

ПОСОБИЕ

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАЗЕМЛЕНИЯ И
УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ
ОБОРУДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ**

**Москва
2004 г.**

Казанцева Л.В.

Пособие по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий. Меры защиты от электромагнитных воздействий. Под ред. М.В.ИЦ НИИПроектэлектромонтаж (АПГО), 2004г. 48 с.

Приведены рекомендации по выполнению защитного и функционального заземления, электропроводок и уравнивания потенциалов в цепях оборудования информационных технологий в зданиях с учетом требований электробезопасности и обеспечения нормальной работы оборудования при наличии внешних электромагнитных воздействий.

Для инженерно-технического персонала, занятого проектированием, монтажом, наладкой и эксплуатацией электроустановок оборудования информационных технологий.

© Л.В. Казанцева

© УИЦ НИИПроектэлектромонтаж (АПГО)

Содержание

1.	Введение.....	2
2.	Общие сведения	3
3.	Источники электромагнитных воздействий и меры по их снижению.....	7
	3.1. Система TN.....	10
	3.2. Система TT.....	10
	3.3. Система IT.....	10
	3.4. Питание от нескольких источников.....	11
	3.5. Ввод в здание.....	11
	3.6. Установка оборудования в различных зданиях.....	11
	3.7. Переключение источников питания.....	12
	3.8. Установка оборудования в существующих зданиях...	12
	3.9. Размещение оборудования.....	13
	3.10. Аппараты защиты.....	13
	3.11. Кабели цепей сигнализации.....	13
4.	Заземление и уравнивание потенциалов.....	13
	4.1. Соединение заземлителей.....	13
	4.2. Уравнивание потенциалов.....	14
	4.3. Функциональное заземление и уравнивание потен- циалов.....	19
5.	Электропроводки.....	21
	5.1. Требования к разделению кабелей.....	21
	5.2. Выбор конструкций.....	24
	5.3. Рекомендации по монтажу.....	26
6.	Библиография.....	29
7.	Приложение. Примеры способов снижения влияния помех.....	30

1. Введение

Данное пособие распространяется на установки оборудования информационных технологий в зданиях и имеет целью ознакомление специалистов, связанных с проблемами защитного и функционального заземления и уравнивания потенциалов такого оборудования, с состоянием вопроса на европейском и мировом уровне и с техническими требованиями, предусмотренными европейскими и международными нормативными документами для обеспечения безопасной и надежной работы оборудования в условиях внешних электромагнитных воздействий, которые могут приводить к сбоям в работе и повреждению частей оборудования.

При выполнении работы использован ряд действующих европейских стандартов [10-12] и ГОСТ Р 50571 [4-7], касающихся рассматриваемой проблемы, а также проект дополнения к действующему стандарту МЭК IEC 60364-4-44 [13], на основании которого выполнен ГОСТ Р 50571.20 [6].

Последний документ МЭК не является окончательным и будет подвергаться изменениям, однако, авторы Пособия посчитали полезным использовать его в данной работе ввиду его актуальности, а также для своевременного ознакомления заинтересованных в проблеме специалистов с кругом вопросов, которые необходимо рассматривать при проектировании и монтаже систем заземления и уравнивания потенциалов в установках информационного оборудования. После официального издания документа МЭК в данную работу будут внесены соответствующие изменения.

Данная работа не распространяется на здания, в которых могут находиться мощные источники электромагнитных воздействий, оборудование производства, передачи и приема напряжения выше 1 кВ переменного тока, а также не учитывает специальные требования телекоммуникационных центров.

2. Общие сведения

К оборудованию обработки информации отнесены все виды электрического и электронного оборудования, включая конторское (бизнес-оборудование), со всеми периферийными устройствами и другими относящимися устройствами, питание которого может осуществляться от питающей сети с номинальным напряжением не выше 600 В, как общего назначения, например, городских или промышленных трансформаторных подстанций, так и от аккумуляторных установок, а также оборудование, подключаемое непосредственно к телекоммуникационной сети или к телекоммуникационным линиям передачи.

Примерами такого оборудования могут быть:

- оборудование обработки и передачи информации, телекоммуникационное оборудование, а также установки сигнализации, использующие землю в качестве обратного провода, как во внутренних сетях зданий, так и во внешних присоединениях к установкам зданий;
- источники и сети постоянного тока, питающие оборудование информационных технологий в зданиях;
- частные (местные, локальные) телефонные станции, имеющие выход в сеть общего пользования;
- локальные (местные) телекоммуникационные сети;
- системы пожарной и охранной сигнализации;
- системы управления обслуживанием зданий, например, цифровые системы;
- АСУ ТП и другие системы с компьютерным управлением.

Для обозначения такого оборудования в работе далее используются термины *информационное оборудование (оборудование информационных технологий, оборудование обработки информации)*, а для обозначения цепей и подключаемых к нему кабелей

опорный потенциал для обозначения стабильного нулевого потенциала, необходимого для устойчивости рабочего сигнала, т.е. для надежной работы оборудования;

плоскость опорного потенциала системы, идеальным воплощением которой с точки зрения уравнивания потенциалов является жесткая проводящая поверхность, но реализуемая на практике в виде горизонтальной или вертикальной сетки с ячейками, размер которых определяется диапазоном воздействующих на информационное оборудование частот.

Термины *функциональное заземление, система функционального уравнивания потенциалов, проводник, шина, магистраль и др. функционального заземления и уравнивания потенциалов* применяются в данной работе применительно к заземлению и уравниванию потенциалов **только** в цепях рабочего сигнала и необходимых по условиям нормальной работы оборудования, например, при использовании земли в качестве обратного провода в установках электросвязи.

Эти термины не определены жестко какими-либо российскими нормативными документами и приняты в рамках настоящей работы в соответствии с идеологией международных стандартов либо для краткости и удобства пользования либо потому, что авторы работы посчитали их наиболее понятными для соответствующих условий применения.

Электромагнитные поля, возникающие по различным причинам, могут приводить к нарушениям работы систем обработки информации, а также к повреждению оборудования таких систем. Токи молнии, коммутационные токи, токи коротких замыканий и другие электромагнитные явления могут приводить к перенапряжениям и возникновению пом

В помещениях медицинских учреждений или рядом с ними электрические и магнитные поля могут оказывать нежелательные воздействия на электромедицинское оборудование.

Эти явления характерны для условий, в которых:

- имеются замкнутые металлические контуры («петли») большой площади, образующиеся при объединении строительных металлоконструкций, металлических трубопроводов, например, водо-, газо- и теплоснабжения, магистралей кондиционирования воздуха и др. в систему уравнивания потенциалов;
- электропроводки различных систем (различного назначения) проложены по разным (отдельным) трассам, например, проводники силовых цепей и проводники компьютерных устройств сигнализации в здании;
- цепи входят в здание или выходят из него.

Значение наведенного (индуцированного) потенциала зависит от крутизны изменения (di/dt) тока помехи и от размера «петли».

В нормальном режиме работы по проводникам системы уравнивания потенциалов не должны протекать токи нагрузки существенных значений.

Защитные и заземляющие проводники и проводники уравнивания потенциалов должны иметь достаточно высокую проводимость в соответствии с требованиями ПУЭ для обеспечения защиты от поражения людей электрическим током и понижения опасности возгораний и повреждения оборудования и электропроводок в нормальном и аварийном режимах работы электроустановок и в результате воздействия токов и напряжений, на

вания молниезащиты и требования электробезопасности должны рассматриваться совместно и быть скоординированы с учетом условий электромагнитной совместимости.

Следует избегать использования земли в качестве обратного провода, однако, если такое решение принято, полное сопротивление сети заземления должно быть минимальным.

Для снижения влияния возникающих помех может потребоваться выполнение дополнительных мер, например, установка частотных фильтров или блокирующих катушек (дросселей).

В сложных системах, состоящих из большого количества взаимосвязанного оборудования, устойчивость опорного потенциала следует обеспечивать при помощи плоскости опорного потенциала системы, к которой для исключения функциональных нарушений или повреждений оборудования подключается, как минимум, операционный блок или системный блок. Плоскость опорного потенциала должна обеспечить достаточно низкий импеданс в цепях подключения фильтров, оборудования шкафов, экранов кабелей в пределах всего диапазона частот, воздействию которых может подвергаться оборудование, и может быть выполнена в виде металлического листа или эквипотенциальной сетки с соответствующими размерами ячеек. Частотный диапазон должен включать частоты переходных режимов, таких, как коммутационные, короткие замыкания, грозовые разряды. Поддержание уровня потенциала при помощи плоскости опорного потенциала не означает обязательного ее использования в цепи обратного тока.

Меры по улучшению условий электромагнитной совместимости, например, выполнение уравнивания потенциалов, могут быть использованы также для защиты от статического электри

ционного оборудования, устанавливаемого в зданиях, должны обеспечивать:

- защиту людей от поражения электрическим током;
- надежную стабилизацию уровня опорного потенциала в пределах всей установки информационного оборудования;
- удовлетворительный уровень электромагнитной совместимости информационной установки в целом для исключения или понижения помех, вызывающих сбои в работе информационного оборудования.

Выбор мер, ограничивающих электромагнитные воздействия, должен производиться на стадии проектирования совместно разработчиками архитектурно-строительной и электрической частей проекта.

Применяемое электрооборудование должно отвечать требованиям соответствующих стандартов к электромагнитной совместимости.

Требования к оборудованию, учитывающие особые условия его работы (если такие имеются), должны быть согласованы покупателем оборудования и его поставщиком при заключении контракта на поставку оборудования.

3. Источники электромагнитных воздействий и меры по их снижению

Электрическое и электронное оборудование, чувствительное к электромагнитным воздействиям, не следует располагать вблизи потенциальных источников таких воздействий, к которым, например, относятся:

- коммутационно-распределительные щиты;
- силовые магистральные и распределительные шинопроводы и др.

Для снижения влияния электромагнитных и электрических полей на электрооборудование при проектировании и выполнении строительно-монтажных работ следует выполнять одну или несколько мер, указанных ниже:

- металлические оболочки и экраны кабелей и металлические оболочки оборудования должны быть присоединены к общей системе уравнивания потенциалов;
- при выполнении электропроводок проводники силовых и информационных цепей следует прокладывать по общим трассам для исключения образования индуктивных контуров (петель);
- информационные и силовые кабели должны быть отделены друг от друга в соответствии с п. 5.1;
- в местах пересечений кабели должны прокладываться под прямым углом;
- при необходимости следует предусматривать установку устройств подавления импульсных перенапряжений и/или фильтров:
 - если здание имеет систему молниезащиты,
 - силовые и контрольные кабели должны прокладываться на расстоянии не менее 2 м от токоотводов или быть защищены при помощи защитных экранов;
 - металлические трубы, короба, лотки и т.п., а также металлические оболочки силовых и контрольных кабелей должны быть присоединены к системе уравнивания потенциалов в соответствии с требованиями к устройству молниезащиты;
 - при применении эк

- в тех случаях, когда экранированные информационные кабели являются общими для нескольких зданий, электроустановки которых питаются от системы ТТ, параллельно этим кабелям должен быть проложен проводник уравнивания потенциалов (см. рис. 2). Сечение этого проводника должно быть не менее 16 мм^2 по меди или быть эквивалентного по проводимости сечения из других материалов и соответствовать п. 1.7.137 ПУЭ седьмого издания;

- значения сопротивления (импеданса) цепей уравнивания потенциалов должны быть минимальными. Для этого проводники присоединений к системе уравнивания потенциалов должны иметь кратчайшие длины и специальную форму поперечного сечения. Так, например, отношение ширины к толщине плетеной медной перемычки должно быть не менее пятикратного;

- при наличии в здании большого количества информационного оборудования и необходимости выполнения функционального заземления рекомендуется для уравнивания потенциалов такого оборудования выполнять шину в виде замкнутого кольца.

Примечания:

1. Если заземленная оболочка используется в качестве обратного провода в цепях сигнализации, рекомендуется применение коаксиального кабеля.

2. В случае, если не удастся достигнуть согласованное решение по выполнению требований п.1.7.82 ПУЭ седьмого издания к выполнению основной системы уравнивания потенциалов, ответствен

рая эксплуатирует эти сети и может принимать другие решения.

3.1. Система TN

В электроустановках зданий, в которых размещено или может быть размещено большое количество информационного оборудования, не следует применять систему TN-C. В таких электроустановках должна быть применена система TN-S:

- начиная от вводного устройства электроустановки здания, если электроустановка получает питание от коммунальной сети низкого напряжения (см. рис. 3 А);
- начиная от зажимов трансформатора, если электроустановка получает питание от трансформаторной подстанции, встроенной в это же здание и обслуживаемой пользователем электроустановки здания (см. рис. 3 В).

При установке информационного оборудования в существующем здании, распределение электроэнергии в котором выполнено по системе TN-C-S (см. рис. 4), должна быть предотвращена возможность образования замкнутых контуров («петель») информационными кабелями. Для этого могут быть использованы следующие меры:

- преобразование участка TN-C сети здания, показанного на рис. 4, в TN-S, как показано на рис. 3 А;
- если это невозможно - устранение показанных на рис. 4 взаимных связей «2)», образуемых информационными кабелями между различными частями сети TN-S, например, при помощи волоконно-оптических вставок.

венности организации-оператора этой сети, которая может применять другие способы обеспечения электромагнитной совместимости.

3.7. Переключение источников питания

В системе TN коммутационные устройства переключения питания с одного источника на другой (например, с рабочего на резервный) должны одновременно переключать фазные проводники и нулевой рабочий (нейтральный), если такой имеется, проводник (см. рис. 10 А, 10 В и 10 С). Разрыв нулевого рабочего проводника при переключении предотвращает образование электромагнитных полей блуждающими токами основной питающей сети электроустановки. Сумма токов в одном кабеле должна быть равна нулю. Это гарантирует протекание тока в нулевом рабочем проводнике только той цепи, которая включена в работу. При этом следует иметь в виду, что к нулевому рабочему току добавляется ток 3-й гармоники фазного проводника (150 Гц) с тем же угловым сдвигом фаз.

3.8. Установка оборудования в существующих зданиях

Если информационное оборудование устанавливается в существующем здании, в котором имеющееся оборудование может оказывать нежелательное электромагнитное воздействие на вновь устанавливаемое информационное оборудование, для уменьшения этого воздействия рекомендуется выполнение следующих мер (см. рис. 11 А):

3.9 Размещение оборудования

Электрическое и электронное оборудование мониторинга, регулирования параметров, контроля, защиты и др. для улучшения условий электромагнитной совместимости должно размещаться в закрытых нишах строительных конструкций здания или в специальных помещениях.

Устройства присоединения входящих в здание и выходящих из него силовых и информационных цепей должны быть расположены в одном месте или в непосредственной близости друг от друга.

Не допускается устанавливать в одном шкафу, на одном стеллаже, каркасе или на одной стойке электрическое и информационное оборудование, а также монтажные отсеки (ящики) с электрическими и информационными проводами и гнезда (блоки зажимов) для их подключения.

Не допускается прокладывать информационные провода и кабели внутри шкафов и по поверхности щитов силового электрооборудования.

3.10 Аппараты защиты

Применяемые защитные аппараты должны иметь соответствующую выдержку времени для исключения ложных отключений токами переходных режимов.

3.11 Кабели цепей сигнализации

- части оборудования, доступные одновременному прикосновению, могут иметь различные потенциалы относительно земли;
- создается опасность поражения электрическим током, особенно при перенапряжениях атмосферного происхождения.

Поэтому все заземлители одного здания должны быть соединены между собой (рис. 12).

Проводники защитной и функциональной систем уравнивания потенциалов должны присоединяться к главной заземляющей шине (зажиму) индивидуально (раздельно) таким образом, чтобы отключение одного проводника не нарушало присоединений других проводников.

В тех случаях, когда электронное оборудование используется для связи и обмена информацией между несколькими зданиями, каждое из которых имеет свое заземляющее устройство, и при этом заземлители различных зданий не могут быть соединены между собой, например, из-за их большой удаленности друг от друга, следует выполнять гальваническое разделение цепей связи, например, при помощи волоконно-оптических вставок (см. также п. 3.8).

4.2 Уравнивание потенциалов

Схему соединений в сети уравнивания потенциалов, выполняемой для информационного оборудования, можно рассматривать на уровне всего здания (основная система уравнивания потенциалов), на уровне информационной установки в целом и на уровне групп совместно установленного информационного оборудования.

Для создания

обратного провода цепи постоянного тока, должно быть не более 1 В.

В зависимости от величины обратного постоянного тока рекомендуется принимать сечения шины функционального заземления не менее приведенных в табл. 1:

Таблица 1. Наименьшие сечения шины функционального заземления

Значение обратного постоянного тока, А	< 200 А	<1000 А	<2000 А	≥ 2000 А
Сечение шины	50мм ² медь	70мм ² медь	95мм ² медь	120мм ² медь

4.3.2 Проводники функциональной системы уравнивания потенциалов

В качестве проводников функциональной системы уравнивания потенциалов могут быть использованы металлические полосы, плоские плетеные проводники, провода и кабели круглого сечения.

Для высокочастотного оборудования предпочтительным является применение металлических полос или плоских плетеных проводников, т.к. проводники круглого сечения вследствие скин-эффекта имеют более высокий импед

- при длине трассы более 35 м силовые и информационные кабели должны быть разделены по всей длине за вычетом последних 15 м, присоединяемых к оборудованию (см. рис.18).

Параллельная прокладка кабелей с разделительной перегородкой и без нее показана на рис. 19А и 19В. При этом:

- 1) участок с минимальным расстоянием А на рис. 19А а) представляет наихудшие условия между точками крепления кабелей;
- 2) если на участке прокладки отсутствует промежуточное крепление кабелей, а также отсутствуют разделительные перегородки, следует считать, что расстояние между силовыми и информационными кабелями равно нулю, как показано на рис. 19 А в);
- 3) при прокладке кабелей в смежных отсеках кабельного короба, разделенных перегородкой, или в других кабелепроводах, имеющих перегородку, в случае отсутствия крепления кабелей по их длине, расстояние между кабелями следует считать равным толщине перегородки (рис. 19 В а));
- 4) при прокладке кабелей в несмежных отсеках кабельного короба или в других кабелепроводах, имеющих более одной разделительной перегородки, в случае отсутствия крепления кабелей по их длине расстояние между кабелями следует принимать равным расстоянию А между разделительными перегородками (рис.19 В в)).

Примечание: Указания табл.2 и условия 1) – 4) относятся не только к кабелям, но и к проводам аналогичного исполнения.

В случае прохода электропроводки, выполненной в специально сконструированных по условиям электромагнитной совместимости лотках или коробах, сквозь стену или, например, сквозь огнепреградительный барьер, две секции лотка или коробка, находящиеся по разные стороны стены (барьера), должны быть соединены между собой при помощи перемычки с минимальным сопротивлением, например, плетеной или сетчатой медной полосы (см. рис. 25).

5.3.2. Неметаллические конструкции для прокладки кабелей

Если информационное оборудование не подвергается воздействию низкочастотных помех, а электропроводка выполнена неэкранированными кабелями в неметаллических лотках или коробах, для улучшения свойств электромагнитной совместимости проводки внутри лотка или короба должен быть проложен проводник, выполняющий функцию шунтирующего проводника системы уравнивания потенциалов. Оба конца этого проводника должны быть присоединены к дополнительной системе уравнивания потенциалов. Присоединения должны быть выполнены к металлическим частям с низким импедансом, например, к корпусу шкафа, в котором размещено оборудование.

Шунтирующий проводник следует выбирать по условию стойкости к воздействию мощного электромагнитного поля общего типа и стойкости к токам короткого замыкания в силовой сети.

7 Приложение. Примеры способов снижения влияния помех

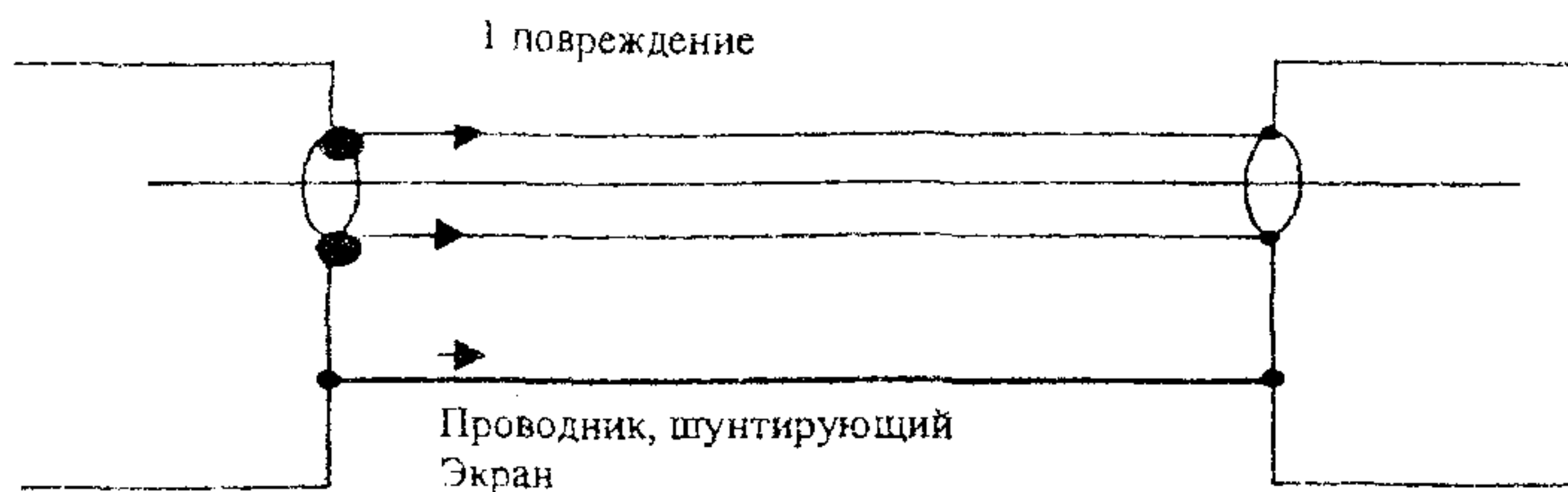
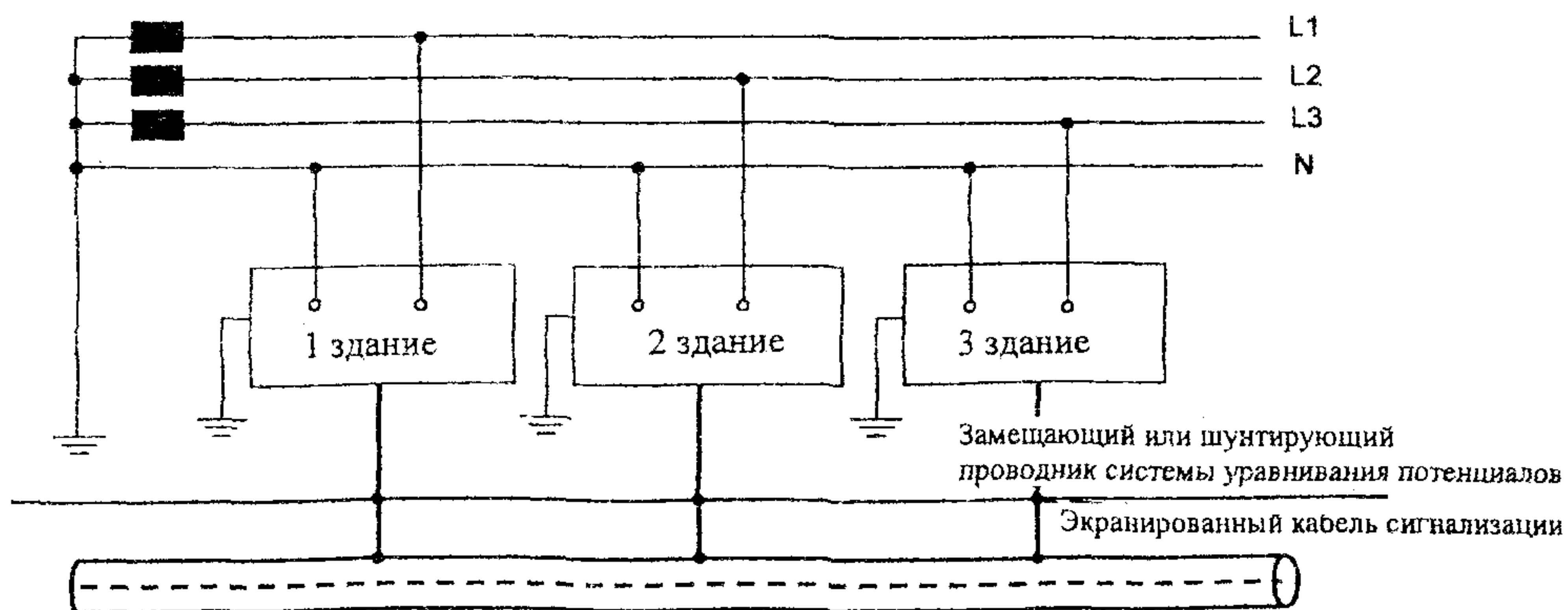
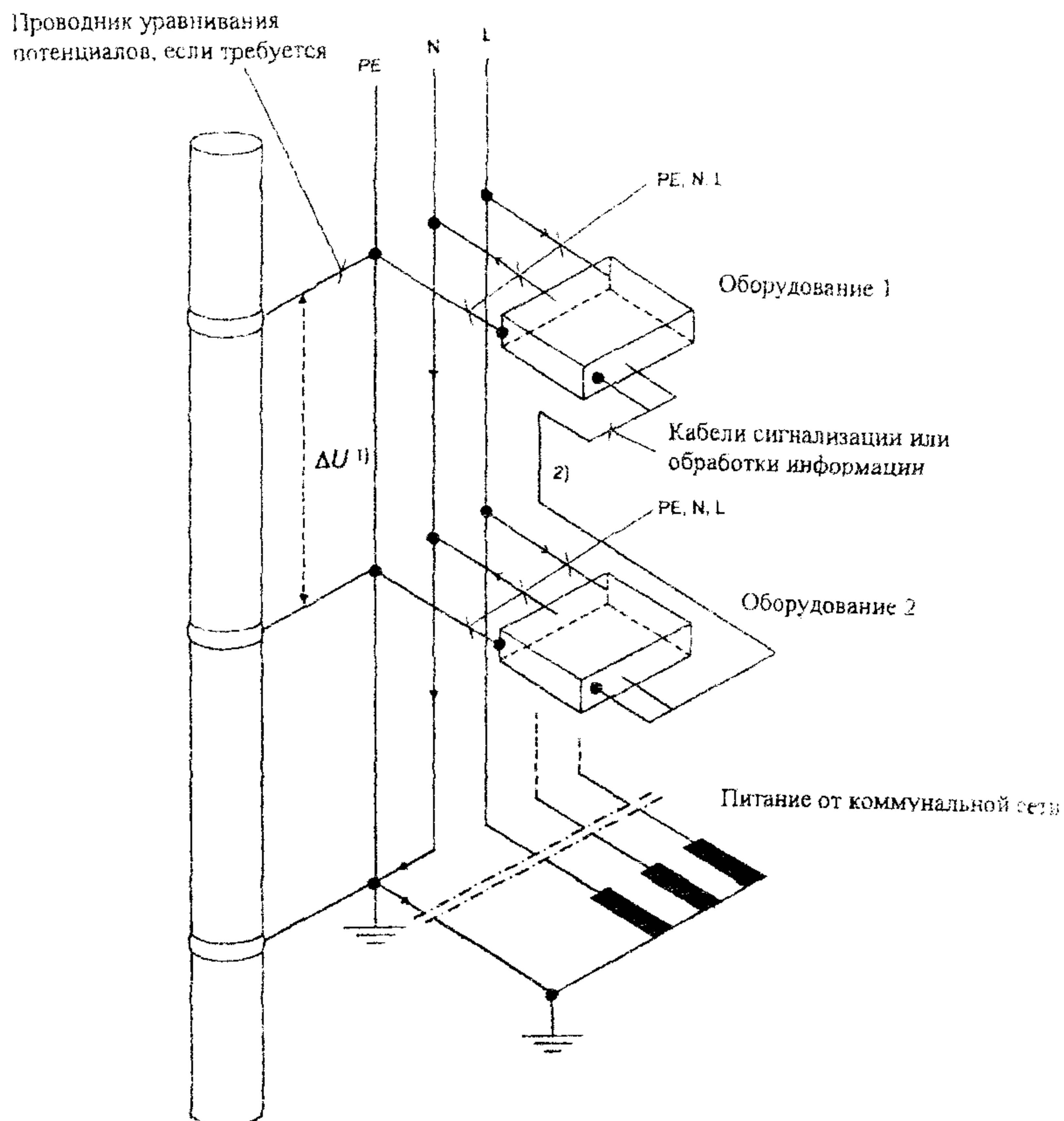
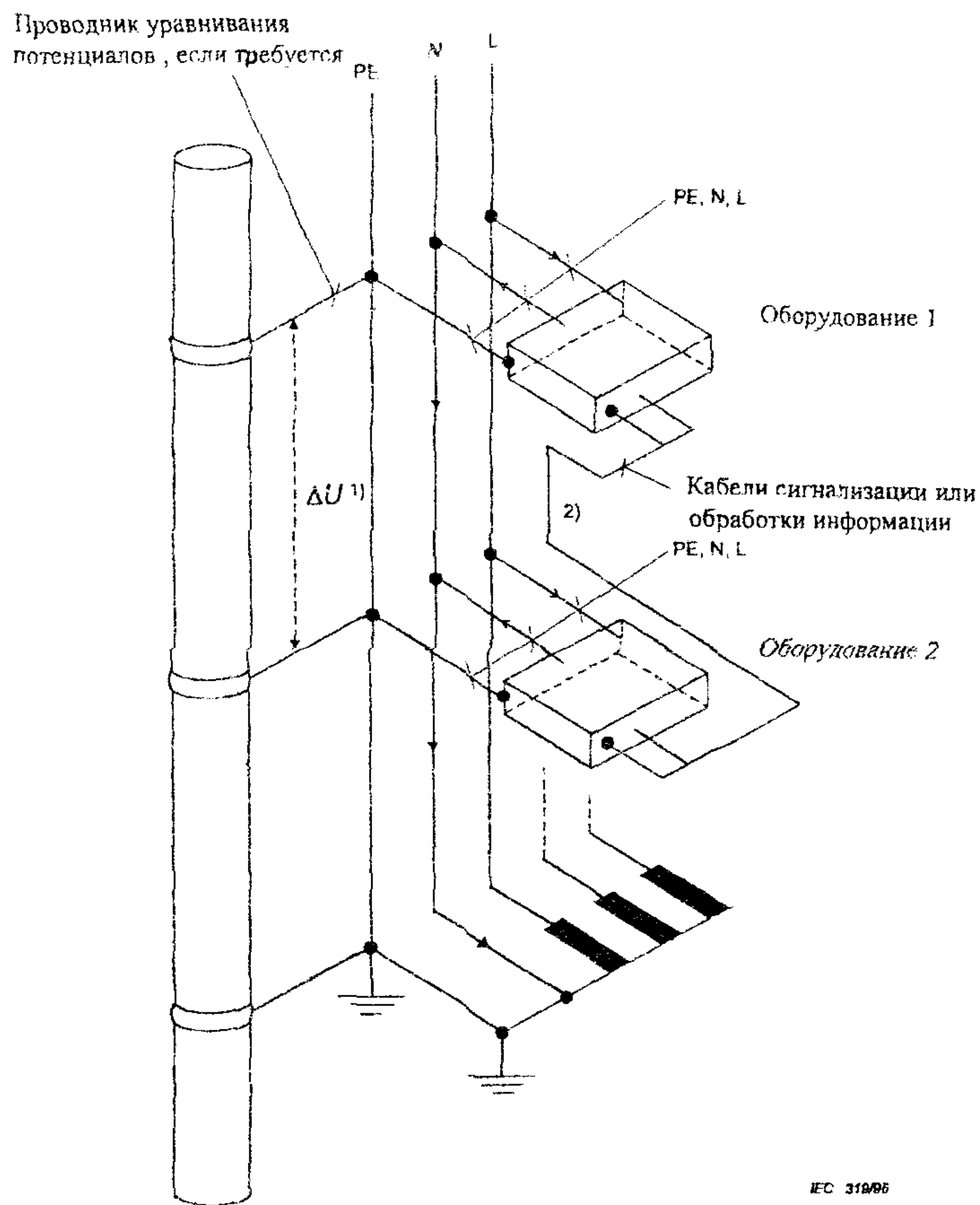


Рис. 1. Проводник, для шунтирования экрана в общей системе уравнивания потенциалов





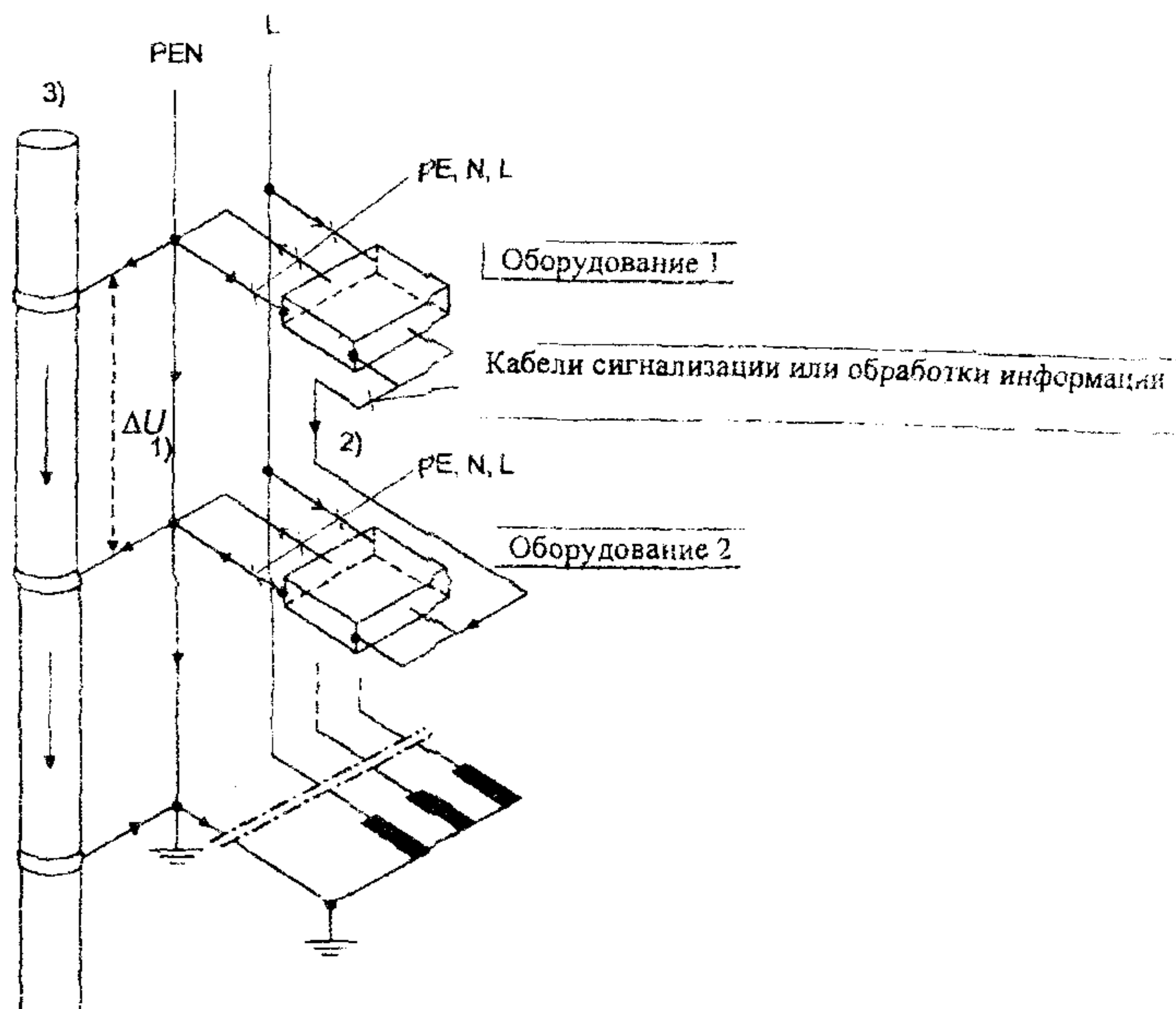
- 1) В нормальном режиме на проводнике PE отсутствует падение напряжения ΔU
- 2) Контур, образованный кабелями оборудования обработки информации и сигнализации, имеет ограниченную площадь.



IEC 318/95

- 1) В нормальном режиме на проводнике PE отсутствует падения напряжения ΔU
- 2) Контур, образованный кабелями оборудования обработки информации и сигнализации, имеет ограниченную площадь.

Рис. 3В. Предотвращение протекания нулевого рабочего тока по цепям системы уравнивания потенциалов при применении системы TN-S в здании, начиная от трансформаторной подстанции



1) В нормальном режиме на проводнике РЕ отсутствует падение напряжения ΔU

2) Контур, образованный кабелями оборудования обработки информации и сигнализации, имеет ограниченную площадь.

3) Сторонняя проводящая часть

Примечание: Ток, протекающий в системе TN-S только по нулевому рабочему проводнику, в системе TN-C-S протекает также по экранам и шунтирующим проводникам информационных кабелей, открытым проводящим частям, а также сторонним проводящим частям, таким, например, по металлическим строительным конструкциям здания.

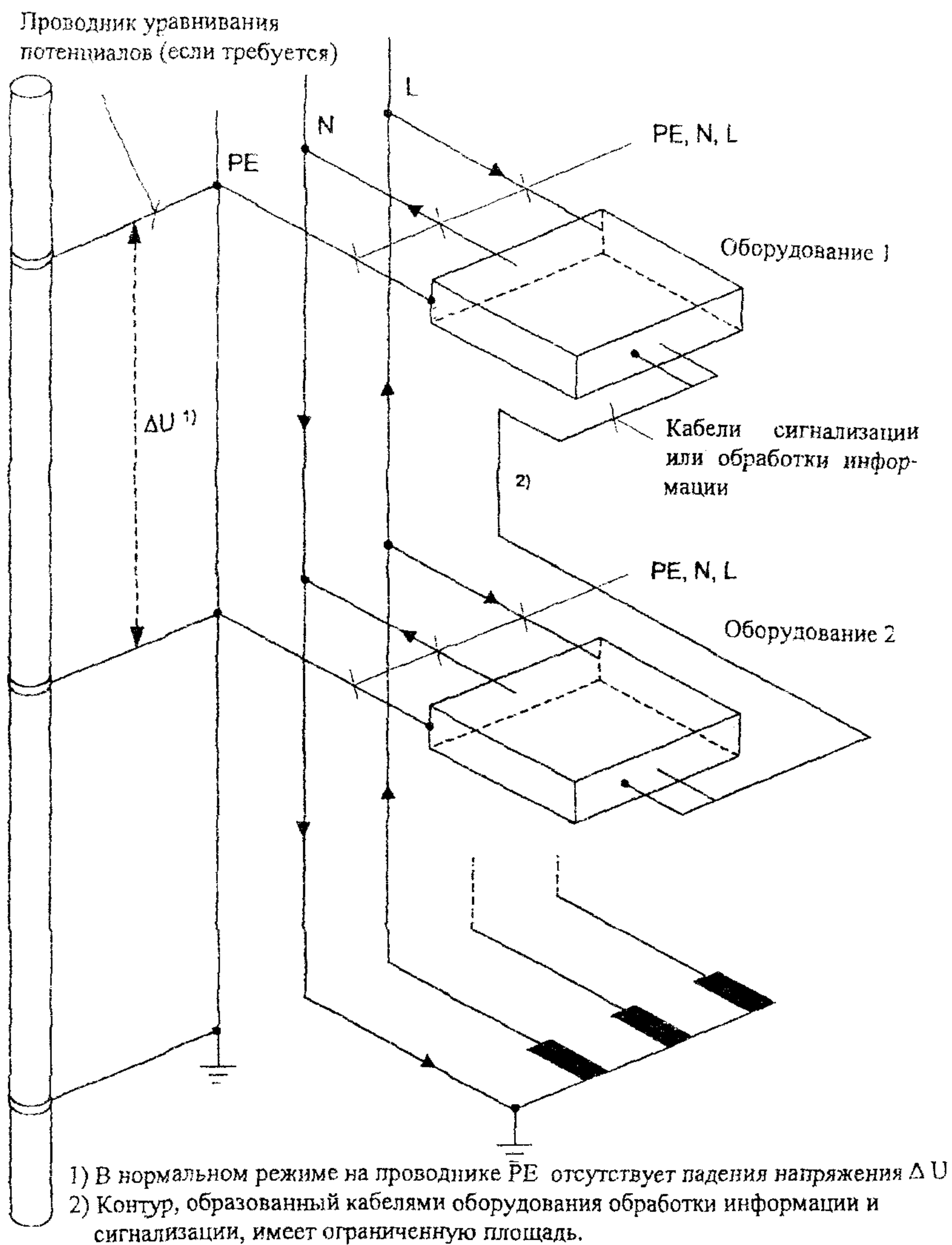
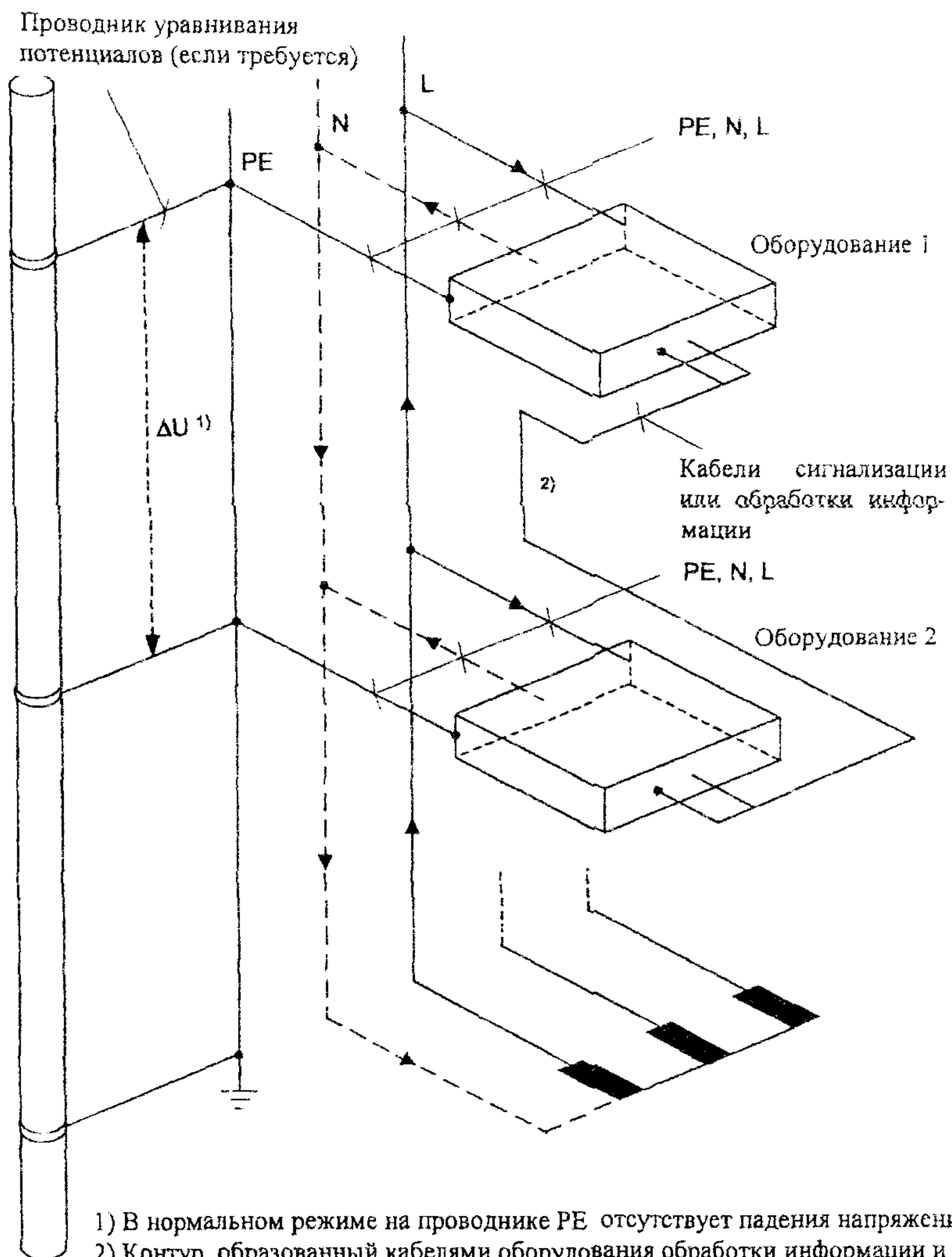


Рис. 5. Система ТТ в электроустановке здания.



- 1) В нормальном режиме на проводнике PE отсутствует падения напряжения ΔU
- 2) Контур, образованный кабелями оборудования обработки информации и сигнализации, имеет ограниченную площадь.

Рис. 6. Система IT в электроустановке здания

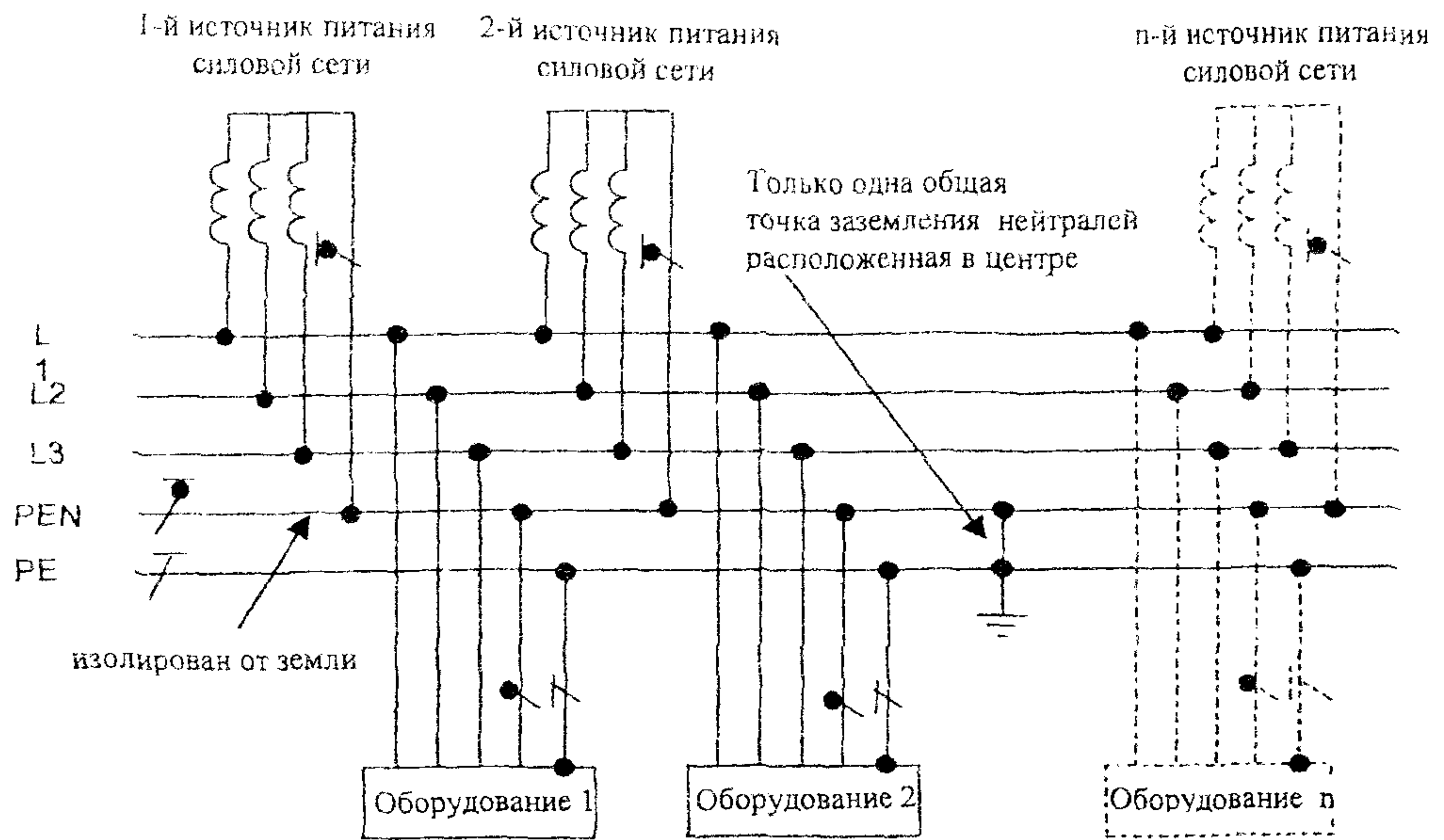


Рис. 7. Питание от нескольких источников в системе TN с заземлением нейтралей источников в одной общей точке

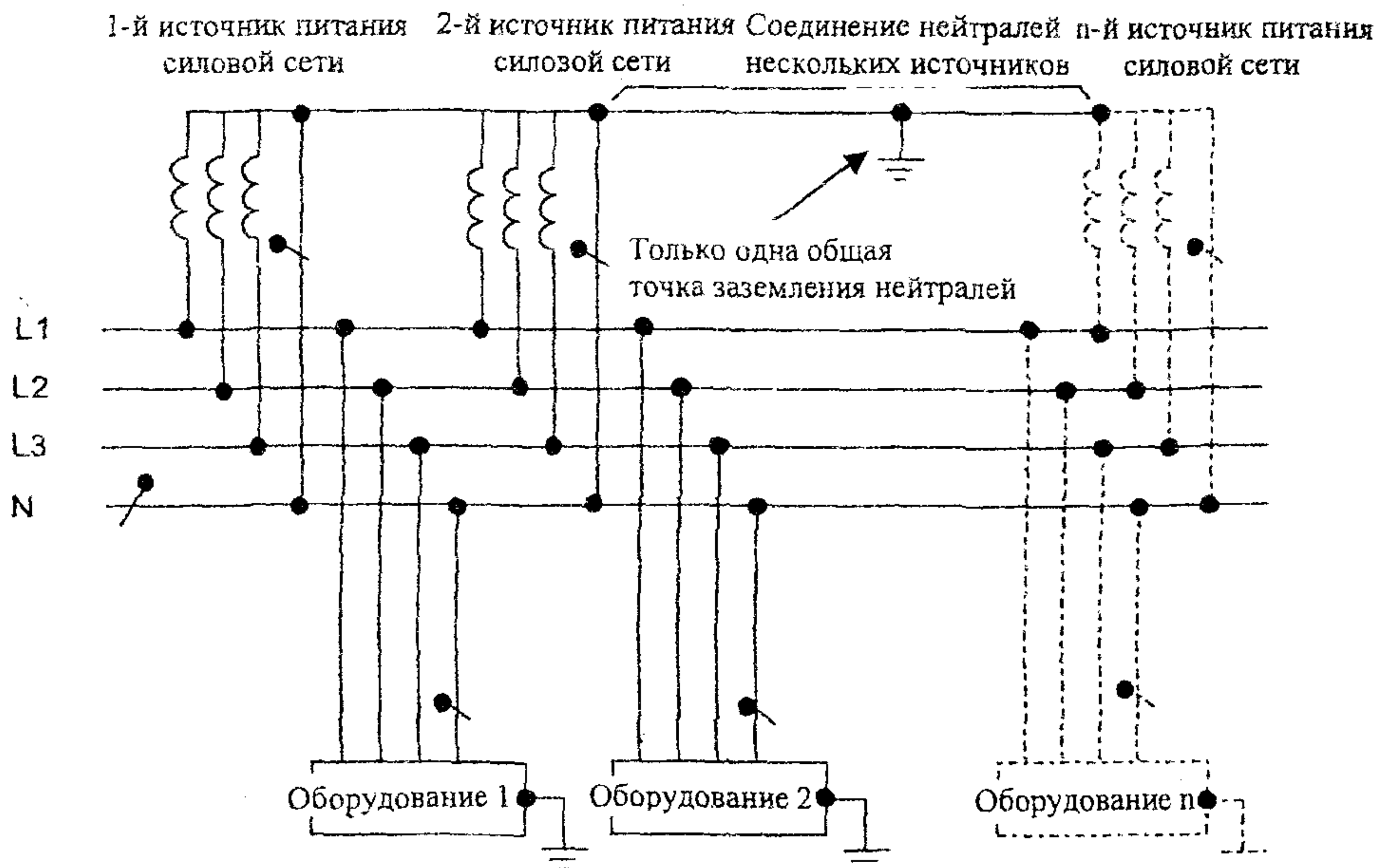


Рис. 8. Питание от нескольких источников в системе TT с заземлением нейтралей источников в одной

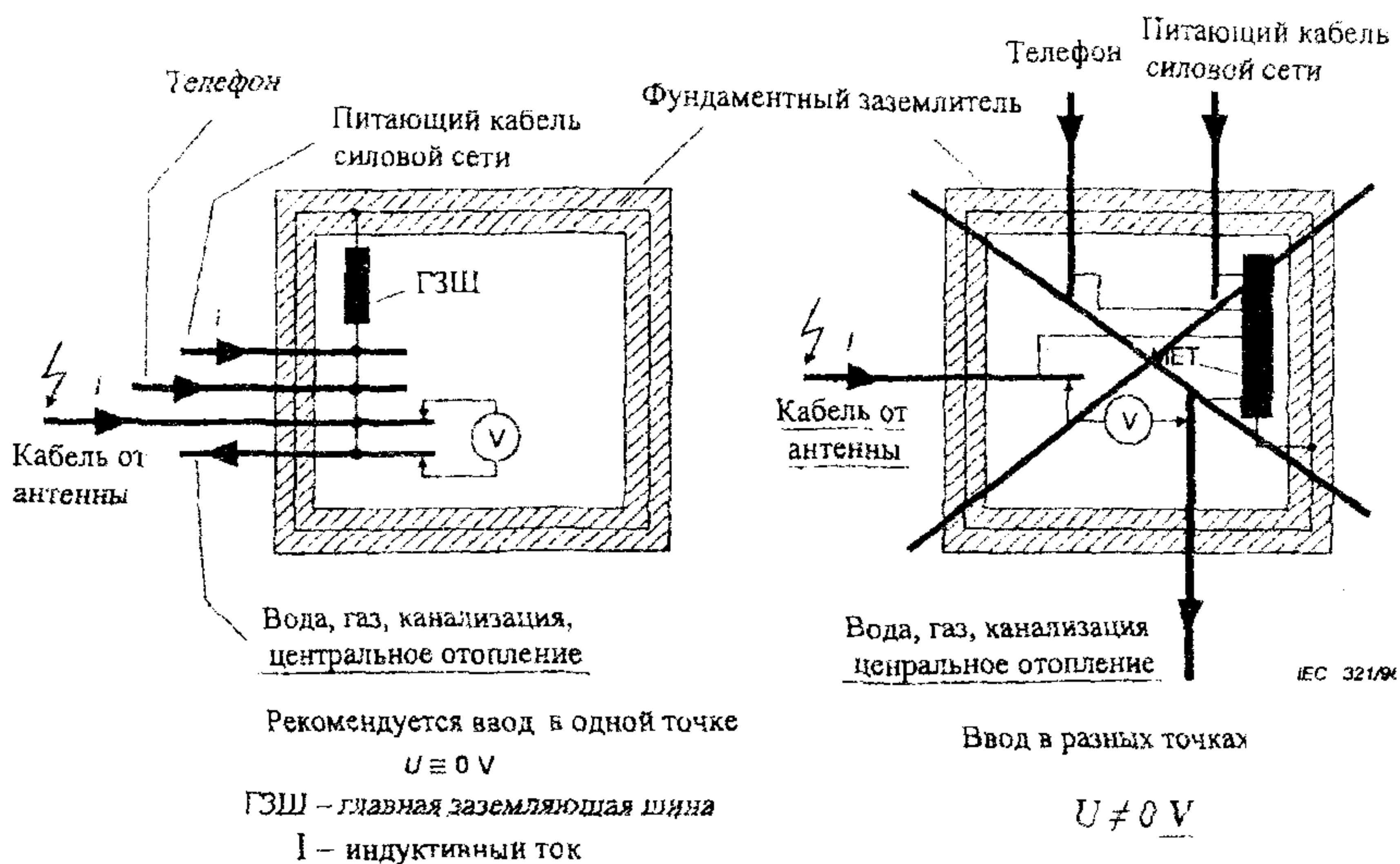
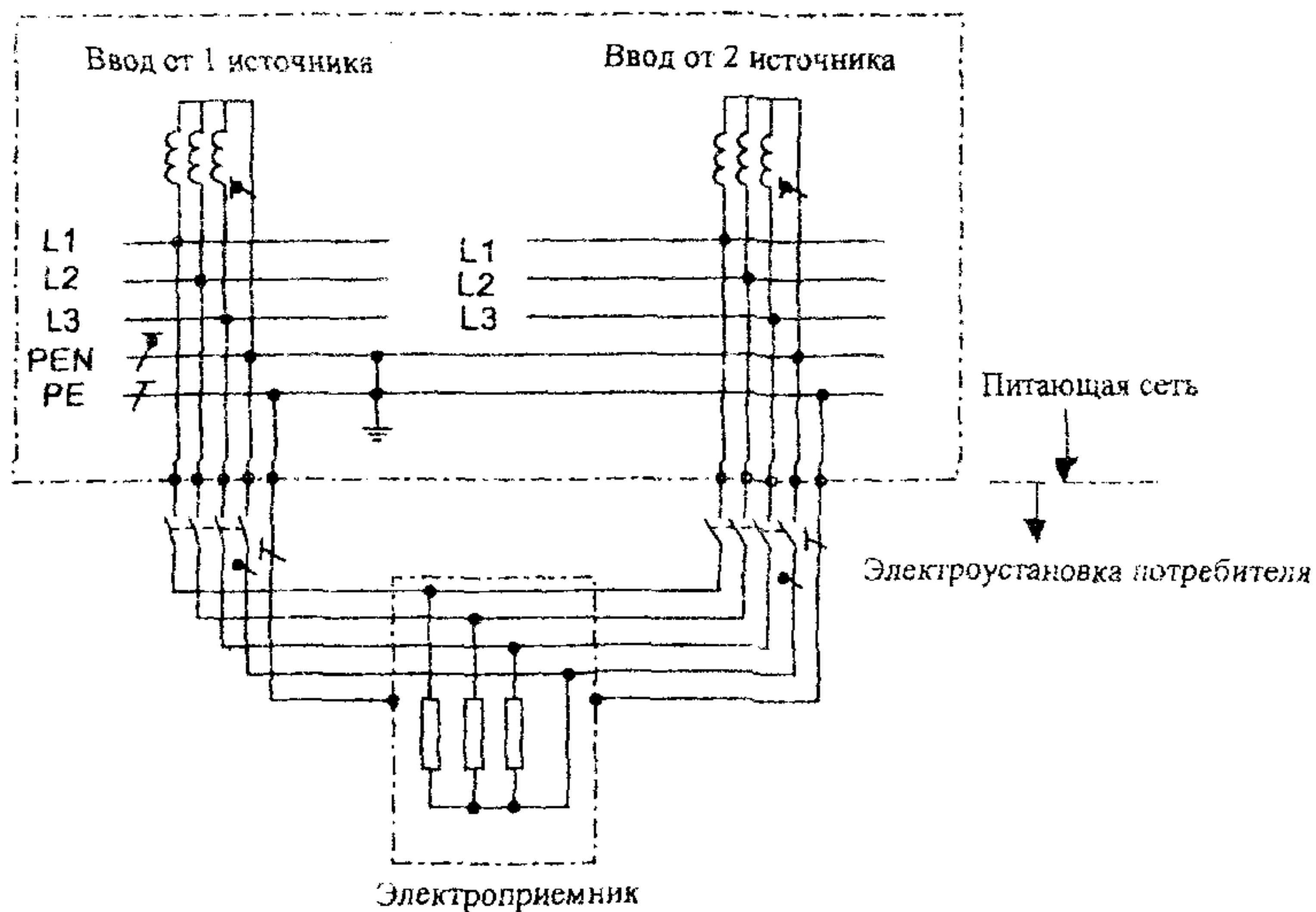


Рис. 9. Примеры ввода в здание бронированных кабелей и металлических труб



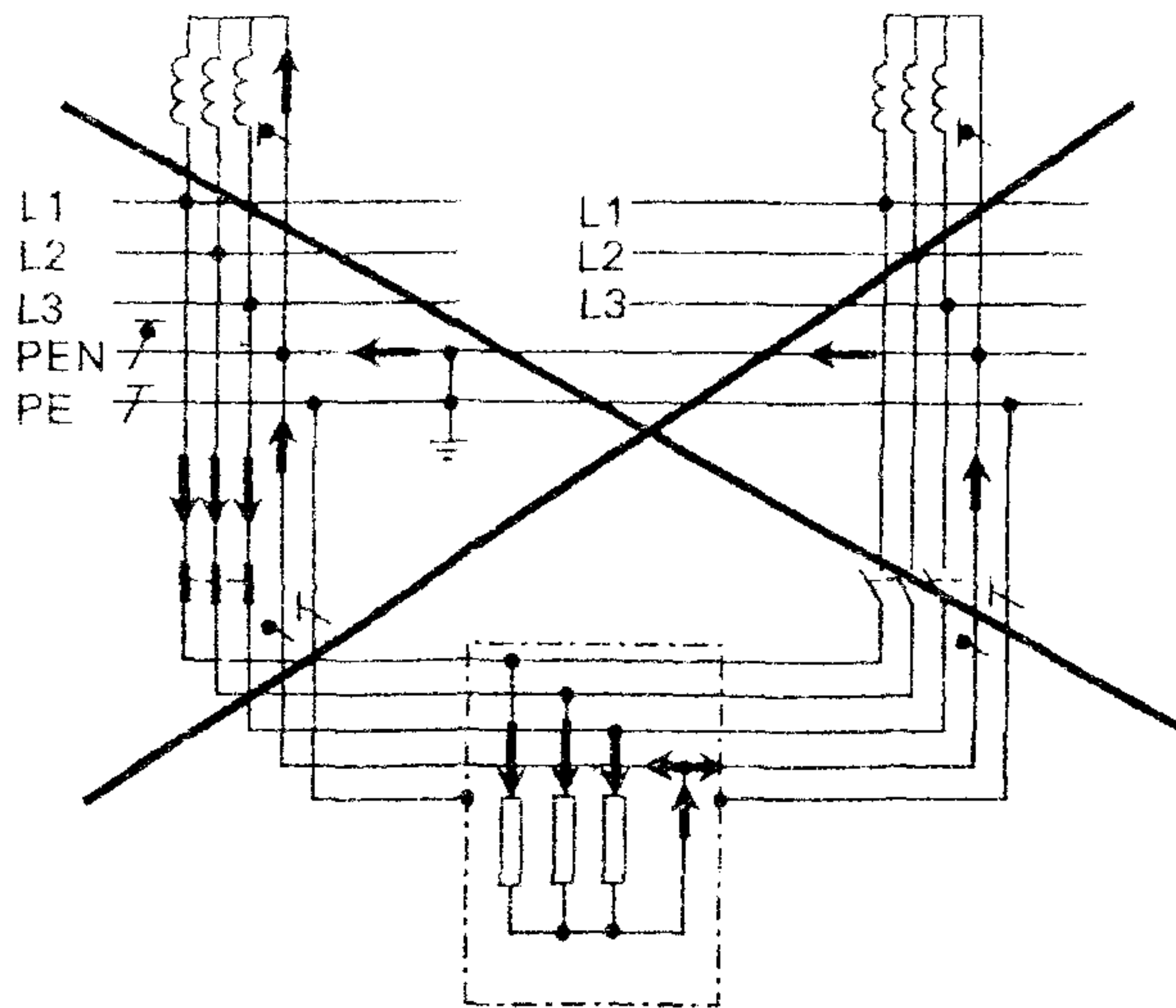


Рис. 10 В. Питание электроустановки с трехфазной сетью от двух источников с трехполюсными выключателями на вводах (недопустимо)

Примечание: При применении трехполюсных выключателей на вводах в электроустановку электромагнитные поля генерируются блуждающими токами.

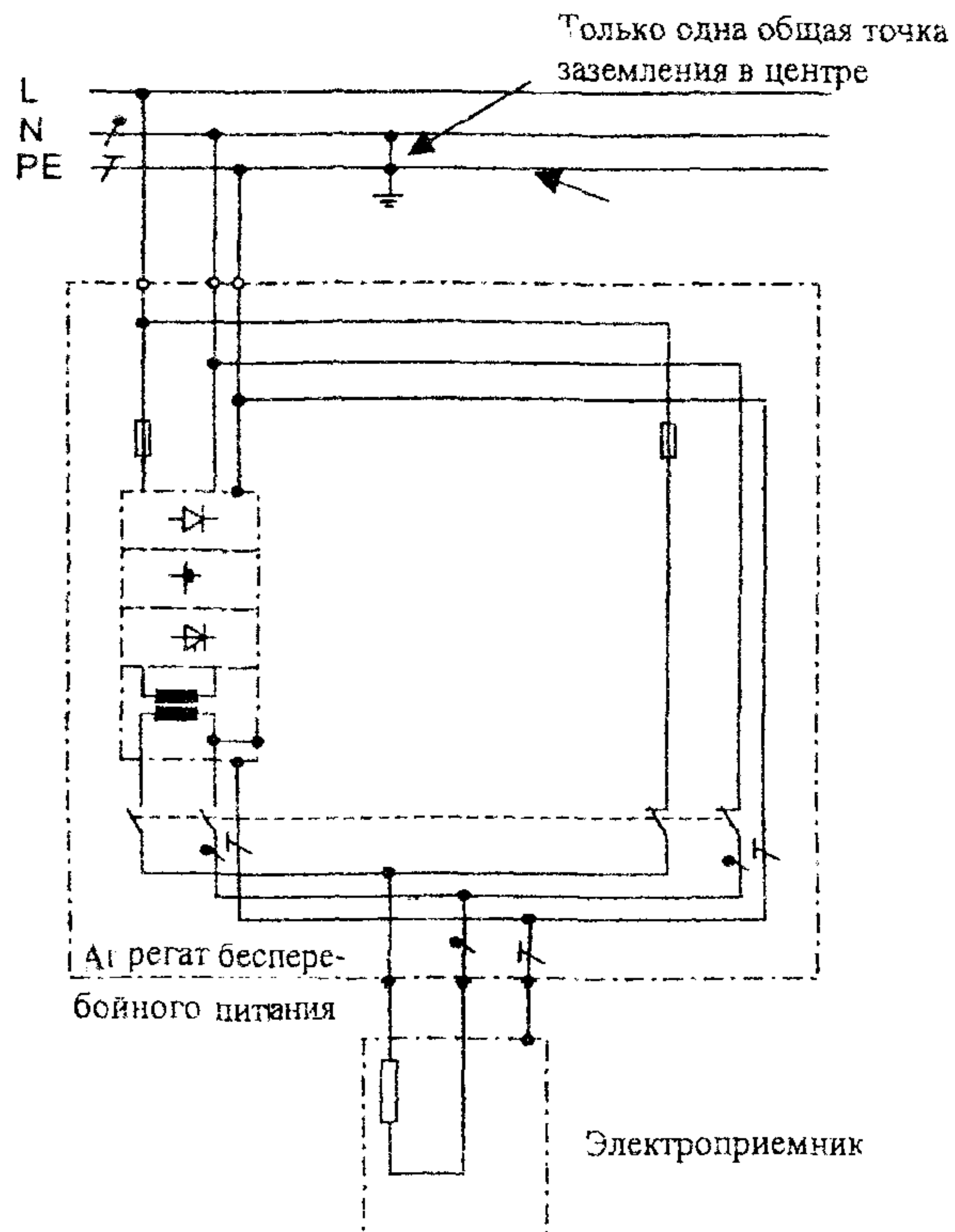
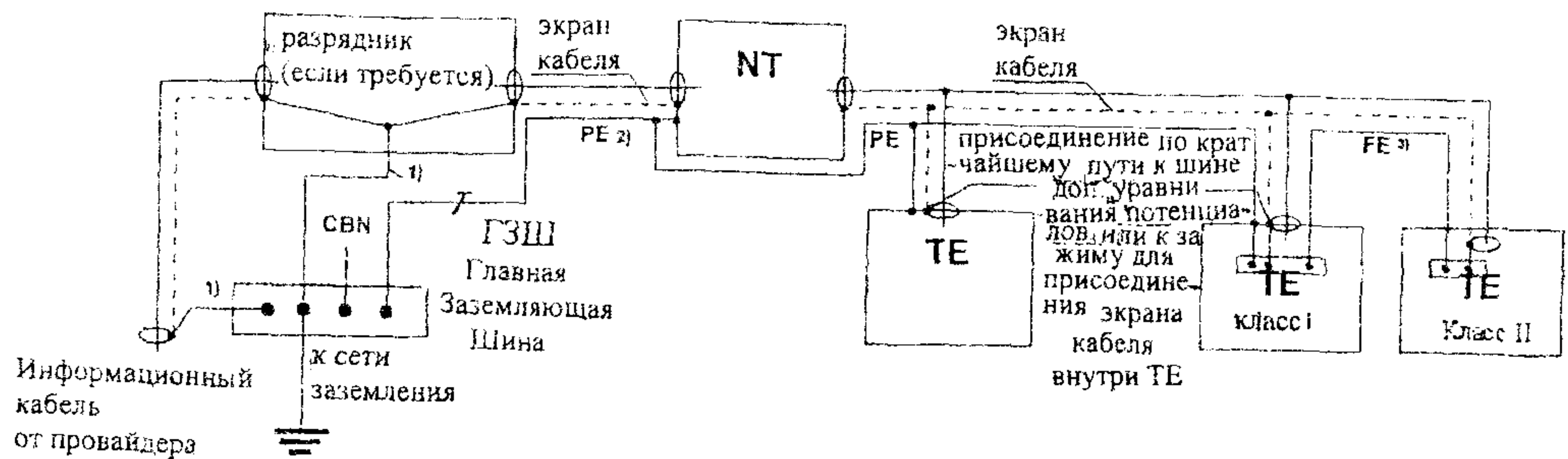


Рис. 10 С. Питание электроустановки с однофазной сетью от рабочего и</



1) Низкоомное соединение по кратчайшему пути.

3) Защитный проводник (РЕ), проложенный в непосредственной близости от информационных кабелей для уменьшения площади контура (петли)

4) Проводник функционального заземления (FE), например, проводник передачи рабочего сигнала при использовании земли в качестве обратного провода

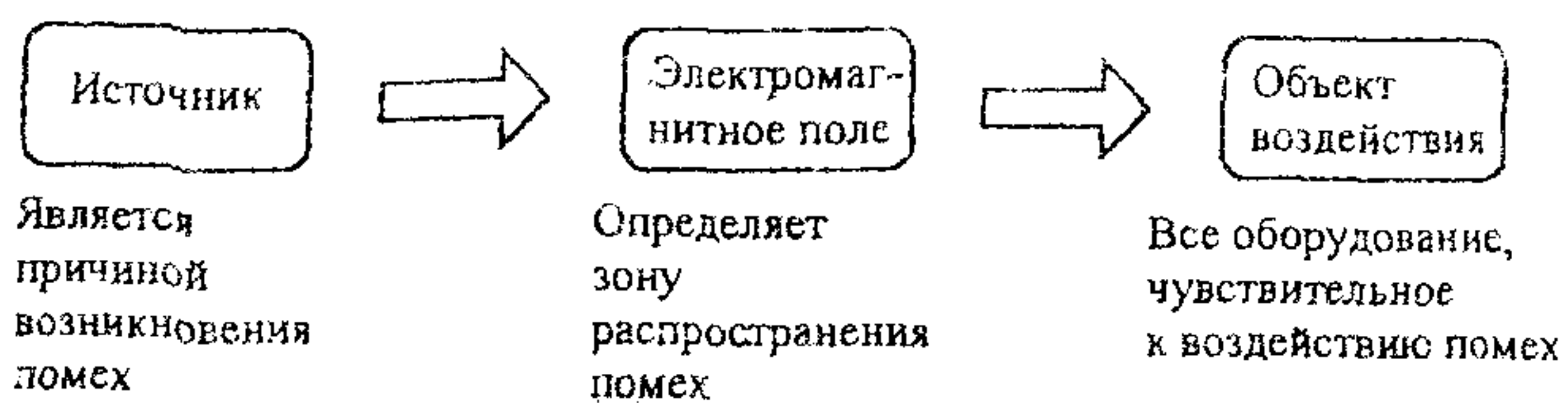


Рис.17. Условное изображение проблемы электромагнитной совместимости

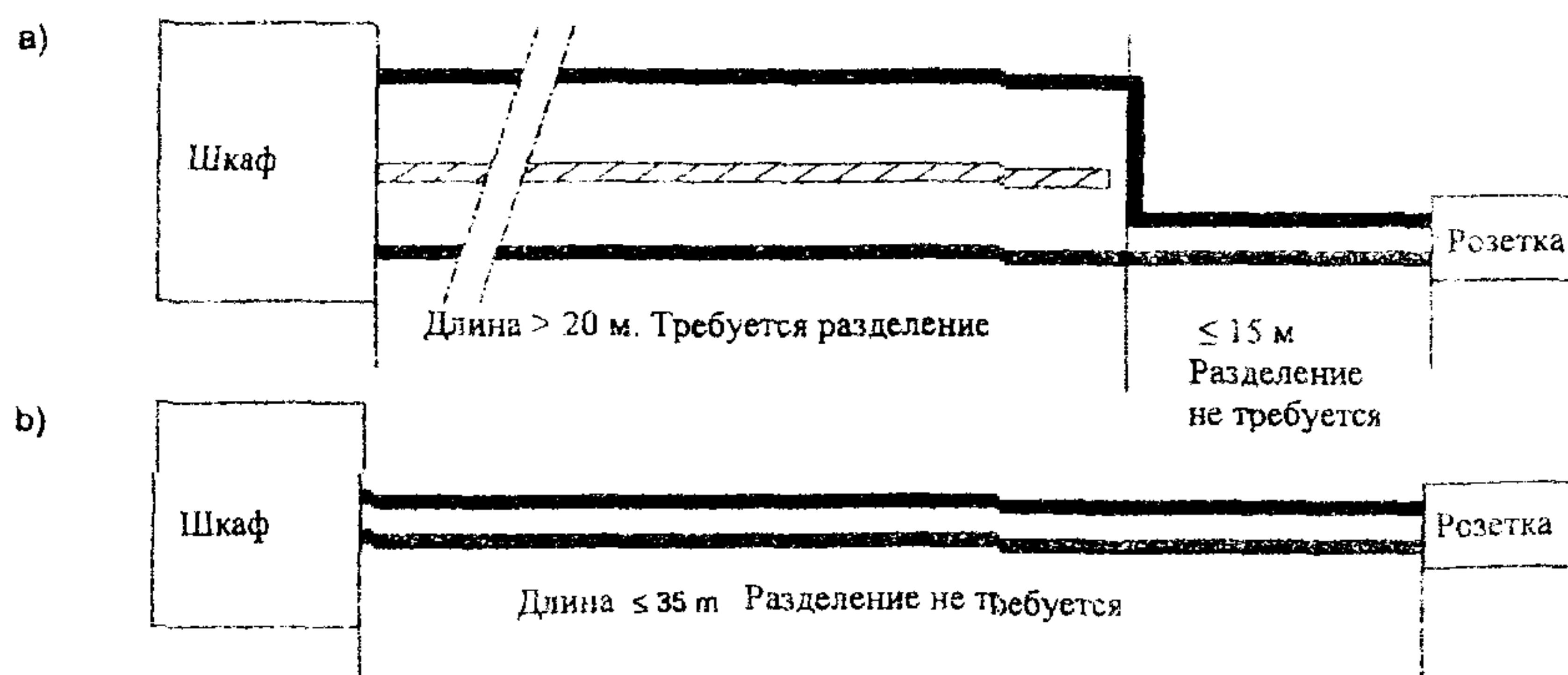


Рис. 18. Разделение силовых и информационных кабелей

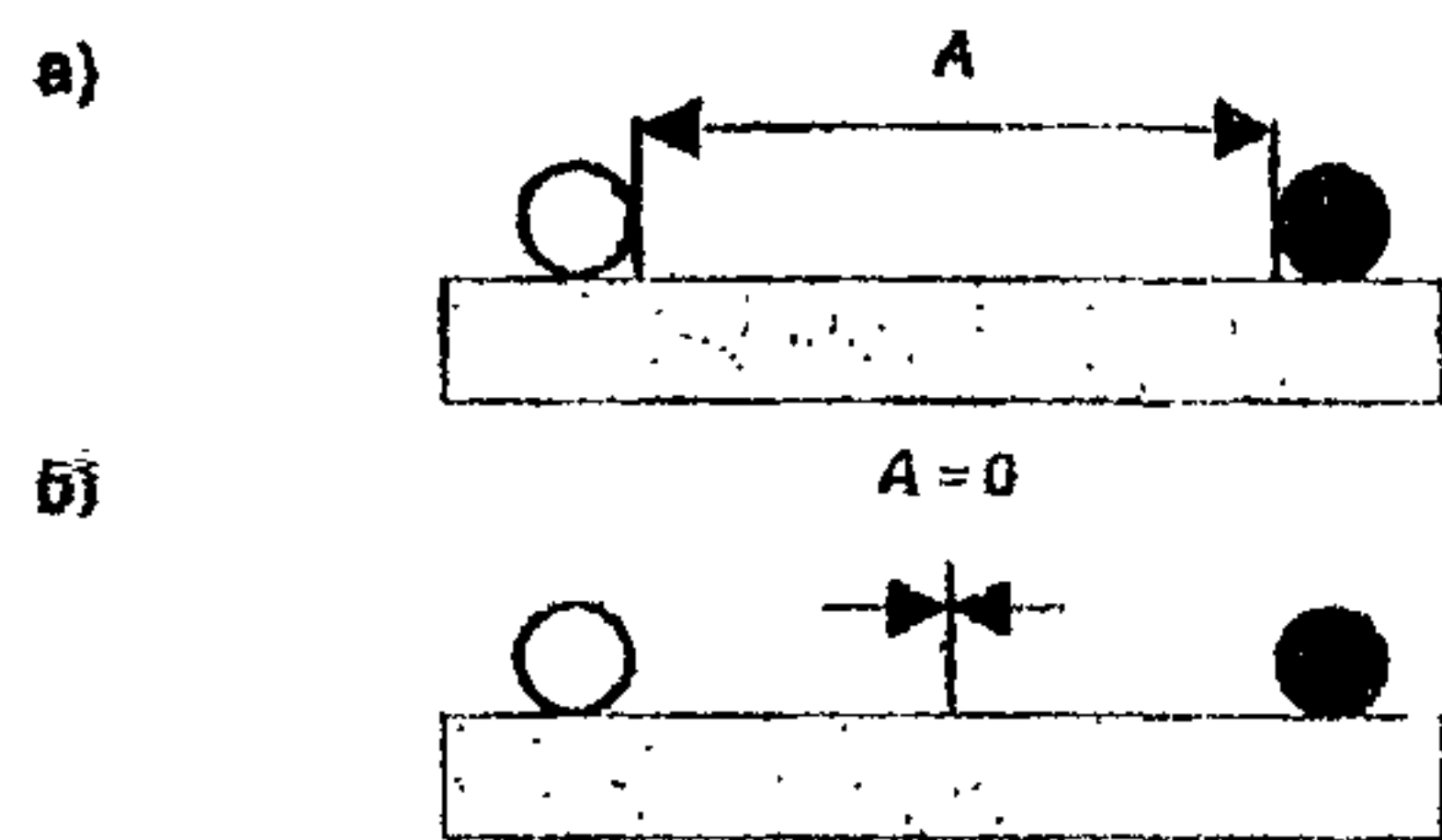


Рис. 19А Пример параллельной прокладки силовых и информационных кабелей без разделительной перегородки (разделителя).

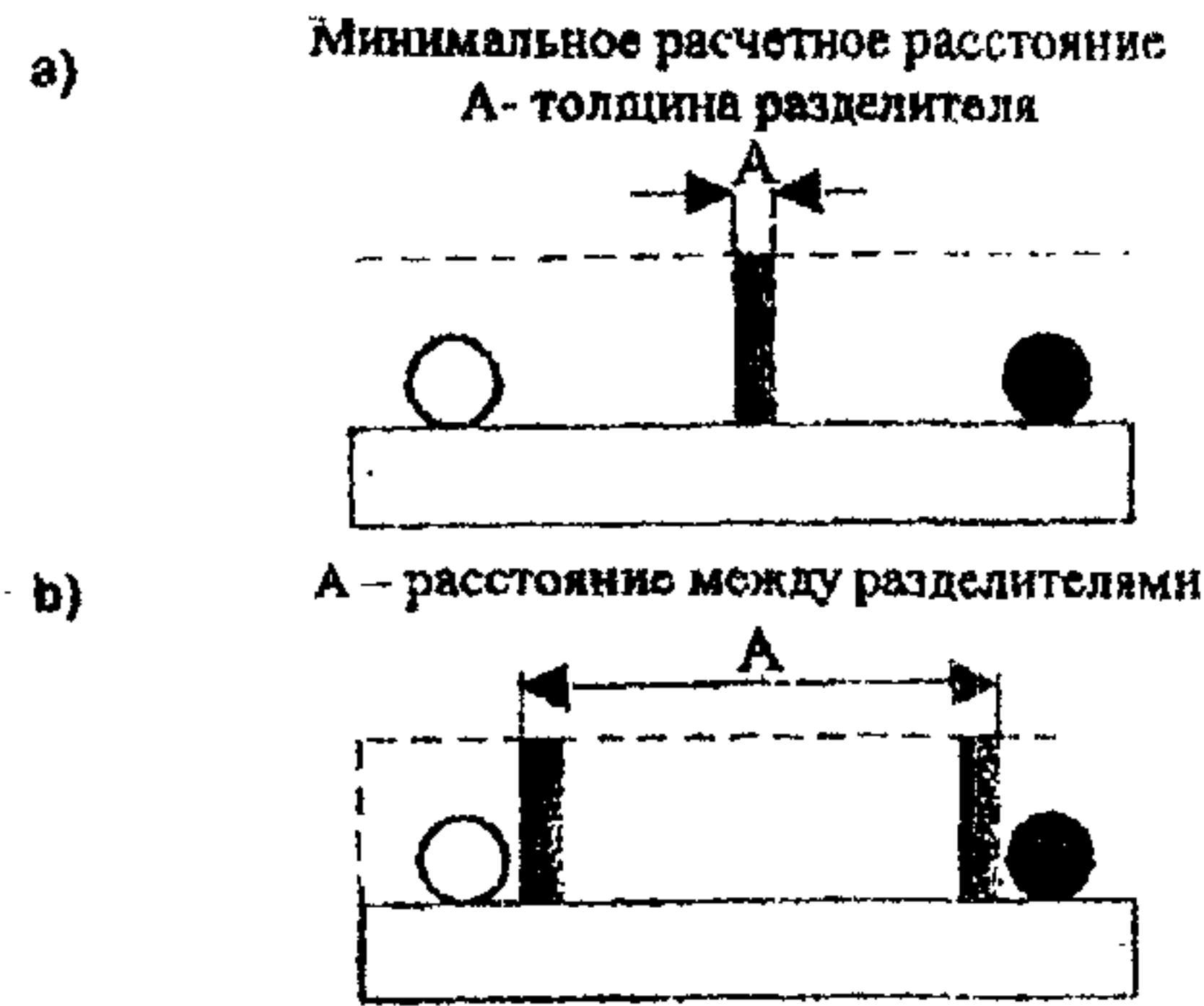


Рис. 19 В . Пример параллельной прокладки силовых и информационных кабелей, разделенных перегородкой (разделителем).

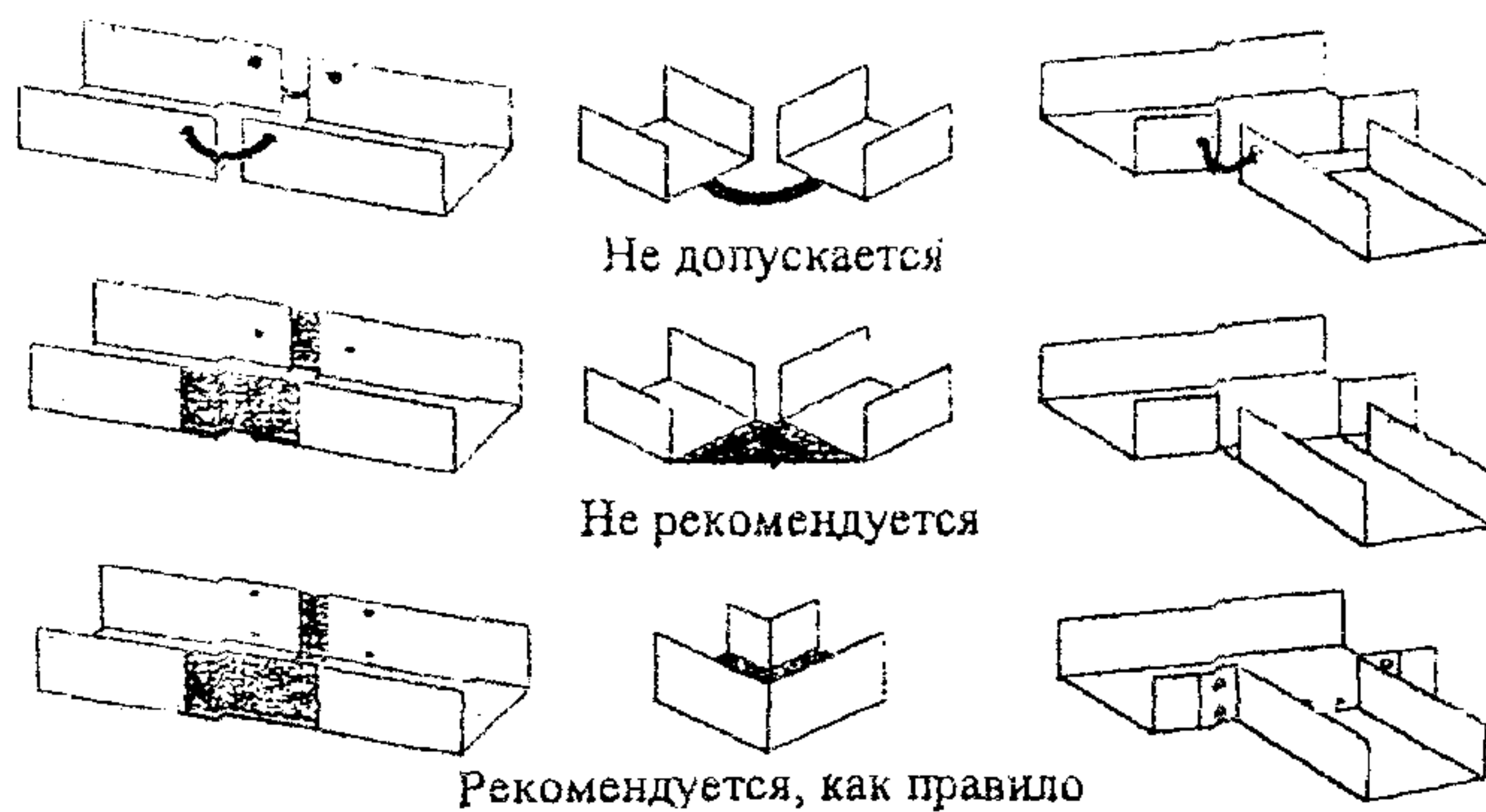


Рис. 23. Соединение секций металлических лотков

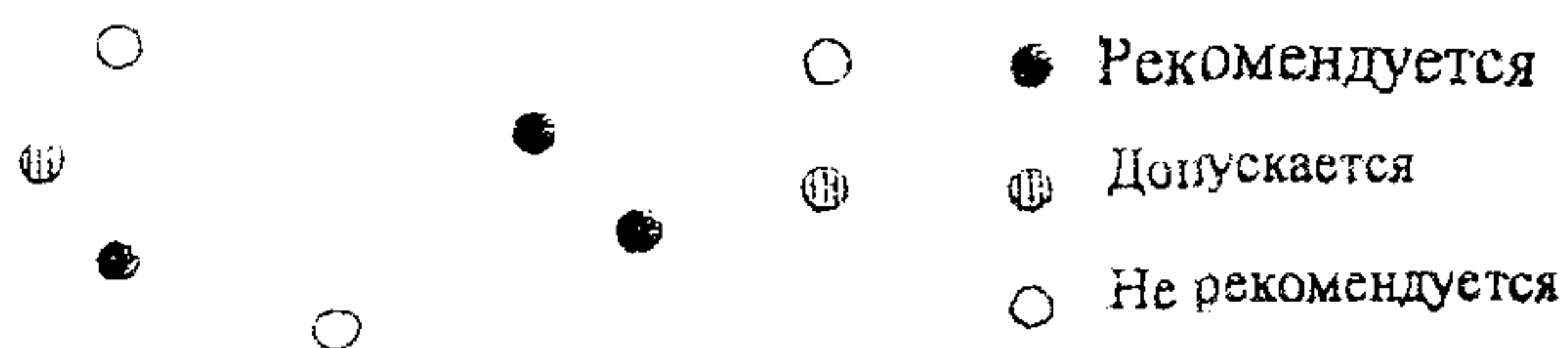
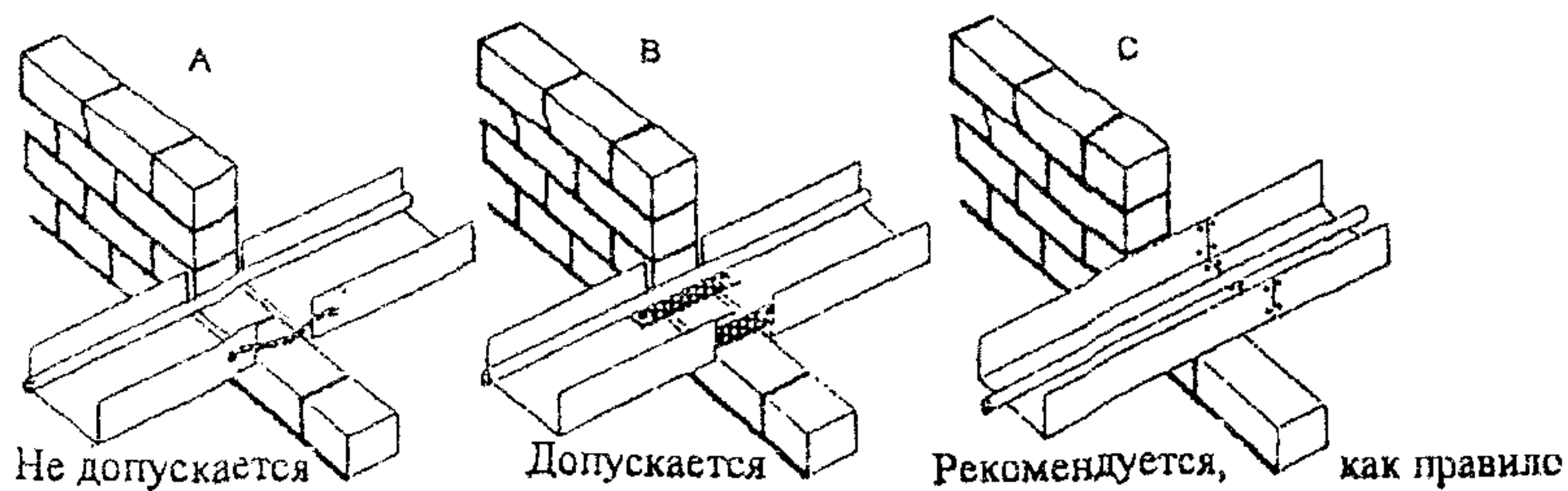


Рис. 24. Расположение кабелей внутри металлических профилей



Автор главы 1.7 ПУЭ Л.В. Казанцева ежемесячно проводит авторские консультационные семинары по теме "Новые требования электробезопасности в электроустановках до 1 кВ в соответствии с главой 1.7 ПУЭ седьмого издания".

Семинары проводятся в здании ОАО НИИПроектэлектромонтаж по адресу: г. Москва, ул. Большая Почтовая, д.26В,
тел. 267-41-15, факс 261-25-16.

Получить консультацию автора по вопросам, изложенным в "Пособии по выполнению заземления и уравнивания потенциалов оборудования информационных технологий" и по гл. 1.7 ПУЭ можно, направив свой вопрос по факсам 261-25-16, 267-57-56 или по E-mail: niip@pol.ru. Консультации платные.