

Прокладка силовых и сигнальных (информационных) линий

ХК327.33.00 И9
Редакция 26.12.2012

2012г.

История редакций
ХК327.33.00 И9

Редакция	Дата	Примечание
*	26.12.12	Первичная редакция

Содержание:

Введение	2
1. Расстояния между силовыми и информационными кабелями (теория и стандарты)	3
1.1 Расстояния между силовыми и информационными кабелями в соответствии со стандартом EN 50174-2 2009	3
1.2 Области применения информационной проводки	4
1.3 Выводы	5
1.4 Требования Siemon Cabling System (SCS)	5
1.5 Рекомендации BICSI	6
1.6 ПУЭ	6
2. Совместная прокладка силовых и сигнальных кабелей	6
3. Заземление	7
3.1 Эквипотенциальное соединение	7
3.2 Синфазные токи	8
3.3 Экранирование	8
3.4 Основные правила	9
4. Общие требования (практические указания)	10

Введение

Принятые соглашения:



- примечание



- важное предупреждение по тексту



- риск повреждения оборудования, сбой в работе системы

Прокладка кабелей

Для обеспечения оптимального функционирования в конкретной среде должны соблюдаться ряд правил, касающихся прокладки соединительных кабелей.

Монтаж

Всегда следуйте инструкциям фирмы-изготовителя в отношении монтажа, не внося изменений в конструкцию изделия.



Важное замечание: Реализация оптимального технического решения с самого начала всегда обходится дешевле, чем быстрая реализация какого-либо начального варианта с его последующей доработкой.

Определение: Электромагнитная совместимость (ЭМС) – способность системы или оборудования функционировать в своей электромагнитной среде с заданным уровнем качества, не создавая при этом недопустимых электромагнитных помех другим устройствам, функционирующим в этой же среде.

Основная проблема, которая может возникнуть в случае несоблюдения этих рекомендаций, заключается в повышенной чувствительности устройств к электромагнитным явлениям.

При проектировании кабельных трасс необходимо придерживаться следующих правил и рекомендаций.

ПУЭ (Правила устройства электроустановок), 1985 г., раздел 2, глава 2.1.

2.1.16. В одной трубе, рукаве, коробе, пучке, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых цепей, цепей рабочего и аварийного освещения, а также цепей до 42 В с цепями выше 42 В. Прокладка этих цепей допускается лишь в разных отсеках коробов и лотков, имеющих сплошные продольные перегородки с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч. из негорючего материала.

ВСН 60-89 „Устройства связи, сигнализации и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных домов”

1.23. В электротехнических плинтусах разрешается совместная прокладка сетей связи, сигнализации и электропроводки напряжением 220 В.

При этом провода и кабели связи и сигнализации должны быть отделены от электропроводки напряжением 220 В перегородкой или прокладываться на отдельных полочках.

1.24. В помещениях прокладку магистральных участков, стояков и абонентских проводок сетей ТФ, ПВ и сигнализации следует выполнять, как правило, скрыто в каналах, стыках и пустотах панелей плит перекрытия и стеновых панелей, в подготовке полов, и пустотах между панелями и плитами, штробах под слоем штукатурки, в плинтусах (наличниках). Прокладку ответвлений к отдельным приборам (аппаратам) в служебных помещениях и в комнатах квартир разрешается выполнять открыто.

В местах, где возможны нарушения исправности проводки кабели и провода должны быть защищены от механических повреждений металлическими профилями или проложены в пластмассовых трубах или в металлорукава.

8.3. Основанием для отказа от совместной прокладки кабелей и проводов, а также использования линий различного назначения в общих кабелях следует считать:

наличие мешающих влияний одной линии на другую, превышающие установленные эксплуатирующими организациями нормы и повышенную опасность поражения обслуживающего персонала или абонентов сетей связи и сигнализации током повышенного напряжения, атмосферными разрядами или вследствие

индуктивного или емкостного влияния соседних линий, возможность акустических ударов или других вредных воздействий на персонал, *повышенная вероятность возникновения ложных сигналов при эксплуатации и ремонте линейных устройств, оконечных и промежуточных соединительных, ответвительных или распределительных устройств на соседних линиях (жилах) в общих кабелях.*

1. Расстояния между силовыми и информационными кабелями (теория и стандарты)

1.1 Расстояния между силовыми и информационными кабелями в соответствии со стандартом EN 50174-2 2009

Вопрос параллельной прокладки силовых и информационных кабелей является достаточно актуальным. Для обеспечения электромагнитной развязки силовой и информационной проводки, новая редакция европейского стандарта EN 50174-2 2009 требует прокладывать информационные кабели на определенном расстоянии от силовых. Минимально-допустимое расстояние зависит от параметра ЭМС информационной кабельной системы (затухание излучения), потребляемой мощности силового кабеля, наличия или отсутствия металлического разделителя.

В соответствии со стандартом EN 50174-2 2009, каждому типу информационной проводки в зависимости от конструкции (экранированная или неэкранированная) присваивается определенный Класс разделения. Так, например, для дважды экранированных кабелей S/FTP или F/FTP это Класс «d», а для неэкранированных кабелей U/UTP – Класс «a» или «b». Основным параметром оценки ЭМС для любых типов кабелей является параметр излучения. Введение параметра TCL (поперечных потерь преобразования) в стандарт для UTP кабелей произошло под влиянием Северной Америки.

В соответствии с классом разделения определяется минимальное разнесение кабелей

Класс разделения	Разнесение без металлической перегородки	В лотке / за перегородкой находится один из кабелей: информационный или силовой		
		Металлическая Перегородка ^a	Перфорированная металлический лоток ^{b,c}	Цельный металлический лоток ^d
d (S/FTP, F/FTP Кат.7)	10 мм	8 мм	5 мм	0 мм
c (F/UTP, Кат.6 и 5E)	50 мм	38 мм	25 мм	0 мм
b (U/UTP Кат. 6 и 5E)	100 мм	75 мм	50 мм	0 мм
a Прочие типы кабелей	300 мм	225 мм	150 мм	0 мм

^a Характеристики экранирования (в диапазоне от 0 до 100 МГц) эквивалентны корзине из сварной стальной сетки с размером ячейки 50 x 100 мм (кроме лестниц). Такие экранирующие свойства достигаются также со стальным лотком (желобом без крышки) с толщиной стенки менее 1,0 мм и имеющему более 20% области с равномерно распределённой перфорацией.

^b Характеристики экранирования (в диапазоне от 0 до 100 МГц) эквивалентны стальному лотку (желобу без крышки) с толщиной стенки 1,0 мм и имеющему не более 20% области с равномерно распределённой перфорацией. Такие экранирующие свойства достигаются также с экранированными силовыми кабелями, характеристики которых не соответствуют определённым в Примечании ^a.

^c Верхняя поверхность проложенных кабелей должна находиться по крайней мере на 10 мм ниже верха барьера.

^d Характеристики экранирования (в диапазоне от 0 до 100 МГц) эквивалентны стальному кабельному каналу с толщиной стенки 1,5 мм. Указанная дистанция является добавочной к обеспечиваемой разделителем/барьером

Далее минимально-допустимое расстояние между силовой и информационной проводкой определяется путем умножения значения минимального разнесения на коэффициент электрической мощности силового кабеля, P

Тип электрической сети	Количество электрических цепей	Коэффициент электрической мощности, P
20 А 220 В однофазная	1-3	0,2
	4-6	0,4
	7-9	0,6
	10-12	0,8
	13-15	1
	16-30	2,0
	31-45	3,0
	46-60	4,0
	61-75	5,0
	>75	6,0
	- трехфазный электрический кабель при расчете приравнивается к трем однофазным	
- Ток более 20А при расчете разделяется на несколько кабелей в 20А		
- Более низкое постоянное напряжение при расчете следует принимать как эквивалент приведенным в таблице (например ток 100А постоянное напряжение 50 В = 5 кабелей с током 20А (P=0,4))		



Необходимо учитывать, что минимально-допустимого расстояния, определенного в соответствии со стандартом, на практике обычно бывает не достаточно. Это подтверждается результатами испытаний в тестовых лабораториях. Поэтому полученное значение следует рассматривать как минимальное оценочное значение и разносить кабели на большие расстояния.

Резюме



Основываясь на результатах испытаний неэкранированных кабельных систем в условиях, максимально приближенных к реальным, можно сделать вывод, что на практике дистанция разнесения таких систем с силовыми кабелями при параллельной прокладке должна быть выше значений, определенных стандартом EN 50174-2 2009. Неэкранированную проводку типа U/UTP следует прокладывать на расстоянии не менее 30 см от силовых кабелей (для напряжения 230 В и приблизительно 15 электрических кабелей). В качестве альтернативы все U/UTP кабели должны прокладываться в закрытом металлическом коробе/лотке. Для экранированных систем типа S/FTP разнесение может быть **0 мм**.

Испытания в лабораториях показали, что переходные процессы, возникающие при включении и выключении силовых цепей, могут нарушить передачу высокоскоростных приложений по неэкранированным кабелям. Единственный способ избежать этого – создание экрана, экранированные кабели уже защищены от различных помех благодаря конструкции

1.2 Области применения информационной проводки



Согласно результатам исследований и требованиям стандартов, неэкранированные системы не могут быть проинсталлированы в любой области, если не принимаются дополнительные меры по электромагнитной защите неэкранированной проводки. В ряде случаев применение неэкранированной проводки не рекомендуется, так как невозможно гарантировать бесперебойность передачи информации

Окружающие условия	Неэкранированная система	Экранированная система
Офис	✓/-	✓
Промышленный объект	-	✓
Домашняя проводка	✓/-	✓
Центр хранения и обработки данных	-	✓
Больница	✓/-	✓
Аэропорт	-	✓
Гостиницы	✓/-	✓
Станции	-	✓
Военные объекты	-	✓

1.3 Выводы

Затухание излучения	MICE Класс E ₁	MICE Класс E ₂ и E ₃	Разнесение силовых и информационных кабелей	Тестирование ANEXT	Расстояние от флуоресцентных ламп дневного света
Система U/UTP 40 дБ	Нет ¹	Нет ²	До 25 см	Обязательно	Мин. 3 м ³
Система F/UTP 60 дБ	Да	Да	0 - 1 см	Не требуется в силу конструкции	0 мм
Система S/FTP 80 дБ	Да	Да	0 см	Не требуется в силу конструкции	0 мм

Для проектировщика и конечного заказчика параметр электромагнитной совместимости является оценкой помехозащищенности кабельной системы.

Испытания показали, что высокое значение коэффициента ЭМС4 кабельной системы гарантирует надёжность работы сети и снижение суммарных затрат на кабельную систему. Поскольку упрощение прокладки и снижение эксплуатационных расходов существенно уменьшает суммарные затраты, Заказчик получает более помехозащищенную кабельную систему за те же или меньшие деньги.

Вторым важным критерием оценки кабельной системы – является качество передачи. Хорошие значения параметра NEXT или возвратных потерь неэкранированных кабелей оказываются бесполезны, если достаточно минимальной помехи, чтобы нарушить передачу данных.



Принимая во внимание все аспекты, можно сделать вывод, что разумной альтернативы экранированному решению при передаче высокоскоростных приложений не существует.

1.4 Требования Siemon Cabling System (SCS)

1. SCS требует установку телекоммуникационных кабелей в местах где проложены электрические силовые линии или/и распределительные силовые щиты с напряжением выше 480 В на расстоянии не менее чем 3 метра от них.

2. Дистанция в 6 мм должна быть обеспечена в тех местах где телекоммуникационные и силовые кабели проложены совместно: розетки рабочих мест, закладные, обслуживающие рабочее место.

1.5 Рекомендации BICSI

Расстояние в 0,3 м от системы распределения электроэнергии (кабели, трубы и лотки для силовых кабелей) должно быть обеспечено.

Примечание: эта предосторожность может не потребоваться в случае электромагнитной изоляции между телекоммуникационными трассами и источником электромагнитных помех.

1.6 ПУЭ



У нас главным документом при проектировании слаботочных кабельных систем является ПУЭ (Правила устройства электроустановок). Единственным требованием является наличие физической негорючей преграды между электрическими кабелями и кабелями связи.

Необходимо напомнить, что требования соблюдения определенных расстояний между кабельными системами разного назначения (телекоммуникационными, распределения электроэнергии, сигнализации и др.) диктуется не только из соображений помехозащитности сигнального тракта, но и пожарной безопасности, физической безопасности, информационной безопасности (возможный съем информации). В каждом конкретном случае необходимо выполнение правил ПУЭ, правил пожарной безопасности и других правил и требований для данного здания/организации.

2. Совместная прокладка силовых и сигнальных кабелей

Когда трасса информационных кабелей совмещена с электроэнергоснабжением следует использовать основные принципы разделения кабелей данных и силовой проводки. Уровень электромагнитных помех можно свести к минимуму при помощи кабельного желоба с высокими краями, особенно если силовые кабели распределены по одному краю, а кабели данных по другому с использованием металлического разделителя



(См. EIA/TIA 569 или EN50174-2 (Planning and installation practices) для дополнительной информации).

Силовой кабель	Информационный кабель	Без металлического разделителя	Алюминиевый разделитель	Стальной разделитель	Уровень мощности
Неэкранир.	Неэкранир.	200mm	100mm	50mm	<2kVA
Экранир.	Неэкранир.	64mm	30mm	25mm	
Неэкранир.	Экранир.	64mm	30mm	25mm	
Экранир.	Экранир.	38mm	20mm	10mm	
Неэкранир.	Неэкранир.	300mm	250mm	150mm	>2kVA <5kVA
Экранир.	Неэкранир.	150mm	75mm	40mm	
Неэкранир.	Экранир.	150mm	75mm	40mm	
Экранир.	Экранир.	75mm	40mm	20mm	
Неэкранир.	Неэкранир.	600mm	500mm	300mm	>5kVA
Неэкранир.	Экранир.	300mm	250mm	150mm	
Экранир.	Экранир.	150mm	75mm	40mm	

- При прокладке силовых и информационных кабелей под фальшполом необходимо проектировать кабельные трассы таким образом, чтобы трассы силовых и информационных кабелей пересекались под прямым углом. В точках пересечения должны предусматриваться соответствующие мостики разделяющие силовую и информационную проводку. Такой способ прокладки позволит избежать длительного параллельного прохождения силовых и информационных кабелей.
- Информационные кабели ITT Industries должны проходить не ближе чем 500 мм от газоразрядных ламп дневного света и других высоковольтных устройств, содержащих разрядники.
- Кондиционеры и лифтовое оборудование должны рассматриваться как источники с мощностью > 5kVA при расчете удаления от информационных кабелей.

- Информационные кабели ITT Industries должны прокладываться как можно дальше от щитов электропитания.
- Щиты электропитания должны располагаться отдельно от распределительных шкафов с оборудованием ITT.



Для обеспечения надежной работы информационных каналов системы управления необходимо прокладывать силовые и сигнальные кабели в отдельных глухих стальных лотках с разнесением на минимальное расстояние, указанное в таблице выше.



При пересечении силовых и сигнальных каналов выполнять данную операцию следует взаимно перпендикулярно с разнесением на расстояние не менее 10мм с металлическим разделителем



Необходимо использовать любую возможность для увеличения расстояния между сигнальными и силовыми линиями



Категорически запрещается монтаж силовых и сигнальных(информационных) кабелей в одном жгуте (лотке)

3. Заземление



Соединение между собой различных открытых проводящих частей оборудования заземляющими проводниками (зеленым/желтым или РЕ) создает цепь низкого сопротивления на низких частотах. В результате этого обеспечивается выравнивание потенциалов, исключая появление потенциалов между двумя открытыми проводящими частями, опасных для человека (свыше 25 В переменного тока или 50 В постоянного тока), если он прикоснется к ним одновременно.

Заземление удовлетворяет требованиям обеспечения электробезопасности людей.

Для каждого здания такая цепь низкого сопротивления соединяется в одном месте с землей (например, с помощью заземляющего электрода, кольца, сетки и др.) и по ней отводятся возникающие синфазные токи.

Однако такое соединение различных открытых проводящих частей заземляющими проводниками не обеспечивает эквипотенциальности на высоких частотах, которая необходима для эффективной защиты от воздействия электромагнитных помех, поскольку полное сопротивление РЕ" проводников является слишком большим (1 мкГн/м). **Поэтому для защиты высокочастотных цепей требуется специальное эквипотенциальное соединение.**



Различные схемы заземления систем электроснабжения (ТТ, TN, IT и др.) влияют на безопасность людей, но мало влияют на стойкость электрооборудования к воздействию электромагнитных помех.

Чтобы обеспечить безаварийную работу оборудования и безопасность людей, все открытые проводящие части должны быть соединены между собой и заземлены для выравнивания потенциалов.

Система заземления обеспечивает:

- Защиту людей от поражения током.
- Защиту от электростатических разрядов.
- Защиту от токов молний.



Открытые проводящие части способствуют надлежащей работе систем, обеспечивая стойкость к различным помехам. Наилучший способ гарантировать бесперебойную работу оборудования в диапазоне высоких частот заключается в выравнивании потенциалов между отдельными единицами оборудования. Поэтому все оборудование и все электронные системы должны быть соединены между собой (или заземлены).

3.1Эквипотенциальное соединение

Соединение между собой всех металлических частей (конструкций здания, труб, кабелепроводов, оборудования, защитных оболочек оборудования и др.) представляет для высоких частот цепь низкого сопротивления.

Достигаемое в результате этого выравнивание потенциалов в сети проводящих частей обеспечивает эффективную защиту от электромагнитных помех благодаря снижению уровня всех высокочастотных напряжений, которые иначе могли бы существовать между связанными единицами оборудования. Это справедливо для широкого диапазона частот.

Эквипотенциальное соединение удовлетворяет требованиям, касающимся функционирования.

Металлические части должны быть соединены между собой винтами, гайками и болтами или короткими широкими металлическими оплётками (сечением 25 мм² и длиной менее 30 см) или эквивалентной металлической частью.

Защитные РЕ-проводники имеют слишком большое сопротивление для того, чтобы применяться для эквипотенциального соединения.

Тем не менее, система эквипотенциальных соединений должна быть обязательно заземлена.

3.2 Синфазные токи

Поскольку открытые проводящие части обеспечивают опорный потенциал для электронного оборудования и обратный контур для синфазных токов, любой ток, попадающий по кабелю в оборудование, изолированное относительно открытых проводящих частей, выходит через другие кабели.

Если качество системы эквипотенциальных соединений неудовлетворительное, то кабель, по которому протекает синфазный ток, создает помехи для всех других устройств. Эффективное эквипотенциальное соединение снижает опасность этого явления.



В отличие от заземления, которое предназначено для отвода низкочастотных токов короткого замыкания в землю, чтобы обеспечить электробезопасность людей, система эквипотенциальных соединений призвана обеспечить выравнивание потенциалов оборудования на очень высоких частотах, в частности надлежащее функционирование цифрового оборудования

TN-S – лучшая система с точки зрения обеспечения ЭМС (Если используется распределительная сеть TN-C, то, начиная с места ввода в здание, настоятельно рекомендуется применять схему TN-S.):

- низкая вероятность паразитных контуров заземления (излучаемых полей).

- ток нейтрали не течет по защитному проводнику (отсутствие кондуктивных возмущений).

Основные проблемы обеспечения ЭМС связаны с синфазными возмущениями.

Синфазные напряжения обусловлены:

- антенным эффектом.

- связью через синфазное сопротивление.

- связью между кабелями, например за счет емкостных наводок (для электрических полей) или индуктивных наводок (для магнитных полей)

Решения:

- Прикреплять проводники к заземленным плоским поверхностям во избежание образования паразитных контуров заземления

- Убедиться в том, что все открытые проводящие части имеют одинаковый потенциал, благодаря чему ограничивается протекание возмущающих токов.

- Разделять проводники различных типов для снижения влияния наводок.

- Не оставлять несоединенных проводников во избежание антенных эффектов.

3.3 Экранирование

Конструктивное исполнение экранированного кабеля

Куда следует присоединять экран?

- Присоедините оба конца внешнего экрана всех цифровых или силовых кабелей к клемме «земля» в местах ввода в оборудование.

- Соединение только одного конца экрана может потребоваться в некоторых случаях лишь для низкоуровневых низкочастотных аналоговых каналов.

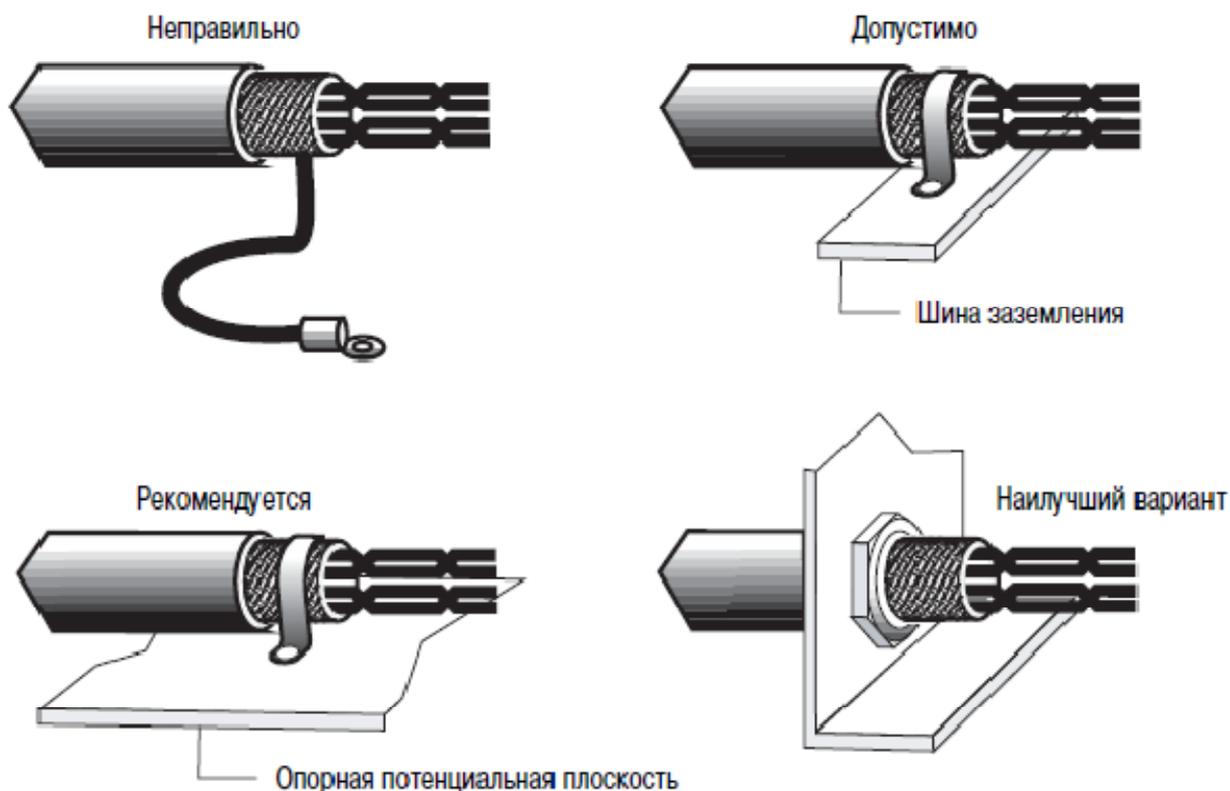
В отличие от односторонних соединений, соединения экрана на обоих концах дают возможность протекать по экрану низкочастотным токам (из-за наличия напряжения между этими двумя концами или контуром заземления). На расположенной внутри паре проводов этот ток создает небольшое напряжение или шум частотой 50 Гц.



Одностороннее соединение экрана защищает от низкочастотных токов.

Двухстороннее соединение экрана защищает от наиболее сильных помех, т.е. от высокочастотных синфазных помех. Поэтому при соединении экрана только с одной стороны обеспечивается защита лишь от дифференциальных низкочастотных сигналов, а на высоких частотах такое соединение оказывается неэффективным.

Эффективность защиты от высокочастотных помех непосредственно зависит от того, как соединены экраны кабелей. Если для соединения используется разделанный жгут или длинный провод, то эффективность защиты, обеспечиваемой таким экраном, резко снизится на высоких частотах



3.4 Основные правила

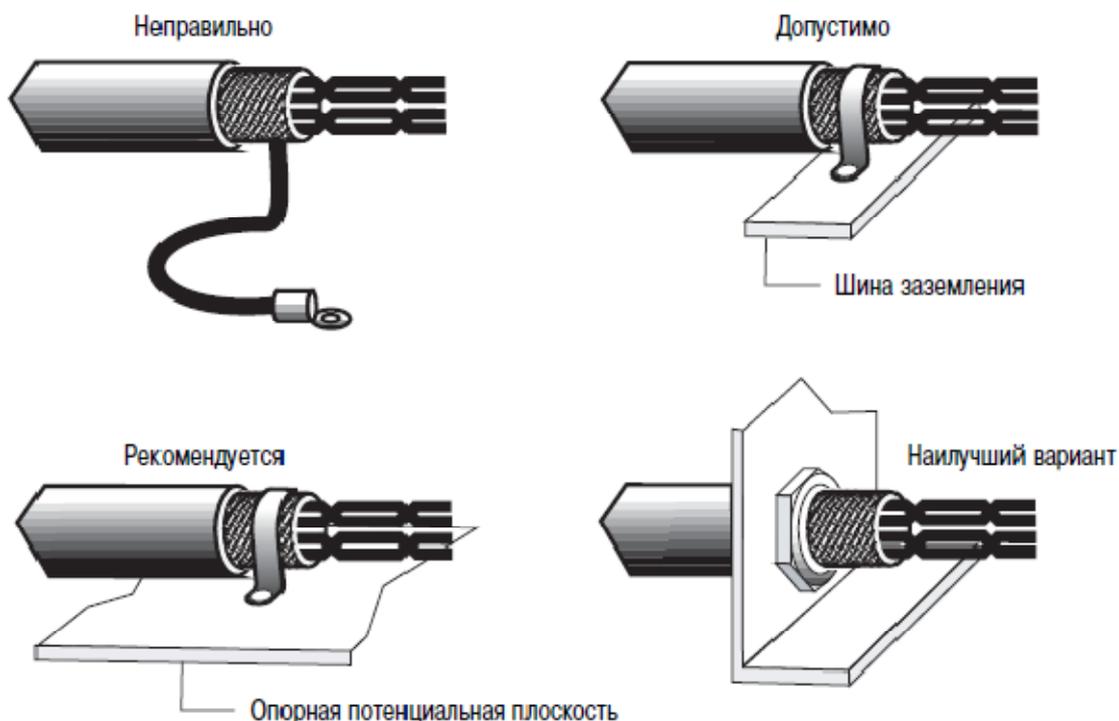
- Убедитесь в том, что все открытые проводящие части имеют одинаковый потенциал.
- Следуйте инструкциям фирм-изготовителей.
- Защищайте свои электроустановки от внешних электромагнитных возмущений (посредством тщательного заземления экранирующих оболочек)
- Устраняйте паразитные контуры заземления.
- Экранируйте как чувствительные кабели, так и кабели, создающие помехи.
- Используйте оболочки или небольшие боксы в качестве клеток Фарадея (требования: электрический контакт между неокрашенными, свободными от ржавчины стальными листами, использование коротких и широких оплеток заземления, отсутствие ненужных отверстий и др.).
- Не используйте соединители типа «pigtails» или длинные заземляющие провода.
- Избегайте применять систему заземления TN-C, поскольку синфазные помехи – основная проблема обеспечения электромагнитной совместимости.
- Прикрепляйте проводники к опорным потенциальным плоскостям.
- Разделяйте проводники по типам передаваемых сигналов.
- Не оставляйте проводники неподсоединенными.
- Отходящие и входящие проводники должны всегда оставаться вместе.
- Используйте «естественные» виды защит (кабелепроводы и др.)

Недостаточное внимание этим правилам может привести к:

- Проблемам с обеспечением ЭМС:
- технологическим осложнениям:
- проведению оценки конкретной электроустановки на соответствие требованиям ЭМС,
- повторной прокладке кабелей,
- внедрению программных продуктов.
- риску прерываний в связи с техническим обслуживанием,
- невыполнению системой своих задач.
- снижению производства, снижению уровня квалификации, необходимости повторного выполнения работы, большим издержкам.

4. Общие требования (практические указания)

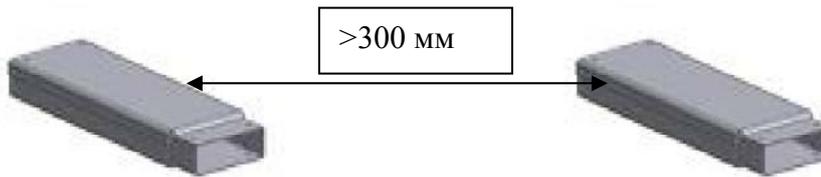
- TN-S – лучшая система с точки зрения обеспечения ЭМС (Если используется распределительная сеть TN-C, то, начиная с места ввода в здание, настоятельно рекомендуется применять схему TN-S.);
- Убедитесь в том, что все открытые проводящие части имеют одинаковый потенциал. Следует обеспечить максимально возможное соединение между собой всех металлических частей.
- Разделяйте проводники по типам передаваемых сигналов.
- Не оставляйте проводники не подсоединенными (избегайте антенн, резервные провода не следует оставлять не подключенными).
- Отходящие и входящие проводники должны всегда оставаться вместе
- Устанавливать преобразователь частоты следует на неокрашенной (например, гальванизированной) монтажной панели. Необходимо обеспечить электрический контакт между корпусом преобразователя частоты и монтажной панелью на максимально возможной площади (если используется окрашенная панель, то следует удалить краску для обеспечения такого соединения)
- Для подключения кабелей необходимо использовать металлические кабельные вводы.
- Помехи на стороне питающей сети лежат в диапазоне от 150кГц до 30МГц. Для подавления данных помех в сети необходимо установить сетевой фильтр(в большинстве преобразователей данный фильтр уже встроен, если фильтра нет, то он должен быть установлен как можно ближе к преобразователю частоты).
- Экран силового кабеля следует заземлять с обеих сторон: с одной стороны непосредственно на корпус преобразователя частоты, а с другой стороны непосредственно к корпусу двигателя, чтобы составить единое целое. Должно быть обеспечено качественное высокочастотное соединение. Таким образом, подавляется электромагнитное излучение от помех в диапазоне от 30МГц до 1 ГГц. Следует избегать разрыва экрана кабелей. Если разрыва избежать не удастся (например, выходной контактор преобразователя частоты, то незэкранированные участки должны быть как можно короче, при этом экран силового кабеля обязательно следует в обход контактора подключить непосредственно на корпус преобразователя частоты (следует использовать короткую медную оплетку для обеспечения максимальной площади проводника с минимальным сопротивлением)
- Следует применять специальные экранированные кабели, так как принципиально то, что экран должен быть выполнен из большого числа тонких проводов(плетеный медный экран), поскольку для подавления высокочастотных помех важна площадь проводника. По этой же причине важен способ подключения экрана (см. рис. ниже) (подключение по всей площади оголенного экрана с помощью специальных хомутов на неокрашенную металлическую поверхность. Если для этого потребовалось удалить краску, то после подключения экрана, во избежание коррозии, следует вновь покрасить данную поверхность)



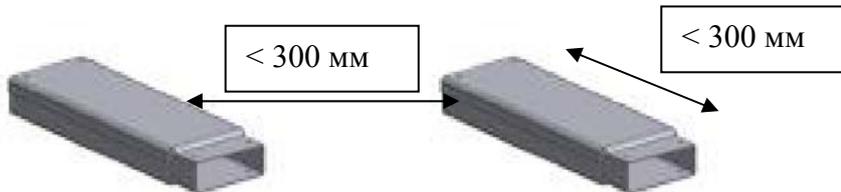
- Силовые и сигнальные цепи следует располагать в отдельных глухих стальных металлических лотках с высокими бортами (не менее 50мм), которые становятся подобием клетки Фарадея, при этом заземление данных лотков с точки зрения защиты от высокочастотных электромагнитных помех не требуется.



- Силовые и сигнальные кабели (расположенные в лотках) следует располагать как можно дальше друг от друга (расстояние должно обеспечиваться не менее 300мм)



- Если данное расстояние не удается обеспечить, то участки с параллельным расположением сигнальных и силовых кабелей не должны превышать 30см



- При пересечении силовых и сигнальных кабелей (в том числе и уложенных в стальные лотки) следует обеспечить их перпендикулярность с разнесением на расстояние не менее 10мм

