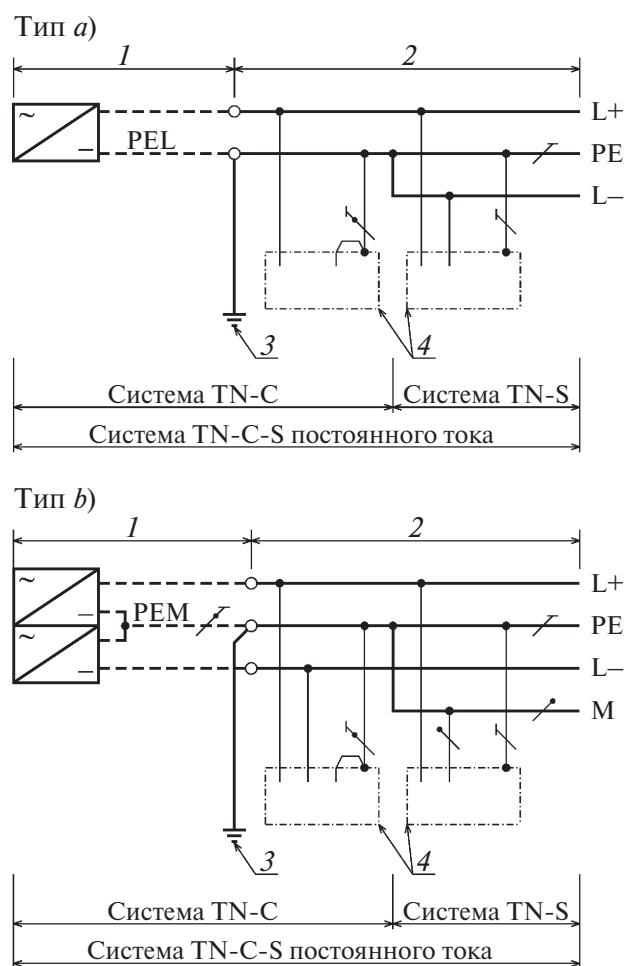


Рис. 3 (31К). Системы TN-C-S постоянного тока — двухпроводная а), трехпроводная б):

1 – 4 — то же, что на рис. 1

проводников меньшего сечения открытые проводящие части могут быть присоединены только к защитным проводникам PE. При подключении к электрическим цепям переносного электрооборудования класса I к их открытым проводящим частям также следует присоединять защитные проводники. Поэтому тип заземления системы TN-C применяется все чаще теоретически для лучшего восприятия практических понятий “система TN-S” и “система TN-C-S”.

В п. 312.2.4.3 “Система TN-C-S” стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 указано: “Функции заземленного линейного проводника, например L-, в системе типа а) и защитного проводника объединены в одном PEL-проводнике в части электроустановки или функции заземленного среднего проводника M в системе типа б) и защитного проводника объединены в

одном PEM-проводнике в части электроустановки”. Две системы TN-C-S постоянного тока приведены на рис. 3 (31К)<sup>1</sup>. В примечаниях к этим системам указано, что в электроустановках допускается дополнительное заземление защитного проводника PE.

Каждая система TN-C-S на рис. 31К стандарта МЭК 60364-1 представлена как результат сложения “системы TN-C” и “системы TN-S”<sup>2</sup>. Причем “система TN-S” выполнена для части электроустановки и начинается от точки разделения PEL-проводника на защитный (PE) и полюсный (L) проводники или PEM-проводника на защитный (PE) и средний (M) проводники. Между источником питания и точкой разделения PEL- или PEM-проводника в головной части электроустановки расположена так называемая “система TN-C”.

Такая интерпретация системы TN-C-S противоречит изложенным в п. 312.2.4.1 стандарта МЭК 60364-1 требованиям к типу заземления системы TN-S, согласно которым полюсный и средний проводники отделены от защитного проводника по всей электроустановке. Из рис. 1 (31Н), наглядно иллюстрирующего это требование, видно, что во всей электроустановке, соответствующей типу заземления системы TN-S, используют защитный проводник, отделенный от полюсного или среднего проводника.

Таким образом, в требованиях стандарта МЭК 60364-1 имеются серьезные противоречия. С одной стороны, при типе заземления системы TN-S в соответствии с требованиями, изложенными в п. 312.2.1.1 стандарта для электрических систем переменного тока [6] и в п. 312.2.4.1 для электрических систем постоянного тока, защитный проводник должен проходить через всю систему распределения электроэнергии. Т.е. этот проводник должен “начинаться” на заземленной токоведущей части источника питания и “заканчиваться” на открытых проводящих частях низковольтной электроустановки. С другой стороны, на рис. 31К международного стандарта показано, что защитный проводник в “системе TN-S” “начинается” не на источнике питания, а в произвольной точке системы распределения электроэнергии. Этой “начальной” точкой может быть точка разделения PEL-проводника на полюсный и защитный проводники или PEM-проводника на средний и защитный. Однако в данном случае открытые проводящие части низковольтной электроустановки не могут иметь электрического соединения с заземленной

<sup>1</sup> Для большей наглядности воспроизведен рисунок 31К из стандарта МЭК 60364-1.

<sup>2</sup> Обозначения “система TN-C” и “система TN-S” взяты в кавычки, так как они не являются сокращенными наименованиями соответствующих им типов заземления системы TN-C и TN-S из-за имеющихся противоречий в анализируемых требованиях стандарта. На рис. 31К представлен только один тип заземления системы — TN-C-S. Системы TN-C и тем более системы TN-S здесь не может быть.

токоведущей частью источника питания, которое выполнено только посредством защитного проводника. Это обусловлено тем, что в головной части электроустановки соединения между открытыми проводящими частями и заземленной токоведущей частью источника питания осуществляют с помощью РЕL- или РЕМ-проводника.

Для исключения указанных противоречий между требованиями к типу заземления системы TN-S и системами TN-C-S постоянного тока, показанными на рис. 31К стандарта МЭК 60364-1, автор предложил не разделять систему TN-C-S на “систему TN-C” и “систему TN-S”. Это предложение было частично реализовано в ГОСТ Р 50571.1. Однако на рис. 31К национального стандарта осталась прежняя разметка, в которой объекты 6, 7 и 8 не расшифрованы. Ее нужно исключить из рис. 31К ГОСТ Р 50571.1. Кроме того, на рис. 31К б) следует исправить ошибку, допущенную в стандарте МЭК 60364-1 и воспроизведенную в ГОСТ Р 50571.1, — электрически соединить заземляющее устройство и защитный проводник, как это сделано на рис. 3 в данной статье.

Стандарт МЭК 60364-1 не накладывает никаких ограничений на использование типа заземления системы TN-C-S в низковольтных электрических системах переменного и постоянного тока. В отличие от международного стандарта требования п. 312.2.1.1 ГОСТ Р 50571.1 запрещают применять PEN-проводники в электроустановках жилых и общественных зданий, торговых предприятий и медицинских учреждений. Если эти электроустановки соответствуют типу заземления системы TN-C-S, PEN-проводники распределительных электрических сетей следует разделять на нейтральные и защитные проводники на их вводах [4]. Аналогичный запрет на использование РЕL- и РЕМ-проводников в частях электроустановок жилых и общественных зданий, торговых предприятий и медицинских учреждений, которые функционируют на постоянном токе, надо установить в требованиях п. 312.2.4.3 ГОСТ Р 50571.1.

Согласно стандарту МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 при типе заземления системы TN-C-S заземляют токоведущую часть источника питания. Открытые проводящие части низковольтной электроустановки электрически соединяют с заземленной токоведущей частью источника питания. Для этого в головной части (от источника питания) электроустановки применяют РЕL- или РЕМ-проводники, а в остальной — защитные проводники. При разделении РЕL-проводника на полюсный и защитный проводники или РЕМ-проводника на средний и защитный проводники на вводе в электроустановку получают систему TN-S

(рис. 1). Поэтому запрет на использование РЕL- и РЕМ-проводников фактически означает запрет на применение типа заземления системы TN-C-S для частей указанных низковольтных электроустановок.

В п. 312.2.4.4 “Система TT” стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 отсутствуют требования к типу заземления системы TT. Здесь на рис. 31L (см. рис. 4) приведены две системы TT постоянного тока. В примечаниях к ним поясняется, что в электроустановках допускается дополнительное заземление защитного проводника РЕ.

При типе заземления системы TT токоведущая часть источника питания заземлена. Открытые проводящие части низковольтной электроустановки также заземлены. Для их защитного заземления применяют заземляющее устройство, заземлитель которого, как указано в п. 312.2.2 стандарта МЭК 60364-1 и ГОСТ Р 50571.1 для электрических систем переменного тока, должен быть электрически независимым от заземлителя заземляющего устройства источника питания. Выполнить это можно в том случае, если расположить их на большом расстоянии друг от друга. Поэтому сложно, а часто практически невозможно смонтировать в одной низковольтной электроустановке два заземляющих устройства, имеющих электрически независимые заземлители. В связи с этим вызывает большое сомнение возможность выполнения систем TT, представленных на рис. 31L.

В п. 444.5.1 “Взаимное соединение заземляющих электродов”<sup>3</sup> стандарта МЭК 60364-4-44 “Низковольтные электрические установки. Часть 4-44. Защита для безопасности. Защита от резких отклонений напряжения и электромагнитных возмущений” [7] указано: более того, все относящиеся к зданию заземляющие электроды, например, защитного заземления, функционального заземления и заземления молниезащиты, должны быть соединены между собой (“Moreover, all earth electrodes associated with a building i.e. protective, functional and lightning protection, shall be interconnected”). Т.е. заземлители заземляющего устройства источника питания постоянного тока, расположенного в здании, и заземлители заземляющего устройства, предназначенного для выполнения защитного заземления открытых проводящих частей той части электроустановки здания, которая функционирует на постоянном токе, должны быть электрически соединены между

<sup>3</sup> Понятие “заземляющий электрод”, применяемое в международных стандартах, примерно соответствует понятию “заземлитель”, используемому в национальной нормативной документации.

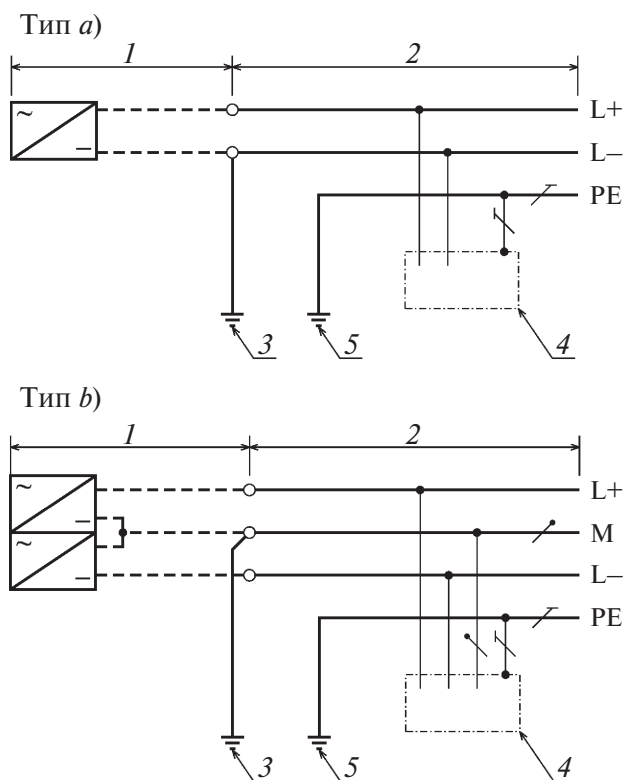


Рис. 4 (31L). Системы ТТ постоянного тока — двухпроводная а), трехпроводная б):

1–4 — то же, что на рис. 1; 5 — заземление открытых проводящих частей

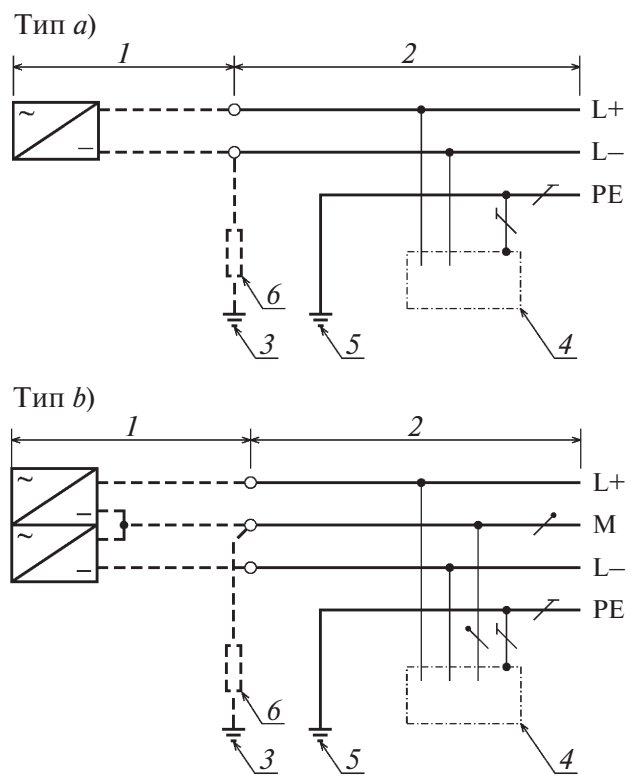


Рис. 5 (31M). Системы IT постоянного тока — двухпроводная а), трехпроводная б):

1–5 — то же, что на рис. 4; 6 — полное сопротивление

собой. В этом случае система ТТ фактически трансформируется в систему TN-S (см. рис. 1).

В п. 312.2.4.5 “Система IT” международного и национального стандартов также отсутствуют требования к типу заземления системы IT. На рис. 5 (31M) приведены две системы IT постоянного тока, которые можно заземлять через большие сопротивления. В примечаниях к этим системам указано, что в электроустановках допускается дополнительное заземление защитного проводника PE.

При типе заземления системы IT источник питания не имеет заземленных токоведущих частей, или заземление какой-либо его токоведущей части (например, средней токоведущей части или полюсного проводника) выполняют через большое сопротивление. Открытые проводящие части электрооборудования класса I заземляют с помощью собственного заземляющего устройства низковольтной электроустановки.

Таким образом, требования к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT для электрических систем постоянного тока в ГОСТ Р 50571.1 сформулированы так же, как в первоисточнике — стандарте МЭК 60364-1. Однако в требованиях международного и национального стандартов допущены ошибки и погрешности, которые следует устранить в ГОСТ Р 50571.1.

### Список литературы

- ГОСТ Р 50571.1–2009 (МЭК 60364-1:2005). Электроустановки низковольтные. Ч. 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2010.
- 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.
- Харечко Ю. В. Анализ основополагающих понятий “система распределения электроэнергии” и “тип заземления системы”. — Промышленная энергетика, 2012, № 3.
- 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.
- International standard IEC 60364-5-54:2011. Low-voltage electrical installations. Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment. Earthing arrangements and protective conductors. Edition 3.0. — Geneva: IEC, 2011-03.
- Харечко Ю. В. Современные требования к типам заземления системы TN-C, TN-S, TN-C-S, TT и IT. — Промышленная энергетика, 2009, № 3, 4.
- International standard IEC 60364-4-44:2007. Low-voltage electrical installations. Part 4-44: Protection for safety. Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances. Edition 2.0. — Geneva: IEC, 2007-08.