ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60079-25— 2008

Взрывоопасные среды

Часть 25

ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ СИСТЕМЫ

Pr IEC 60079-25
Explosive atmospheres —
Part 25: Intrinsically safe systems
(IDT)

Издание официальное

БЗ 2—2008/547

Москва
Стандартинформ
2009

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Автономной некоммерческой национальной организацией «Ех-стандарт» (АННО «Ех-стандарт»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 403 «Взрывозащищенное и рудничное электрооборудование»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 октября 2008 г. № 266-ст

4 Настоящий стандарт идентичен проекту второго издания международного стандарта МЭК 60079-25 «Взрывоопасные среды. Часть 25. Искробезопасные системы» (pr IEC 60079-25 «Explosive atmospheres — Part 25: Intrinsically safe systems»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации, сведения о которых приведены в приложении J

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомления и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2009

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Техническое описание системы . . . 2
5 Группа и температурный класс искробезопасной электрической системы . . . 3
6 Уровень искробезопасной электрической системы . . . 3
6.1 Общие требования . . . 3
6.2 Уровень «ia» . . . 3
6.3 Уровень «ib» . . . 3
6.4 Уровень «ic» . . . 3
7 Температура окружающей среды . . . 4
8 Соединительная проводка/кабели, используемые в искробезопасной электрической системе . . . 4
9 Требования к кабелям и многожильным кабелям . . . 4
9.1 Общие требования . . . 4
9.2 Многожильные кабели . . . 4
9.3 Электрические параметры кабелей . . . 4
9.4 Проводящие экраны . . . 5
9.5 Типы многожильных кабелей . . . 5
10 Концевая заделка кабелей искробезопасных электрических цепей . . . 5
11 Заземление и соединение искробезопасных систем . . . 5
12 Защита от грозовых разрядов и других перенапряжений . . . 5
13 Оценка искробезопасной системы . . . 6
13.1 Общие требования . . . 6
13.2 Простое электрооборудование . . . 7
13.3 Оценка индуктивных цепей . . . 8
13.4 Повреждения многожильных кабелей . . . 8
13.5 Проверки и испытания типа . . . 8
14 Маркировка . . . 8
15 Предопределенные системы . . . 9
Приложение A (обязательное) Оценка простой искробезопасной системы . . . 10
Приложение B (обязательное) Оценка цепей, содержащих не менее двух источников питания . . . 12
Приложение C (обязательное) Соединение линейных и нелинейных искробезопасных цепей . . . 15
Приложение D (обязательное) Проверка параметров индуктивности . . . 44
Приложение E (справочное) Возможный формат схем в техническом описании системы и установочных чертежей . . . 46
Приложение F (справочное) Подавление перенапряжений в искробезопасной цепи . . . 49
Приложение G (обязательное) Испытание электрических параметров кабелей . . . 51
Приложение H (справочное) Использование простого электрооборудования в искробезопасных системах . . . 52
Приложение I (обязательное) Системы FISCO . . . 54
Приложение J (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартом . . . 56

Введение

Настоящий стандарт идентичен проекту второго издания международного стандарта МЭК 60079-25 «Взрывоопасные среды — Часть 25: Искробезопасные системы» (pr IEC 60079-25 «Explosive atmospheres — Part 25: Intrinsically safe systems»), входящему в комплекс стандартов МЭК, регламентирующих требования к взрывозащищенному электрооборудованию. Установленные в стандарте требования обеспечивают совместно со стандартами по видам взрывозащиты безопасность применения электрооборудования на опасных производственных объектах.

Проект второго издания стандарта МЭК 60079-25, на основе которого разработан настоящий стандарт, введен в международную систему сертификации МЭК Ex и европейскую систему сертификации на основе Директивы 94/9 ЕС.

Настоящий стандарт содержит требования к конструкции и оценке искробезопасных электрических систем с видом защиты «искробезопасная электрическая цепь "i"», предназначенных для применения полностью или частично во взрывоопасных средах как оборудование группы I и II или в средах, содержащих взрывчатую пыль, как оборудование группы III.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Взрывоопасные среды

Часть 25

ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ СИСТЕМЫ

Explosive atmospheres. Part 25. Intrinsically safe systems

Дата введения — 2010—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит специальные требования к конструкции и оценке искробезопасных электрических систем с видом защиты «искробезопасная электрическая цепь "i"», предназначенных для применения полностью или частично во взрывоопасных газовых средах как оборудование группы I или II или в средах, содержащих взрывчатую пыль, как оборудование группы III. Стандарт предназначен для разработчика системы, который может быть изготовителем, специалистом-консультантом или штатным сотрудником конечного пользователя.

Настоящий стандарт дополняет и изменяет общие требования МЭК 60079-0. В случае противоречия между требованиями настоящего стандарта и МЭК 60079-0 требования настоящего стандарта имеют преимущественное значение.

Настоящий стандарт дополняет МЭК 60079-11, требования которого относятся к электрическим устройствам, используемым в искробезопасных электрических системах.

Требования к монтажу системы группы II, сконструированной в соответствии с настоящим стандартом, определены в МЭК 60079-14.

2 Нормативные ссылки

Приведенные ниже документы являются обязательными для применения настоящего стандарта. Для документов с датой опубликования применяют только указанные издания. В тех случаях, когда дата опубликования не указана, применяется последнее издание приведенного документа (включая все поправки).

МЭК 60060-1 Методы испытания высоким напряжением — Часть 1: Общие определения и требования к испытаниям

МЭК 60079-0 Электрическое оборудование для взрывоопасных газовых сред — Часть 0: Общие требования

МЭК 60079-11:2005 Электрическое оборудование для взрывоопасных газовых сред — Часть 11: Искробезопасная электрическая цепь «i»

МЭК 60079-14:2002 Электрическое оборудование для взрывоопасных газовых сред — Часть 14: Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)

МЭК 61158-2 Передача цифровых данных для измерения и управления — Шина для применения в системах управления производственным процессом. Часть 2. Технические характеристики физического уровня и рабочее определение

МЭК 60529 Степень защиты, обеспечиваемая оболочками (код IP)

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями, относящиеся к искробезопасным электрическим системам. Они дополняют определения, приведенные в МЭК 60079-0 и МЭК 60079-11.

Примечание — Дополнительные термины и определения, относящиеся к взрывоопасным средам, приведены в главе 426 Международного электротехнического словаря — МЭК 60050(426).

3.1 **искробезопасная электрическая система** (intrinsically safe electrical system): Группа соединенных между собой электрических устройств, образующих электрическую систему, в которых цепи или части цепей, предназначенные для использования во взрывоопасной среде, являются искробезопасными цепями.

3.1.1 **сертифицированная искробезопасная электрическая система** (certified intrinsically safe electrical system): Искробезопасная электрическая система, на которую выдан сертификат соответствия МЭК 60079-25.

3.1.2 **несертифицированная искробезопасная электрическая система** (uncertified intrinsically safe electrical system): Искробезопасная электрическая система, электрические параметры которой, а также электрические и физические параметры ее внутренней проводки соответствуют параметрам сертифицированного искробезопасного, связанного, простого электрооборудования, что позволяет сделать вывод о том, что искробезопасность такой системы сохраняется.

3.2 **техническое описание системы** (descriptive system document): Документ, в котором перечислены электрические устройства, входящие в состав системы, и приведены их электрические параметры и параметры внутренней проводки.

3.3 **разработчик системы** (system designer): Лицо, отвечающее за техническое описание системы, обладающее соответствующей квалификацией для выполнения задачи и наделенное полномочиями вышестоящего руководства принимать на себя предписанные ему обязательства.

3.4 **максимальная емкость кабеля (C_c)** (maximum cable capacitance): Максимальное значение емкости соединительного кабеля, который может быть подсоединен к искробезопасной цепи без нарушения искробезопасности.

3.5 **максимальная индуктивность кабеля (L_c)** (maximum cable inductance): Максимальное значение индуктивности соединительного кабеля, который может быть подключен к искробезопасной цепи без нарушения искробезопасности.

3.6 **максимальное отношение индуктивности кабеля к его сопротивлению (L_c/R_c)** (maximum cable inductance to resistance ratio): Максимальное значение отношения индуктивности (L_c) к сопротивлению (R_c) соединительного кабеля, который может быть подключен к искробезопасной цепи без нарушения искробезопасности.

3.7 **линейный источник питания** (linear power supply): Источник питания, значение выходного тока которого устанавливают резистором. Выходное напряжение снижается линейно с увеличением выходного тока.

3.8 **нелинейный источник питания** (non-linear power supply): Источник питания, у которого выходное напряжение и выходной ток связаны нелинейной зависимостью.

Пример — Источник питания с постоянным выходным напряжением до определенного уровня стабилизированного тока, регулируемого полупроводниками.

3.9 **FISCO:** Концепция искробезопасной системы полевой шины.

3.10 **FNICO:** Концепция невоспламеняющей системы полевой шины.

4 Техническое описание системы

Техническое описание системы составляют для всех искробезопасных электрических систем. Техническое описание должно содержать соответствующий анализ уровня безопасности системы.

В приложении Е приведены примеры типичных схем, которые иллюстрируют требования к техническому описанию системы.

Этот документ должен содержать, как минимум, следующее:

a) блок-схему системы с перечислением всех единиц оборудования, входящих в систему;

b) обозначения группы, температурного класса, уровня искробезопасной электрической системы и диапазона температуры окружающей среды в соответствии с разделами 5, 6 и 7 настоящего стандарта;

c) требования и допустимые параметры для соединительной проводки в соответствии с разделом 8;

d) подробную информацию о точках заземления и соединения систем в соответствии с разделом 11. Если используются устройства защиты от перенапряжения, должен быть приложен анализ в соответствии с разделом 12;

e) в случае необходимости приводят обоснование оценки оборудования как «простого электрооборудования» в соответствии с МЭК 60079-11. Если применяют несколько единиц простого электрооборудования, необходимо приложить анализ совокупности их параметров. Связь между ними должна быть показана в блок-схеме, пример которой приведен на рисунке 2;

f) техническое описание системы должно иметь уникальную идентификацию;

g) разработчик системы должен подписать документ и поставить дату.

5 Группа и температурный класс искробезопасной электрической системы

Искробезопасные электрические системы должны быть отнесены к группам I, II или III в соответствии с МЭК 60079-0. Искробезопасные электрические системы групп II и III в целом или их части должны быть отнесены к соответствующим подгруппам.

Оборудованию в составе искробезопасной электрической системы групп II и III, предназначенной для использования в среде взрывоопасного газа или пыли, должен быть присвоен температурный класс или должна быть указана максимальная температура его поверхности в соответствии с МЭК 60079-0 и МЭК 60079-11.

Максимальная температура поверхности оборудования в составе искробезопасной электрической системы группы I, предназначенной для использования во взрывоопасных средах, должна быть 150 °С, если образование слоя пыли возможно, или 450 °С, если образование слоя пыли исключено, например благодаря уплотнению со степенью защиты IP 54 или выше в соответствии с МЭК 60529.

Примечание 1 — В искробезопасных электрических системах групп II и III или их частях подгруппы A, B, C могут отличаться от подгрупп конкретного искробезопасного электрооборудования и связанного электрооборудования в составе системы.

Примечание 2 — Разные части одной искробезопасной электрической системы могут относиться к разным подгруппам (A, B, C). Используемое электрооборудование может относиться к разным температурным классам и иметь разные диапазоны температуры окружающей среды.

6 Уровень искробезопасной электрической системы

6.1 Общие требования

Каждая часть искробезопасной электрической системы, предназначенной для использования во взрывоопасной среде, должна быть отнесена к уровню «ia», «ib» или «ic» в соответствии с МЭК 60079-11. Вся система необязательно должна относиться к одному уровню.

Примечание — Например, если прибор первоначально относился к уровню «ib», но предназначен для подключения датчика уровня «ia», например, прибор для измерения pH с подключенным к нему зондом, часть системы до прибора относится к уровню «ib», а датчик и его соединения относятся к уровню «ia».

В разделе 13 содержится подробная информация о необходимой оценке искробезопасной электрической системы.

6.2 Уровень «ia»

Если требования, предъявляемые к электрооборудованию уровня «ia» (см. 5.2 МЭК 60079-11), выполняются искробезопасной электрической системой или частью системы, рассматриваемой как единое целое, тогда эта система или часть системы должна быть отнесена к уровню «ia».

6.3 Уровень «ib»

Если требования, предъявляемые к электрооборудованию уровня «ib» (см. 5.3 МЭК 60079-11), выполняются искробезопасной электрической системой или частью системы, рассматриваемой как единое целое, тогда эта система или часть системы должна быть отнесена к уровню «ib».

6.4 Уровень «ic»

Если требования, предъявляемые к электрическому оборудованию уровня «ic» (см. 5.4 МЭК 60079-11), выполняются искробезопасной электрической системой или частью системы, рассматриваемой как единое целое, тогда эта система или часть системы должна быть отнесена к уровню «ic».

7 Температура окружающей среды

Если часть искробезопасной электрической системы или полная система определена как пригодная для эксплуатации при температуре, выходящей за пределы диапазона нормальной рабочей температуры от минус 20 °С до плюс 40 °С, это должно быть отражено в техническом описании системы.

8 Соединительная проводка/кабели, используемые в искробезопасной электрической системе

Электрические параметры соединительной проводки, от которых зависит искробезопасность, а также производные этих параметров должны быть определены в техническом описании системы. В качестве альтернативы в документации должен быть определен кабель конкретного типа и дано обоснование его применения. Если определен кабель конкретного типа, то он должен соответствовать требованиям раздела 9.

В случае необходимости в техническом описании системы должны быть также определены допустимые типы многожильного кабеля в соответствии с разделом 9, которые могут использоваться в каждой конкретной цепи. В том случае, если замыкания между раздельными цепями не учитываются, в блок-схему из технического описания системы необходимо добавить примечание следующего содержания: «если в составе соединительного кабеля используется часть многожильного кабеля, содержащего другие искробезопасные цепи, необходимо, чтобы этот многожильный кабель удовлетворял требованиям к многожильному кабелю типа А или В, как определено в разделе 9 МЭК 60079-25».

Искробезопасные и искроопасные электрические цепи не должны размещаться в одном и том же многожильном кабеле.

Многожильные кабели могут содержать более чем одну искробезопасную цепь уровня «ia», «ib» или «ic» в зависимости от учитываемых повреждений в соответствии с разделом 13. Искробезопасные цепи уровня «ic» размещают только в многожильном кабеле типа А или В.

Искробезопасные цепи уровня «ic» допускается размещать вместе с искробезопасными цепями уровней «ia» и «ib» только в многожильном кабеле типа А или В.

Примечание — Эти требования не исключают применения неизолированных проводников в сигнальной системе, в которой они должны рассматриваться как простое электрооборудование, а не как соединительная проводка.

9 Требования к кабелям и многожильным кабелям

9.1 Общие требования

Диаметр отдельных проводников или жил многожильных проводников во взрывоопасной зоне должен быть не менее 0,1 мм.

Радиальная толщина изоляции проводника должна соответствовать диаметру проводника и материалу изоляции. Минимальная радиальная толщина должна составлять 0,3 мм для группы I и 0,2 мм для групп II и III.

9.2 Многожильные кабели

Многожильные кабели должны быть способны выдержать проверку электрической прочности изоляции:

a) действующим значением напряжения переменного тока не менее 500 В или 750 В постоянного тока, приложенного между проводником и землей, проводником и экраном, экраном и землей и проводником и броней;

b) действующим значением напряжения переменного тока не менее 1000 В или 1500 В постоянного тока, приложенного между пучком, составляющим одну половину токоведущих жил кабеля, соединенных вместе, и пучком, составляющим другую половину жил, соединенных вместе. Это испытание не применяют к многожильным кабелям с экранированными проводниками каждой из цепей.

Испытания напряжением должны быть выполнены методом, установленным в соответствующем стандарте на кабель или по 10.3 МЭК 60079-11.

9.3 Электрические параметры кабелей

Для всех используемых в искробезопасной системе кабелей их электрические параметры (C_c и L_c) или (C_c и L_c/R_c) должны определяться в соответствии с перечислениями a), b) или c):

a) наиболее неблагоприятные электрические параметры, указанные изготовителем кабеля;

b) электрические параметры, определяемые путем замеров, выполненных на образце методом определения соответствующих параметров, приведенным в приложении G;

c) 200 пФ/м и либо 1 мкГн/м, либо значение отношения индуктивности к сопротивлению (L_c/R_c), полученное делением 1 мкГн на указанное изготовителем сопротивление контура на метр длины, когда в соединении задействованы 2 или 3 жилы монтажного кабеля обычной конструкции (с экраном или без). В качестве альтернативы для систем группы II или III допускается использовать отношение L_c/R_c, равное 30 мкГн/Ом.

При использовании системы FISCO или FNICO требования к параметрам кабеля должны соответствовать приложению I.

9.4 Проводящие экраны

Там где проводящие экраны обеспечивают индивидуальную защиту жил искробезопасных электрических цепей, чтобы предотвратить их случайное соединение друг с другом, такие экраны должны покрывать не менее 60 % наружной поверхности кабеля.

9.5 Типы многожильных кабелей

Многожильные кабели должны быть отнесены к типу A, B или C. Повреждения, которые должны приниматься во внимание в многожильных кабелях, используемых в искробезопасных электрических системах, зависят от типа используемого кабеля.

9.5.1 Кабель типа A

Кабель, который соответствует требованиям 9.2, 9.3 и 9.4.

9.5.2 Кабель типа B

Стационарный кабель, который надежно защищен от повреждений, удовлетворяет требованиям 9.2 и 9.3 и, кроме того, максимальное напряжение U_0 ни одной из цепей кабеля не превышает 60 В.

Примечание — Кабели типа B, используемые в системах группы I, трудно защитить от механического повреждения.

9.5.3 Кабель типа C

Кабель, который соответствует требованиям 9.2 и 9.3.

10 Концевая заделка кабелей искробезопасных электрических цепей

Искробезопасные системы, в которых использованы распределительные коробки или шкафы для концевой заделки искробезопасных цепей, должны соответствовать 6.2.1 МЭК 60079-11.

11 Заземление и соединение искробезопасных систем

Как правило, искробезопасная цепь должна быть полностью изолирована или заземление должно быть выполнено в одной точке, желательно вне взрывоопасной зоны. Требуемый уровень изоляции (кроме одной точки) должен рассчитываться так, чтобы выдерживать испытание сопротивления изоляции напряжением 500 В в соответствии с 6.4.12 МЭК 60079-11. Если это требование не выполняется, то цепь должна рассматриваться как заземленная в данной точке. Допускается более одного заземления в цепи, если она гальванически разделена на подцепи, каждая из которых имеет только одну точку заземления.

Экраны должны быть заземлены или подсоединены к частям конструкции, не находящимся под напряжением, в соответствии с требованиями МЭК 60079-14. Если система предназначена для использования в установке, в которой возможна значительная разница потенциалов (более 10 В) между конструкцией и цепью, предпочтительнее использовать цепь, гальванически изолированную от внешних воздействий, таких как изменения нулевого потенциала на некотором расстоянии от конструкции. Требуется особая осторожность, если часть системы предназначена для применения в зоне класса 0.

В техническом описании системы должно быть указано, какая точка или точки системы предназначены для заземления искробезопасных цепей, а также специальные требования к такому соединению. Это может быть выполнено с помощью добавления ссылок на МЭК 60079-14 в техническое описание системы.

12 Защита от грозовых разрядов и других перенапряжений

Если анализ риска показывает, что установка в высокой степени чувствительна к грозовым разрядам или другим перенапряжениям, следует принять меры предосторожности для исключения возможных опасностей.

Если часть искробезопасной цепи установлена в зоне класса 0 таким образом, что существует риск возникновения опасных или причиняющих повреждения разностей потенциалов в зоне класса 0, необходимо установить устройство защиты от перенапряжения. Защита от перенапряжения необходима между каждой жилой кабеля, включая экран, и конструкцией, если жила не подсоединена к конструкции. Устройство защиты от перенапряжения должно быть установлено с внешней стороны, но как можно ближе к границе зоны класса 0, желательно на расстоянии не более 1 м.

Защита от перенапряжения для оборудования, установленного в зонах классов 1 и 2, должна быть составной частью конструкции системы для мест с высокой опасностью перенапряжения.

Устройство защиты от перенапряжения должно быть способно отводить минимальный пиковый разрядный ток, равный 10 кА (импульс 8/20 мкс в соответствии с МЭК 60060-1 за 10 операций). Минимальная площадь поперечного сечения соединения между защитным устройством и местной конструкцией должна быть равна 4 мм^2 меди. Кабель между искробезопасным оборудованием в зоне класса 0 и устройством защиты от перенапряжения должен устанавливаться таким образом, чтобы он был защищен от молнии. Любое устройство защиты от перенапряжения, подсоединенное к искробезопасной цепи, должно иметь взрывозащиту, соответствующую предполагаемому месту применения.

Считается, что использование ограничителей перенапряжения, которые обеспечивают соединение цепи и конструкции с помощью нелинейных устройств, таких как газоразрядные лампы и полупроводники, не нарушает искробезопасность цепи, если при нормальной работе ток, протекающий через этот ограничитель, меньше 10 мкА.

Примечание — Если испытание сопротивления изоляции при напряжении 500 В проводится в полностью контролируемых условиях, может потребоваться отключение ограничителей перенапряжений, чтобы они не искажали результат измерения.

Применение методов ограничения перенапряжения в искробезопасных системах должно основываться на документально подтвержденном анализе действия непрямого многократного заземления с учетом критериев, определенных выше. При оценке искробезопасной системы необходимо учитывать емкость и индуктивность ограничителей перенапряжения.

В приложении F приведены схемы некоторых типов конструкции защиты от перенапряжения искробезопасной системы.

13 Оценка искробезопасной системы

13.1 Общие требования

Если в состав системы входит оборудование, которое не соответствует требованиям МЭК 60079-11, систему необходимо оценить как единое целое. Систему необходимо оценивать, как если бы это было устройство. Систему уровня «ia» оценивают в соответствии с критериями, изложенными в 5.2 МЭК 60079-11. Систему уровня «ib» оценивают в соответствии с критериями, изложенными в 5.3 МЭК 60079-11. Систему уровня «ic» оценивают в соответствии с критериями, изложенными в 5.4 МЭК 60079-11. В дополнение к внутренним повреждениям устройства необходимо также учитывать повреждения во внешней проводке, перечисленные в 13.4.

Примечание 1 — Очевидно, что учет повреждений в системе в целом является менее жесткой мерой, чем учет повреждений каждой единицы оборудования, тем не менее считается, что такой учет обеспечивает приемлемый уровень безопасности.

Примечание 2 — В системах или частях систем уровня «ic» нет учитываемых повреждений. Однако при рассмотрении повреждений между оборудованием уровня «ic» и оборудованием с более высоким уровнем цепи допускается применять учет повреждений для оценки более высокого уровня цепи, т.е. «ia» и «ib».

Когда имеется в наличии вся необходимая информация, допускается применять учет повреждений для системы в целом, даже если используется оборудование, соответствующее требованиям МЭК 60079-11. Такое решение является альтернативой более часто применяемому простому сравнению входных и выходных характеристик отдельно оцененного или испытанного оборудования. Если система включает в себя только отдельно оцененное или испытанное оборудование, соответствующее требованиям МЭК 60079-11, необходимо показать совместимость всего оборудования, входящего в состав системы. Поскольку внутренние неисправности оборудования уже были учтены, нет необходимости их учитывать еще раз. Если система содержит единственный источник питания, выходные параметры источника учитывают возможные разрыв, закорачивание и заземление внешнего соединительного кабеля, и следовательно дополнительно эти повреждения учитывать не требуется. В приложении А содержится подробная информация по оценке простых искробезопасных систем.

Если система содержит более одного линейного источника питания, тогда необходимо оценить комбинированное действие источников питания. В приложении В показано, какая оценка должна проводиться для наиболее часто встречающихся комбинаций источников.

Если искробезопасная система содержит несколько источников питания и один или несколько из этих источников нелинейные, метод оценки, приведенный в приложении В, не может быть применен. В приложении С дано разъяснение, как выполнить оценку системы для такого типа искробезопасной системы, когда комбинация источников включает один нелинейный источник питания.

На рисунке 1 приведена схема оценки системы.

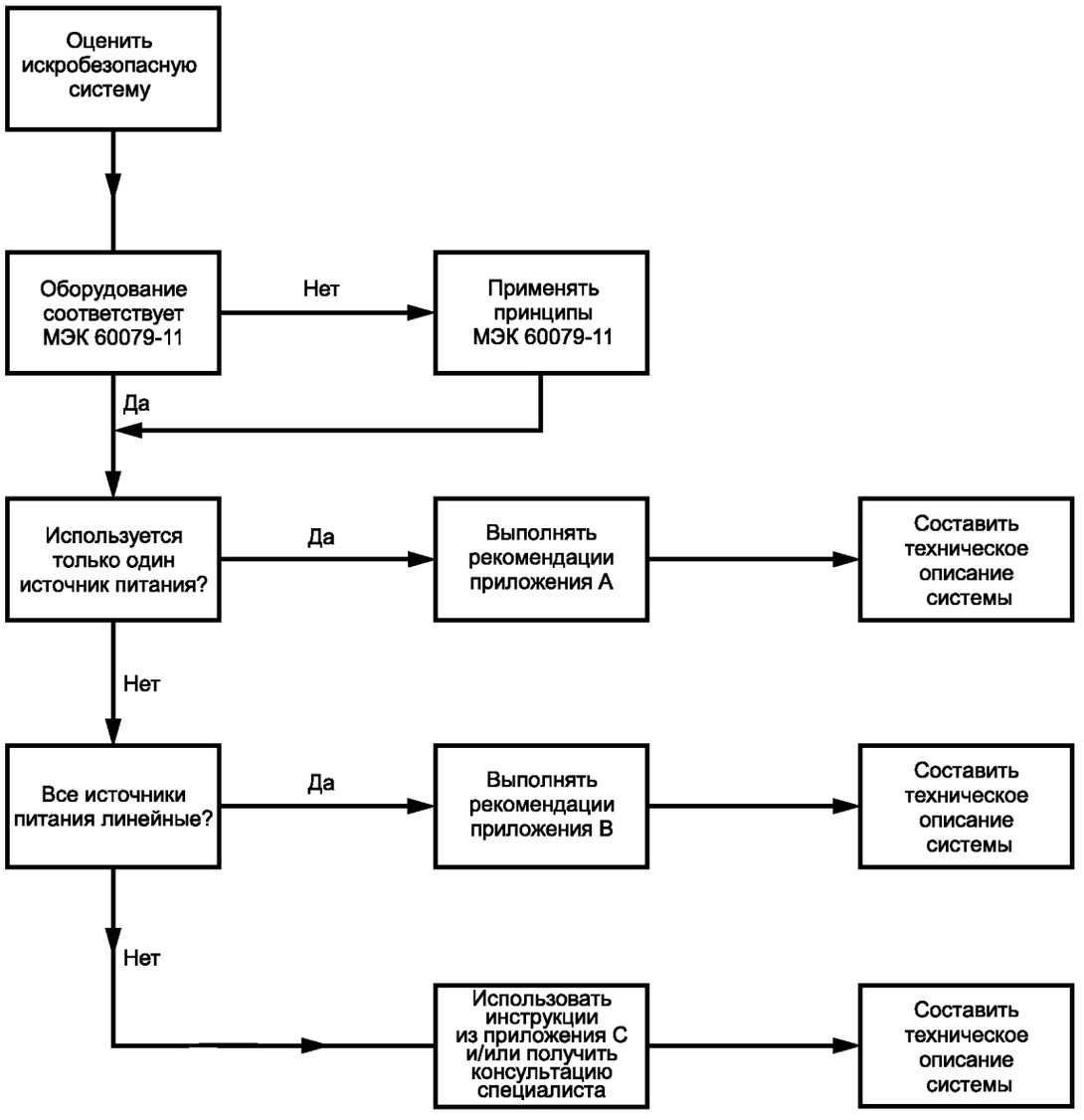
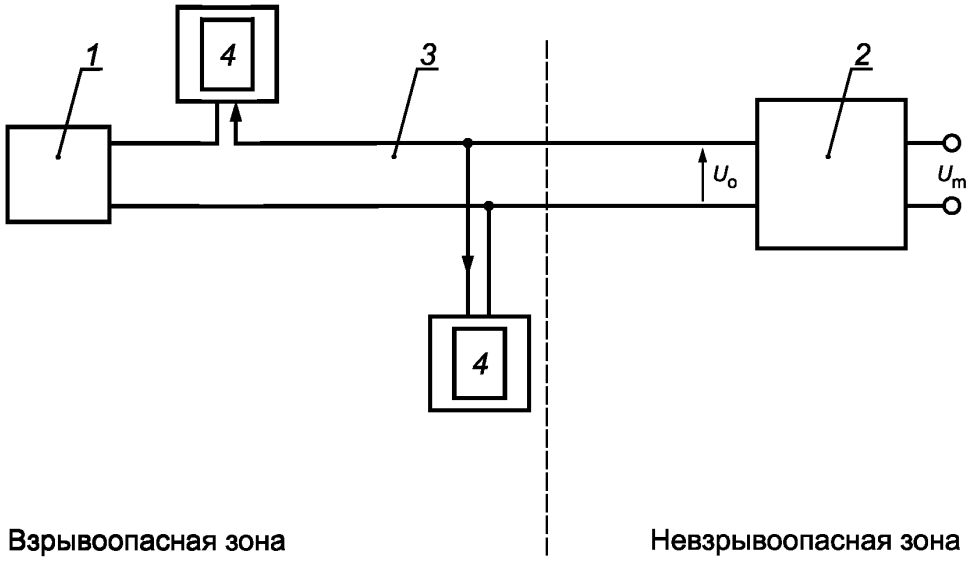


Рисунок 1 — Схема оценки системы

13.2 Простое электрооборудование

Выключатели, зажимы, соединительные коробки и штепсельные разъемы, соответствующие требованиям МЭК 60079-11, допускается добавлять в систему без изменения результата оценки безопасности. Когда в систему добавляют другое простое электрооборудование в соответствии с перечислением 5.7 b) МЭК 60079-11, результат оценки общей безопасности системы может измениться. Типовая система, в которой применено простое электрооборудование, приведена на рисунке 2.



1 — сертифицированное искробезопасное оборудование; *2* — сертифицированное связанное искробезопасное оборудование; *3* — кабель; *4* — простое электрооборудование

Рисунок 2 — Типовая система с применением простого электрооборудования

13.3 Оценка индуктивных цепей

Если индуктивность и сопротивление оборудования однозначно определены на основании технической документации или конструкции, тогда безопасность индуктивных аспектов, составляющих системы, должна быть подтверждена способом, приведенным в приложении D.

13.4 Повреждения многожильных кабелей

Повреждения, которые необходимо учитывать для многожильных кабелей, используемых в искробезопасных электрических системах, зависят от типа используемого кабеля. В следующих пунктах приведена подробная информация о повреждениях кабеля, которые необходимо учитывать для кабеля каждого типа.

13.4.1 Кабель типа А

Никакие повреждения между цепями не учитывают, если кабель соответствует 11.4.1.

13.4.2 Кабель типа В

Никакие повреждения между цепями не учитывают, если кабель соответствует 11.4.2 и значение U_o любой искробезопасной цепи в кабеле не превышает 60 В.

13.4.3 Кабель типа С

Комбинация повреждений, состоящая из двух коротких замыканий между проводниками и одновременно разомкнутой цепи до четырех проводников, создающая наиболее неблагоприятные условия.

Все цепи в многожильном кабеле, подверженном повреждению, должны иметь уровень цепи самого низкого уровня.

13.4.4 Кабели других типов

Для кабелей, не соответствующих 9.5, число учитываемых коротких замыканий между проводниками и одновременно число разомкнутых цепей проводников не ограничено.

13.5 Проверки и испытания типа

Если требуется провести проверки и/или испытания типа, чтобы установить в достаточной ли мере безопасна система, необходимо применять методы, определенные в разделе 10 МЭК 60079-11.

14 Маркировка

Все устройства в составе системы должны быть легко идентифицируемы.

Минимальное требование состоит в том, чтобы легко прослеживалось соответствующее техническое описание системы. Один из приемлемых методов — указание номера контура измерительного при-

бора, позволяющего идентифицировать документацию, относящуюся к этому контуру, в которой, в свою очередь, указано техническое описание системы.

Если система оценивается в соответствии с МЭК 60079-11, каждая единица оборудования должна быть промаркирована в соответствии с этим стандартом.

15 Предопределенные системы

Система и все ее индивидуальные компоненты могут быть заранее определены и оценены таким образом, чтобы соединение отдельных компонентов и кабелей было достаточно хорошо известно и требования к оценке по настоящему стандарту упрощены. Одной из таких предопределенных систем является система FISCO. Оценка системы FISCO приведена в приложении I.

Приложение А
(обязательное)

Оценка простой искробезопасной системы

Большинство искробезопасных систем — простые системы, содержащие один источник питания в связанном электрооборудовании, подключенном к одному установленному на месте эксплуатации устройству. В настоящем стандарте для пояснения метода оценки использована комбинация температурного датчика и искробезопасного интерфейса, приведенных в приложении Е.

Исходное требование заключается в том, чтобы установить данные о безопасности двух устройств в цепи. Эти данные лучше взять из сертификата, который должен быть доступен разработчику системы. В частности, при проектировании системы должны быть учтены любые специальные условия применения. Информация, которую необходимо перенести на чертеж системы, определяется необходимостью четкого обоснования оценки системы, и должна быть относительно простой для создания чертежа конкретной установки по этому справочному чертежу.

Совместимость двух устройств устанавливают сравнением данных для каждого устройства. Порядок оценки следующий:

a) сравнить уровни. Если они разные, то система принимает самый низкий уровень взрывозащиты для этих двух устройств. Поэтому, если одно из устройств относится к уровню «ib», то и вся система относится к уровню «ib». Источник питания, сертифицированный как «ib», будет иметь параметры, допустимые для применения в цепях уровня «ic». Если при проектировании системы используют эти более высокие значения, систему относят к уровню «ic»;

b) сравнить группы оборудования. Если они разные, то группа системы определяется наименее чувствительной подгруппой. Например, если одно устройство относится к подгруппе IIC, а другое — к подгруппе IIB, то вся система относится к подгруппе IIB. Обычно источник питания, сертифицированный как IIC, имеет допустимые выходные параметры (L_o, C_o и L_o/R_o) для подгрупп IIB и IIA. Если используются эти более высокие значения, то используемые параметры определяют группу системы по газовой смеси;

c) определить температурный класс оборудования. Температурный класс устройства может быть разным для разных условий применения (обычно для разной температуры окружающей среды), и необходимо выбрать и записать соответствующий класс. Следует помнить, что температурный класс имеет оборудование, а не система;

d) записать допустимый диапазон температуры окружающей среды каждого устройства;

e) сравнить выходные параметры источника питания — напряжение (U_o), ток (I_o) и мощность (P_o) с входными параметрами устройства (U_i, I_i и P_i). Выходные параметры не должны превышать соответствующие входные параметры. Иногда безопасность устройства полностью определена только одним из этих параметров (обычно U_i). В этом случае неуказанные параметры не имеют значения;

f) определить допустимые параметры кабеля.

Допустимая емкость кабеля (C_c) — это допустимая емкость источника питания (C_o) минус эффективная входная емкость устройства (C_i), то есть $C_c = C_o - C_i$.

Допустимое значение индуктивности кабеля (L_c) — это допустимое значение индуктивности источника питания (L_o) минус значение эффективной индуктивности устройства (L_i), то есть $L_c = L_o - L_i$.

Допустимое отношение L/R для кабеля (L_c/R_c) легко определить при условии, что входная индуктивность устройства ничтожно мала (L_i менее 1 % L_o). Тогда значение L_c/R_c принимают равным значению L_o/R_o источника питания. Если индуктивность устройства значительная, то допускается применять уравнение из МЭК 60079-26 для расчета допустимого значения L_c/R_c в случае необходимости. Это требование встречается редко.

В последнее время были высказаны опасения относительно взаимодействия индуктивности и емкости системы, повышающего риск искрения, способного вызвать воспламенение. Это касается постоянной индуктивности и емкости, а не распределенных параметров кабеля.

Следовательно, в тех редких случаях, когда сосредоточенная индуктивность (сумма значений L_i источника и устройства) и сосредоточенная емкость (сумма значений C_i источника питания и устройства) ОДНОВРЕМЕННО составляют более 1 % соответствующих выходных параметров источника питания L_o и C_o, значения допустимых выходных параметров следует разделить на два. Необходимо подчеркнуть, что такое снижение выходных параметров применяется в редких случаях, поскольку крайне редко входные параметры индуктивности и емкости устройств бывают одновременно значимо велики. Часто значения L_i и C_i источника питания не указаны в технических документах, и в таких случаях допускается считать их ничтожно малыми. Нет необходимости проверки документации по безопасности на существующих установках в соответствии с этим последним требованием. Однако новые оценки следует проводить с учетом такой возможности.

Таким образом, проверяйте, чтобы значение сосредоточенной емкости или индуктивности было менее 1 % соответствующих выходных параметров. Если это так, первоначальный расчет правильный.

Если ОБА параметра более 1 % выходных параметров, то C_o и L_o системы необходимо разделить на коэффициент 2. Если такое уменьшение необходимо, проверьте использованные данные, поскольку это чрезвычайная ситуация.

Если источник питания сертифицирован как «ia» или «ib», то допустимые выходные параметры L_o, C_o и L_o/R_o определяют с применением коэффициента безопасности 1,5. Если такой источник питания применяют в цепи «ic», то допустимые выходные параметры определяют с применением коэффициента безопасности, равного 1. Это приводит к значительному изменению, которое обычно исключает необходимость подробного рассмотрения параметров кабеля. Точные значения можно установить с помощью методов и таблиц из стандарта на электрооборудование. Приемлемый безопасный метод — умножить L_o и L_o/R_o на 2, а C_o на 3, что обычно снимает все сомнения в параметрах кабеля;

g) убедиться, что степень изоляции от земли приемлема, или требования к заземлению системы выполнены.

Если все эти критерии выполнены, то совместимость двух устройств установлена. Удобный способ записи результатов оценки — составление таблицы. В следующем примере использованы значения из типового чертежа системы (см. рисунок Е.1) и выполнено сравнение искробезопасного интерфейса и датчика температуры.

Т а б л и ц а А.1 — Оценка простой системы

Этап оценки	Параметр	Интерфейс	Датчик температуры	Система
a)	Уровень цепи	ia	ia	ia
b)	Группа оборудования	IIC	IIC	IIC
c)	Температурная классификация	T4	—	—
d)	Температура окружающей среды	От минус 20 °С до плюс 60 °С	От минус 40 °С до плюс 80 °С	—
e)	Сравнение параметров			
	Напряжение	U_o: 28 В	U_i: 30 В	—
	Ток	I_o: 93 мА	I_i: 120 мА	—
	Мощность	P_o: 650 мВт	P_i: 1 Вт	—
f)	Параметры кабеля			
	Емкость	C_o: 83 нФ	C_i: 3 нФ	C_c: 80 нФ
	Индуктивность	L_o: 4,2 мГн	L_i: 10 мкГн	L_c: 4,2 мГн
	Отношение L/R	L_o/R_o: 54 мкГн/Ом		L_c/R_c: 54 мкГн/Ом
g)	Изоляция	Изолирован	Изолирован	Изолирована

Приложение В
(обязательное)

Оценка цепей, содержащих не менее двух источников питания

Такая оценка применима только в случае, если рассматриваемые источники питания имеют линейный выход с резистивным ограничением тока. Оценка не применяется к источникам питания, использующим другие формы ограничения тока.

В приложении В МЭК 60079-14 описана упрощенная процедура, позволяющая получить результаты с завышением погрешностей, гарантирующие безопасную установку, которая может применяться в качестве альтернативы методу, рассмотренному в настоящем приложении.

Если применяют два и более источника питания и подсоединения выполнены в контролируемых условиях для обеспечения адекватного разделения и механической устойчивости в соответствии с МЭК 60079-11, тогда рассматривают такую неисправность соединений, при которой происходит размыкание или короткое замыкание цепи, но не изменение полярности соединений или переход от последовательного подключения к параллельному или от параллельного подключения к последовательному. Соединения, выполненные внутри стойки или панели, установленной в помещении с необходимыми средствами для контроля качества и испытания, — пример необходимой степени целостности.

На рисунке В.1 показано стандартное последовательное подключение. При таком подключении напряжение разомкнутой цепи равно $U_1 + U_2$, но возможность того, что напряжение может быть равно $U_1 - U_2$, не рассматривается. При оценке безопасности системы рассматриваются три значения напряжения U_1, U_2 и $U_1 + U_2$ и соответствующие им значения тока I_1 и I_2 и общий ток:

$$I_o = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2} .$$

Безопасность каждой из трех эквивалентных цепей оценивают с применением таблицы А.1 МЭК 60079-11. Значения L_o или по выбору L_o/R_o и C_o должны быть установлены для каждой цепи, и значение, создающее наиболее неблагоприятные условия, должно быть использовано для соответствующей цепи.

Для определения этих значений в любых условиях необходимо использовать коэффициент безопасности 1,5.

Примечание — При сложении напряжений двух цепей емкость определяется по объединенной цепи. Однако индуктивность и, если применимо, соотношение L_o/R_o могут определяться по одной из отдельных цепей, рассматриваемых раздельно. Минимальная индуктивность не всегда соответствует максимальному току в цепи, и минимальное отношение L_o/R_o, если оно используется, не всегда соответствует минимальной индуктивности.

Необходимо определить согласованную мощность от каждой эквивалентной цепи. Согласованная мощность комбинированной цепи является суммарным значением мощности всех цепей только при условии, что применяемые источники имеют одинаковый выходной ток.

Если источники питания подсоединены параллельно, как показано на рисунке В.2, тогда все три значения силы тока I_1, I_2 и $I_1 + I_2$ должны рассматриваться вместе с соответствующими значениями напряжения U_1, U_2 и:

$$U_o = \frac{U_1R_2 + U_2R_1}{R_1 + R_2}.$$

Безопасность каждой из трех эквивалентных цепей необходимо оценивать с применением таблицы А.1 МЭК 60079-11. Значения L_o или по выбору L_o/R_o и C_o должны быть установлены для каждой цепи, и значение, создающее наиболее неблагоприятные условия, должно быть использовано для соответствующей эквивалентной цепи. Необходимо также определять согласованную мощность от каждой из трех эквивалентных цепей. Согласованная мощность комбинированной цепи является суммарным значением мощности всех цепей при условии, что источники имеют одинаковое выходное напряжение.

Если два источника питания подключены к одной искробезопасной цепи и их подсоединение не определено, как показано на рисунке В.3, то существует возможность подключения этих источников питания как последовательно, так и параллельно. В данных обстоятельствах все возможные эквивалентные цепи должны быть оценены с использованием обеих процедур. Для определения целостности искробезопасной системы используют наиболее неблагоприятные выходные параметры и эквивалентные цепи.

В состав оборудования, предназначенного для применения во взрывоопасных зонах, допускается включать источник питания, в результате чего выходные параметры оборудования, например внутренних аккумуляторов, будут значительными. В этом случае оценка системы должна включать в себя оценку комбинации данного источни-

ка питания с любым источником питания в связанном оборудовании, а также изменение (обращение) подсоединения из-за возможного повреждения внешней проводки.

После определения представительных эквивалентных цепей допускается использовать их как имеющие один источник питания и использовать процедуру, которая рассмотрена в приложении А, для установления того, является ли безопасность системы в целом приемлемой.

Если подключены два или более источника питания с разными выходными напряжениями, суммарный уравнительный ток может вызывать дополнительное рассеяние в схемах регулирования. Если в цепях используется традиционное резистивное ограничение тока, то считается, что дополнительное рассеивание не нарушает искробезопасность.

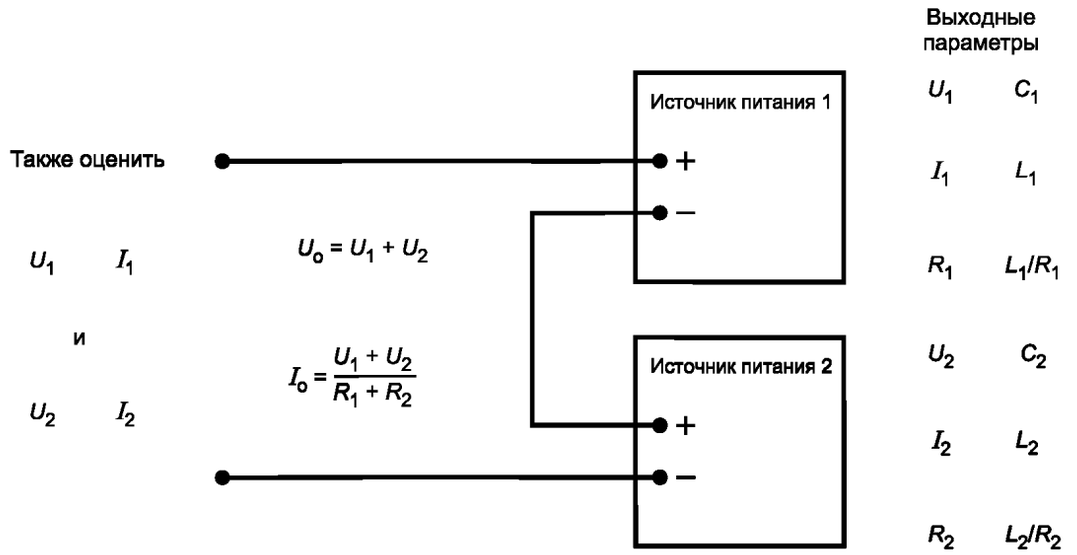


Рисунок В.1 — Источники питания, подключенные последовательно

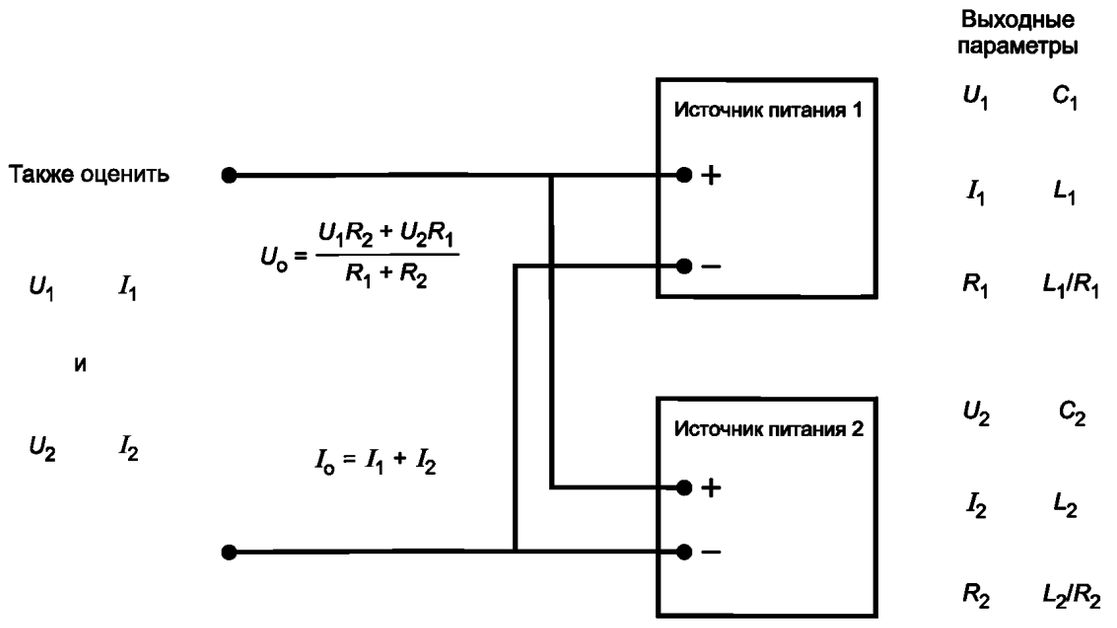
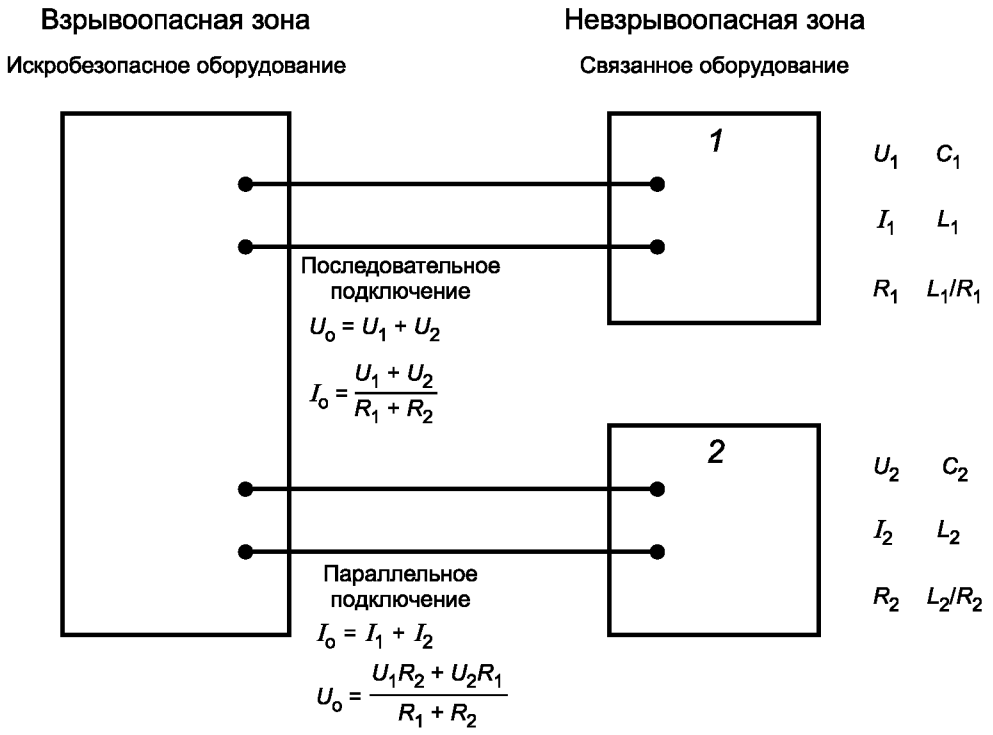


Рисунок В.2 — Источники питания, подключенные параллельно



1 — источник питания 1; *2* — источник питания 2

Рисунок В.3 — Источники питания, подключенные произвольно

Приложение С
(обязательное)

Соединение линейных и нелинейных искробезопасных цепей

Данная проблема длительное время остается предметом исследования. Настоящее приложение, отражающее мнение ведущей испытательной лаборатории, подверглось глубокому пересмотру. Оно отражает современное состояние знаний в данной области и его применение позволит расширить имеющийся практический опыт.

Проектирование и применение нелинейных источников питания требует специальных знаний и доступа к соответствующим испытательным установкам. Если аккредитованная испытательная лаборатория установила, что данный источник питания является достаточно безопасным, то допускается проектировать систему в соответствии с настоящим стандартом. Все особые условия, касающиеся такой системы, должны быть четко определены в сопроводительной документации.

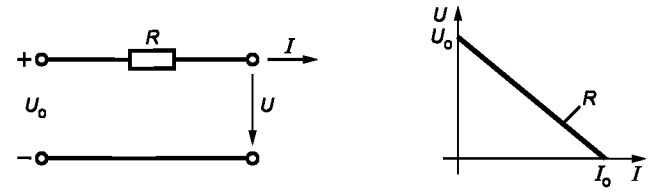
Если проводится оценка безопасности комбинации источников питания, использующих нелинейные выходы, необходимо учитывать, что взаимодействие двух цепей может вызывать значительное увеличение рассеивания в компонентах схемы регулирования. Рекомендуется использовать только один источник питания, содержащий стабилизирующие полупроводники и источники с линейными и/или трапециевидными выходными характеристиками.

С.1 Введение

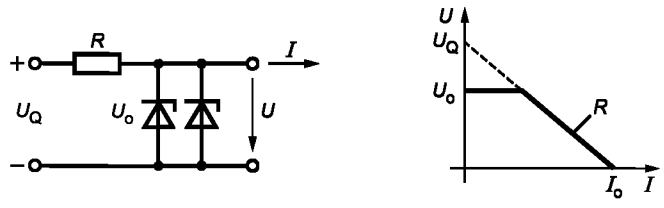
Правила выполнения электроустановок, определенные в МЭК 60079-14, позволяют оператору, который контролирует опасную зону, комбинировать несколько искробезопасных цепей с помощью их соединения. Это также относится к использованию нескольких «связанных электротехнических устройств» (активных в нормальном режиме работы или только в условиях неисправности) (см. 12.2.5.2 МЭК 60079-14). Если проверка искробезопасности соединения выполнена расчетом или испытанием, нет необходимости обращаться в испытательную лабораторию или к уполномоченному специалисту.

Практическую проверку испытанием следует выполнять с применением стандартного искрообразующего механизма в соответствии с МЭК 60079-11 с учетом коэффициента безопасности комбинированного электрооборудования. В этом случае необходимо учитывать некоторые условия неисправности, которые создают наиболее неблагоприятные условия воспламенения — метод «наиболее неблагоприятного варианта» часто трудноосуществим на практике и обычно применяется испытательными лабораториями.

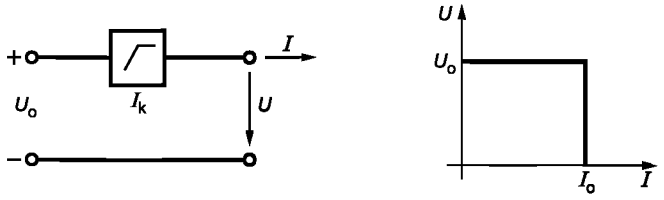
Можно легко выполнить оценку соединения расчетом, по меньшей мере, для резистивных цепей, если рассматриваемые электрические источники имеют внутреннее линейное сопротивление, как показано на рисунке С.1а. В этом случае применяются кривые предела воспламенения, определенные в МЭК 60079-11, и допускается применение метода, описанного в приложении А МЭК 60079-14, или на рисунках С.7 и С.8 настоящего стандарта.



a — Линейная характеристика



b — Трапециевидная характеристика



c — Прямоугольная характеристика

Рисунок С.1 — Характеристики эквивалентных цепей и выходов резистивных цепей

Первый этап включает в себя оценку новых максимальных значений напряжения и тока в результате комбинирования связанного оборудования. Если связанное оборудование комбинируется, как показано на рисунке С.2а, это последовательное соединение. Максимальные значения напряжения холостого хода U_o отдельных подузлов складывают и учитывают максимальное значение тока короткого замыкания I_o. В устройстве, показанном на рисунке С.2с, соединение параллельное. Значения токов короткого замыкания складывают и учитывают самое высокое значение напряжения холостого хода.

Если в устройстве электрооборудования полярность определена нечетко (как на рисунке С.2е), возможно последовательное или параллельное подключение в зависимости от рассматриваемого условия неисправности. В этом случае следует предполагать сложение значений напряжения и тока для двух типов соединения в отдельности. За основу следует принимать наиболее неблагоприятные значения.

После определения новых максимальных значений тока и напряжения необходимо проверить искробезопасность комбинированной цепи с помощью кривых пределов воспламеняемости, приведенных в МЭК 60079-11 с учетом коэффициента безопасности для резистивной цепи и определить новые максимально допустимые значения внешней индуктивности L_o и емкости C_o. Однако здесь обнаруживается слабое место методики, введенной в МЭК 60079-14, приложение А, по следующим причинам:

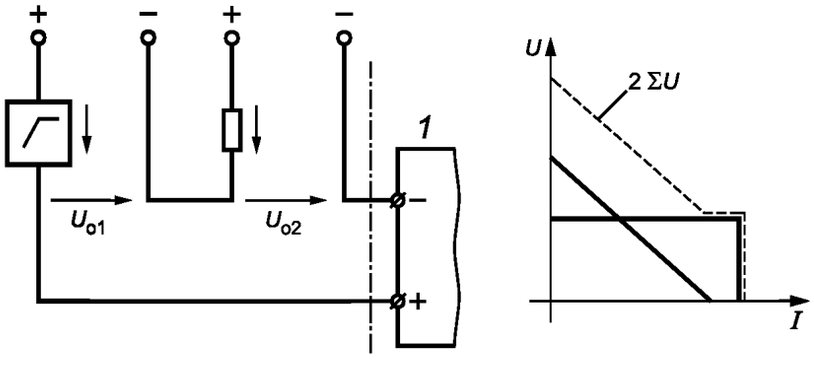
- значения максимально допустимой индуктивности действительны только для максимального напряжения 24 В;
- не учитывается существование индуктивности и емкости.

Если исходить только из значений напряжений холостого хода и токов короткого замыкания, полученный коэффициент безопасности снижается с желаемого значения 1,5 до примерно 1,0 в диапазоне напряжений выше 20 В. Это представляется приемлемым, поскольку соединение в соответствии с МЭК 60079-14 может быть отнесено только к уровню «ib», даже если все оборудование по отдельности отвечает требованиям для уровня «ia». Однако для низких значений напряжений возможно снижение коэффициента безопасности существенно ниже 1,0. Таким образом, данный метод неэффективен с точки зрения безопасности.

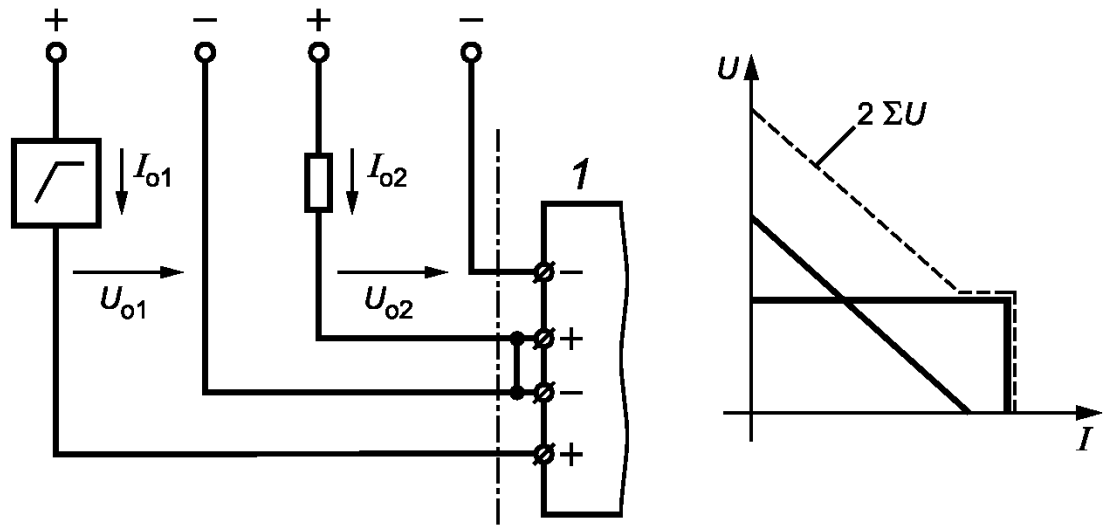
Если один или несколько активных источников в одной цепи имеют нелинейные характеристики, оценки, выполняемые только на основе напряжений холостого хода и токов короткого замыкания, не позволяют достигнуть первоначальной цели.

На практике применяют источники трапециевидной формы (см. рисунок С.1b), а прямоугольные выходные характеристики (см. рисунок С.1с) часто встречаются, когда используются электронные токоограничительные устройства. Для таких цепей нельзя использовать кривые предела воспламеняемости из стандарта МЭК 60079-11. Таким образом, настоящий стандарт описывает метод, который позволяет оценить безопасность комбинации сетей, включающих в себя нелинейные источники, с помощью диаграмм. Новая компьютерная модель искрового воспламенения позволяет достигать желаемого коэффициента безопасности как для нелинейных источников, так и для суммарных значений индуктивности и емкости в цепи.

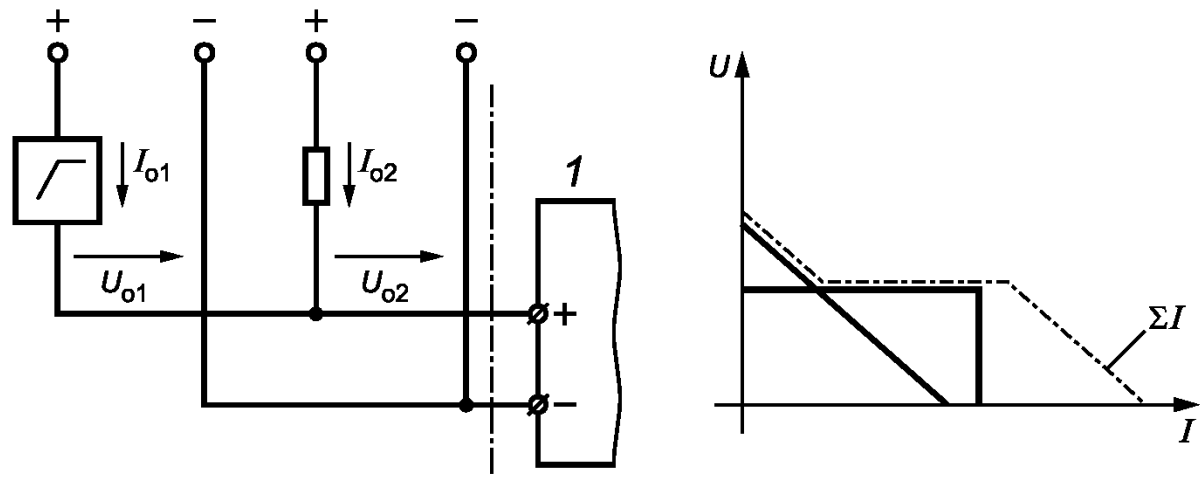
Представленная здесь методика может применяться для зоны класса 1 и для подгрупп IIC и IIB. Необходимо подчеркнуть, что данная методика предлагает механизм соединения; его применение для определения параметров искробезопасности отдельных цепей или оборудования имеет смысл только в случае простых прямоугольных или линейных цепей.



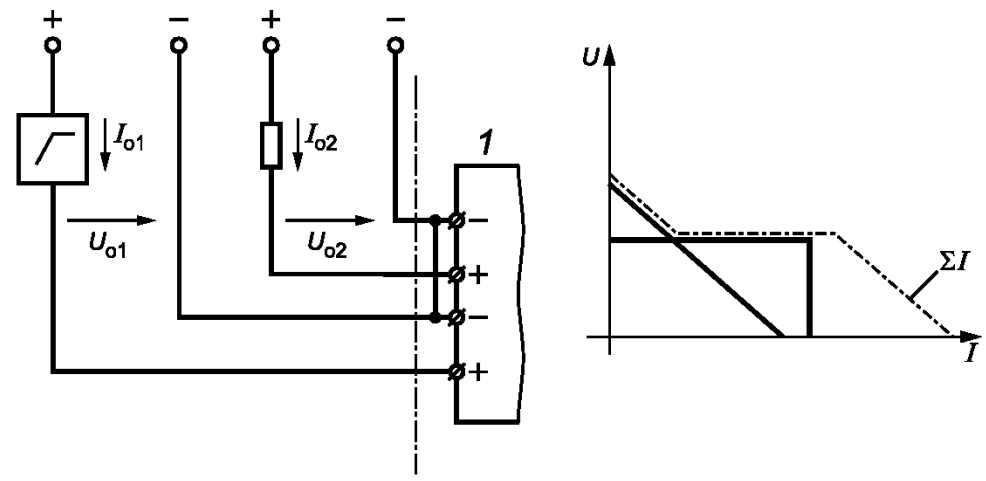
а — Последовательное подключение со сложением значений напряжения



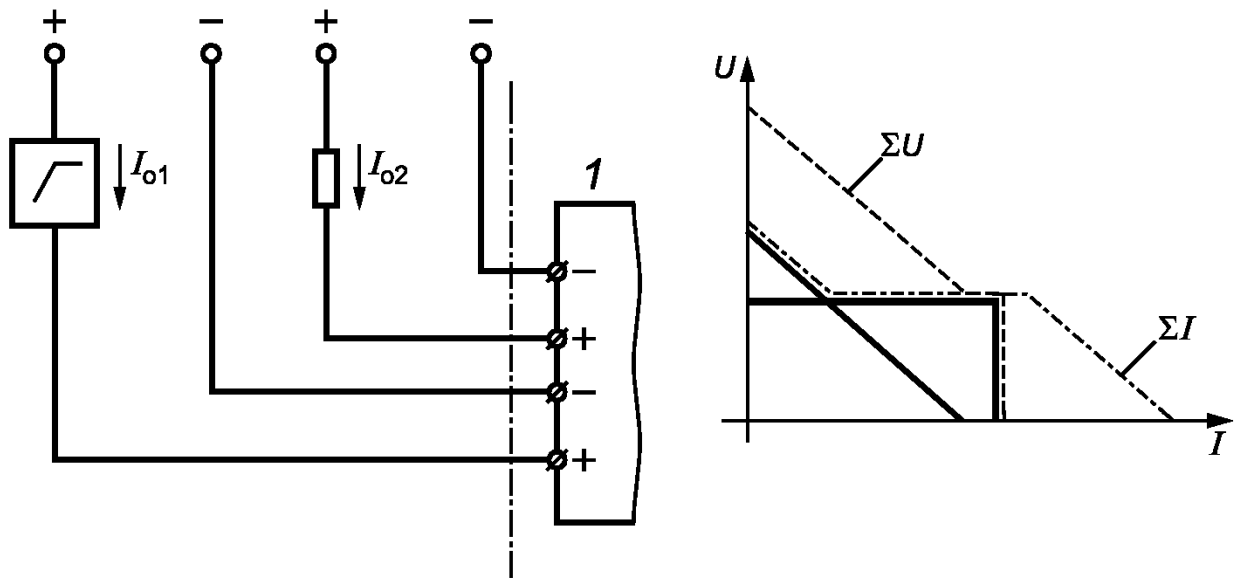
b — Последовательное подключение со сложением значений напряжения и возможным сложением значений тока



c — Параллельное подключение со сложением значений тока



d — Параллельное подключение со сложением значений тока и, возможно, напряжения



e — Последовательное или параллельное подключение со сложением значений тока и напряжения

Рисунок С.2 — Сложение значений тока и/или напряжения для соединений

С.2 Основные типы нелинейных цепей

С.2.1 Параметры

Для оценки искробезопасности активных цепей необходимо знать внутреннее сопротивление и напряжение источника. В самом простом случае источник может характеризоваться двумя (постоянными) электрическими значениями — напряжением U_o и внутренним сопротивлением R_i либо U_o и током короткого замыкания I_o (см. рисунок С.1а). U_o часто определяется зенеровскими диодами. U_o и I_o — максимальные значения, которые могут быть получены в условиях неисправности, определенных в МЭК 60079-11. В случае, проиллюстрированном на рисунке С.1а, характеристика линейная. К сожалению, на практике только некоторые цепи могут быть представлены таким простым способом.

Например, аккумулятор, оборудованный внешним токоограничительным резистором, не имеет внутреннего постоянного сопротивления и напряжение источника изменяется в зависимости от степени зарядки. Для изучения поведения этих существующих в действительности цепей они представлены более простыми эквивалентными цепями, которые должны быть способны вызывать воспламенение в такой же степени, как реальные цепи. В вышеупомянутом случае с аккумулятором максимальное значение для разомкнутой цепи равно U_o и внешнее сопротивление равно R_i, как показано на рисунке С.1а. Эта эквивалентная цепь имеет линейную характеристику.

Нелинейные цепи также могут быть сведены к двум основным типам, показанным на рисунках С.1b и С.1с. Источник с трапециевидной характеристикой (рисунок С.1b) состоит из источника напряжения, сопротивления и дополнительных элементов, ограничивающих напряжение (например, стабилитронов) на выходных зажимах. Ток источника с прямоугольной характеристикой, представленного на рисунке С.1с, ограничен электронным регулятором тока.

Если рассмотреть значения выходной мощности различных сетей, становится очевидным, что следует применять разные предельные значения воспламенения, поскольку воспламеняющая искра является одновременно «зарядом» и необходимо учитывать ее соответствие источнику, который ее питает. Максимальная мощность от источника, представленного на рисунке С.1а, следующая:

$$P_{max} = 1/4\ U_o \cdot I_o$$

и для источника с трапециевидной характеристикой (рисунок С.1b):

$$P_{max} = 1/4\ U_Q \cdot I_o \text{ (для } U_o > 1/2 \cdot U_Q), \text{ или}$$

$$P_{max} = U_o \cdot (U_Q - U_o)/R \text{ (для } U_o \le 1/2 \cdot U_Q).$$

Трапециевидная характеристика на рисунке С.1b становится прямоугольной характеристикой на рисунке С.1с, поскольку U_Q стремится к бесконечности.

В этом случае:

$$P_{max} = U_o \cdot I_o.$$

Для полного описания источника необходимы два параметра, относящиеся к линейным и прямоугольным характеристикам, и три параметра, относящиеся к трапециевидной характеристике (таблица С.1).

Таблица С.1 — Параметры, необходимые для описания выходной характеристики

Характеристика	Необходимые параметры
Линейная, рисунок С.1а	U_o, I_o или U_o, R
Трапециевидная, рисунок С.1b	U_o, U_Q, R или U_o, R, I_o или U_o, U_Q, I_o
Прямоугольная, рисунок С.1с	U_o, I_o

С.2.2 Информация, содержащаяся в сертификатах

В связи с тем, что в соответствии с 12.2.1 или 12.3 МЭК 60079-14 оборудование с активными искробезопасными цепями подлежит сертификации, можно предположить, что для отдельного оборудования, которое должно комбинироваться с искробезопасными цепями, всегда имеется свидетельство об испытании, содержащее соответствующие электрические параметры.

Первый этап любой оценки безопасности должен включать в себя определение типа характеристики и соответствующие электрические параметры отдельных цепей. Поскольку пользователь или оператор обычно не знаком с устройством цепей и внутренним строением оборудования, ему придется доверять электрическим данным, приведенным в свидетельстве об испытании.

Обычно в свидетельстве об испытании содержатся следующие значения: напряжение холостого хода (U_o), ток короткого замыкания (I_o) и максимально достижимая мощность P_o. Часто на основе этих значений можно сделать вывод о типе характеристики.

Пример (максимальные значения):

U_o = 12,5 В,

I_o = 0,1 А,

P_o = 313 мВт.

Поскольку значение P_o равно одной четвертой произведения напряжения холостого хода и тока короткого замыкания, можно сделать вывод, что это пример линейной характеристики (рисунок С.1а).

Пример (максимальные значения):

U_o = 20,5 В,

I_o = 35 мА,

P_o = 718 мВт,

где P_o — это произведение напряжения холостого хода и тока короткого замыкания, то есть это пример прямоугольной характеристики (рисунок С.1с).

В некоторых случаях значения мощности, тока и напряжения не соответствуют указанным выше, потому что значение мощности указано для установившихся условий (действие нагрева компонентов, подключенных последовательно), а значения тока и напряжения даны для динамических условий (искровое воспламенение). Когда есть сомнения, необходимо проверить, какую характеристику следует принять за основу соединения с точки зрения искрового воспламенения.

В случае трапециевидной характеристики информации в свидетельстве об испытании бывает недостаточно для определения характеристики. Отсутствует третий параметр (см. таблицу С.1) — U_Q или R.

Указание значения R в качестве дополнительного параметра помогает правильно выполнить соединения искробезопасных цепей. Поэтому значение R обычно приводится в свидетельстве об испытании. Тогда параметр U_Q (рисунок С.1.b) можно вывести по формуле

$$U_Q = I_o \cdot R.$$

В большинстве случаев в свидетельстве об испытании также указывается форма характеристики любой нелинейной цепи.

Пример может выглядеть следующим образом:

Максимальные значения (трапециевидная характеристика):

U_o = 13,7 В,

I_o = 105 мА,

R = 438 Ом,

P_o = 1010 мВт.

Эта характеристика представлена на рисунке С.3а; на рисунке С.3b показана безопасная, эквивалентная цепь.

Выполняют следующий расчет:

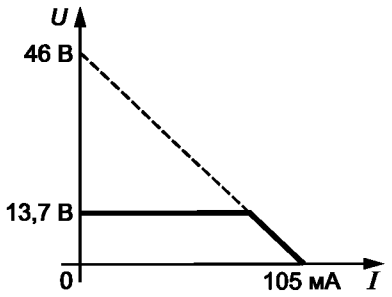
$U_Q = I_o \cdot R$ = 46 В и

$P_o = (U_Q - U_o) \cdot U_o/R$ = 1010 мВт.

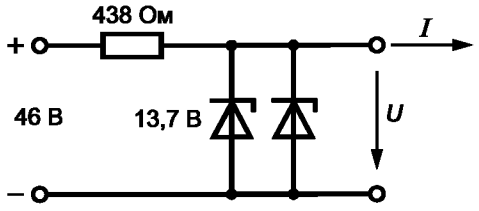
Таким образом, данные, необходимые для соединения, могут быть получены на основе информации, приведенной в свидетельстве об испытании. Если таких данных нет в ранее выданных свидетельствах, они должны быть предоставлены изготовителем оборудования или испытательной лабораторией.

При разработке искробезопасных цепей необходимо стремиться к тому, чтобы число соединений и комбинированных подузлов было минимальным. Эта цель не всегда достижима на практике, поскольку необходимо учитывать условия неисправности. Это означает, что некоторое оборудование, которое не является источником напряжения в нормальных условиях работы, следует рассматривать в случае неисправности как источник напряжения.

Пассивные входы устройств, например измерительных датчиков, плоттеров и т.д., могут с точки



а – выходные характеристики



b – эквивалентная цепь

Рисунок С.3 — Выходная характеристика и эквивалентная цепь источника с трапециевидной характеристикой

зрения безопасности действовать как источники воспламенения. Поэтому необходимо обращаться к максимальным значениям, указанным в свидетельствах. В результате рабочие характеристики цепи могут значительно отклоняться от безопасной характеристики. Указанные в свидетельствах значения напряжения холостого хода U_o и тока короткого замыкания I_o для данной цепи в некоторых случаях применимы только для условий переходного процесса. С другой стороны, значение мощности применяется к установившимся условиям, которые следует учитывать с точки зрения нагрева подключенных компонентов.

С.3 Соединение искробезопасных цепей не менее чем с двумя источниками

С.3.1 Определение результирующей выходной характеристики

Предполагается, что выходные характеристики цепей в составе комбинации цепей, которые должны рассматриваться как источники напряжения, известны (см. С.2). Теперь, исходя из типа соединения, следует определить, необходимо ли учитывать суммарное напряжение, суммарный ток или одновременно суммарное напряжение и ток в условиях нормальной работы и в условиях неисправности.

Если комбинированные источники напряжения подключены последовательно и не соединены, например с землей (рисунок С.2а), тогда независимо от полярности источников возможно только сложение напряжения. Результирующую выходную характеристику легко найти графическим суммированием. Напряжения отдельных источников для каждого значения тока складываются. Пунктирная кривая на рисунке С.2 показывает результирующие характеристики в разных случаях.

В последовательной цепи, приведенной на рисунке С.2b, с соединением двух источников напряжения на уровне нагрузки, сложение значений тока можно исключить, только если полярность двух источников в указанном направлении фиксирована для безопасности (например, для некоторых барьеров безопасности). Для источников напряжения, которые могут изменить полярность во время работы или в условиях неисправности, необходимо рассматривать сложение значений тока и напряжения (см. рисунок С.2е).

При параллельном подключении, показанном на рисунке С.2с, сложение тока возможно только в случае применения двухполюсного источника с подключением двух полюсов. Сложение напряжения в данном случае невозможно, и результирующая характеристика создается графическим суммированием отдельных значений тока.

Если только один полюс каждого источника подключен к полюсу другого источника (рисунок С.2d), сложение напряжения можно исключить, если полярность источников, как показано, фиксирована во всех случаях (например с помощью барьеров безопасности). Иначе следует рассматривать сложение значений тока и напряжения (см. рисунок С.2е).

Если несколько цепей подключены к контуру, в котором следует предполагать произвольные соединения (рисунок С.2е), тогда в зависимости от рассматриваемых условий неисправности может быть задано последовательное или параллельное соединение, то есть необходимо рассматривать сложение тока и сложение напряжения. Поскольку эти два варианта не могут существовать одновременно, результирующие характеристики сложения значений тока и напряжения следует строить раздельно. Эту процедуру также применяют во всех случаях сомнений в отношении цепей, представленных на рисунках С.2b и С.2d, а также для цепей с более чем двумя проводниками. Полученный результат всегда будет обеспечивать безопасность.

С.3.2 Оценка безопасности соединения и определение максимально допустимых значений емкости и индуктивности

Если результирующая характеристика комбинированной цепи определена в соответствии с С.3.1, следующий этап — оценка искробезопасности. Для этой цели используют диаграммы, приведенные на рисунках С.7 и С.8. Они показывают кривую максимально допустимых значений для линейных характеристик источников (штриховая предельная кривая) и для прямоугольных характеристик (сплошная предельная кривая) при данной индуктивности и новых максимальных значениях тока и напряжения в комбинированной цепи. Кроме того, приведены кривые для определения самой высокой допустимой внешней емкости в обоих случаях. Распределение диаграмм по группам оборудования и индуктивности приведено в таблице С.2.

Таблица С.2 — Распределение диаграмм по группам оборудования и индуктивности

Рисунок	Группа	Допустимая индуктивность L_o, мГн
С.7а	II С	0,15
С.7b		0,5
С.7с		1
С.7d		2
С.7е		5
С.8а	II В	0,15
С.8b		0,5
С.8с		1
С.8d		2
С.8е		5

Чтобы оценить искробезопасность, сначала следует выбрать группу оборудования, а затем общую индуктивность, необходимую для комбинации. Если рассматриваются небольшие значения индуктивности (то есть при отсутствии сосредоточенной индуктивности только короткие отрезки кабеля), тогда следует выбирать диаграмму с самым низким значением индуктивности (рисунок С.7а — для группы IIC и рисунок С.8а — для группы IIB).

Результирующая выходная характеристика находится на рассматриваемой диаграмме. Если в соответствии с С.3.1 рассматривается сложение значений тока и напряжения, тогда должны быть вычерчены обе результирующие характеристики.

Теперь можно непосредственно определить, является ли искробезопасной комбинация источников с индуктивностью для данной диаграммы и выбранной группы оборудования. Полученная суммарная характеристика не должна пересекать предельную кривую для источника с прямоугольной характеристикой ни в одной точке диаграммы. Кроме того, точка на диаграмме, определенная как максимальное значение напряжения или максимальное значение тока суммарной характеристики, должна лежать ниже кривой для линейного источника.

Максимально допустимую емкость получаемой цепи определяют как самое низкое значение из двух серий предельных кривых C_o, которая является самым высоким значением C_o, которое не пересекается результирующей выходной характеристикой для линейного предела и для прямоугольного предела. Если для данного применения необходимо более высокое значение допустимой емкости C_o, его можно получить, используя, прежде всего, диаграмму для более низкой индуктивности. Этот же метод можно применять, когда результирующая выходная характеристика пересекает кривую предельной индуктивности для источника с линейной и прямоугольной характеристикой. Если даже при самом низком значении индуктивности на диаграммах (0,15 мГн) кривые соответствующих пределов на диаграмме IIC превышены, рекомендуется применять диаграммы IIB. Если эти пределы также превышены, тогда комбинация не является искробезопасной также и для группы IIB.

С.3.3 Дополнительные комментарии относительно методики применения выходной характеристики

Методика оценки безопасности соединений искробезопасных цепей, описанная в С.3.1 и С.3.2, создана на основе фундаментальных исследований и расчета моделей. Метод расчета дает результаты, отличающиеся от приведенных в предыдущем отчете.

Более высокие значения емкости допустимы в диапазоне низкого напряжения. Для более высоких значений напряжения разница может достигать коэффициента 3. В отличие от диаграмм в предыдущем отчете предельная кривая для чисто резистивной цепи не показана на рисунках С.7 и С.8, но она по сути определяется по допустимому значению индуктивности. Кроме того, здесь находятся предельные кривые для линейных источников. За исключением этого, графический метод в целом остается таким же.

Графический метод основан на снижении реальной характеристики источника в абстрактном линейном источнике и источнике с прямоугольной выходной характеристикой и сравнении с соответствующими предельными кривыми. Только в случае, если фактическая характеристика источника линейная или прямоугольная, коэффициент безопасности с гарантированным значением 1,5 может быть выведен по диаграмме. Для некоторых более сложных источников может быть полезно построить огибающую линейную или прямоугольную характеристику, что позволит сохранить коэффициент безопасности. Реальный коэффициент безопасности может быть несколько ниже (но всегда выше 1), если используются оба предельных критерия. Это результат преобразования фактических условий в цепи, используемых в простом графическом методе. По общему мнению специалистов, это приемлемо, когда рассматриваются установки для зоны класса 1.

При применении диаграмм, приведенных на рисунках С.7 и С.8, всегда учитывается взаимодействие индуктивности и емкости (смешанная цепь). Эту методику также следует применять для комбинации чисто линейных цепей (выходная характеристика в соответствии с рисунком С.1а). Указанный метод не делает различий между сосредоточенной индуктивностью и емкостью и индуктивностью или емкостью, выведенными на основе распределенных параметров кабеля. Если используются кабели со временем передачи до 10 мкс, согласно существующему мнению, такое различие не является необходимым. Расчет, основанный на сосредоточенных элементах, основан на безопасности и, в отличие от ранее применявшихся методов расчета, не имеет серьезного ограничения на практике.

Преимущество этой методики состоит в том, что все данные, относящиеся к безопасности, можно взять из одной диаграммы. Тем не менее, необходимо провести дополнительное сравнение максимального значения напряжения холостого хода и максимального значения емкости в соответствии с таблицей А.2 МЭК 60079-11, поскольку в некоторых случаях по описанной здесь методике получают более высокое значение допустимой емкости. Тогда значения следует взять из МЭК 60079-11, чтобы избежать недоразумения.

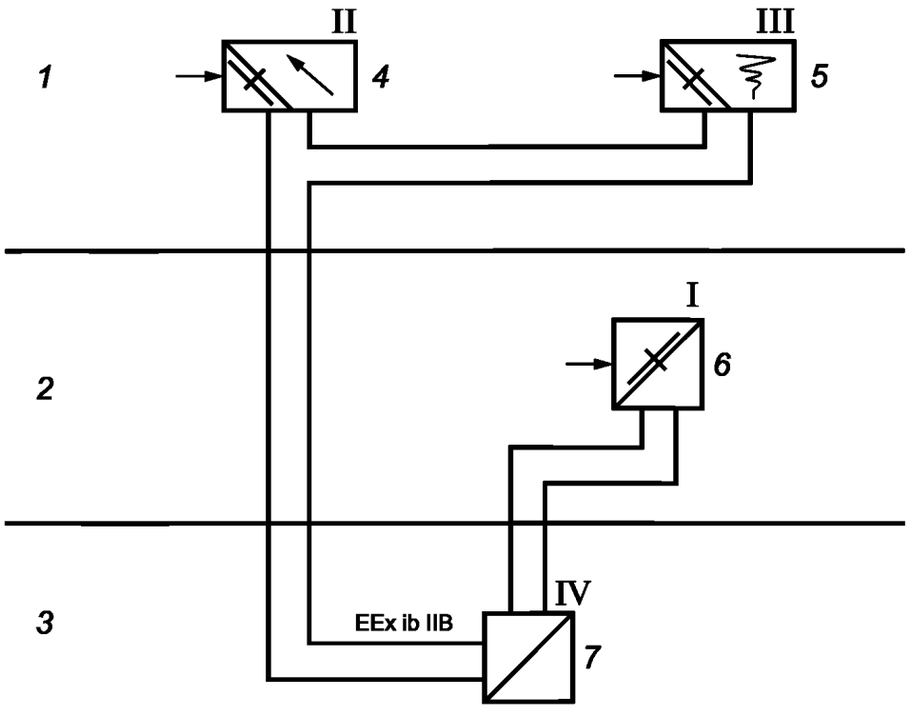
Значения, полученные для максимально допустимых внешних индуктивности и емкости, — это значения, применимые для всей комбинации, то есть должны быть учтены значения индуктивности и емкости всех отдельных устройств, действующих на внешних контактах.

Методика расчета, использованная на диаграммах, показывает отсутствие значительных систематических отклонений от результатов, полученных при испытаниях на воспламенение во время выполнения научно-исследовательских проектов. Известно, что погрешность многих результатов измерений находится в пределах до 10 %.

Причина заключается в методе испытаний и самом искрообразующем механизме. Считается, что представленный здесь метод дает небольшие отклонения.

С.4 Иллюстрация методики применения выходных характеристик с помощью примера

В примере, показанном на рисунке С.4, анализатор с усилителем установлен в опасной зоне и получает питание от искробезопасного источника питания (I). Выходной сигнал искробезопасного усилителя (0...20 мА) подается на индикатор (II) и плоттер (III).



Сложение значений тока/напряжения
Подсоединенная цепь Ex ib IIB
P_o = 1,9 Вт, U_o = 28,7 В I_o = 264 мА, L_o = 0,5 мГн, C_o = 400 нФ

1 — диспетчерская; *2* — коммутационный зал; *3* — площадка (взрывоопасная зона); *4* — максимальные операционно-пассивные значения на индикаторе: линейные характеристики 12В, 133 мА, 0,4 Вт; *5* — максимальные операционно-пассивные значения на записывающем устройстве: линейная характеристика 1 В, 31 мА, 10 мВт; *6* — максимальные значения для источника питания: Ex ib IIB 15,7 В, 100 мА, 1,57 Вт $L_o \leq 1$ мГн, $C_o \leq 650$ нФ — прямоугольные характеристики регулирования тока электроники; *7* — анализатор с усилителем (искробезопасное оборудование)

Рисунок С.4 — Пример соединения

Анализатор — это искробезопасное оборудование; источник питания, индикатор и плоттер — связанное оборудование в значении, принятом в МЭК 60079-11. При нормальной работе только сетевое питание — активный источник, а индикатор и плоттер — пассивные источники. Однако для оценки безопасности в качестве базовых приняты самые высокие возможные значения из свидетельств об испытании, относящихся ко всем трем устройствам в условиях неисправности.

Представлена следующая информация:

I Источник питания

Выход с видом защиты Ex ib IIB.

Максимальные значения:

U_o = 15,7 В;

I_o = 100 мА;

P_o = 1,57 Вт;

L_o = 1 мГн;

C_o = 650 нФ.

Прямоугольная выходная характеристика (рисунок С.1с).

II Индикатор

Вход с видом защиты Ex ib IIC.

Максимальные значения:

U_o = 12 В;

I_o = 133 мА;

P_o = 0,4 Вт;

L_o = 1,8 мГн;

C_o = 1,4 мкФ.

Линейная выходная характеристика (рисунок С.1а).

III Плоттер

Вход с видом защиты Ex ib IIC.

Максимальные значения:

U_o = 12 В;

I_o = 31 мА;

P_o = 10 мВт;

L_o = 36 мГн;

C_o = 200 мкФ.

Линейная выходная характеристика (рисунок С.1а).

При устройстве цепи, как показано на рисунке С.4 и в зависимости от условий неисправности в анализаторе, значения напряжений и токов могут складываться, как показано на рисунке С.2е. Индивидуальные характеристики и две суммарные характеристики для добавления напряжения и тока показаны на рисунке С.5.

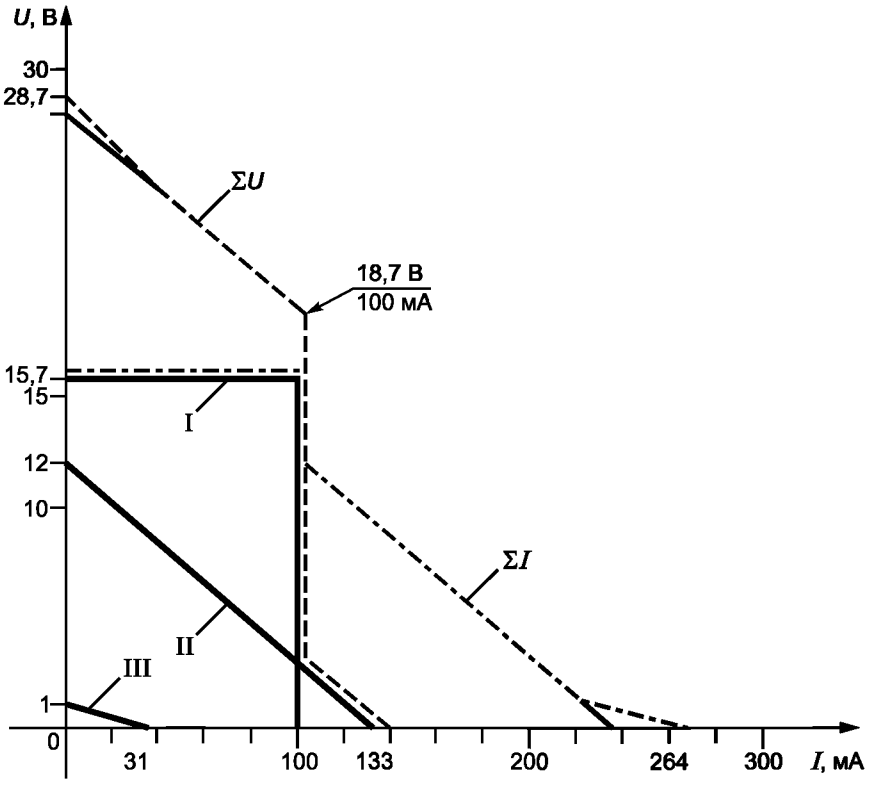


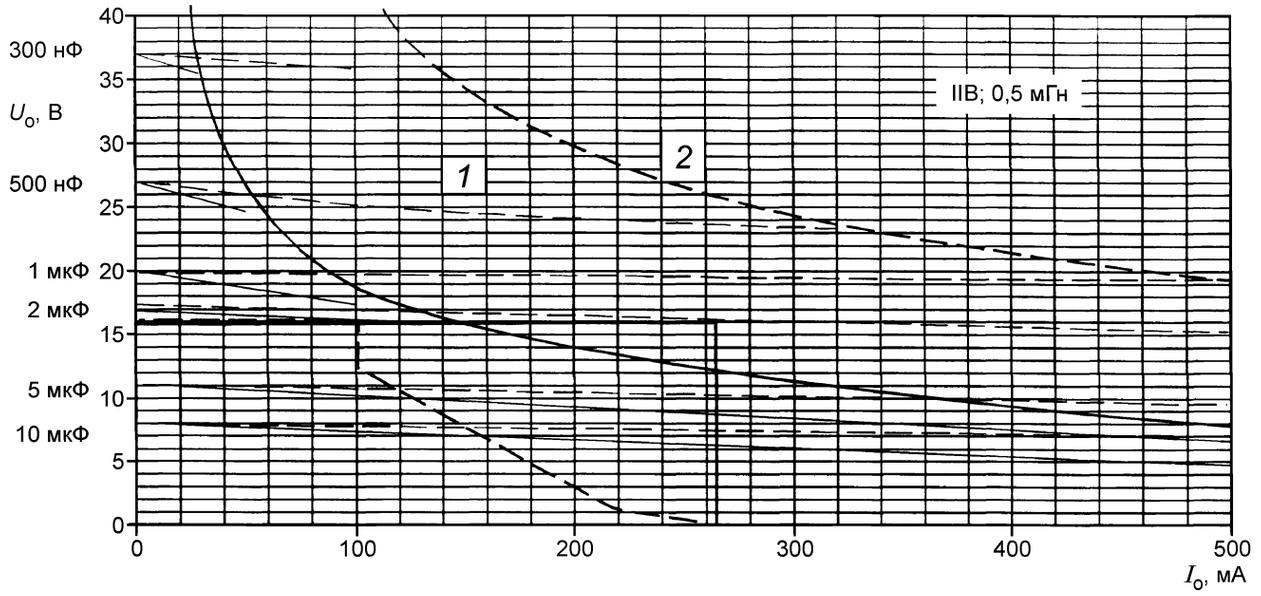
Рисунок С.5 — Суммарные характеристики цепи, представленной на рисунке С.4

Для проверки искробезопасности на рисунке С.8b представлены суммарные характеристики, относящиеся к сложению значений напряжения и тока (подгруппа IIB, L = 0,5 мГн) (рисунки С.6а и С.6b).

Угловая точка при 18,7 В и 100 мА на кривой сложения напряжения, очевидно, является критической точкой — она расположена ближе всего к допустимой индуктивности источника с прямоугольной характеристикой , но не достигает его. В этой точке достигается теоретически самое высокое значение мощности, равное 1,9 Вт.

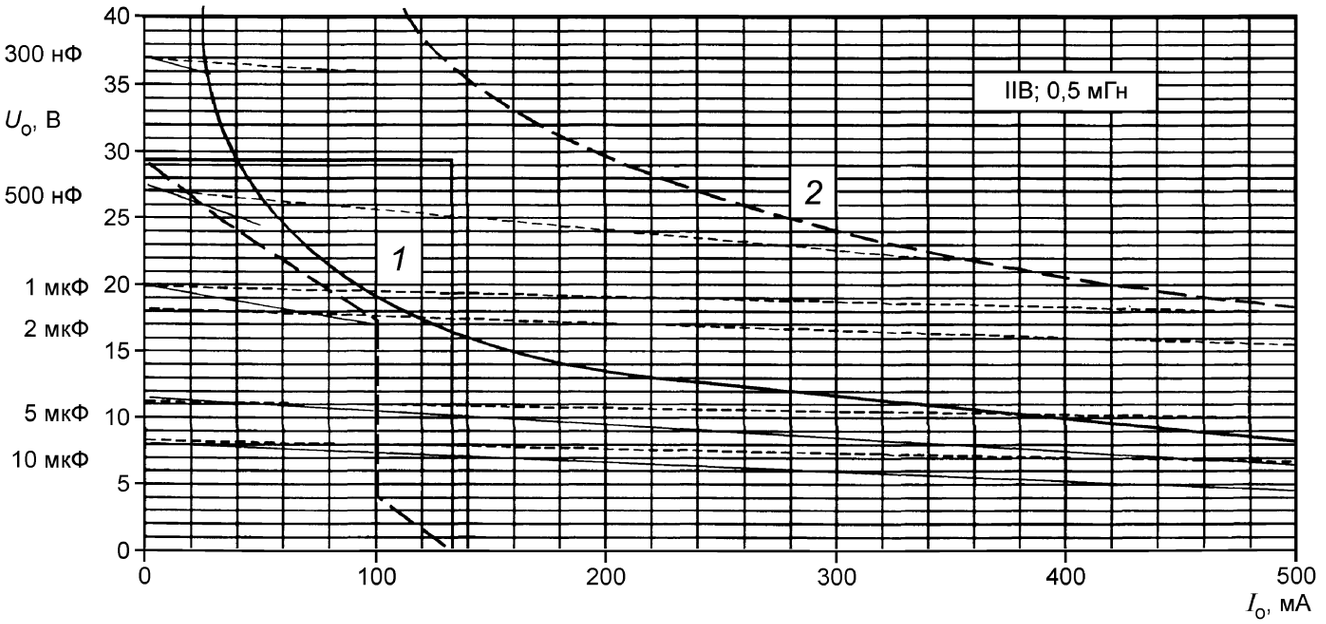
Поскольку обе результирующие характеристики комбинации не пересекают кривые допустимой индуктивности для источников с линейной и прямоугольной выходной характеристикой на рисунках С.6а и С.6b, результат испытания безопасности положительный. Для максимального значения напряжения (28,7 В) результирующей

характеристики в данном примере максимально допустимая емкость комбинации из серии кривых на рисунке С.6b может быть установлена на уровне 400 нФ. Если проверить по таблице А.2 МЭК 60079-11 значение 28,7 В для подгруппы IIB, допустимое значение емкости будет равно 613 нФ — то есть оно будет выше установленного значения 400 нФ.



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

a — Сложение значений тока



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

b — Сложение значений напряжения

Рисунок С.6 — Сложение значений тока или напряжения для примера, приведенного на рисунке С.4

Полученные значения для комбинации следующие:

Подгруппа IIB.

Максимальные значения:

U_o = 28,7 В;

I_o = 264 мА;

P_o = 1,9 Вт;

L_o = 0,5 м;

C_o = 400 нФ

Поскольку в данном примере искробезопасные входы и выходы связанного оборудования (источник питания, индикатор и плоттер) не имеют эффективных значений индуктивности или емкости, максимальные значения емкости или индуктивности можно использовать для искробезопасного оборудования (анализатор) и для соединительных кабелей.

С.5 Резюме

При проектировании и монтаже измерительных и технологических установок в химической и нефтехимической промышленности часто бывает необходимо комбинировать несколько сертифицированных единиц оборудования с искробезопасными цепями.

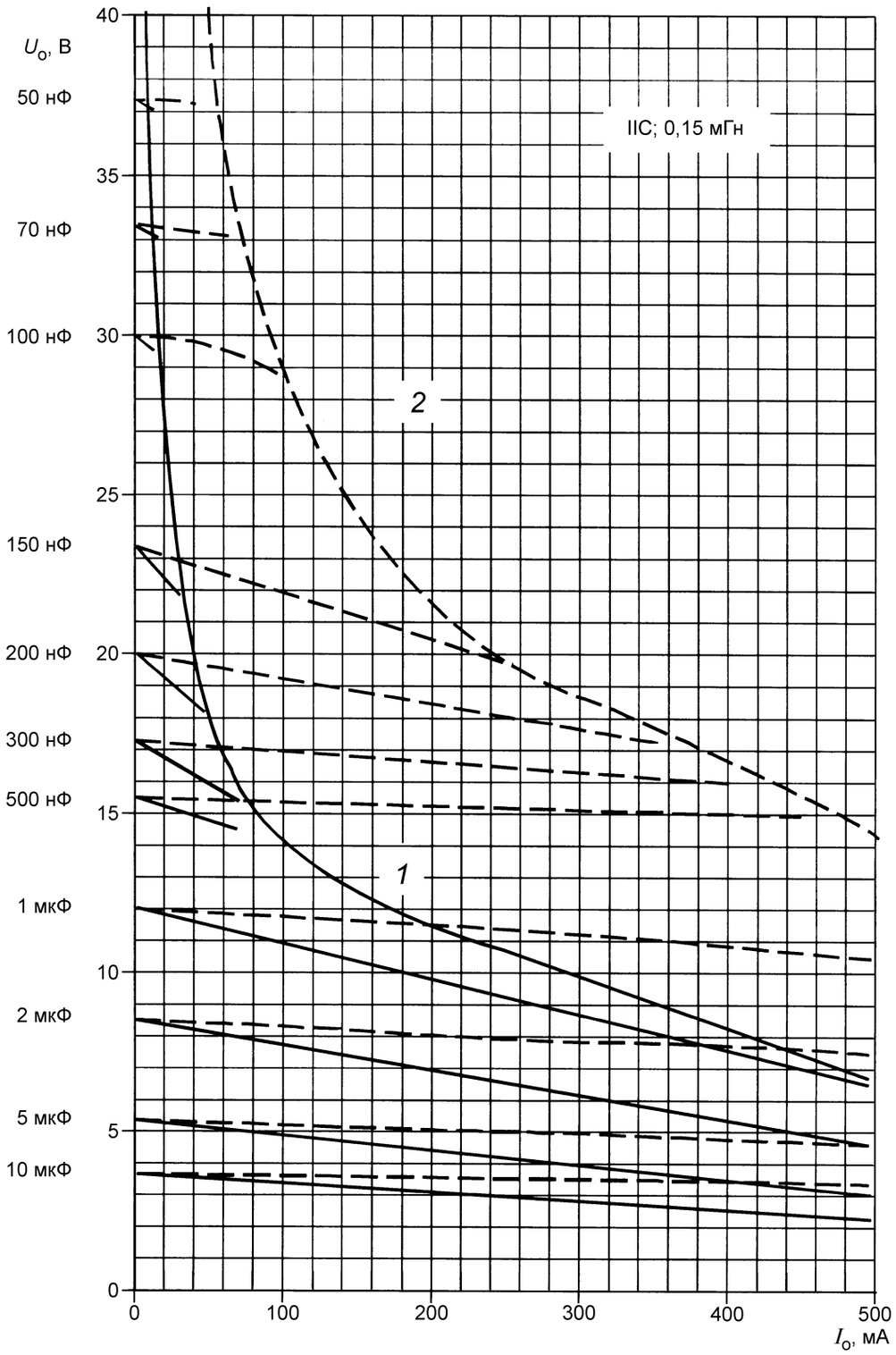
Правила установки, описанные в МЭК 60079-14, позволяют разработчику, монтажнику и оператору электрической установки в опасной зоне составлять такие комбинации под собственную ответственность, если осуществляется проверка расчетом или измерением безопасности соединения. Поскольку оператор обычно не имеет возможностей для проверки измерением (оператор не имеет необходимого оборудования), он может применять подходящую методику расчета. В МЭК 60079-14 представлена методика, которая может применяться только в отношении источников с чисто линейным внутренним сопротивлением, но даже это не позволяет во всех случаях получить безопасные конфигурации. Однако на практике часто встречаются источники с нелинейными характеристиками и до настоящего времени комбинацию таких источников было возможно составить только с помощью испытательной лаборатории.

В связи с этим был разработан метод, который позволяет оценить с помощью диаграмм безопасность комбинации сетей, включающих в себя линейные и нелинейные цепи. Описанная здесь методика применима к оборудованию подгрупп IIB и IIC для опасной зоны класса 1.

Основная часть методики — графическое суммирование значений выходных характеристик используемых искробезопасных источников. Результирующие характеристики затем вычерчиваются на соответствующей диаграмме, по которой можно оценить резистивные, индуктивные, емкостные и комбинированные цепи (то есть при одновременной индуктивной и емкостной нагрузке). Существенное преимущество этой методики заключается в том, что вся информация и предельные условия, относящиеся к данным по безопасности, могут быть взяты из одной диаграммы. Необходимый коэффициент безопасности 1,5 уже предусмотрен на диаграммах.

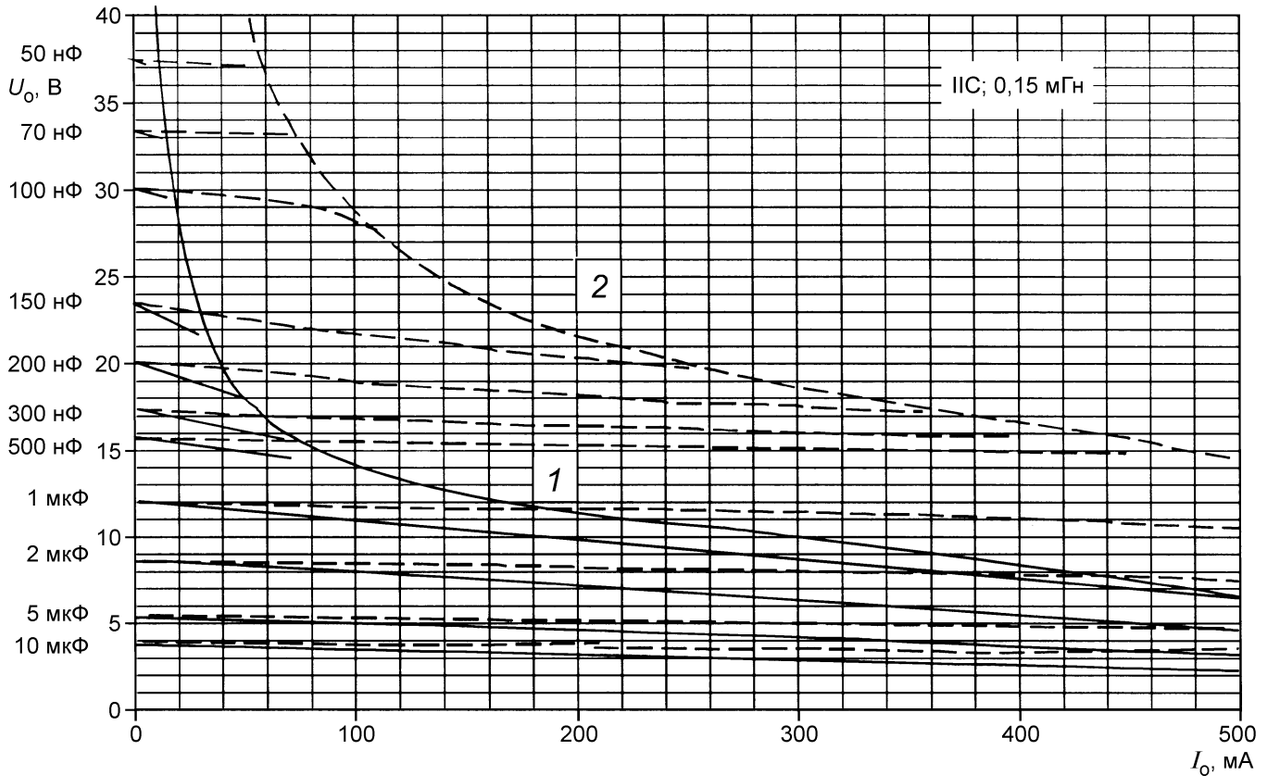
С.6 Диаграммы

Диаграмму на рисунке С.9 можно скопировать на прозрачную основу. Можно вычертить самостоятельно рассчитанные диаграммы для суммы значений напряжения и тока и наложить на разные предельные диаграммы (в обычном масштабе) для оценки. Ниже приведены предельные диаграммы в соответствии с таблицей С.2 в общем масштабе и в оптимизированном масштабе.



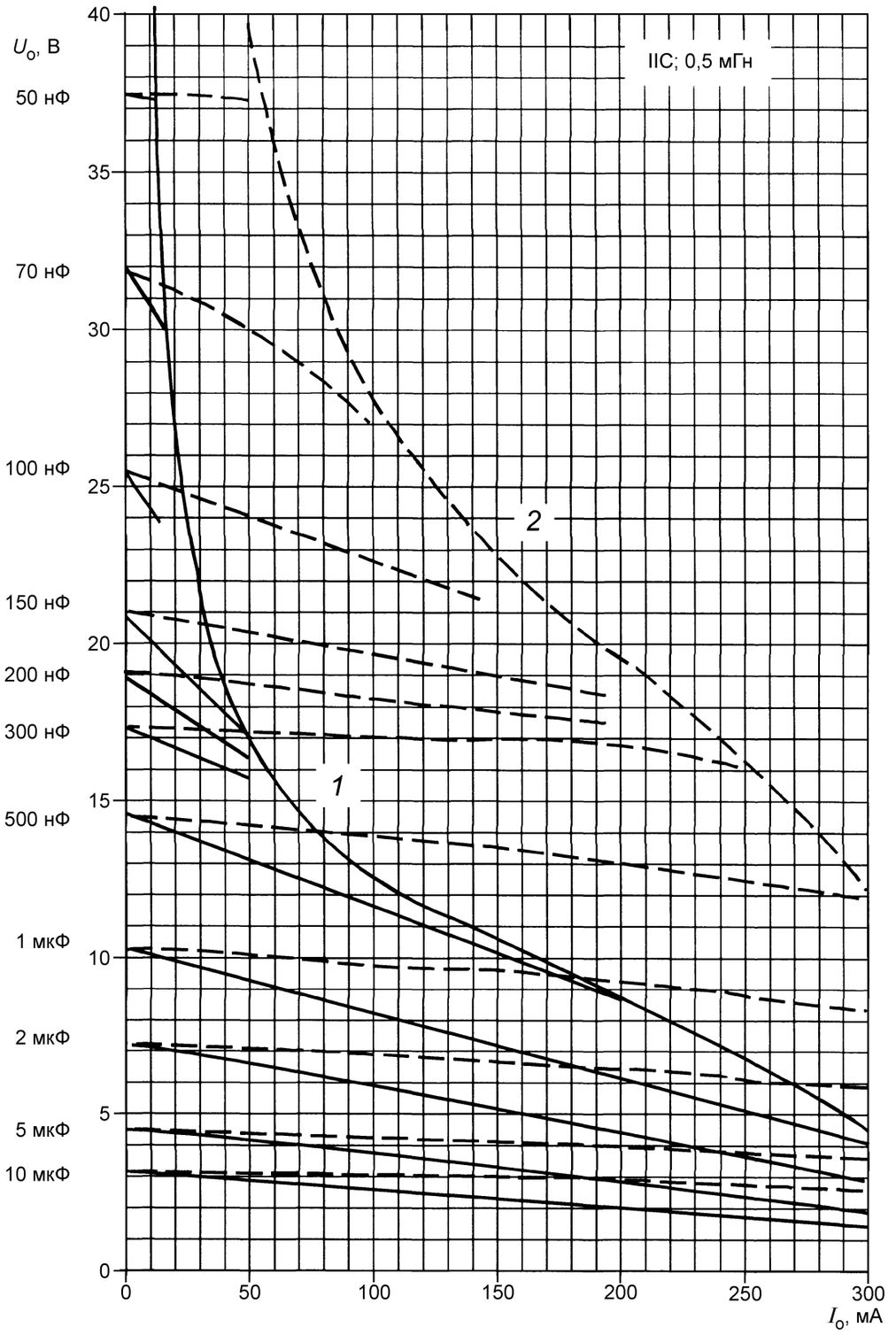
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

С.7а — Диаграмма для значения 0,15 мГн



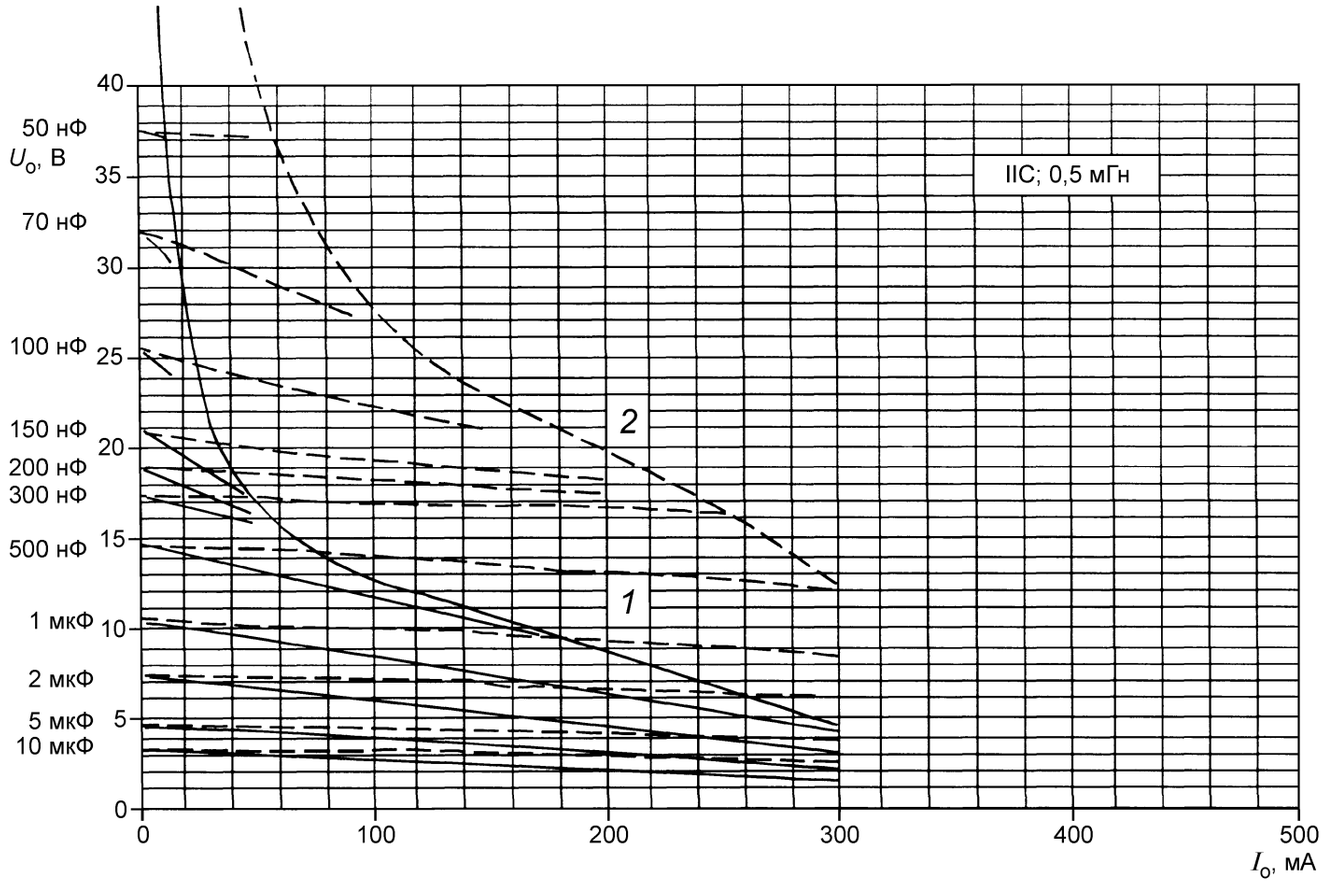
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.7а — Диаграмма для значения 0,15 мГн (продолжение)



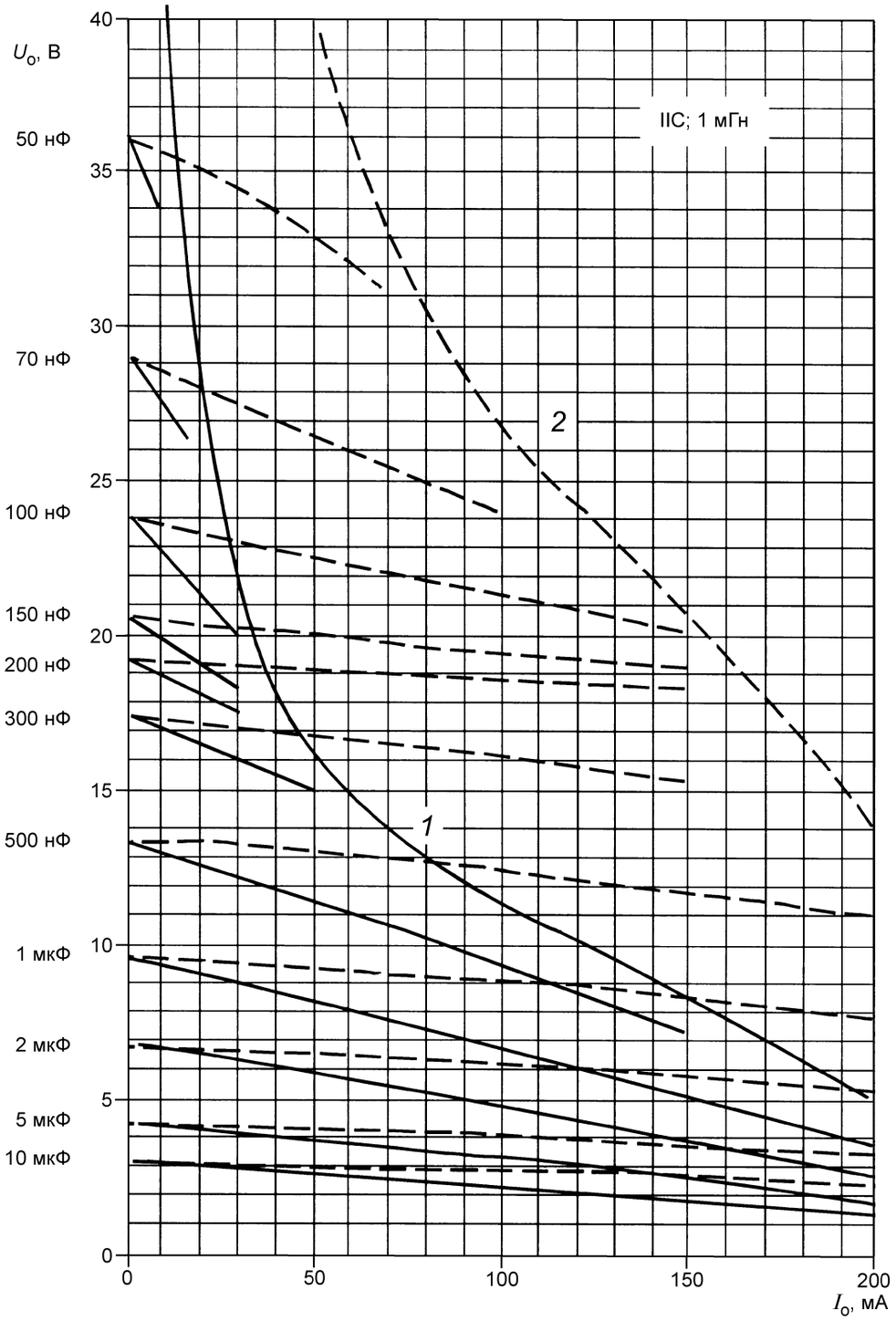
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

С.7b — Диаграмма для значения 0,5 мГн



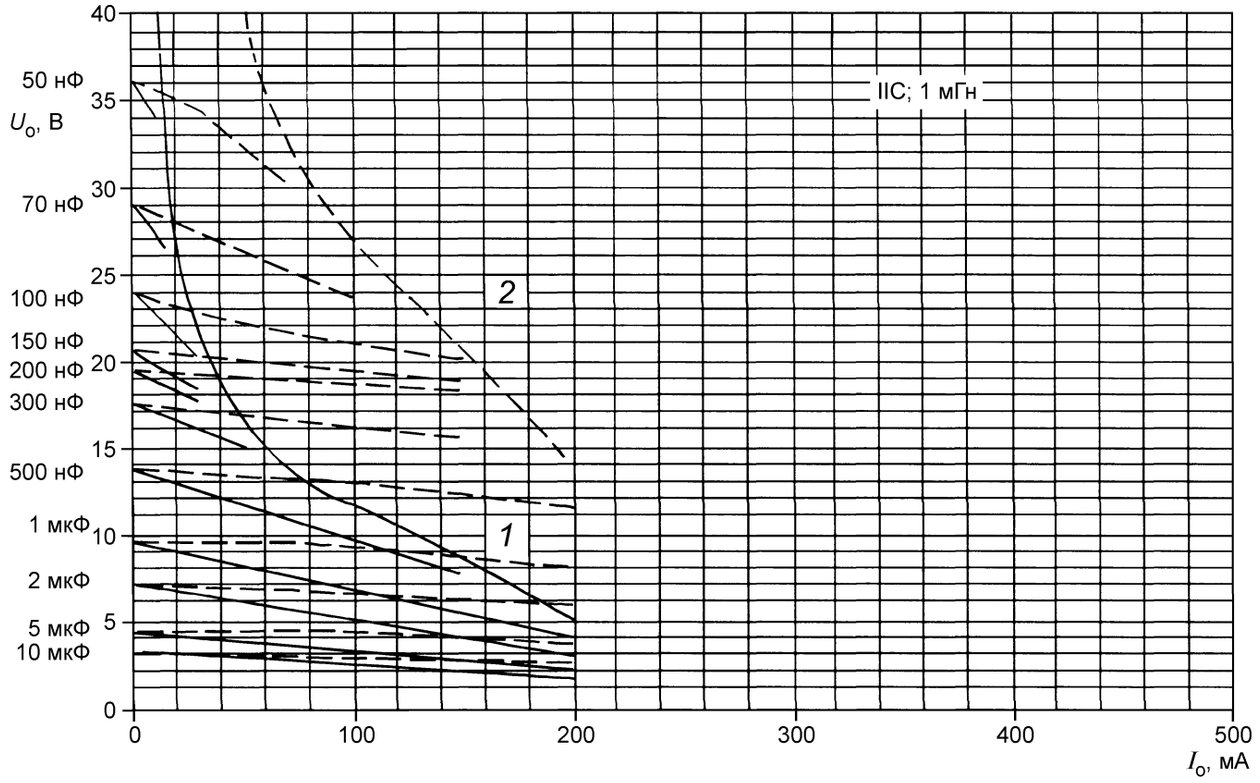
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.7b — Диаграмма для значения 0,5 мГн (продолжение)



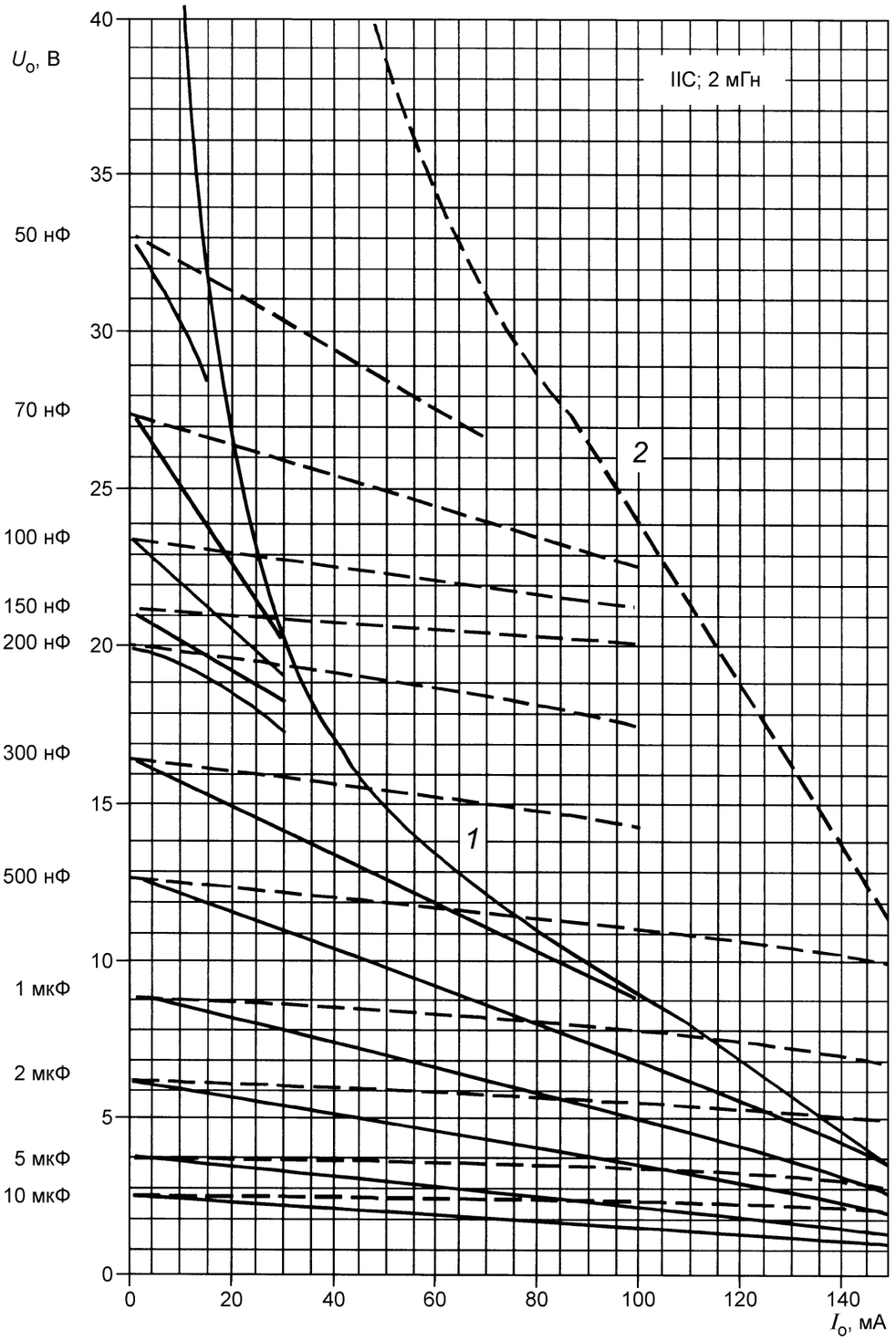
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

С.7с — Диаграмма для значения 1 мГн



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.7с — Диаграмма для значения 1 мГн (продолжение)



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.7d — Диаграмма для значения 2 мГн

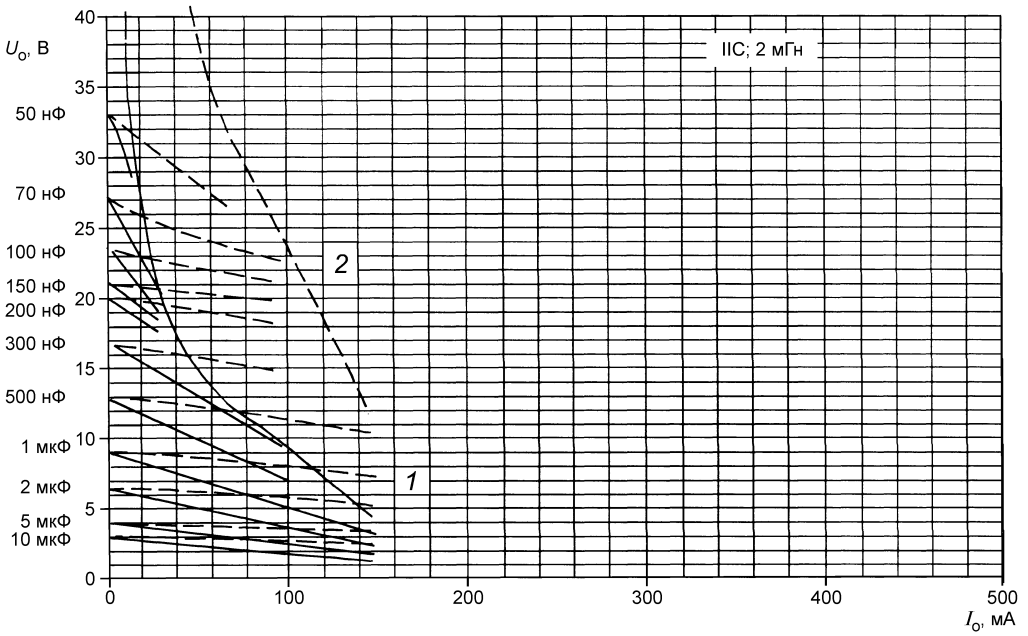
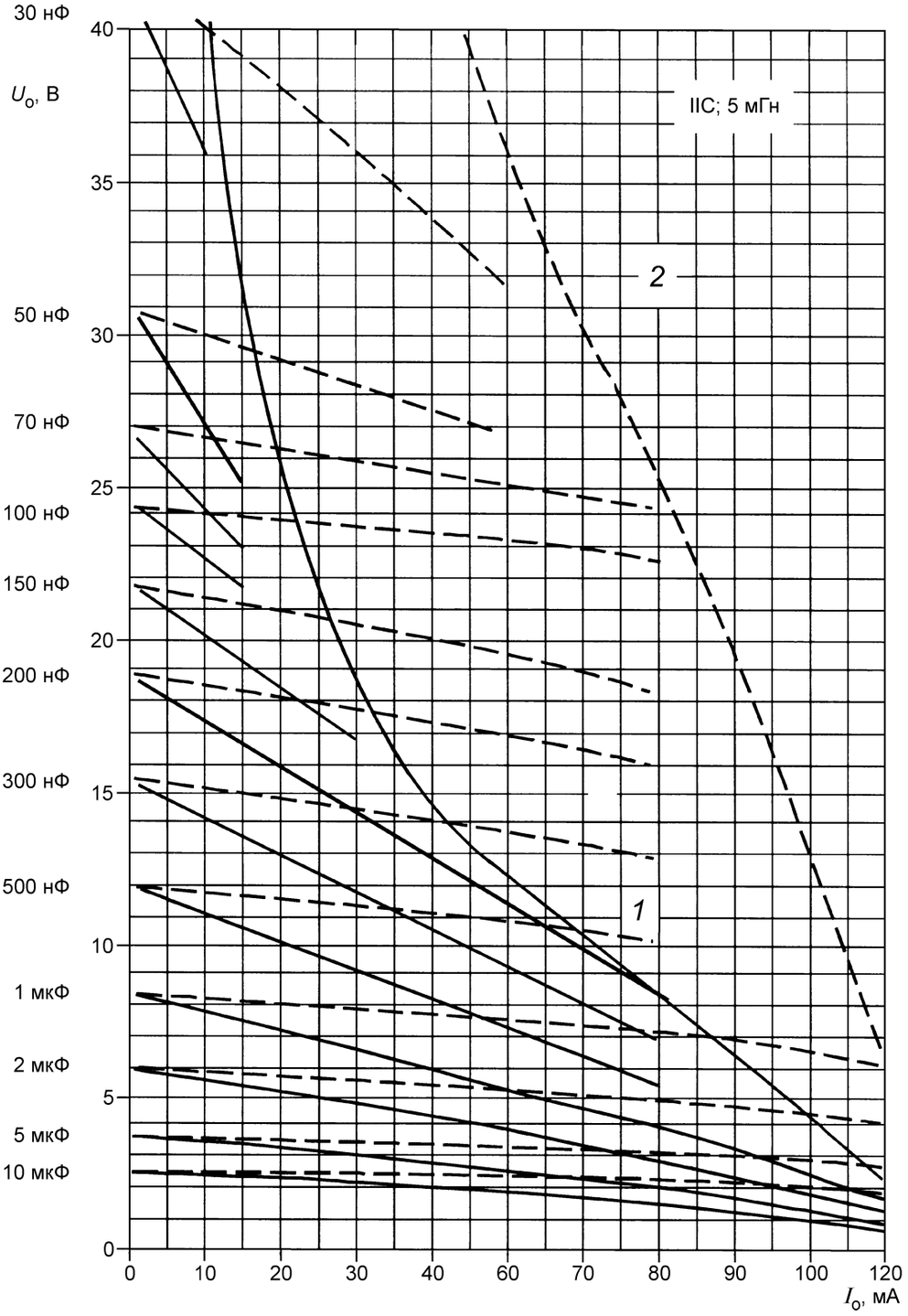
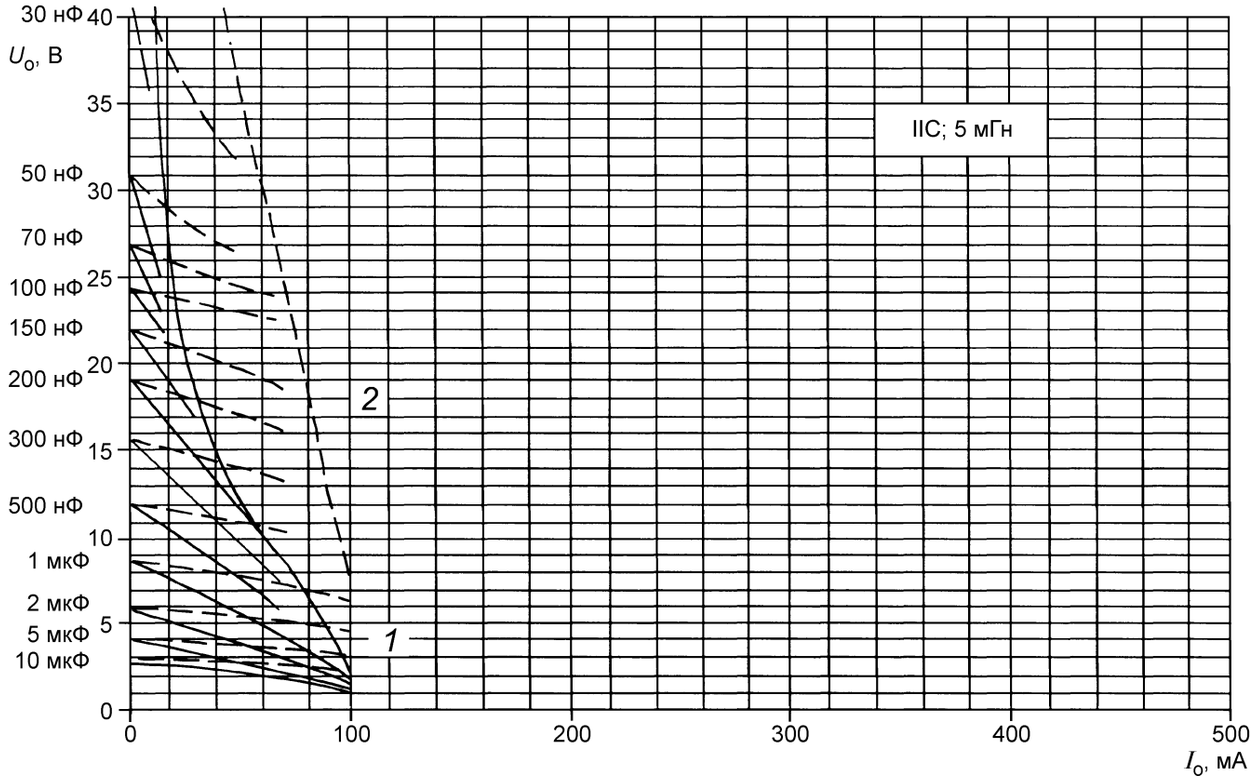


Рисунок С.7d — Диаграмма для значения 2 мГн (продолжение)



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

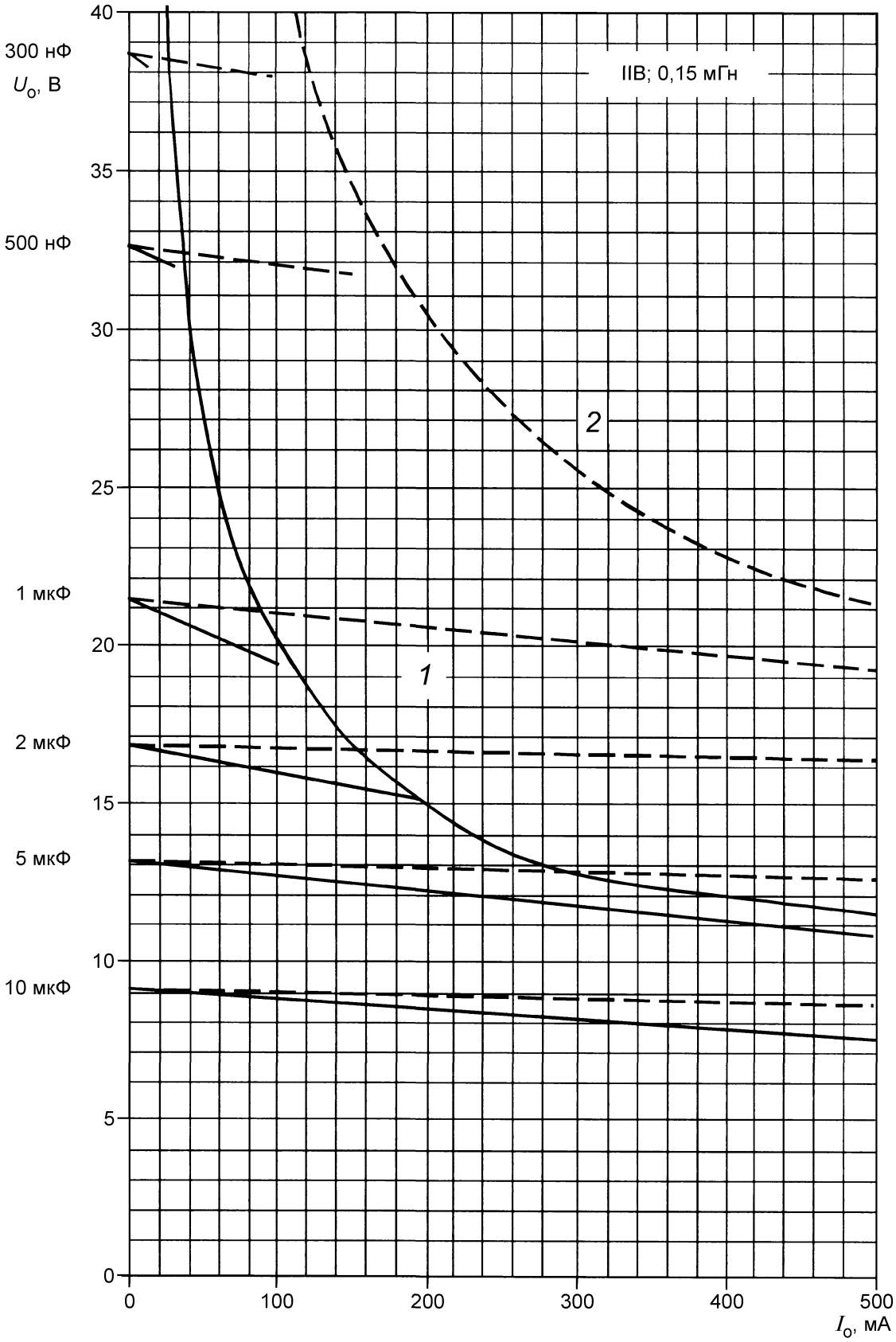
Рисунок С.7е — Диаграмма для значения 5 мГн



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

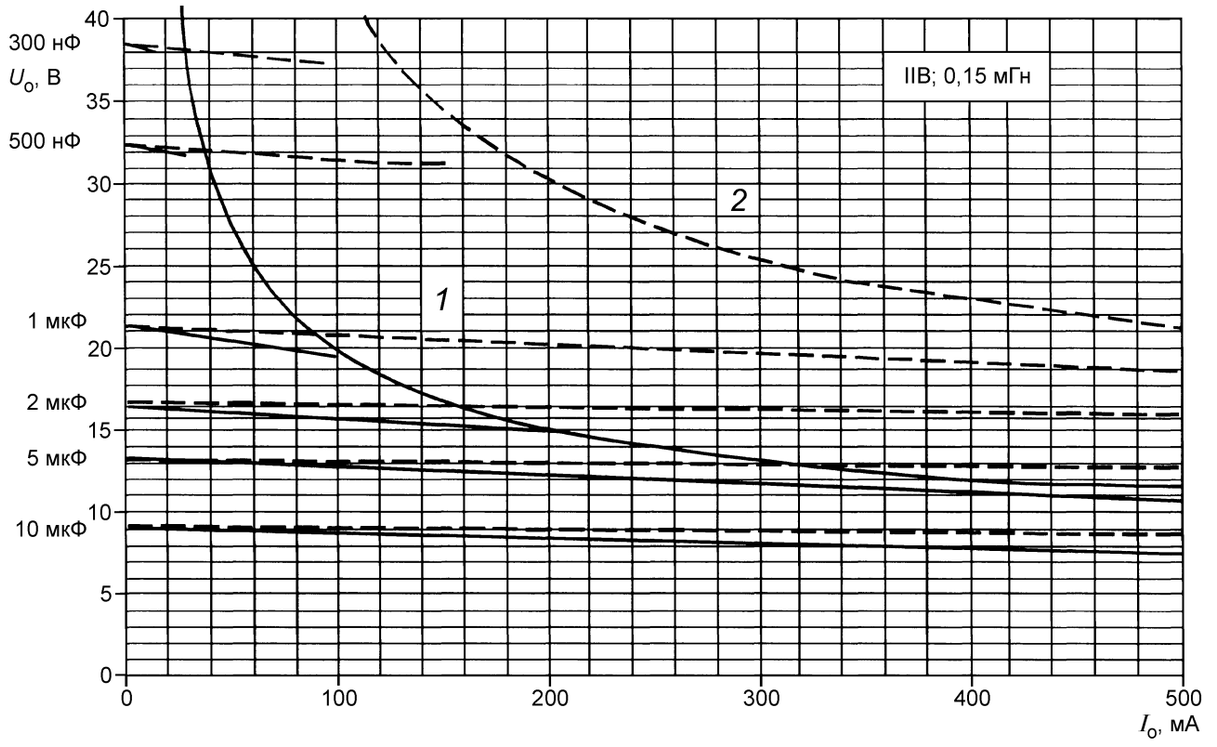
Рисунок С.7е — Диаграмма для значения 5 мГн (продолжение)

Рисунок С.7 — Диаграмма с предельными кривыми для характеристики универсального источника — подгруппа IIC



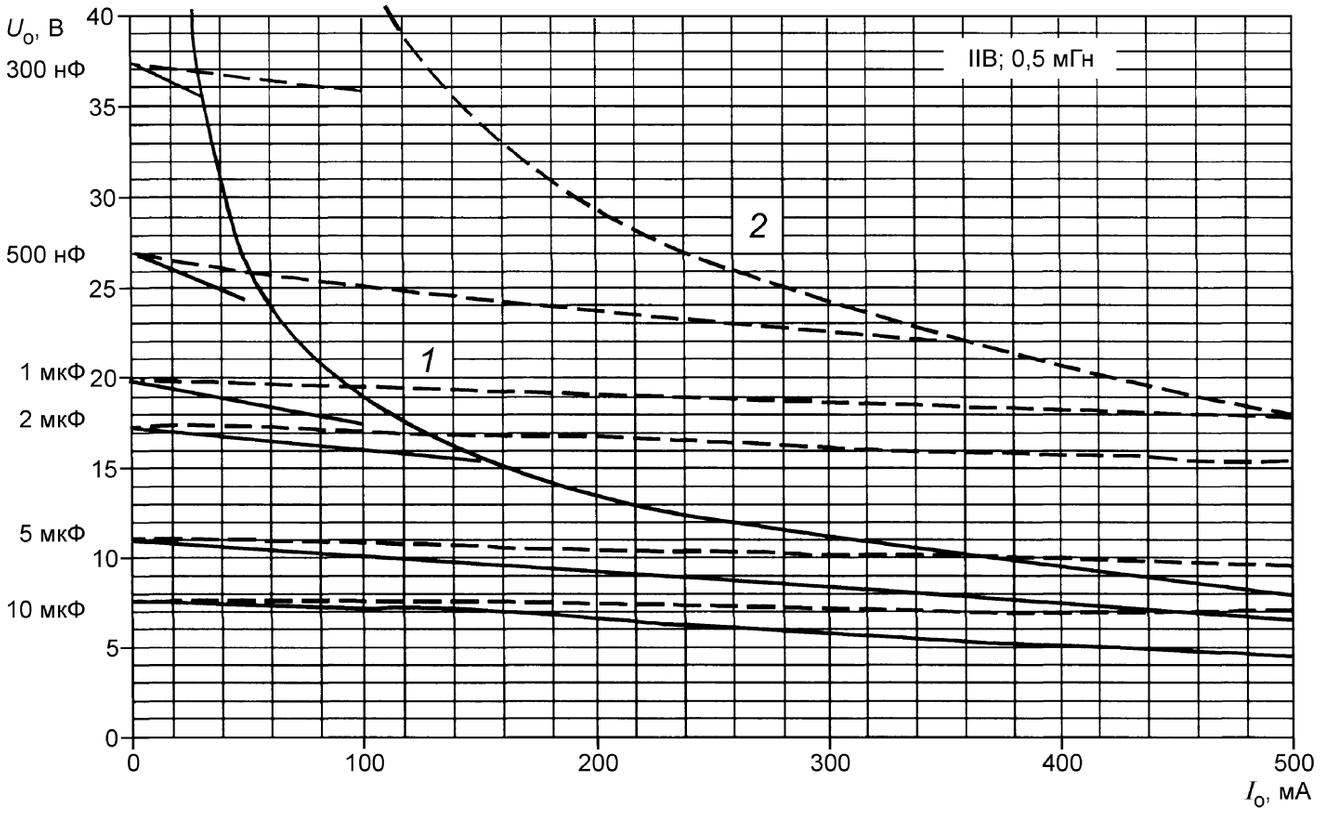
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8а — Диаграмма для значения 0,15 мГн



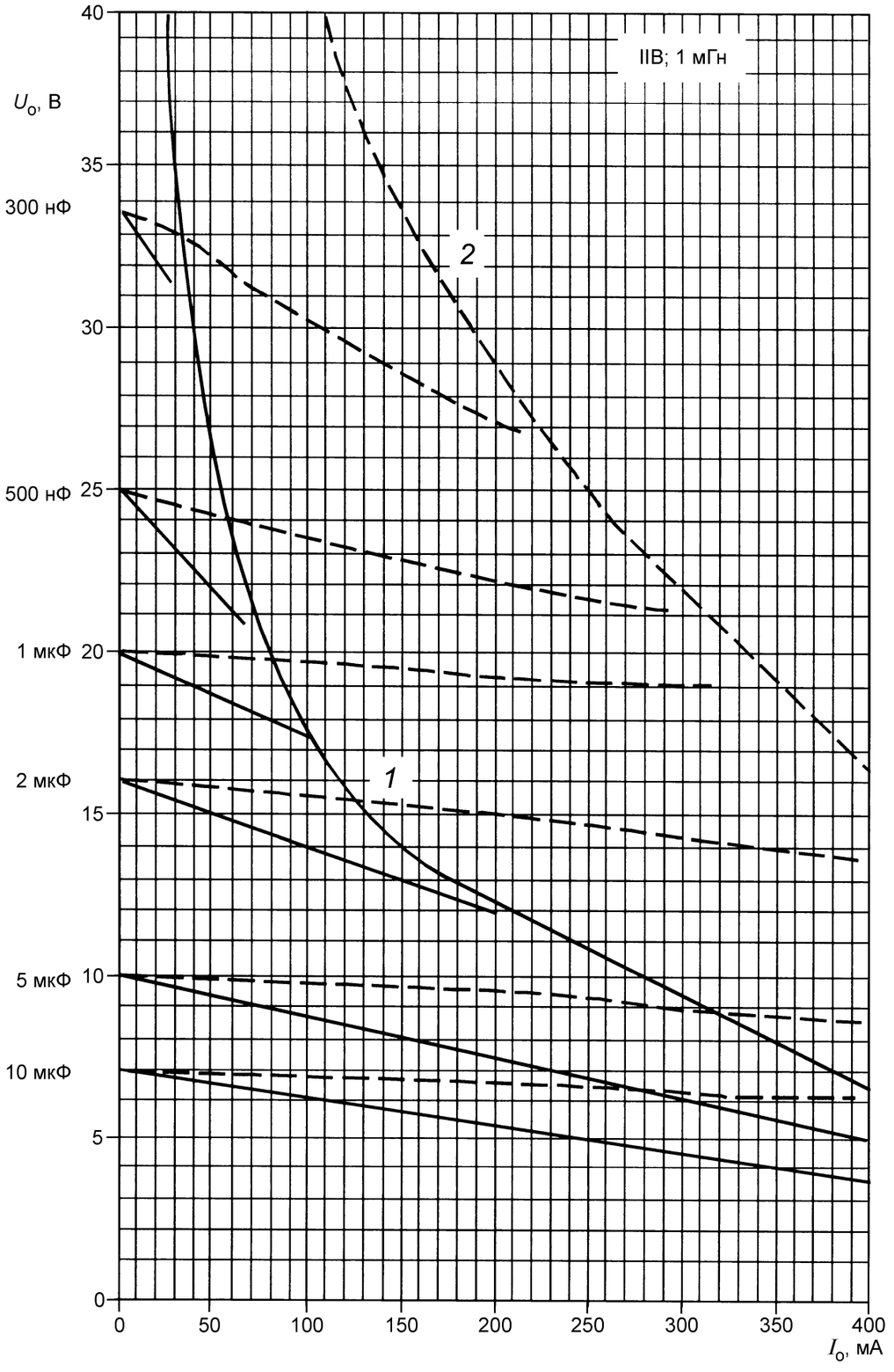
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8а — Диаграмма для значения 0,15 мГн (продолжение)



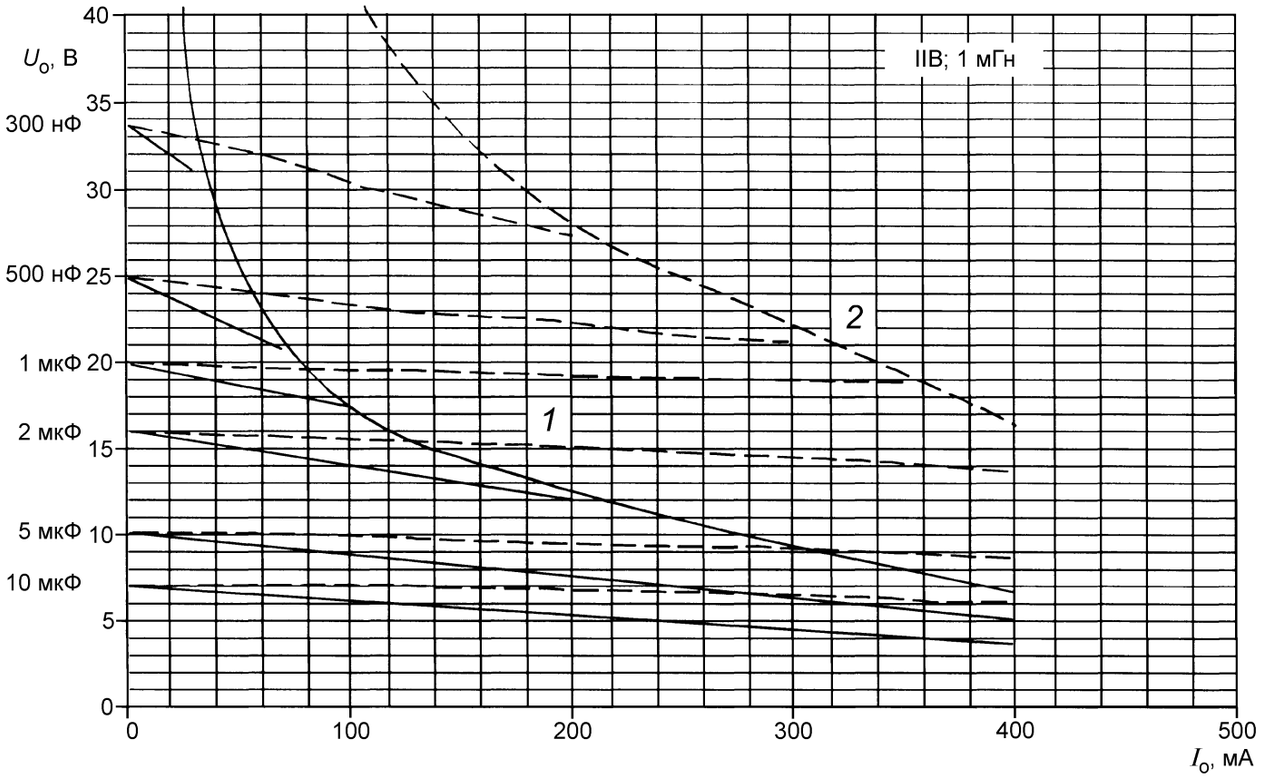
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8b — Диаграмма для значения 0,5 мГн (продолжение)



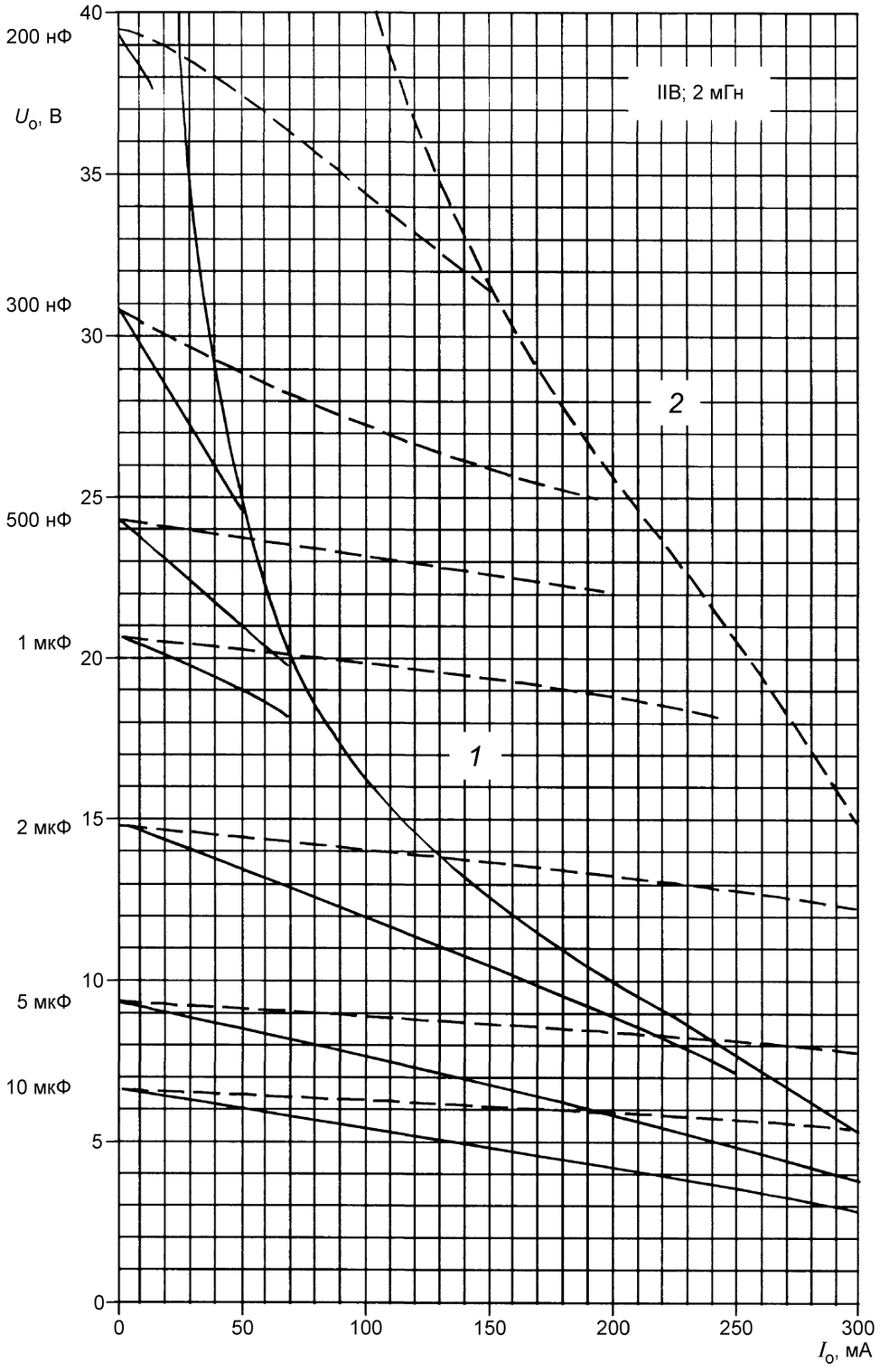
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8с — Диаграмма для значения 1 мГн



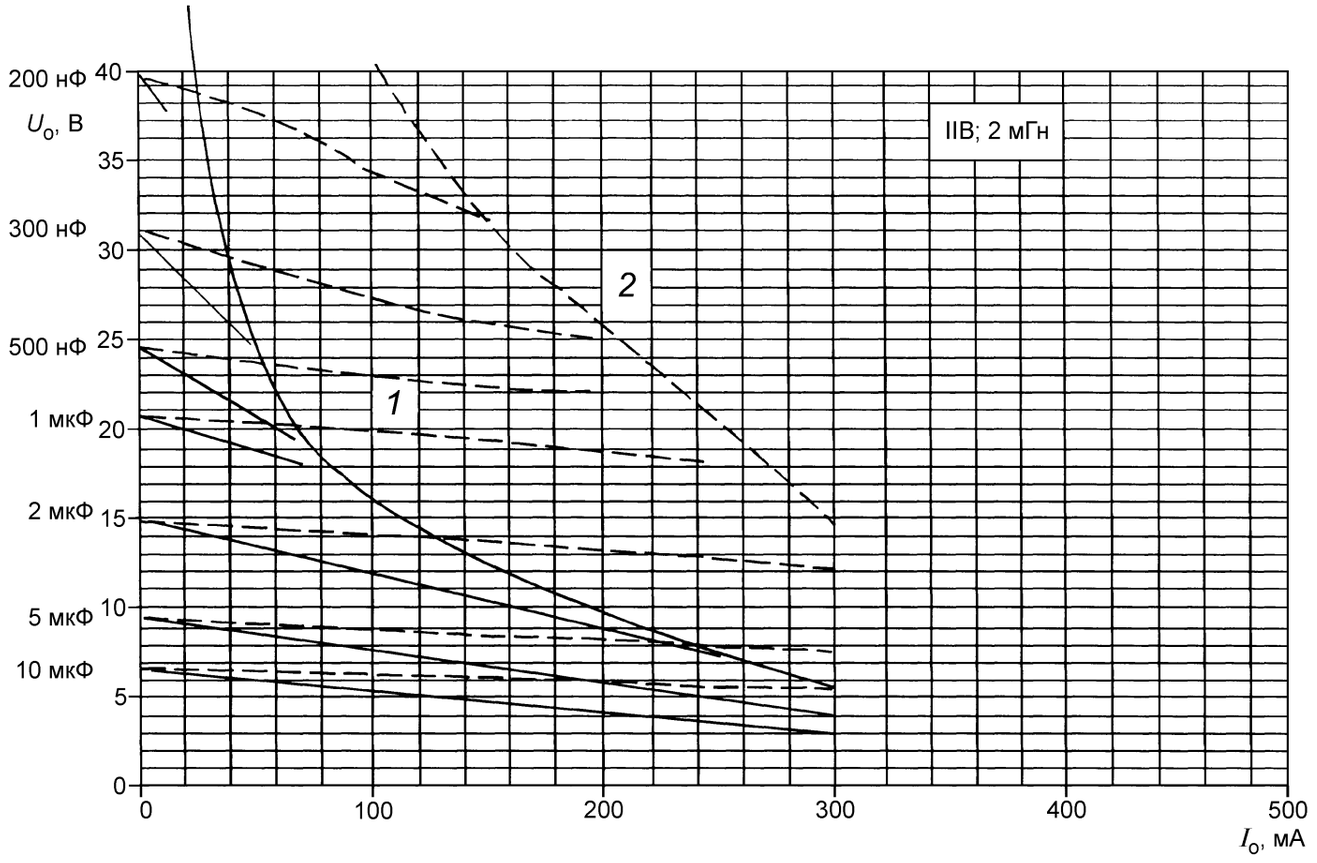
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8с — Диаграмма для значения 1 мГн (продолжение)



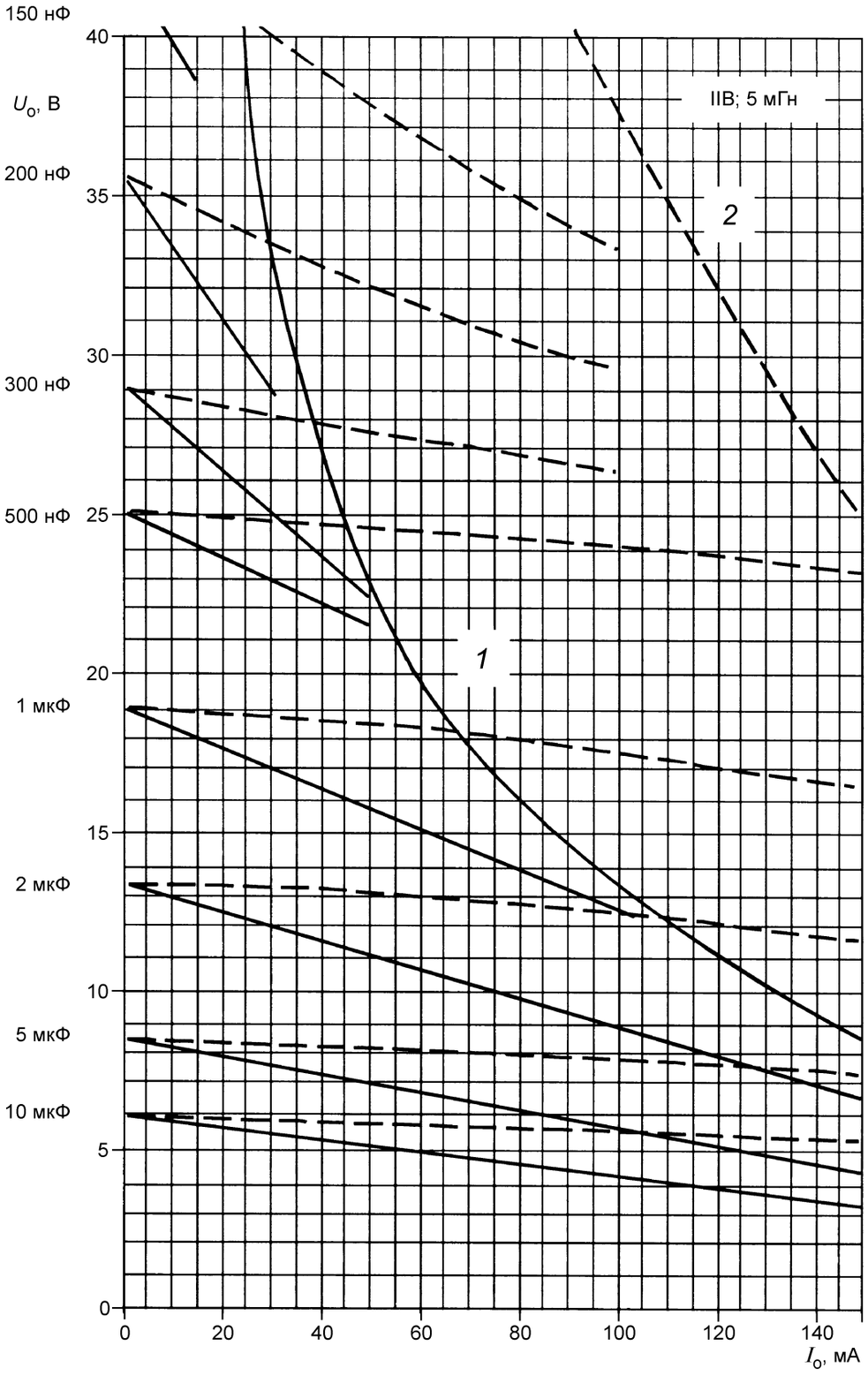
1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8d — Диаграмма для значения 2 мГн



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8d — Диаграмма для значения 2 мГн (продолжение)



1 — максимальная индуктивность для источника с прямоугольной характеристикой; *2* — максимальная индуктивность для источника с линейной характеристикой

Рисунок С.8е — Диаграмма для значения 5 мГн

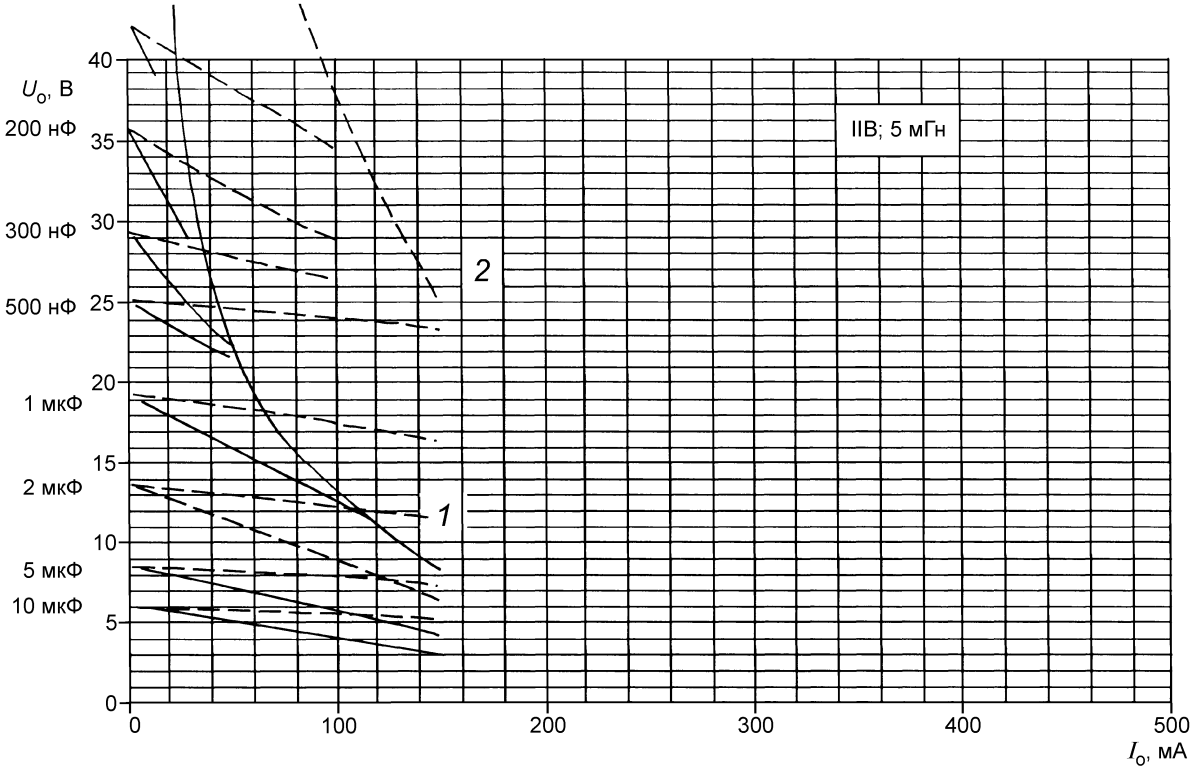


Рисунок С.8е — Диаграмма для значения 5 мГн (продолжение)

Рисунок С.8 — Диаграмма с предельными кривыми для характеристики универсального источника — подгруппа IIB

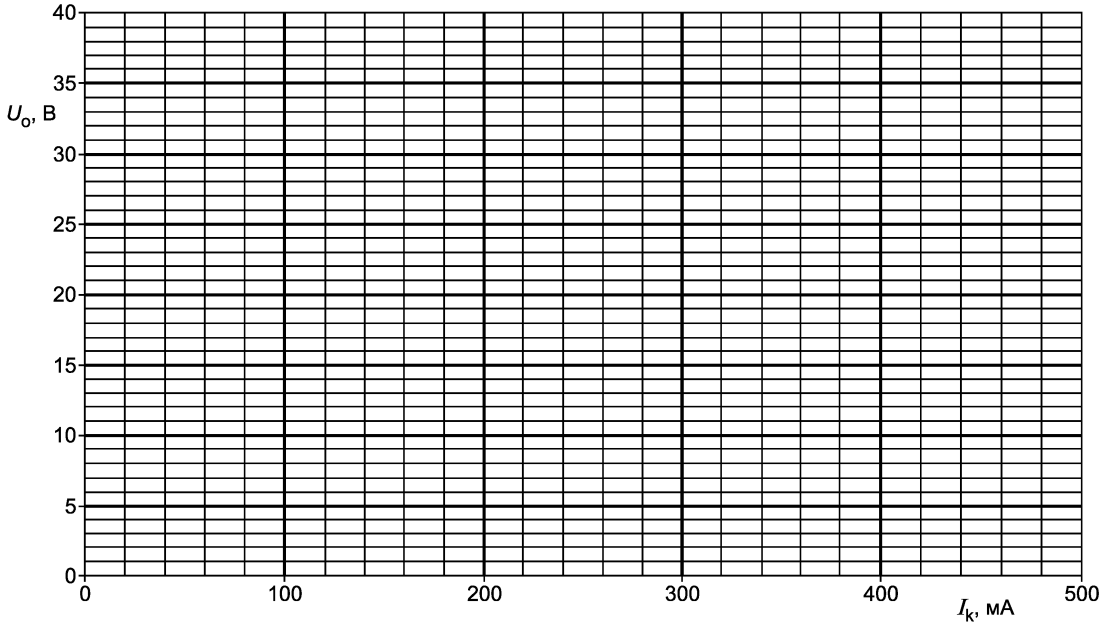


Рисунок С.9 — Копировальный шаблон для диаграмм универсальных источников

Приложение D
(обязательное)

Проверка параметров индуктивности

На рисунке D.1 представлена анализируемая система.

R_i — собственное сопротивление катушки индуктивности. Если сопротивление катушки индуктивности дополнено резистором, то этот резистор должен соответствовать требованиям к неповреждаемому резистору.

R_o — выходное сопротивление линейного источника питания, то есть U_o/I_o.

Если значение L_i меньше L_o, то в качестве допустимого значения индуктивности кабеля может быть принята разность этих двух значений, и система будет приемлемой.

Если значение L_i/R_i меньше допустимого значения L_o/R_o для источника питания, система приемлема и допустимым соотношением L/R для кабеля остается L_o/R_o.

Примечание — Если в источнике питания используется токоограничительный резистор самого малого номинала, допустимого согласно таблице А.1 из стандарта МЭК 60079-11, то допустимую индуктивность кабеля необходимо рассчитывать, обязательно принимая во внимание сопротивление кабеля и считая L_o равным нулю.

Если индуктивное оборудование не отвечает какому-либо из этих двух требований, необходимо провести более глубокий анализ следующим образом:

Определите значение тока, который протекает через катушку индуктивности. В цепи, приведенной для примера, — это $I = U_o/(R_o + R_i)$.

Умножьте это значение тока на 1,5 и, используя кривые индуктивности, приведенные в МЭК 60079-11, соответствующие данной группе оборудования, определите максимально допустимое значение индуктивности L_{max}.

Если значение L_{max} ниже, чем значение индуктивности катушки L_i, тогда цепь неприемлема.

Если значение L_{max} выше, чем L_i, тогда допустимое значение индуктивности кабеля L_c равно меньшему из двух значений ($L_{max} - L_i$) или L_o.

При необходимости максимальное соотношение индуктивности и сопротивления кабеля, который может быть подключен к системе (L_c/R_c), может быть вычислено по приведенной ниже формуле. Эта формула учитывает коэффициент безопасности 1,5 по току, и она не должна применяться, если C_i для выходных зажимов оборудования превышает 1 % C_o.

$$\frac{L_C}{R_C} = \frac{8eR + (64^2e^2R^2 - 72U_0^2eL)^{1/2}}{4{,}5U_0^2} \text{ мкГн/Ом},$$

где e — минимальная энергия воспламенения искрообразующего механизма, Дж. Она равна:

- оборудование группы I 525 мкДж
- оборудование подгруппы IIA 320 мкДж
- оборудование подгруппы IIB 160 мкДж
- оборудование подгруппы IIC 40 мкДж

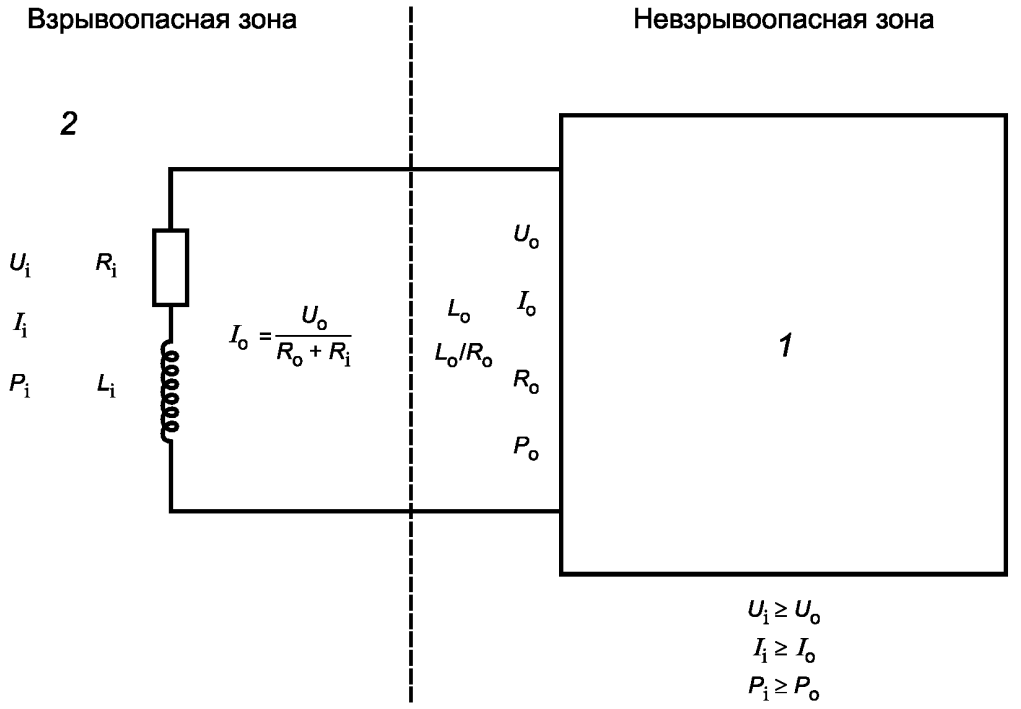
R — общее сопротивление цепи ($R_0 + R_i$), Ом;

U_o — максимальное напряжение разомкнутой цепи, В;

L — общая индуктивность цепи (L_i + внутренняя индуктивность источника питания), Гн.

Допустимое значение соотношения L_c/R_c для кабеля системы — меньшее из двух значений рассчитанного значения и значения соотношения L_o/R_o источника питания.

Примечание — При определении температурного класса такой катушки индуктивности принимают, что сопротивление катушки падает до значения, обеспечивающего максимальную передачу мощности.



1 — связанное оборудование; *2* — параметры индуктивности

Рисунок D.1 — Типичная индуктивная цепь

Приложение Е
(справочное)

Возможный формат схем в техническом описании системы и установочных чертежей

Назначение настоящего приложения пояснение информации, которая рассматривается как желательная при подготовке схем технического описания системы и установочных чертежей. Его целью не является продвижение специального формата для этих схем и рисунков или указание на то, что другие методы хранения информации менее эффективны. Пример был выбран специально вследствие его сложности и иллюстрирует почти все аспекты проектирования системы. В большинстве случаев условия применения значительно проще, чем указано, и включают один датчик и интерфейс.

Блок-схема содержит всю информацию, необходимую для подтверждения статуса системы и проведения оценки, описанной в приложениях А и В. Примечание о термометре сопротивления подтверждает, что это простое электрооборудование и его температурный класс определяется локальной температурой процесса. Неудовлетворительный результат испытания сопротивления изоляции напряжением 500 В означает соединение с землей в этой точке, и поэтому от гальванического разделения внутри датчика зависит, выполняются ли требования заземления только в одной точке.

Датчик — это сертифицированный прибор с указанными параметрами безопасности, определенными для входных соединений термометра сопротивления и выходов 4 — 20 мА. Входная емкость лишь незначительно изменяет допустимую емкость кабеля, допустимый диапазон температуры обеспечивает возможность монтажа датчика на разных частях установки.

Гальванически разделенный интерфейс имеет четко определенные выходные параметры, которые используют для определения допустимых параметров кабеля. Ограничивающий параметр кабеля — емкость кабеля 80 нФ, выделяют в примечании под номером документа. Для группы IIB дан альтернативный параметр, так как он может больше подходить для специального случая применения.

Установочный чертеж предназначен для приведения описательной схемы системы в соответствие с требованиями конкретной установки. Предполагается, что технику-монтажнику необходимо предоставить правильно спроектированную информацию для осуществления монтажа. Монтажнику потребуется описательная схема системы только в случае, если у него возникнут сомнения в соответствии установки требованиям. В установочном чертеже дополнительно показана соединительная коробка и определены конкретные кабели и сальники, которые необходимо использовать. В данном случае они соответствуют согласованным стандартам предприятия, удовлетворяющим соответствующим требованиям. Указан температурный класс термометра сопротивления и даны специальные инструкции по соединению кабельных экранов. Уровень информации на чертеже должен быть достаточным для проведения последующих проверок.

Обращаем внимание на то, что в настоящем приложении показан только один метод представления информации. Основное требование состоит в том, чтобы техническое описание системы содержало всю информацию, позволяющую собрать достаточно безопасную систему. Установочный документ должен содержать необходимую информацию, обеспечивающую безопасную установку конкретного варианта данной системы в конкретном месте.

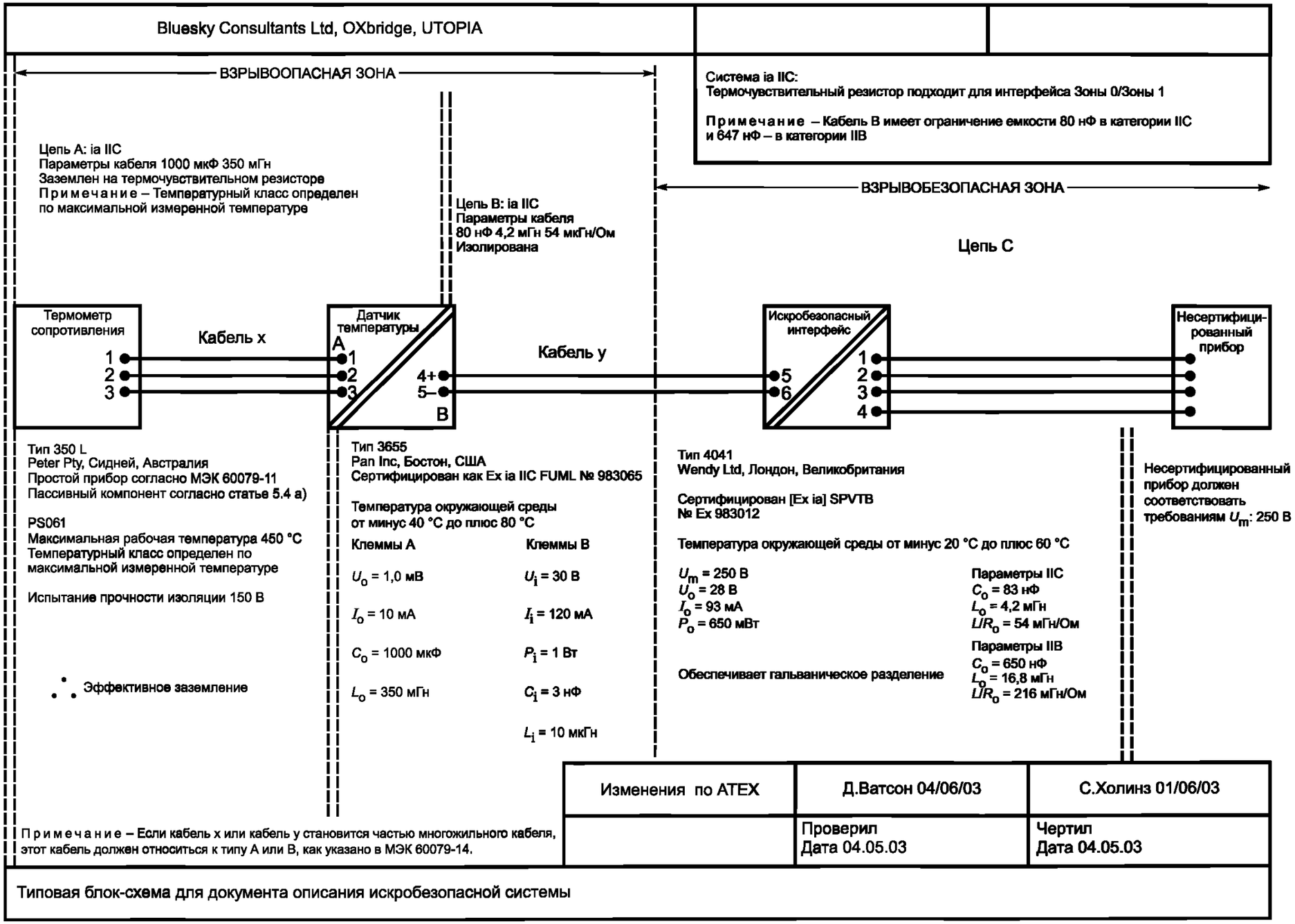


Рисунок Е.1 — Типовая блок-схема технического описания искробезопасной системы

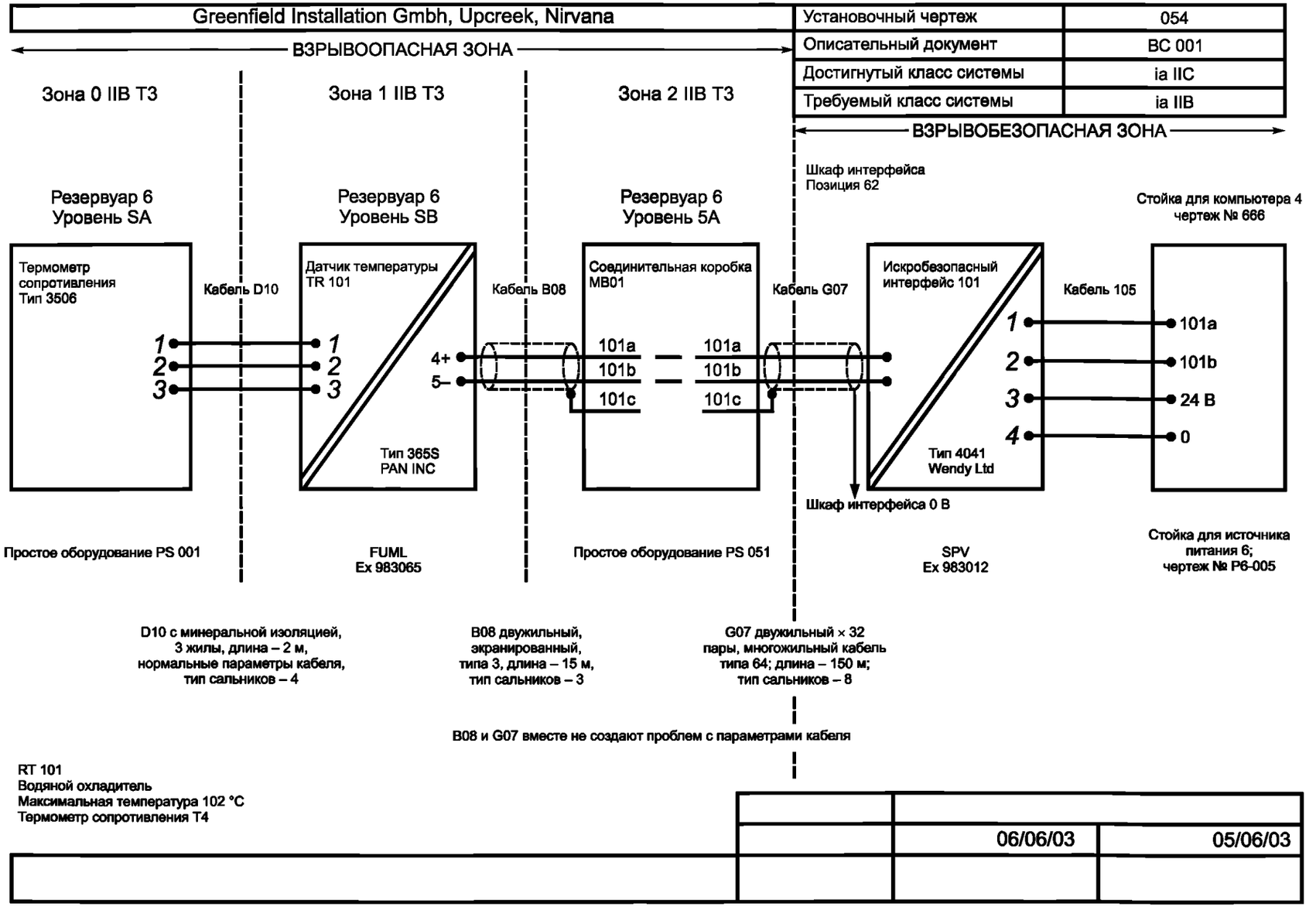


Рисунок Е.2 — Типовая схема соединений искробезопасной системы

Приложение F
(справочное)

Подавление перенапряжений в искробезопасной цепи

F.1 Введение

Настоящее приложение поясняет возможный вид защиты искробезопасной цепи от перенапряжений, вызываемых близким грозовым разрядом. Этот вид защиты применяется только в том случае, если оценка степени вероятности грозового разряда и последствий такого события показывает, что защита необходима. Пример иллюстрирует выполнение оценки; это не единственно возможное решение.

F.2 Защищаемая установка

На рисунке F.1 показана типовая установка, в которой нейтраль напрямую подсоединена к пластине заземления. Допускаются другие способы заземления. Датчик температуры входит в клетку Фарадея в резервуаре, содержащем легковоспламеняющееся вещество. Сопротивление чувствительного элемента преобразуется в ток от 4 до 20 мА преобразователем с внутренней изоляцией. Этот ток затем подается в сеть с компьютерным вводом через гальванический разъединитель. Комбинацию разъединителя, преобразователя и чувствительного элемента следует оценивать как искробезопасную систему, и именно эту систему оценивают в приложении Е.

F.3 Броски напряжения, вызываемые грозовым разрядом

Один из возможных сценариев таков: грозовой разряд попадает в резервуар в точке *X* и образующийся в результате ток распространяется через основание резервуара и эквипотенциальное соединение установки. Переходное напряжение (обычно — 60 кВ) появляется между верхней частью резервуара (*X*) и клеммой заземления компьютера «0» вольт (*Y*). Переходное напряжение вызовет пробой в гальванической развязке и изоляции преобразователя и может создать боковую вспышку в паровом пространстве резервуара с высокой вероятностью взрыва.

F.4 Профилактические меры

Ограничитель перенапряжения может быть установлен на резервуаре, чтобы защитить изоляцию датчика и, таким образом, предупредить появление разницы потенциалов внутри резервуара. Ограничитель перенапряжения соединяется с резервуаром, чтобы защитить клетку Фарадея. Многоэлементный ограничитель перенапряжения ограничивает изменение напряжения (60 В) до уровня, который может быть легко поглощен изоляцией датчика.

Второй разрядник для защиты от атмосферных перенапряжений необходим для предупреждения повреждений гальванической развязки и входных цепей компьютера. Этот разрядник обычно устанавливают во взрывобезопасной зоне и подключают, как указано. Перенапряжение общего вида на разъединителе не вызовет перегрузки изоляции в гальванической развязке.

Система не является искробезопасной при переходном напряжении, высокие значения тока и напряжения отсутствуют в наиболее опасных местах внутри резервуара и присутствуют в относительно безопасном месте нахождения соединительных кабелей.

Система не напрямую заземлена в двух точках, и во время переходного процесса уравнительный ток способен вызвать воспламенение. Однако в условиях нормальной работы непрямые заземления не являются токопроводящими, и требуется достаточно высокое напряжение (120 В) между заземляющими соединениями сетей защиты от атмосферных перенапряжений, чтобы появился значительный ток. Такое напряжение не должно существовать в течение продолжительного периода времени, поэтому сети достаточно безопасны.

F.5 Подтверждающая документация

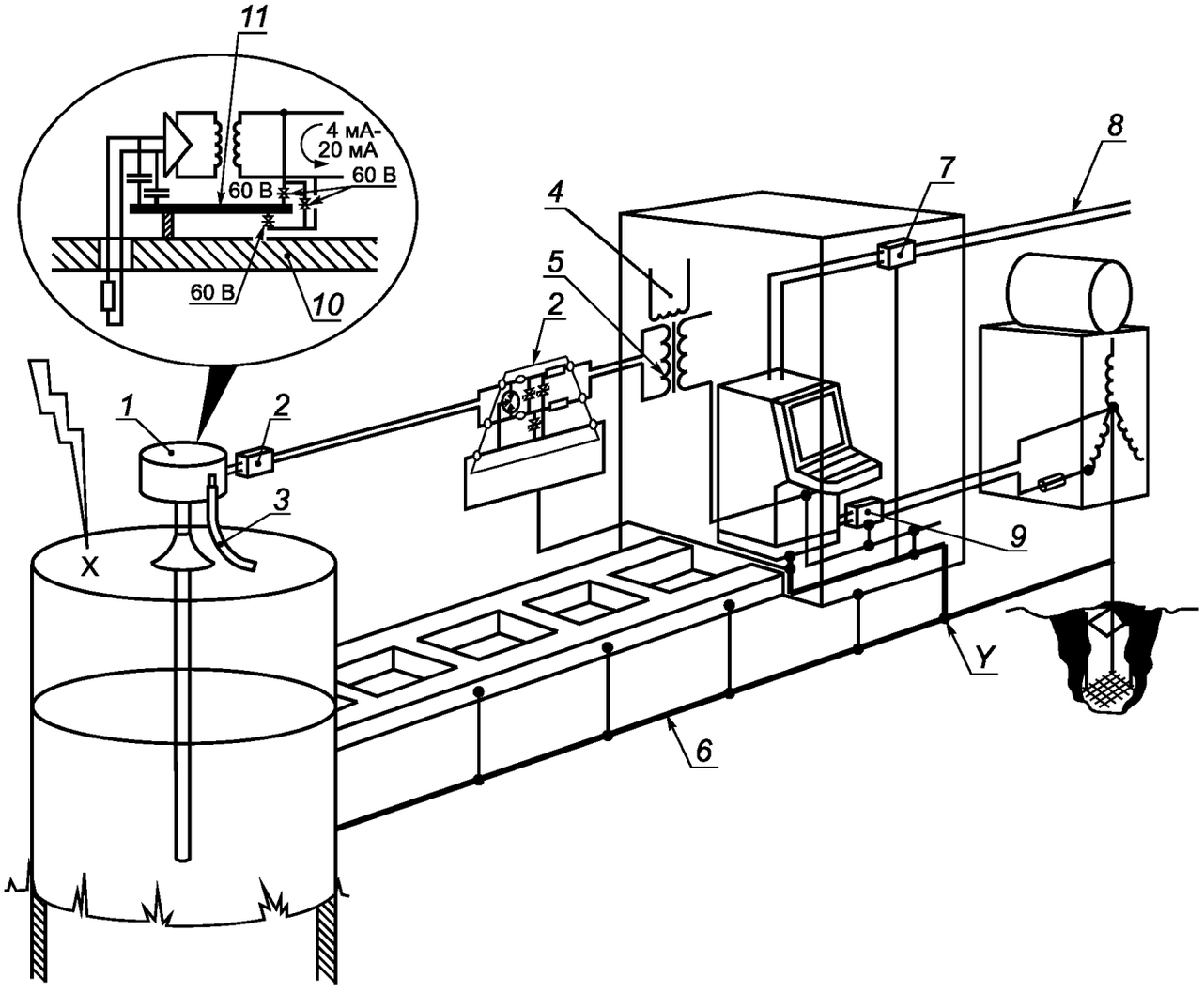
Необходимо внести изменения в техническое описание системы, чтобы оно включало в себя имеющиеся сети ограничения перенапряжения. Их действие в нормальных условиях работы должно быть проанализировано с учетом их соответствующих характеристик, которые могут включать небольшие значения емкости и индуктивности.

Необходимо учесть и оценить непрямое заземление в двух точках и представить параметр приемлемости.

F.6 Дополнительная защита

Там, где грозовые разряды считаются значительной проблемой, следует рассмотреть возможность установки ограничителя перенапряжений на сетевой источник питания системы контрольно-измерительных приборов. Всплески напряжения в сети могут нарушить гальваническую развязку источника питания или цепи сигнала управления. Некоторая степень защищенности заложена в требованиях о соответствии стандартам к электромагнитной совместимости, но этого недостаточно для большинства случаев перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами.

Подобным образом на других возможных путях попадания грозовых разрядов в систему должна быть поставлена защита от перенапряжений.



1 — преобразователь; *2* — ограничитель перенапряжений; *3* — заземляющая перемычка; *4* — сетевое питание; *5* — гальванический разъединитель; *6* — эквипотенциальное соединение; *7* — подавитель сигналов; *8* — канал передачи данных; *9* — сетевой фильтр-подавитель; *10* — обшивка резервуара; *11* — корпус прибора

X — верхняя часть резервуара; Y — клемма заземления компьютера «0» В

Рисунок F.1 — Требования к защите от перенапряжений в контуре прибора

Приложение G
(обязательное)

Испытание электрических параметров кабелей

G.1 Общие требования

В настоящем приложении приведен метод испытания электрических параметров кабелей, в том числе многожильных, предназначенных для применения в искробезопасных электрических системах.

G.2 Выполнение измерений

Индуктивность и емкость кабеля следует измерять с применением приборов частотой (1 ± 0,1) кГц и точностью ± 1 %. Сопротивление кабеля следует измерять приборами постоянного тока с точностью ± 1 %. Приемлемы результаты, полученные для представительного образца кабеля минимальной длиной 10 м. Измерения следует выполнять при температуре окружающей среды от 20 °С до 30 °С.

Примечание — Приборы для измерения индуктивности должны быть способны нормально выполнять измерение низкой индуктивности при значительном сопротивлении.

Когда это выполнимо, следует осуществлять измерения всех возможных комбинаций жил, которые могут возникнуть в результате размыкания или закорачивания раздельных концов кабелей. Максимальные измеренные значения емкости, индуктивности и отношения *L/R* следует использовать как параметры кабеля. При наличии большого числа жил измерения следует выполнять только на представительном образце комбинации жил, которая создаст самые высокие значения индуктивности и емкости.

Максимальную емкость кабеля следует определять при размыкании удаленного конца кабеля и измерении емкости комбинаций проводников и экранов, которые дают максимальную емкость. Например, если выполняют измерения в двухжильном экранированном кабеле, самое высокое значение, вероятно, будет определено между жилой, подсоединенной к экрану, и другой жилой. То, что это самое высокое значение емкости, следует подтвердить измерением другой комбинации жил и экрана.

Максимальную индуктивность следует определять, соединив вместе удаленные концы двух жил, разделенных наибольшим расстоянием. Сопротивление постоянного тока этой цепи является сопротивлением, используемым для расчета отношения *L/R* кабеля.

Если кабель слабо закреплен, минимум десятикратное сгибание и закручивание кабеля не должно вызывать изменения параметров кабеля более чем на 2 %.

При выполнении этих измерений не следует учитывать комбинацию повреждений, в результате которых отдельные проводники могут соединиться последовательно, значительно увеличив длину кабелей. При измерении емкости любые экраны или неиспользуемые жилы должны быть соединены вместе и подключены к одной стороне цепи, на которой выполняют измерения.

G.3 Многожильные кабели

Если проводники данной искробезопасной цепи или цепи с ограниченной энергией четко идентифицированы в многожильном кабеле, следует учитывать только параметры кабелей, относящиеся к этим проводникам.

G.3.1 Многожильные кабели типа А

Если все проводники в цепи защищены одним экраном, следует рассматривать только соединения между защищенными экраном проводниками и этим экраном. Если проводники защищены несколькими экранами, измерение следует осуществлять, используя все соответствующие проводники под соответствующим экраном.

G.3.2 Многожильные кабели типа В

Если проводники в конкретной цепи могут быть четко идентифицированы, измерение следует осуществлять только на этих проводниках. Если четкая идентификация проводников невозможна, следует рассмотреть все возможные комбинации проводников в данной искробезопасной цепи.

G.3.3 Многожильные кабели типа С

Измерения следует осуществлять на всех проводниках и экранах, связанных с искробезопасными системами, которые при соединении могут вызвать два коротких замыкания.

Если соответствующие проводники идентифицируются нечетко, испытание должно быть выполнено дополнительно на возможных комбинациях всех проводников и экранов, связанных с тремя соединенными цепями.

Приложение Н
(справочное)

Использование простого электрооборудования в искробезопасных системах

В стандарте по электрооборудованию (МЭК 60079-11) различают сложное электрооборудование, для которого необходима сертификация, и «простое электрооборудование», для которого сертификация не требуется. Цель заключается в том, чтобы допускать применение электрооборудования, которое не оказывает значительного воздействия на искробезопасность системы, без необходимости его сертификации «третьей стороной». Подразумевается, что можно доказать, что простое электрооборудование явно безопасно, не прибегая к применению остальных требований стандарта. Например, если для электрооборудования необходимы элементы ограничения тока или напряжения, то его не считают простым. На практике относительно легко определить, какие элементы являются простым электрооборудованием, на этапе проектирования системы. Если это определить нелегко, то электрооборудование не является простым.

Примечание — Хотя сертификация простого электрооборудования третьей стороной не является необходимой, довольно часто простое электрооборудование, используемое в больших количествах, сертифицируют. В этих случаях электрооборудование маркировано в соответствии с требованиями стандарта по электрооборудованию, но его следует использовать так же, как другое простое электрооборудование.

Стандарт по электрооборудованию вводит ограничения (1,5 В, 100 мА и 25 мВт) на электрические параметры, генерируемые простым электрооборудованием. Принято, что простое электрооборудование можно добавлять в искробезопасную систему без повторной оценки безопасности системы. Из этого следует, что любые ограничения в отношении простого электрооборудования относятся к комбинации всех единиц простого электрооборудования в системе. Например, в системе допускается применять одну — две термопары, но комбинация их большого числа в одной цепи средней температуры, возможно, не будет соответствовать требованиям.

Стандарт также допускает применение в простом электрооборудовании емкостных и индуктивных элементов, при условии, что эти элементы учтены при оценке системы. Нечасто используют дроссели или конденсаторы большого размера, но принцип простого электрооборудования не допускает использования малых радиочастотных развязывающих элементов без последующей оценки системы. Полезный практический метод заключается в обеспечении того, чтобы общие емкость и индуктивность, добавленные к системе, были менее 1 % соответствующих выходных параметров источника питания, и тогда их действие допускается не учитывать. Если добавленные емкость и индуктивность вместе с любой другой сосредоточенной емкостью цепи составляют более 1 % указанных выходных параметров источника питания, то допустимые выходные параметры необходимо уменьшить в два раза в соответствии с приложением А.

Необходимо также определить температурный класс простого электрооборудования, если оно предназначено для применения во взрывоопасной зоне. Стандарт по электрооборудованию допускает температурный класс Т6 для переключателей, патронов, штепселей и зажимов при использовании в искробезопасной цепи в пределах своих номинальных характеристик и при максимальной температуре окружающей среды 40 °С. На практике нелегко спроектировать систему для использования в газовой среде, требующей применения электрооборудования температурного класса Т6 (85 °С), и обычно достигают уровня Т4 (135 °С). Единственный газ, приведенный в эксплуатационных документах, требующий применения электрооборудования температурного класса Т6, это сероуглерод (CS_2). Поэтому температурный класс Т4 обычно соответствует требованиям. Простое электрооборудование температурного класса Т4 (с площадью поверхности не менее 20 мм^2) обычно соответствует входной мощности не более 1,3 Вт при максимальной температуре окружающей среды 40 °С. Значения мощности при более высокой температуре окружающей среды составляют 1,2 Вт при 60 °С и 1 Вт при 80 °С. Если это правило неприменимо, то возможную максимальную температуру поверхности следует измерить или оценить. Если по какой-либо причине не очевидно, что максимальная температура поверхности значительно ниже 135 °С (например 100 °С), то электрооборудование, вероятно, не является простым.

Обычно простое электрооборудование изолировано от земли и не вызывает проблем. Оно должно выдерживать напряжение испытания изоляции 500 В в соответствии со стандартом по электрооборудованию. Если этот уровень изоляции не обеспечен, то простое электрооборудование добавляет заземление в систему, и это необходимо учитывать при проектировании системы.

Н.1 Использование оборудования с входными параметрами простого электрооборудования

Другая цель раздела о применении простого электрооборудования — допускать добавление к искробезопасной цепи сертифицированного электрооборудования с входными параметрами простого электрооборудования при внесении незначительных изменений в документацию. Наиболее часто этот метод применяется в отношении испытательного оборудования, индикаторов или усилителей расцепляющих катушек.

Если несколько единиц электрооборудования с выходными характеристиками простого электрооборудования включены в цепь, необходимо принять меры, чтобы допустимые параметры простого электрооборудования не

были превышены. Иногда можно воспользоваться тем, что выходное напряжение появляется только в условиях неисправности и допускается учитывать повреждение для системы в целом. Например, если в цепи используют несколько единиц простого электрооборудования, то можно утверждать, что только одна единица электрооборудования будет повреждена в любое время, и поэтому следует учитывать только наиболее неблагоприятный набор выходных параметров. Такое утверждение приемлемо для систем «ib», но должно быть документально обосновано. Чтобы такое утверждение было правомерным для «ia» систем, необходимо знать, как получены выходные параметры. Эта информация не является легко доступной, поэтому данный метод обычно не применяют к искробезопасным системам «ia». Если известно, что контактные зажимы электрооборудования в нормальном режиме работы (что часто имеет место) чисто резистивные, то любое число этих устройств допускается включать в состав системы «ic».

Приложение I
(обязательное)

Системы FISCO

I.1 Общие требования

В настоящем приложении содержится подробная информация о проектировании систем, в которых применяется концепция искробезопасной системы полевой шины (FISCO), основанная на принципах систем с манчестерским кодированием и питанием от шины в соответствии с МЭК 61158-2, стандартом физического уровня по установкам с полевой шиной.

Требования к системам FISCO установлены настоящим стандартом, кроме тех случаев, когда они изменены в настоящем приложении.

Примечание 1 — На некоторое электрооборудование, сертифицированное до опубликования настоящего стандарта, но не обязательно соответствующее требованиям к электрическим параметрам настоящего стандарта, допускается наносить надпись «Пригодно для систем FISCO». Это электрооборудование допускается использовать в системе FISCO, если сравнение электрических параметров U_o, I_o, P_o с U_i, I_i, P_i показывает совместимость с остальной системой, и все остальные требования настоящего стандарта выполнены.

Примечание 2 — Типичная система представлена на рисунке I.1.

Примечание 3 — Обычно системы FISCO уровня «ic» предназначены для применения в зонах класса 2. Системы FISCO в основном предназначены для применения в зонах класса 1 и 2, но допускается их нахождение в зоне класса 0, если это специально оговорено в технических документах.

I.2 Требования к системе

I.2.1 Общие положения

Система обычно имеет вид, как показано на рисунке I.1.

Параметры кабеля, используемого в системе:

- сопротивление R_C — от 15 до 150 Ом/км;
- индуктивность L_C — от 0,4 до 1 мГн/км;
- емкость C_C — от 45 до 200 нФ/км;
- максимальная длина каждого ответвительного кабеля — 60 м для электрооборудования всех групп;
- максимальная длина каждого магистрального кабеля, включая длину всех ответвительных кабелей — 1 км для электрооборудования группы IIC и 5 км — для электрооборудования групп I, IIB и IIC.

Если используется кабель, соответствующий настоящему приложению, нет необходимости рассматривать остальные параметры кабеля.

Примечание 1 — За исключением редких случаев, системы FISCO допускается использовать только в многожильных кабелях типа A или B.

Если система включает в себя

- один источник питания,
- любое число полевых устройств — всего до 32,
- и два оконечных согласующих устройства, полностью соответствующих требованиям настоящего стандарта, в сочетании с кабелем, соответствующим приведенной выше спецификации, то эта система должна считаться достаточно безопасной.

Все электрооборудование, используемое в системе FISCO, должно быть одной группы I, II или III в соответствии с назначением систем.

Система должна быть отнесена к уровню «ia», «ib» и «ic» по наиболее низкому уровню электрооборудования, используемого в системе. В документации по безопасности должен быть указан установленный уровень.

Подсистемы в системе могут относиться к разным уровням, если это обосновано оценкой и записано в технической документации. Например, от магистрального кабеля уровня «ib» допускается создавать ответвление уровня «ia» с применением сертифицированного интерфейса.

Оконечное(ые) устройство(а) должно(ы) находиться на конце(ах) магистрального кабеля. Источник питания должен находиться не более чем в 60 м от одного конца магистрального кабеля. Если источник питания подключен через ответвительный кабель, то длина этого кабеля должна быть не более 60 м.

Примечание 2 — Число полевых устройств, которое допускается подключать к ответвительному кабелю, определено эксплуатационными требованиями и требованием настоящего приложения, которое ограничивает число полевых устройств в системе максимум до 32.

Соединительные устройства и/или выключатели допускается добавлять в систему без изменения оценки безопасности. Другие типы простого электрооборудования, соответствующего МЭК 60079-11, допускается подключать к системе FISCO при условии, что общая индуктивность и емкость каждого простого электрооборудования не более 10 мкГн и 5 нФ, соответственно, и общее число единиц простого электрооборудования и полевых устройств не более 32.

Минимальный объем технической документации должен включать в себя перечень взрывозащищенного электрооборудования и техническую документацию ко всему взрывозащищенному электрооборудованию. Документация должна четко определять уровень каждой части системы.

Для систем группы II техническая группа источника питания определяет техническую группу системы.

Температурный класс или максимальная температура поверхности, по обстоятельствам, каждого устройства должны быть определены и зафиксированы в документации. Также необходимо подтвердить, что максимальная допустимая температура окружающей среды каждой единицы оборудования соответствует ее предполагаемому местонахождению.

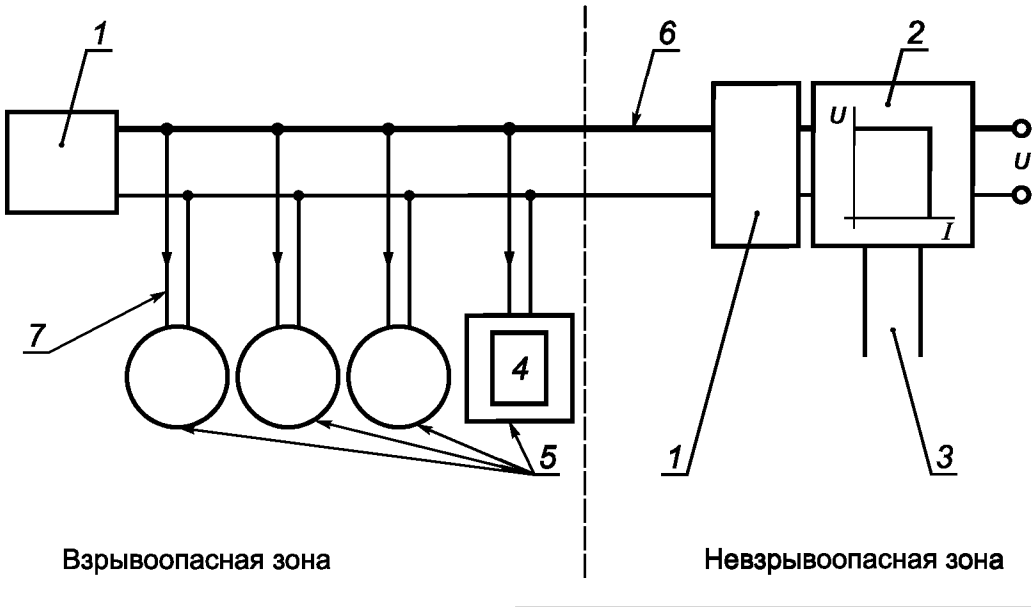
I.3 Дополнительные требования к системе FISCO уровня «ic»

Электрооборудование, сконструированное и сертифицированное в соответствии с требованиями FISCO по первому изданию МЭК 60079-27, допускается использовать в системе FISCO уровня «ic».

Полевые устройства, оконечные устройства и другие дополнительные устройства, соответствующие требованиям искробезопасности, но не являющиеся электрооборудованием FISCO, допускается использовать с источником питания FISCO в системе FISCO уровня «ic», при условии, что их входные параметры U_i не менее 17,5 В, а внутренние параметры L_i и C_i не более 20 мкГн и 5 нФ, соответственно.

Подобным образом, электрооборудование, не сертифицированное как электрооборудование FISCO, но сконструированное в соответствии с требованиями МЭК 60079-15 (электрооборудование с ограниченной энергией — «*nL*»), имеющее входные параметры U_i не менее 17,5 В, а внутренние параметры L_i и C_i не более 20 мкГн и 5 нФ, соответственно, допускается использовать в системе FISCO уровня «ic».

Если FNICO, искробезопасное или с ограниченной энергией электрооборудование используют в системе FISCO уровня «ic», это должно быть указано в месте установки этого электрооборудования. Для выполнения данного требования допустимо включать в маркировку установки надпись «система FISCO уровня «ic».



1 — оконечное устройство; *2* — источник питания; *3* — данные; *4* — ручной терминал; *5* — полевые устройства; *6* — магистральный кабель; *7* — ответвительный кабель

Рисунок I.1 — Типичная система

Приложение J
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам

Таблица J.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60060-1	*
МЭК 60079-0	ГОСТ Р 52350.0—2005 (МЭК 60079-0:2004) Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 0. Общие требования
МЭК 60079-11:2005	ГОСТ Р 52350.11—2005 (МЭК 60079-11:2006) Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь «i»
МЭК 60079-14:2002	ГОСТ Р 52350.14—2006 (МЭК 60079-14:2002) Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред. Часть 14. Электроустановки во взрывоопасных зонах (кроме подземных выработок)
МЭК 61158-2	*
МЭК 60529	ГОСТ 14254—96 (МЭК 529—89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP)
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.	

УДК 621.3.002.5-213.34:006.354 ОКС 29.260.20 Е02 ОКСТУ 3402

Ключевые слова: искробезопасная система, искробезопасная электрическая цепь, источник питания, проверки и типовые испытания

Редактор *О.А. Стояновская*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *А.С. Черноусова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 19.11.2008. Подписано в печать 16.12.2008. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 6,50. Тираж 298 экз. Зак. 1360.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru