

7	Установка, эксплуатация и обслуживание электросистем в опасных зонах	в
----------	---	----------

7.1	Установочные спецификации_____	7-1
7.2	Защита контактов и эквипотенциальная связь_____	7-3
7.3	Кабели и линии_____	7-4
7.4	Установка в Зоне 0_____	7-5
7.5	Установка в Зоне 1_____	7-6
7.6	Установка в Зоне 2_____	7-8
7.7	Установка в Зоне 10 и 11_____	7-9
7.8	Эксплуатация, обслуживание, сбои и их устранение	7-9

Рисунки	
7.1	Эквипотенциальная связь в опасной зоне_____7-4
Таблицы	
7.1	Установочные спецификации_____7-1
7.2	Замечания по работе с взрывозащищенными электроустройствами_____7-11

7 Установка, эксплуатация и обслуживание электросистем в опасных зонах

7.1 Установочные спецификации

В отличие от конструкционных требований к электроустройствам, для которых у стран-членов CENELEC существуют согласующие документы, международная стандартизация установочных спецификаций находится еще в стадии разработки. Можно ожидать, что страны европейской части CENELEC уже очень скоро достигнут договоренности в этой области.

В таблице 7.1 приведена выдержка из обзора ныне действующих национальных и международных установочных спецификаций.

Таблица 7.1 Установочные спецификации

Страна		Установочные спецификации
Германия	(D)	DIN VDE 0165/2.91
Австрия	(A)	ÖVE 165
Бельгия	(B)	Regl. Gen. P:NBN 716
Канада	(CDN)	CSA Std. C22.1 (Промышленность) C22.5 (Горное дело)
Швейцария	(CH)	SEV 1015
Франция	(F)	NFC 12-300/320 C 20-061 23-210 (=S.A.)
Великобритания	(GB)	BS 5345:Часть 4:1977
Швеция	(S)	SEN 2108..().69)
Россия	(SU)	PUE VII-3
США	(USA)	ANSI/ISA-RP 12.6-1987 в разъяснение NEC 504-1 ... NEC 504-50

В **ФРГ** установка электросистем в опасных зонах требует соблюдения различных национальных спецификаций и правил (см. таблицу 2.2). Основными правилами являются ElexV. На них основаны установочные спецификации DIN VDE 0165/2.91, которые занимают главное место в этом разделе, поскольку описывают не только

особенности, имеющие отношение к взрывобезопасности, но и имеют непосредственное касательство к установке искробезопасных систем в опасных зонах.

Ниже приведено извлечение из дополнительных спецификаций VDE, которыми нужно руководствоваться при установке систем в опасных зонах:

- спецификации VDE 0100 для установки мощных систем с номинальным напряжением до 1000 В
- спецификации VDE 0101 для установки мощных систем с номинальным напряжением выше 1 кВ
- спецификации VDE 0800 для установки и эксплуатации телекоммуникационных систем, включая системы обработки данных
- спецификации VDE 0801 для установки кабелей телекоммуникационных систем
- VDE 0105 часть 9 - эксплуатация мощных систем в опасных зонах
- VDE 0185 системы грозовой защиты

Следует отметить, что немецкие требования к установке и эксплуатации **искробезопасных систем и схем** являются более гибкими, чем требования многих других стран. Необходимы только тест и сертификат на отдельное устройство. В ФРГ соединение может быть выполнено установщиком под его собственную ответственность при соблюдении DIN VDE 0165 (за исключением применений в Зоне 0). Напротив, за границей разрешаются только полностью сертифицированные схемы, имеющие так называемые системные сертификаты.

В Германии установщик принимает ответственность за ввод в действие искробезопасного устройства в тестируемой схеме при соблюдении максимально допустимых значений индуктивности или емкости.

DIN VDE 0165/2.91 для установки электросистем в опасных зонах покрывает следующие основные темы:

- классификацию опасных площадей в зонах
- выбор устройства
- защиту контактов во избежание риска зажигания
- выбор и прокладку кабелей и линий
- требования для конкретных зон
- конкретные требования для определенных устройств

Зонная классификация для опасных зон уже представлена нами в разделе 4.1 (план зоны - Приложение В).

Устройства для опасных зон следует выбирать, исходя из существующей зоны, самого высокого температурного класса и группы взрыва огнеопасных веществ. Если характеристики безопасности веществ (см. таблицу 4.6) не известны, их следует получить в тестирующей лаборатории.

Защита контактов во избежание риска зажигания играет важную роль в опасных зонах. Тем не менее, выполняются еще и защитные меры против косвенных контактов во избежание риска зажигания при сбое или обычной работе.

При выборе **кабелей и линий** даются требования, связанные с ожидаемыми механическими, химическими и тепловыми эффектами. Обсуждаются также тип и метод прокладки в опасной зоне и к неопасной зоне.

Требования для конкретных зон очень подробно обсуждаются в установочных спецификациях и поэтому им отведено значительное место в этой главе. **В тоже время конкретных требований к определенным устройствам** мы более не касаемся.

7.2 Защита контактов и эквипотенциальная связь

Непосредственные контакты

Защита от прямого контакта является, по сути, мерой безопасности персонала. В опасных зонах она имеет дополнительную функцию предохранения от искр, способных вызвать зажигание.

Поэтому на практике во всех зонах с действующим напряжением можно использовать только устройства, имеющие защиту от прямого контакта с активными частями. Такой контакт можно исключить уже на стадии установки; например, при использовании типа защиты IP 20.

Эквипотенциальная связь

В требованиях ElexV и DIN VDE 0165 предусмотрена эквипотенциальная связь на опасных площадях зон 0 и 1, для того чтобы избежать возникновения искр, способных вызвать зажигание, или роста температуры по причине разности потенциалов. Реализация эквипотенциальной связи должна соответствовать системной конфигурации (согласно DIN VDE 0100 часть 410) и расчетным нормам (согласно DIN VDE 0100 часть 540).

Полная эквипотенциальная связь достигается соединением не только корпусов электроустройств с проводом 33 посредством провода эквипотенциальной связи, но и всех других доступных проводящих структурных частей типа конструкций, металлических контейнеров, труб и т.п. (см.рис.7.1). Посторонние проводящие части, которые не принадлежат структуре или установке системы и с которыми нельзя ожидать сдвига в потенциале из-за токов повреждения (напр., дверные коробки, оконные рамы), не нужно включать в эквипотенциальную связь. Это относится и к корпусам, если их метод фиксации обеспечивает надежный контакт со структурными

частями или трубами, уже включенными в эквипотенциальную связь. Соединения эквипотенциальной связи должны быть надежными, напр., с использованием клемм с безопасными винтами.

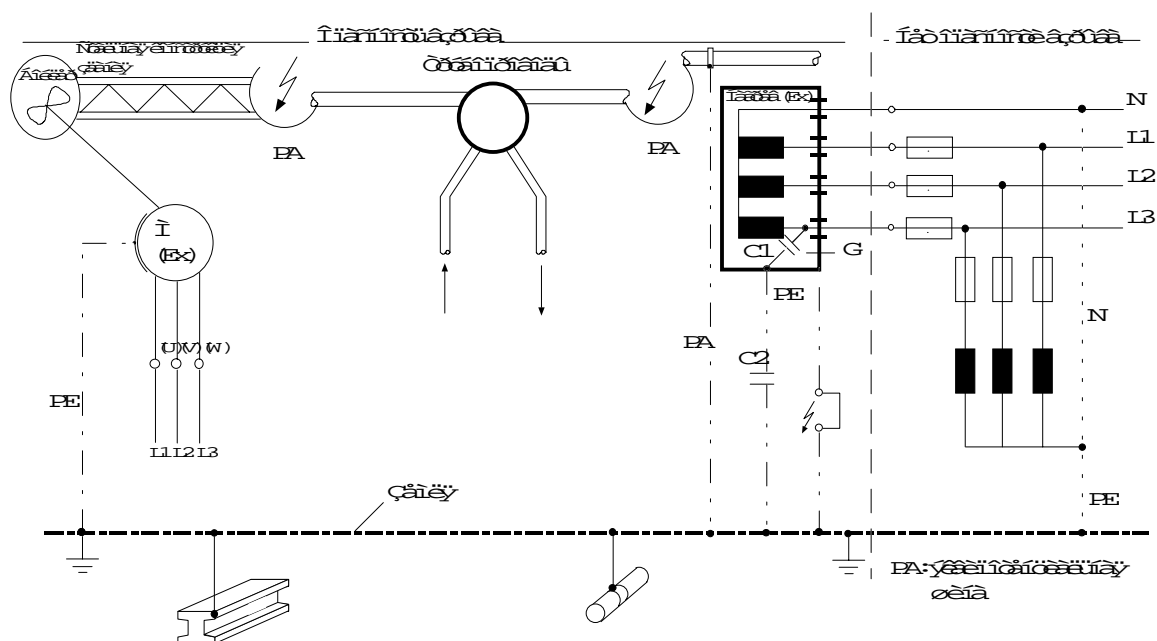


Рис. 7.1 Эквипотенциальная связь в опасной зоне

7.3 Кабели и линии

Существуют специальные требования для кабелей и линий в опасных зонах; искробезопасные схемы имеют дополнительные требования (см. разделы 7.4 и 7.5)

Если кабели и линии **выбираются** по их типу, следует использовать только те из них, которые могут выдержать ожидаемые механические, химические и тепловые воздействия. Что касается механических требований, поперечные сечения, используемые для медных проводов, не должны быть меньше, чем указанные в спецификации. Алюминий также разрешен как материал проводов при условии использования подходящих соединительных элементов и поперечных сечений. Там, где кабели или линии не укладываются в грунт или в заполненные песком трубы, их внешние оболочки и оплетки должны быть огнесдерживающими, т.е. их горение должно соответствовать DIN VDE 0472, часть 804, тип теста B.

Если кабели и линии **проходят** на пути к неопасной зоне через открытые места, позаботьтесь об обеспечении адекватной герметизации в местах ввода кабеля, напр., с помощью песка или строительного раствора. В особо опасных местах кабели и линии

нужно защитить от теплового, химического или механического воздействия с помощью, например, кабелепровода, тубинга или оболочки.

Там, где для соединений с устройством используются витые, тонкие или сверхтонкие провода, концы их должны быть защищены от выхода наружу отдельных проводков, посредством, напр., зажимов или гнезд.

7.4 Установка в зоне 0

В Зоне 0 могут использоваться только электроустройства, которые специально сертифицированы и одобрены.

Повышенные требования распространяются также на **кабели и линии**. Например, не разрешается делать ответвления и соединения над трассами кабелей и линий. Состояние изоляции проводов относительно металлических оплеток нужно постоянно проверять путем измерения. Если сопротивление изоляции падает ниже 100 ом на вольт номинального напряжения, данная схема со всеми ее фазами должна быть автоматически отключена. Такие требования не касаются кабелей и линий самозащищенных схем.

Для **систем с искробезопасными схемами** существует также требование специальной сертификации их и соединенных с ними устройств для Зоны 0.

Напротив, нет нужды специально сертифицировать искробезопасные устройства, у которых нет накопления энергии и которые устанавливаются вне Зоны 0, (напр., клеммные коробки, соединители, переключатели).

Линии искробезопасных схем для Зоны 0 должны быть проложены так, чтобы исключить механическое повреждение. В Зоне 0 линии или безоплеточные кабели искробезопасных и неискробезопасных схем должны быть проложены вместе в кабелепроводах или связках.

Барьеры Зенера без металлической изоляции, предназначенные для ограничения тока/напряжения в искробезопасных схемах для Зоны 1, не разрешены для Зоны 0.

Резюме требований для устройства в Зоне 0

- устройство специально сертифицировано для зоны 0
- искробезопасное устройство соответствует категории "ia". (В системах с самозащищенными схемами для Зоны 0 искробезопасные и соединенные устройства должны иметь сертификат как компоненты искробезопасной системы для Зоны 0).
- устройство должно иметь надежную металлическую изоляцию.

Замечание:

Внутренность контейнеров или емкостей (в соответствии с VbF), а также места непосредственной близости к пунктам заполнения классифицируются как Зона 0.

7.5 Установка в Зоне 1

Электроустройство для Зоны 1, за исключением кабелей и линий, должно соответствовать требованиям конкретных типов защиты согласно Европейским стандартам (см. раздел 4.2) и должно быть сертифицировано правомочной тестирующей лабораторией. Это не касается оборудования, у которого не превышено ни одно из значений **1,2 В; 0,1 А; 20 мкДж или 25 мВт**, согласно данным, представляемым производи-телем; такому устройству не нужна ни сертификация, ни маркировка.

Требованием при **выборе устройства** для систем с искробезопасными схемами является то, что искробезопасное и соединенное устройства должны соответствовать, по крайней мере, категории "ib" (согласно EN 50020).

Замечание:

Соединенное электроустройство при искробезопасном типе защиты должно располагаться вне опасной зоны, иначе оно должно иметь дополнительный тип защиты, например, гермокамеру.

Если искробезопасное электроустройство не содержит источника напряжения, а электрические характеристические показатели и температурно-динамическое поведение известны, это устройство (типа переключателей, соединителей, резисторов) не требует типового тестирования (по EN 50020) и маркировки. Однако, устройство должно соответствовать конструкционным требованиям DIN EN 50020 VDE 0170/0171 часть 7.

Требованием к кабелям и линиям в искробезопасных схемах является то, что они должны быть изолированы и выдерживать тестовое напряжение по крайней мере в 500В переменного тока между проводами, а также между проводом и землей. Диаметр одного провода в опасной зоне не должен быть менее 0,1 мм. Кабели и линии искробезопасных схем должны быть маркированы, например, с помощью голубой оплетки. Аналогично, соединительные элементы искробезопасных схем должны быть маркированы как искробезопасные, т.е. голубым цветом. Прокладка более одного кабеля или линии для искробезопасной схемы разрешена при удовлетворении соответствующих требований, например, изоляции провода, тестового напряжения и оплетки.

Искробезопасные схемы имеют и дополнительные требования, напр., относительно заземления. С одной стороны, искробезопасные схемы обычно должны быть изолированными, но, с другой стороны, их следует заземлять по причинам защищенности или функциональным причинам. Более того, в Зоне 1 провода для безоплеточных кабелей искробезопасных и неискробезопасных схем не должны быть собраны вместе в кабелепроводах или связках. Безоплеточные кабели искробезопасных и неискробезопасных схем должны быть уложены отдельно в трубках, либо разделены промежуточным слоем изолирующего материала. Без дополнительного разделения можно обойтись при использовании, например, линий с подходящей оболочковой изоляцией.

Искробезопасность не должна ухудшаться внешними электрическими или магнитными полями; рекомендуется, поэтому, использовать экранированные и/или крученые линии.

Подтверждение искробезопасности схемы приводится в форме электрических характеристических данных на заводской этикетке устройства и/или в специальном тестовом сертификате; указанные параметры не должны быть превышены.

Линии можно представлять как сосредоточенные емкости. Для искробезопасных схем достаточно бывает определить максимальную емкость между двумя смежными жилами. У стандартных кабелей и линий за основу можно брать приблизительную емкость в 200 нФ/км.

Если искробезопасные схемы соединены с более чем одним активным устройством, "искробезопасность" нужно также гарантировать для ситуаций сбоя. Эти случаи должны быть решены методами расчета или измерения. Новые характеристические данные подсоединенных искробезопасных схем нужно свести в сертификате, учитывая при этом, там где необходимо, сложение токов и напряжений, которые могут иметь место при сбое (см. также раздел 6.3).

Для определенных устройств типа машин, трансформаторов, конденсаторов и распределительных устройств в DIN VDE 0165 можно найти специальные конкретные требования по установке в Зоне 1.

Резюме требований для устройства, находящегося в Зоне 1

- устройство специально сертифицировано для Зоны 1
- искробезопасное устройство соответствует категории "ib"
- максимальная поверхностная температура ниже температуры зажигания газо-воздушной смеси
- устройство, отнесенное к определенной группе взрыва, должно соответствовать группе взрыва газо-воздушной смеси
- должны быть определены полные характеристические параметры для подключения искробезопасного и соединенного устройства.

7.6 Установка в Зоне 2

Электроустройства, пригодные для установки в Зонах 0 и 1, можно использовать в Зоне 2; она определяется ElexV как опасная зона низкого риска. Также разрешено устанавливать электроустройство без специального тестового сертификата, если оно в своем рабочем состоянии не производит искр или дуг, способных привести к зажиганию, либо не дает запредельных температур. Температура считается запредельной, если она, по крайней мере, столь же высока, как температура зажигания конкретного горючего вещества. Под рабочим состоянием понимается приемлемое функционирование устройства, допускаемое в пределах, определенных изготовителем.

Для определенных устройств типа машин, трансформаторов, конденсаторов и нагревательного оборудования требования к установке в Зоне 2 содержатся в DIN VDE 0165.

Согласно DIN VDE 0165 в Зоне 2 разрешено устанавливать измерительное, контрольное и телекоммуникационное оборудование, которое не является специально тестированным и которое может или не может производить искр в рабочем состоянии, если напряжение или ток в этом состоянии не выше максимально допустимых значений для искробезопасного типа защиты. Однако, максимально допустимые величины индуктивности и емкости этого электроустройства не должны быть превышены.

Резюме требований к установке устройств в Зоне 2

- устройство пригодно для Зон 0 и 1
- устройство не производит искр или дуг в своем рабочем состоянии
- устройство, чей корпус имеет ограниченное сообщение с внешней средой (IP 54) или является упрощенной гермокамерой
- устройство с непокрытыми активными частями, работающее
 - вне помещения (по крайней мере IP 54)
 - внутри помещения (по крайней мере IP 40)
- устройство, использующее только изолированные части и работающее
 - вне помещения (по крайней мере IP 44)
 - внутри помещения (по крайней мере IP 20)
- предоставление производителем декларации пригодности для Зоны 2.

7.7 Установка в Зонах 10 и 11

Зоны 10 и 11 являются опасными из-за присутствия в них горючей пыли. Если в них одновременно имеет место риск взрыва от огнеопасных газов, паров и туманов, то будут дополнительно применяться требования для Зон 0 и 1.

В **Зоне 10** можно устанавливать устройства, специально тестированные и сертифицированные для этой цели. Для систем с искробезопасными схемами требования для Зоны 0 применяются аналогичным образом.

Электроустройства без специального тестового сертификата можно использовать в **Зоне 11**. Устройство нужно лишь адекватно защитить от пыли. Это означает, что ни взрывчатые пылевоздушные смеси, ни опасные пылевые отложения не должны образовываться внутри устройств. Подобные условия допускаются, если устройство соответствует, по крайней мере, типу защиты IP 54.

На поверхности не должно быть больших пылевых отложений, поскольку тепловая аккумуляция или завихрения пыли могут привести к взрыву. При этом требуется соблюдение нескольких условий. Например, поверхностная температура не должна превышать $2/3$ от температуры зажигания конкретной пыле-воздушной смеси: $T_{\text{поверхности}} \leq 2/3 \times T_{\text{зажигания}}$ пыле-воздушной смеси. Кроме того, в случае поверхностей, которые не считаются адекватно защищенными от пылевых отложений, способных тлеть, поверхностная температура не должна быть выше температуры тления конкретной пыли минус 75 К: $T_{\text{поверхности}} \leq 2/3 \times T_{\text{тления}} - 75 \text{ К}$. Использование устройств с искробезопасным типом защиты не требует защиты от отложений пыли. Однако, требования, связанные с поверхностной температурой, соблюдать нужно. Более того, устройство должно быть помечено относительно поверхностных температур, возникающих при его непрерывной работе, напр., $T_{\text{поверхности}} \leq 80^{\circ}\text{C}$. Для Зон 10 и 11 существуют также специальные конкретные требования для определенных устройств типа машин и светильников (см. DIN VDE 0165).

7.8 Эксплуатация, обслуживание, сбой и их устранение

Согласно параграфу 13 ElexV, **эксплуатация и обслуживание** электросистем в опасных зонах является исключительной обязанностью пользователя. Это значит, что пользователь должен поддерживать систему в соответствующем функциональном состоянии, эксплуатировать ее по правилам и постоянно контролировать ее состояние. Более того, пользователь должен выполнять необходимое обслуживание и ремонтные работы без задержек, а также осуществлять любые меры защищенности, которые могут потребоваться.

Перед первым запуском системы пользователь должен пригласить специалиста-электрика для проведения проверки. От проверки можно отказаться, если изготовитель или установщик подтвердили факт правильной установки системы.

Понятно, что правильная работа системы основана на соблюдении общепринятых мер инженерной практики, особенно в области электротехники. Необходимо руководствоваться правилами для эксплуатации мощных систем с дополнительными условиями для зон риска (DIN VDE 57105 часть 9/VDE 0105 часть 9). Серьезным требованием является контроль за соответствующим рабочим состоянием электроустройств таких систем.

Нормальная эксплуатация системы включает также ее **обслуживание**, уход и превентивные меры по предотвращению отказов. Механическое состояние системы следует проверять с интервалом в 1 год. Сюда входит все от состояния винтовых клемм до обеспечения IP защиты корпусов.

Что касается соответствующего рабочего состояния системы, ElexV устанавливают срок ее **проверки по крайней мере раз в 3 года**, если нет ответственного лица, осуществляющего непрерывный контроль за системой. При такой проверке взрывчатую среду следует откачать, поскольку измерительные приборы как правило не являются взрывозащищенными. Все корпуса должны быть открыты, после чего все части внутри их должны пройти инспекцию с точки зрения механического и электрического состояния, т.е. состояния контактов и изоляции. Для электроустройств искробезопасного типа защиты такая проверка не нужна, поскольку обслуживание им не нужно.

Замечание:

В отдельных случаях любые требуемые меры могут быть назначены надзирающим специалистом.

В случае **сбоя** системы соответствующие устройства должны быть отключены от системы переменного тока со всеми их фазами. Это относится и к устройствам, находящимся вне опасной зоны, если от них зависит взрывозащищенность (напр., соединенные устройства).

Замечание:

В случае взрыва, который может быть результатом действия электросистемы, пользователь должен сообщить об этом надзирающей организации. Последней может потребоваться провести изучение причин взрыва, состояния системы с тем, чтобы исключить повторный взрыв, и выработать дальнейшие защитные меры.

Ремонтные работы разрешаются только тогда, когда соблюдены все указанные защитные меры для работ в опасной зоне. К примеру, в опасной зоне запрещено работать с действующим электроустройством. Исключением являются искробезопасные схемы.

Работа может выполняться только специалистами-электриками или рабочими под наблюдением специалиста. Замечания по проведению работ сведены в таблицу 7.2.

По окончании работ и выдаче гарантии эффективности требуемых мер взрывозащищенности нормальная работа может быть возобновлена. Как свидетельство гарантии эксперт может выдать сертификат или установить тестовую маркировку на устройство.

Таблица 7.2 Замечания по проведению работ на взрывозащищенном электроустройстве

Тип защиты устройства	Вид работ	Работы в опасных зонах		
		Зона 0	Зона 1	Зона 2
EEx ia с разрешением для Зоны 0	Открытие корпуса	Не разрешено	Разрешено	Все разрешено за исключением случая внезапного риска взрыва.
	Соединение/отсоединение линий			
	Измерение напряжения, тока, сопротивления	Разрешено с измерительными приборами, сертифицированными для Зоны 0; соблюдать L и C	Разрешено с устройствами, сертифицированными для Зоны 1; соблюдать сертификаты самозащитности для Зоны 0	Разрешено
	Пайка	Запрещено	Запрещено	Запрещено

Таблица 7.2 (Продолжение)

Тип защиты устройства	Вид работ	Работы в опасных зонах		
		Зона 0	Зона 1	Зона 2
EEx ia/ib	Открытие корпуса	Не разрешено	Разрешено	Все разрешено за исключением случая внезапного риска взрыва.
	Соединение/отсоединение линий			
	Измерение напряжения, тока, сопротивления		Разрешено с сертифицированными устройствами или приборами без встроенного источника питания	Разрешено
	Пайка		Запрещено	Разрешено, если температура пайки ниже температуры зажигания
EEx e	Открытие корпуса	Не разрешено	Разрешено только в откл. состоянии (об исключениях см. измерение напряжения)	Все разрешено за исключением случая внезапного риска взрыва.
	Соединение/отсоединение линий		Разрешено только в откл. состоянии	
	Измерение напряжения, тока, сопротивления		Разрешено только измерение напряжения сертифицированными приборами (кратковременные измерения); другие измерения только после установки EEx e	
	Пайка		Запрещено	
Все типы защиты	Инструменты	Разрешено только с инструментами, не производящими искры при работе	Разрешено с неискрящими инструментами (напр., медно-бериллиевыми)	Все инструменты разрешены
	Механические работы (сверлом, молотком, шлифующими и режущими инструментами)	Запрещены	Искрящие и создающие избыточную температуру работы запрещены	Все разрешено за исключением случая внезапного риска взрыва.