

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭМС ПРИ СБОРКЕ И МОНТАЖЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Виктор Иткин

В последнее время из-за все большего усложнения аппаратуры особо остро встала проблема электромагнитной совместимости (ЭМС).

Методы обеспечения ЭМС, описанные в настоящей статье, доказали свою эффективность на практике. Это сказалось на снижении времени, затрачиваемого на разработку, отладку и запуск в эксплуатацию электрического и электронного оборудования, на повышении надёжности его работы, а также на обеспечении соответствия требованиям стандартов по ЭМС. Для того чтобы экономический эффект от применения рассматриваемых методов был максимальный, необходимо их использовать с самых первых стадий проектирования. Последующая экономия средств и снижение коммерческих рисков с лихвой окупают дополнительные затраты на ЭМС.

Описываемые методы обеспечения ЭМС взяты из стандартов МЭК 6100-5-2:1997 и МЭК 61000-5-6 и переработаны с учётом опыта их применения в России и решения реальных проблем снижения помех. Обеспечение ЭМС оказывает влияние на все явления, происходящие в оборудовании, включая и электромагнитные помехи на частоте напряжения питания. Данные методы обеспечения ЭМС весьма эффективны для предотвращения появления «замкнутых контуров заземления» и повышения качества аналоговых и цифровых сигналов.

Профессиональным инженерам необходимо постоянно следить за последними достижениями в области ЭМС, а это часто означает необходимость пересмотра или замены старых методов работы по мере развития техники. Некоторые из данных методов обеспечения ЭМС противоречат традиционным.

Данная статья является лишь введением в методологию обеспечения ЭМС. Более подробную информацию можно получить из соответствующих стандартов, например стандарт № 91/210789 DC.

Настоящая статья содержит три раздела:

- . • Закупка электротехнических и электронных устройств с проверенными характеристиками ЭМС, соответствующими конкретной области их применения;
- . • Рекомендуемые методы обеспечения ЭМС при сборке шкафов управления и шкафов КИПиА;
- . • Рекомендуемые методы обеспечения ЭМС силовых установок.

Вопросы применения стандартных методов обеспечения ЭМС (таких как оценка электромагнитной обстановки предполагаемых условий эксплуатации) и обеспечения персонала инструкциями по обеспечению ЭМС, в статье не рассматриваются.

Закупка электротехнического и электронного оборудования

Электротехническое и электронное оборудование лучше всего закупать у производителей, которые заявляют расчетные и подтверждённые электромагнитные характеристики, соответствующие предполагаемым условиям эксплуатации оборудования. В противном случае, если у оборудования недостаточно высокие показатели ЭМС, необходимо как можно раньше определить (и заложить в проект) необходимые методы экранирования и фильтрации помех.

Перед принятием решения о закупке оборудования необходимо проверить компоновку системы с точки зрения обеспечения ЭМС и ознакомиться с инструкциями, поставляемыми с оборудованием. Некоторые производители оборудования не имеют инструкций (это говорит о том, что производитель фактически не стремится обеспечить достаточно высокие характеристики электромагнитной совместимости своего оборудования), а некоторые поставляют инструкции, для реализации которых требуются большие затраты и длительное время. Для получения одних инструкций от производителей оборудования требуется специальный запрос, в других же описываются крайне трудоёмкие процедуры установки. Необходимо всегда строго соблюдать инструкции производителя по обеспечению ЭМС, или же применять описанные ниже методы обеспечения ЭМС.

Сборка шкафов управления и шкафов КИПиА

В рамках данной статьи рассмотрим пять важных методов обеспечения ЭМС:

- Разделение кабелей, а также электротехнического и электронного оборудования по типам;
- Обеспечение ЭМС путём заземления через заднюю стенку;
- Разделка и подсоединение экранов кабелей на обоих концах и использование параллельных проводников заземления;
- Фильтрация помех;
- Экранирование шкафов.

Типы кабелей, трассировка и разделение кабелей

Все кабели делятся на четыре типа, и каждый тип необходимо прокладывать в отдельном кабельном коробе или жгутах. Внутри стандартных шкафов кабели разных классов не должны прокладываться параллельно на расстоянии менее 150 мм. В кабельных коробах и жгутах кабели должны прокладываться на минимально возможном расстоянии от задней стенки (которая используется для заземления). Если кабели разных типов должны пересекаться, пересечение должно осуществляться под прямым углом, и даже при прямом угле, в случае пересечения кабелей, различающихся на более чем один класс, может потребоваться дополнительное экранирование кабелей.

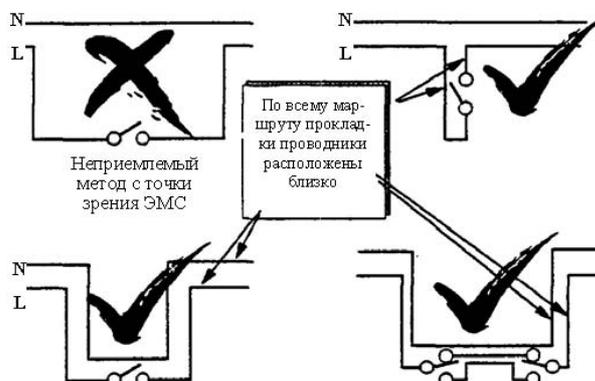


Рисунок 1 – Возможные варианты прокладки проводов.

Все прямые и обратные токовые цепи любых нагрузок должны прокладываться вместе, на минимально возможном расстоянии друг от друга.

Это особенно важно, если в токовых цепях имеются коммутаторы, реле и т.д., как показано на рисунке 1.

Для прокладки слаботочных цепей лучше всего использовать витые пары, а также витые кабели с тремя или четырьмя жилами. Сборные шины следует разделять тонкими слоями диэлектрика. Отдельные очень крупные кабели необходимо прокладывать вместе на минимально возможном расстоянии друг от друга (с полным учётом других физических ограничений, существующих для этих кабелей).

Класс 1 -кабели, относящиеся к цепям с маломощными и высокочувствительными к помехам сигналами. Аналоговые сигналы низкого уровня, такие как сигналы датчиков с выходными напряжениями порядка милливольт и сигналы антенн радиоприёмников, отнесены к классу 1a. Кабели высокоскоростных цифровых систем связи, таких как Ethernet, отнесены к классу 1b.

Во всех кабелях класса 1 по всей их длине должны использоваться полностью экранированные кабели и соединители. В кабелях передачи данных, как правило, используются неэкранированные витые пары, но такие кабели отличаются невысокими характеристиками с точки зрения защиты от помех. Кабели класса 1a и 1b не должны укладываться в один жгут, хотя жгуты с этими кабелями могут прокладываться на довольно близком расстоянии друг от друга.

Класс 2 – кабели, относящиеся к цепям и сигналам с незначительным уровнем чувствительности к помехам. Примером таковых являются обычные аналоговые сигналы (сигналов с током 4-20 мА, напряжением 0-10 В и частотой менее 1 МГц), а также сигналы низкоскоростных цифровых интерфейсов, таких, как RS232, RS422, RS485, Centronics, и дискретных входов и выходов (типа «включено»/«выключено»). К последним относятся сигналы концевых выключателей и датчиков положения (энкодеров), сигналы управления и т.п. Внутренние соединения в блоках питания постоянного тока также относятся к классу 2, за исключением «звена постоянного тока» силовых преобразователей и электроприводов.

Класс 3 – кабели, относящиеся к цепям, создающим невысокий уровень помех. Таких как цепи напряжений питания переменного ($\leq 250/440$ В) и постоянного тока, подаваемых с внешних источников питания, при условии, что эти цепи тщательно отделены от всего оборудования, создающего электромагнитные шумы. Кабели в цепях внешнего питания переменного и постоянного тока, подводимого к оборудованию, создающему электромагнитные шумы, также могут быть отнесены к классу 3 при условии, что в этих цепях установлены соответствующие фильтры.

Кроме того, к классу 3 относятся кабели в цепях сигналов управления с резистивными и демпфированными индуктивными нагрузками (например, обмотки реле, контакторов, соленоидов, пускателей, электроклапанов и т.д.); кабели для подключения двигателей с прямым пускателем от сети и кабели так называемых «безыскровых» двигателей постоянного тока. Также к этой группе относятся кабели питания двигателей от инверторных электроприводов при условии, что в последних предусмотрен выходной («синусоидальный») фильтр, подавляющий ВЧ составляющие.

Класс 4 – кабели, относящиеся к цепям, создающим высокий уровень помех. К таковым относятся силовые присоединения, идущие к регулируемым электроприводам и

Необходимо отметить, что кабели классов 1 и 2 проложены в одном кабельном коробе в этом шкафу в целях экономии пространства и вследствие того, что в данном конкретном случае кабели класса 1 считаются не очень чувствительными.

Как и в вышеприведенном примере, для минимизации длины кабелей класса 4 внутри шкафа регулируемые электроприводы лучше располагать как можно ближе к месту ввода кабелей.

На следующем рисунке показана укладка кабелей, идущих к устройствам управления и электронным устройствам, установленным на двери, в упомянутом выше шкафу управления.



Рисунок 3 - Укладка кабелей, идущих к устройствам управления и электронным устройствам, установленным на двери, в шкафу управления.

Кабели выходят из задней стенки (с ЭМС-заземлением, см. ниже) через один из крепёжных болтов, который одновременно является и точкой присоединения к стенке шкафа, и проходят вблизи металлической конструкции (каркаса) шкафа.

Кабели не должны проходить параллельно съёмным панелям, за исключением случаев, когда шкаф относится к шкафам, с защитой от электромагнитных помех.

В местах пересечения с дверными петлями кабели прикреплены к короткой широкой заземляющей перемычке, которая соединяет дверь с корпусом шкафа, а затем проходят вблизи металлической конструкции двери.

ЭМС-заземление в шкафах

С точки зрения обеспечения ЭМС, заземление по схеме «звезды» бесполезно из-за проблемы «длинных проводников» (слишком большой индуктивности цепи заземления). Вместо этого необходимо использовать сетки, а также «поверхности» и «объемы» заземления. Чтобы обеспечить заземление, достаточное для обеспечения ЭМС при высоких частотах, широко используемых в современной технике, необходимо очень большое количество контуров заземления с минимальной площадью. При этом не возникает проблема замкнутых контуров заземления, при условии, что используются и другие рекомендуемые методы обеспечения ЭМС, описанные в настоящей статье. Традиционная практика, предписывающая любой ценой избегать образования замкнутых контуров, в настоящий момент считается бесполезной с точки зрения обеспечения достоверности сигналов и надёжности работы оборудования.

Поэтому в качестве ЭМС-заземлителя мы используем задние стенки (покрытые цинком или оловом), стенки шкафа и т.д., и соединяем их по кратчайшему пути (рекомендуется использовать соединения металл-металл в нескольких точках).

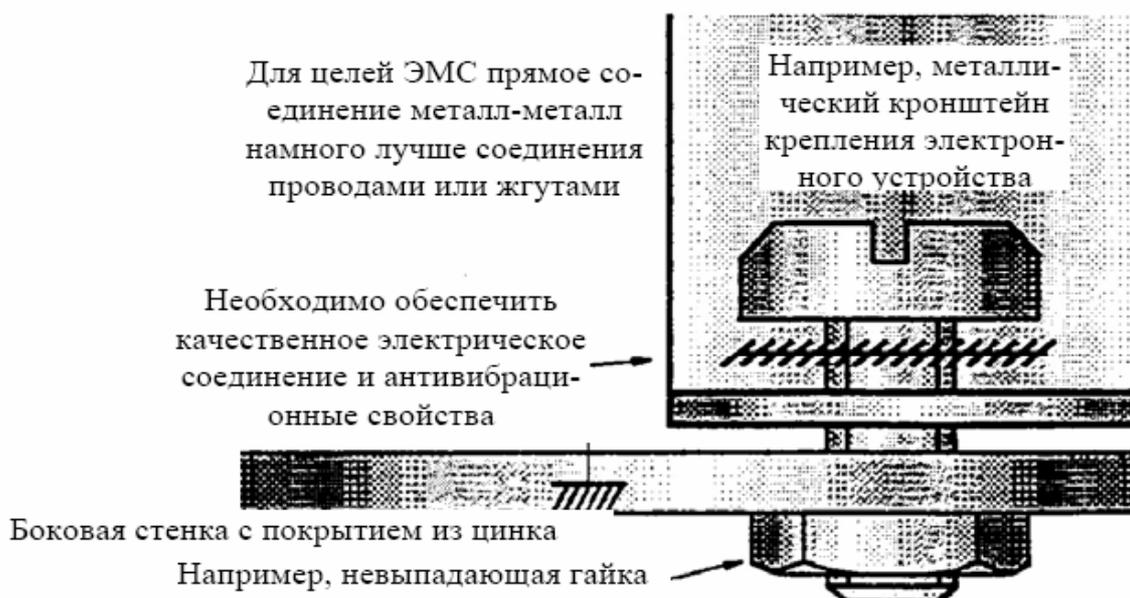


Рисунок 4 – Пример заземления металлического шкафа через заднюю стенку.

Зачастую ЭМС-заземление можно использовать в качестве защитного заземления, что экономит пространство в жгутах кабелей и кабельных коробах, а также сокращает время сборки.

Все элементы ЭМС-заземления должны обеспечивать надежное электрическое соединение в течение всего срока службы изделия, поэтому необходимо уделять должное внимание вопросам подготовки поверхностей, надёжности электрического контакта, применения мер снижения вибрации и защиты от коррозии. В местах электрического соединения не допускается использование составов, стопорящих резьбовые соединения (независимо от цели их использования), так как они приводят к непредсказуемому изменению сопротивления соединения.



Рисунок 5 – Пример заземления пластмассового шкафа через заднюю стенку.

В случае использования устройств с пластмассовым корпусом, их выводы заземления должны подсоединяться к ЭМС-заземлению с использованием проводов или жгута минимально возможной длины и максимального диаметра, с применением невыпадающей гайки, резьбового отверстия или же с помощью болта и гайки.

На данном рисунке показаны элементы ЭМС-заземления упомянутого выше пневматического шкафа управления.

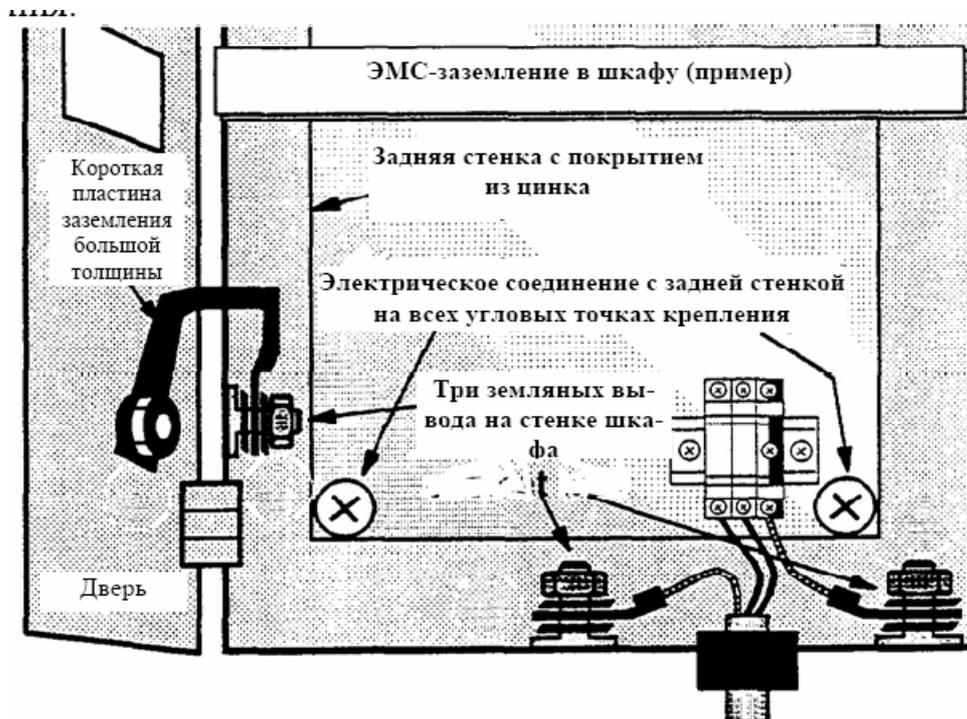


Рисунок 6 – Пример заземления металлического шкафа.

Задняя стенка крепится к стенке шкафа во всех крепёжных точках, а провода заземления и перемычки на дверях по всему шкафу выполнены максимально короткими.

Экранирование заземляющих кабелей и использование параллельных проводников заземления

Ввиду того, что в современной электронной технике используются сигналы очень высокой частоты, экраны кабелей необходимо подсоединять к местному ЭМС-заземлению *на обоих концах*. Чрезмерно высокие токи экранов устраняются укладкой экранированных кабелей вдоль параллельных проводников заземления (ППЗ), имеющих значительно более низкое сопротивление чем одинарные. Внутри шкафа функцию параллельных проводников заземления (ППЗ) выполняет заземлённая металлоконструкция шкафа или задняя стенка. Параллельные проводники заземления (ППЗ) и эквипотенциальное заземление в электроустановках рассматриваются ниже.

Экранированные кабели способны обеспечить намного более высокие характеристики экранирования от помех, чем при соединении экранов кабелей на обоих концах с помощью экранированных соединителей, кабельных муфт, разнообразных ЭМС-зажимов, Р-образных скоб и т.д, как показано на рисунках 7 и 8.

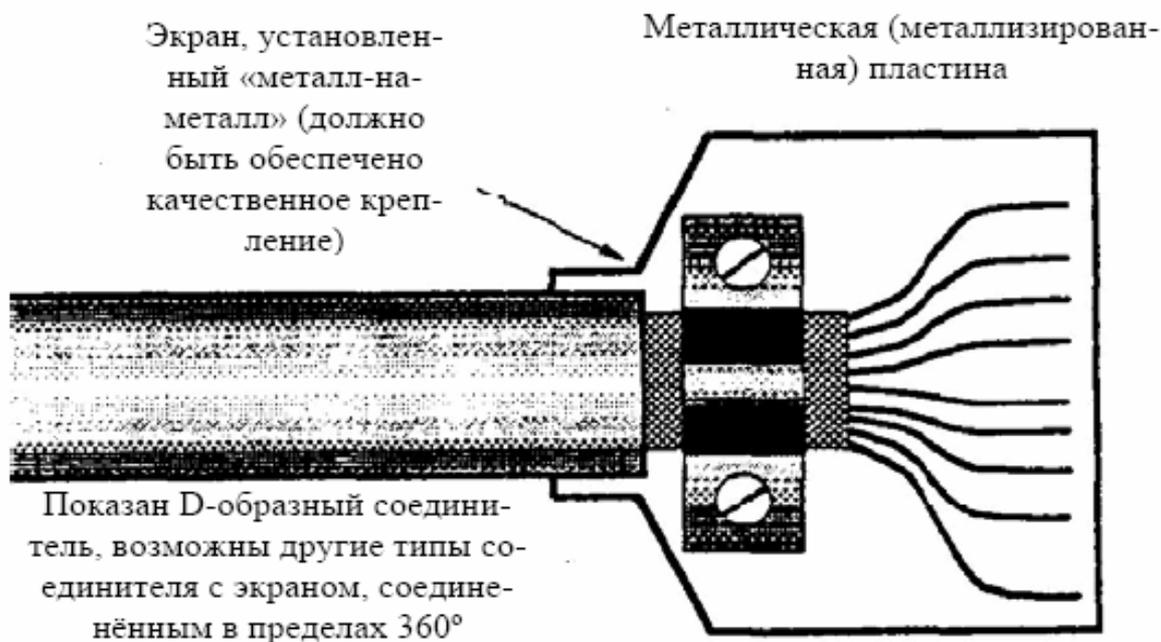


Рисунок 7 – Заземление с помощью D-образного соединителя.

Серьезно подходящие к проблеме ЭМС производители электронного оборудования обеспечивают правильное конечное подключение экранированных кабелей, или же поставляют специальные зажимы для экранов.

Одноточечное заземление экрана ухудшает экранирующие свойства экранированных кабелей. Испытания показали, что в случае подключения экрана «скрученным проводом» длиной 25 мм экранирующие свойства могут быть полностью утеряны даже на достаточно низкой частоте 70 МГц. Имеется в виду, что экран нужно обжимать по периметру, а не

скручивать в «проводник» и подключать к заземлению в одной точке (при этом возникает «кусочек провода» с заметным индуктивным сопротивлением на 70 МГц).

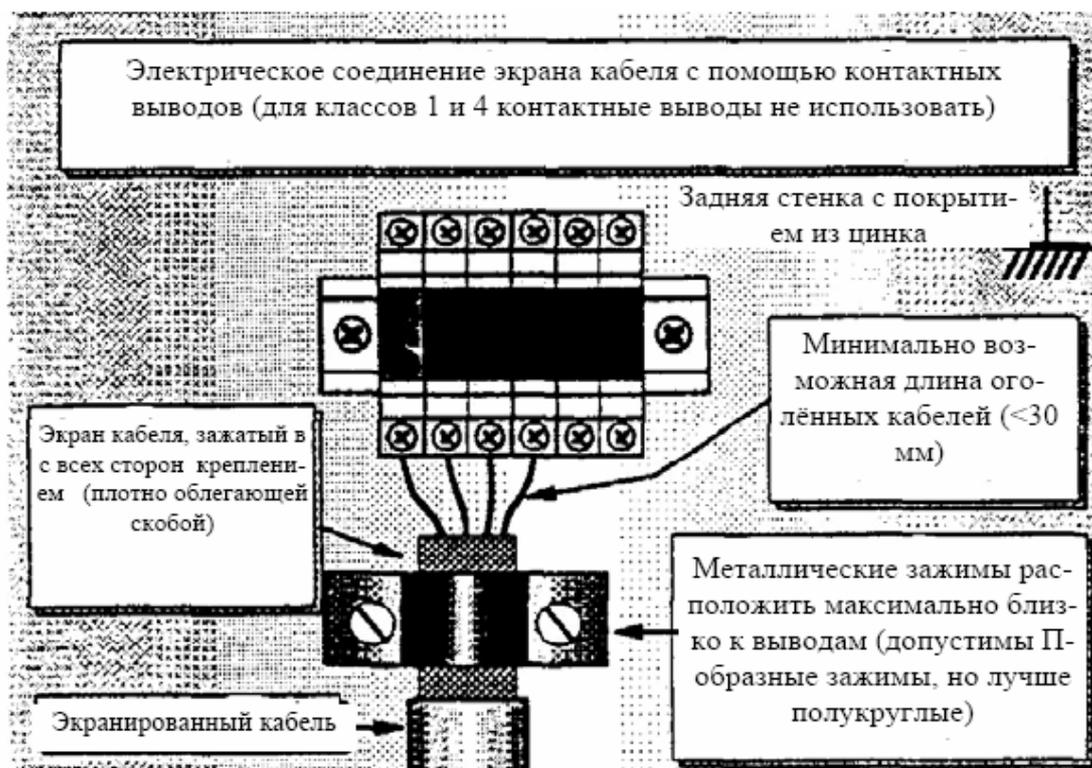


Рисунок 8 – Пример заземления с помощью контактных выводов.

Короткие соединения жгутами *могут* быть допустимы в случаях, когда наименее чувствительные к ЭМ помехам кабели класса 2 и 3 соединяются через зажимы под DIN-рейку, но даже в этом случае они представляют собой риск с точки зрения обеспечения ЭМС. Соединения жгутами должны всегда укладываться вдоль соответствующих основных кабелей, и их «заземленные» концы должны располагаться вдоль выводов жил кабеля (не следует располагать для аккуратности все «земляные» выводы на одном конце DIN-рейки).

Для контроля правильности ЭМС-заземления и концевых соединений экранов кабелей, на всех рабочих чертежах для каждой точки заземления необходимо указывать требуемый способ заземления. Рекомендуется выпускать рабочие инструкции с детальным описанием каждого способа заземления. Такие рабочие инструкции (в дополнение к стандартным обозначениям) позволят избежать недоразумений между конструкторами и сборщиками шкафов. Разработчики шкафов на основе инструкций по ЭМС, поставляемых с аппаратурой, и соответствующих рабочих инструкций должны разрабатывать инструкции по сборке (которые могут включаться в чертежи шкафов).

Очень низкие характеристики с точки зрения ЭМС, поэтому допустимо использовать только для очень нечувствительных и «нешумящих» кабелей класса 2 или 3

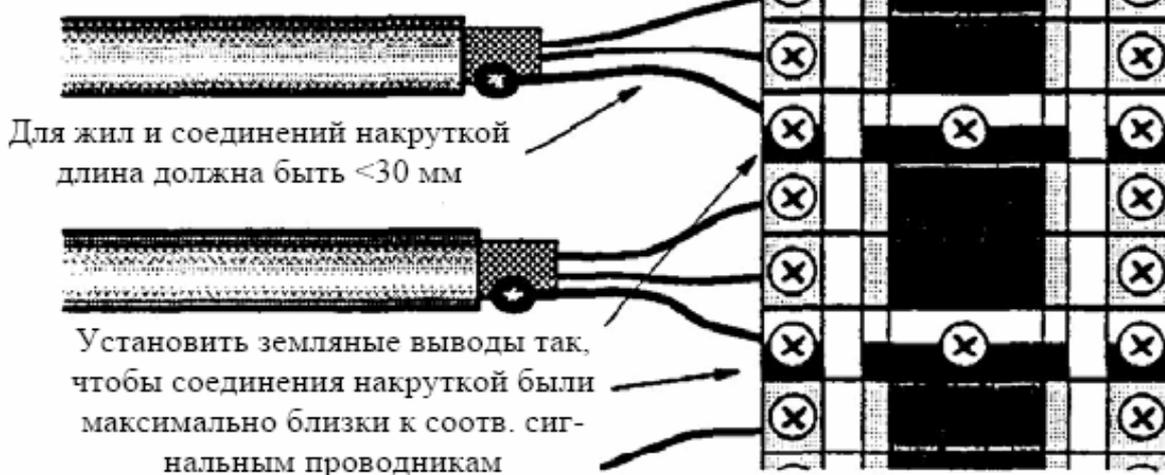


Рисунок 9 – Пример заземления с помощью контактных выводов.

Фильтрация

Вместо экранирования кабелей может использоваться фильтрация помех. Фильтрация, как правило, применяется в кабелях питания. Выбор необходимого фильтра представляет собой непростую задачу, так как заявленные в паспортах фильтров характеристики зачастую на практике недостижимы. Однако на основе реальных характеристик фильтров, не соответствующих указанным в паспорте значениям, можно рассчитать ослабление фильтрами помех для наихудших условий эксплуатации. Фильтры также имеют склонность к взаимовлиянию, поэтому два последовательно соединённых фильтра не всегда будут работать лучше одного фильтра.

Плохая сборка зачастую ухудшает свойства фильтров. Входные и выходные кабели фильтров должны непременно разделяться, так как они отличаются друг от друга по меньшей мере на один класс кабелей. Во всех точках крепления фильтры должны подсоединяться к ЭМС-заземлению соединением металл-металл. Фильтры должны устанавливаться в местах, где внешний кабель входит в пространство шкафа, защищённое ЭМС-заземлением. В шкафу управления, описанном выше, фильтр электропитания установлен непосредственно после изолятора двери, потому что электропривод имеет свой фильтр питания. Однако, как правило, фильтр питания лучше расположить до изолятора двери (это требует соблюдения соответствующих мер безопасности).

В заводских условиях с помощью маломощных ЭМ-пробников можно легко проверить (по меньшей мере, в отношении генерированных помех) наличие значительных отклонений электромагнитных характеристик экранированных кабелей, неразъёмных соединений и фильтров от требуемых, а также наличие ошибок сборки (например, наличие соединений скруткой внутри экранированных кожухов).

Экранированные шкафы

Экранированные шкафы дороги, и при применении существующих технологий сборки их экранирующие свойства могут быть легко нарушены. Значительно легче и дешевле закупить электронную аппаратуру с необходимыми характеристиками излучения помех и восприимчивости к воздействию помех, и собрать систему с применением заземления задней стенки и других методов, описанных выше. Необходимо иметь в виду, что когда двери или смотровые окна экранированного шкафа открываются для обслуживания или регулировки, экранирующая способность шкафа уменьшается. Более оптимальным и дешёвым решением может быть экранирование самих чувствительных к воздействию помех или излучающих помехи устройств с помощью расположенного внутри шкафа экранированного кожуха, а не экранировать весь шкаф целиком.

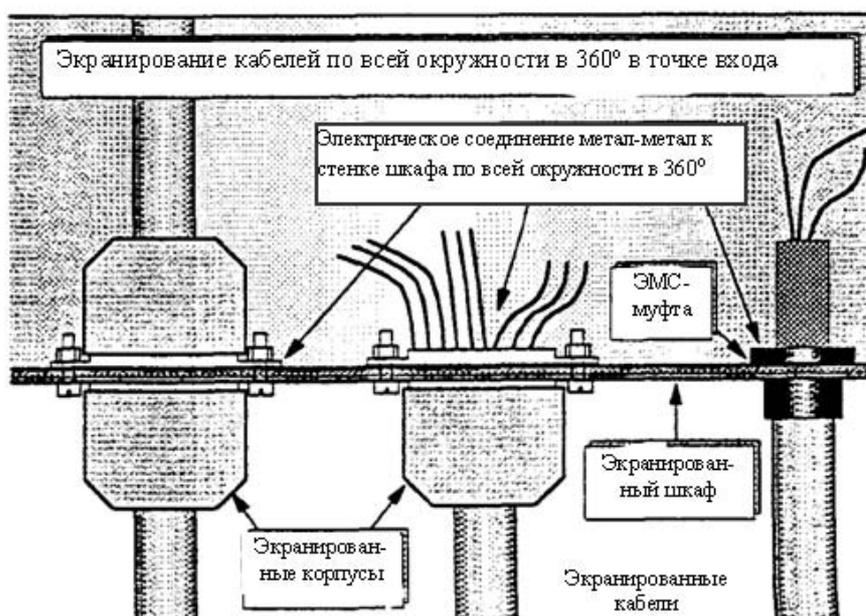


Рисунок 10 – Пример экранирования кабелей по всей окружности в точке входа.

При использовании экранированных шкафов, внешние границы шкафа для всех внешних кабелей становятся ЭМС-заземлением, а задняя стенка шкафа остаётся ЭМС-заземлением для внутренних кабелей.

Экраны всех входящих в экранированный шкаф и выходящих из него кабелей должны подсоединяться к земле по всей окружности (360°), или же указанные кабели должны иметь фильтры *в точке входа в шкаф*.

Подсоединение к «земле» по всей окружности означает непрерывный контакт металл-металл между внешней поверхностью экрана кабеля и поверхностью отверстия в металлическом корпусе, через которое проходит этот кабель. Для обеспечения подсоединения к «земле» по всей окружности можно использовать кабельные «ЭМС-муфты» или экранированные со всех сторон соединители.

Часто бывает необходимо удлинить экран кабеля внутри шкафа и подсоединить его снова к ЭМС-заземлению на устройстве, к которому подсоединён кабель. В этом случае броня кабеля должна рассматриваться как экран (хотя она, как правило, внутри шкафа не удлинится).

Вентиляционные отверстия должны иметь экранирующие решётки (высококачественные шкафы должны иметь металлические решётки с ячейками, расположенными в виде сот). Также должны иметь экранирование и мониторы, причём экраны должны подсоединяться к «земле» по всему периметру проемов, с использованием прокладок или аналогичных устройств. Крышки и двери также должны подсоединяться к ЭМС-заземлению по всему периметру их краёв, как показано на рисунке. В некоторых случаях (экраны с невысокими экранирующими свойствами) вместо сплошных ЭМС-прокладок имеется возможность использовать несколько точек заземления.

В случае, когда в дверь экранированного шкафа встраивается неэкранированный монитор, измерительный прибор или иное подобное устройство, можно использовать метод «чистого»/«грязного» ящика, показанный ниже.

Заземление дверей и крышек

- Для ЭМС-прокладки необходима проводящая металлическая поверхность;
- Необходимо выбирать материалы и покрытия, стойкие к коррозии;
- На чертеже шкафа должна быть представлена вся необходимая информация.

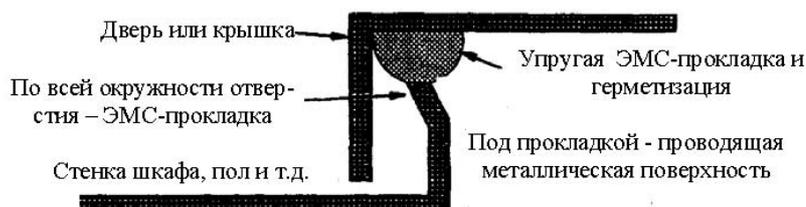


Рисунок 11 – Пример заземления двери шкафа.

Подсоединение «грязного» ящика к двери имеет чрезвычайно важное значение (должно использоваться несколько точек соединения, по меньшей мере, через каждые 100 мм, а для обеспечения высоких характеристик с точки зрения ЭМС должны использоваться ЭМС-прокладки). В некоторых случаях на кабелях устройства в местах, где они входят или выходят из «грязного» ящика, необходимо устанавливать небольшой высокочастотный фильтр.

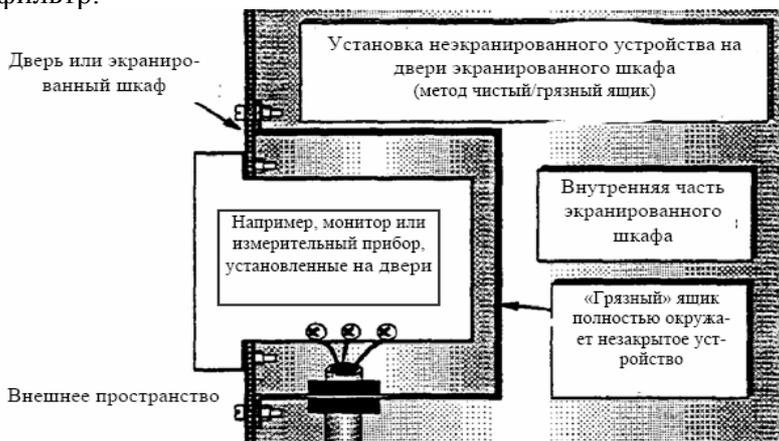


Рисунок 12 – Пример установки монитора в «грязном» ящике.

Этот метод «чистого/грязного ящика» можно использовать и для фильтров, установленных на монтажном шасси, причем лучше использовать фильтры, устанавливаемые на стенках/перегородках (накладные). Также имеется в продаже много фильтров, встраиваемых в соединители, устанавливаемые на стенках/перегородках.

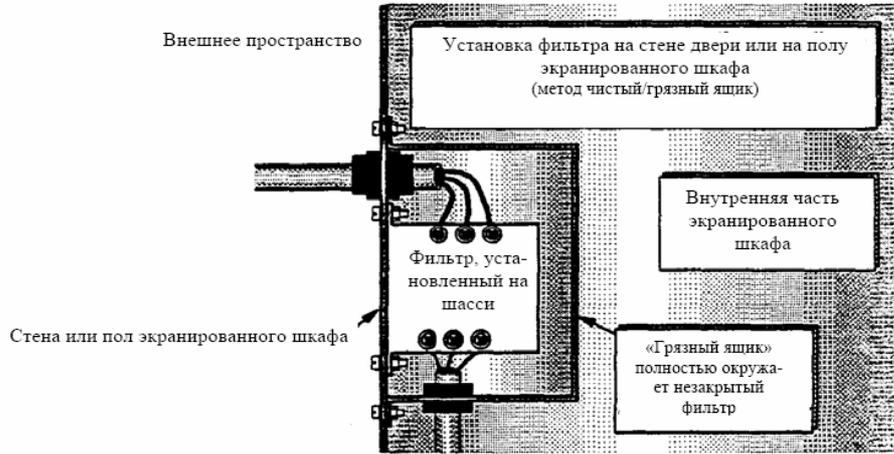


Рисунок 13 – Пример установки фильтра в «грязном» ящике.

Накладные фильтры для высоких напряжений, как правило, дороги, а при этом способе можно использовать менее дорогостоящие фильтры.

Вводные и выводные кабели в «грязном ящике» должны быть предельно короткими и располагаться на максимально возможном расстоянии друг от друга. Даже при соблюдении этих условий иногда требуется установить небольшие дополнительные высокочастотные фильтры в одном или нескольких местах ввода кабеля в «грязный» ящик.

Кроме того, вводной или выводной кабели можно проложить в металлическом корпусе, «переходящем» в корпус фильтра. Некоторые фильтры специально конструируются для этой цели.

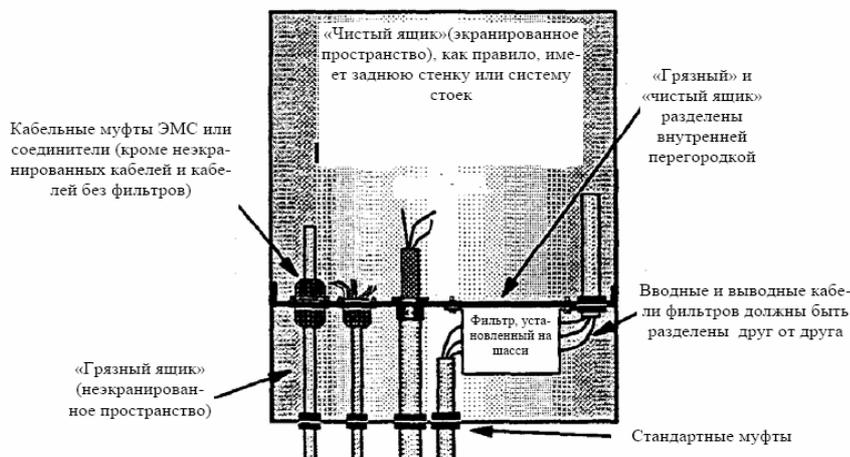


Рисунок 14 - Шкаф, разделённый на две части, одна из которых «чистая», а другая «грязная».

Также можно приварить два шкафа друг к другу, или скрепить их друг с другом рядом болтов; один из шкафов (как правило, меньшего размера) будет «грязным ящиком», а другой – «чистым».

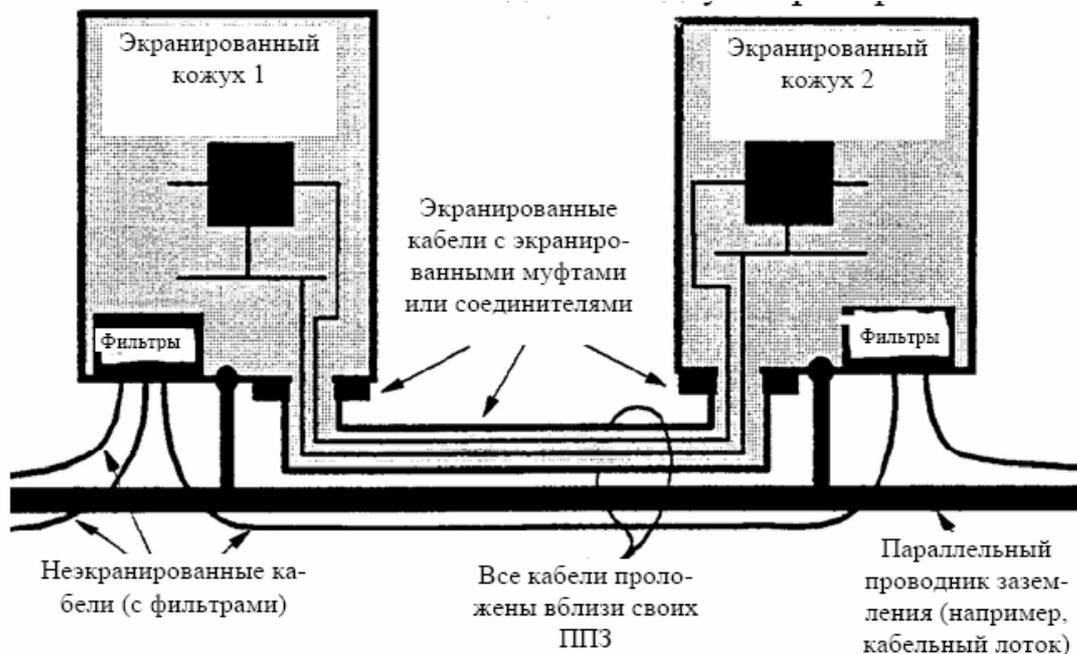


Рисунок 15 - Схема соединения двух экранированных шкафов.

Необходимо заметить, что в электронных устройствах, соединенных друг с другом через экранированный кабель, в качестве «обратного провода» используется не экран этого экранированного кабеля, а специальный проводник.

В коаксиальных кабелях всегда по одному и тому же экрану проходит и ток экрана, и обратный ток сигнала, что может привести к трудностям. Намного более предпочтительны экранированные витые пары или аналогичные кабели, имеющие внутренние жилы для «обратных токов» сигнала и питания.

Все кабели между шкафами прокладываются вдоль параллельного проводника заземления (ППЗ), который подсоединяется к земле обоих шкафов в соответствующих точках.

Рекомендуемые методы обеспечения ЭМС при монтаже оборудования

Существует пять рекомендуемых метода обеспечения ЭМС при монтаже оборудования:

- разделение аппаратуры и источников питания;
- сетчатое пространственное эквипотенциальное заземление;
- заземление экранов кабелей на обоих концах кабелей;
- параллельные проводники заземления (ППЗ);
- обеспечение достаточного расстояния между кабелями и правильная прокладка кабелей.

Разделение аппаратуры и источников питания

Во-первых, в самом начале любого проекта важно разделить аппаратуру и источники питания электроустановки на группы по их расположению.

Такое разделение осуществить очень легко, и на более поздних стадиях проекта это сэкономит большое количество средств и времени. На данном рисунке показан пример такого разделения.

Разделение аппаратуры и блоков питания

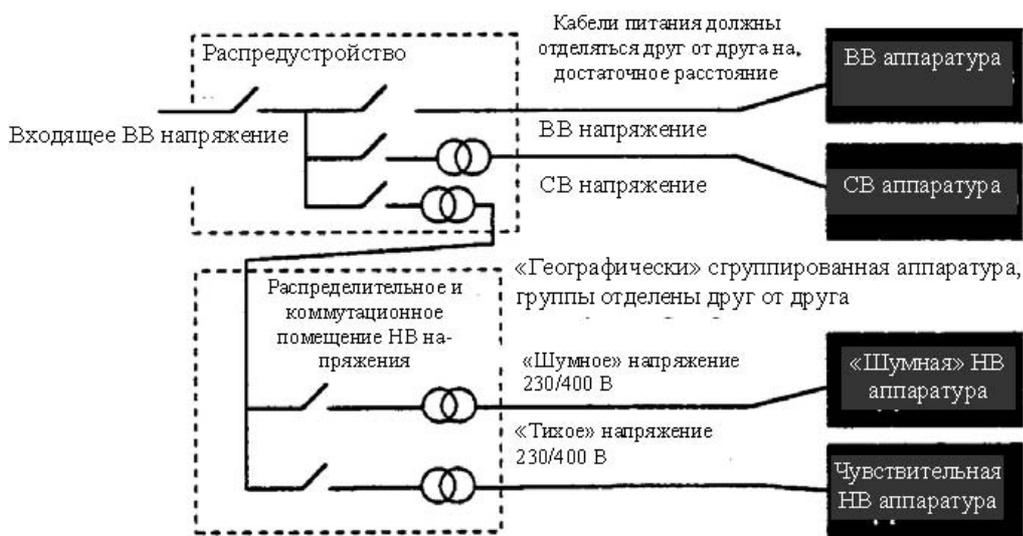


Рисунок 16 – Разделение аппаратуры и блоков питания на группы.

Сетчатое пространственное эквипотенциальное заземление

На данном рисунке показана рекомендуемая схема эквипотенциального заземления площадки, также называемого пространственным или сетчатым заземлением. Для того, чтобы устранить возможность больших падений напряжения в случае утечек или неисправностей, для оборудования с большими токами необходимо осуществлять заземление с помощью сетки с более мелкими ячейками.

Сетчатое пространственное эквипотенциальное заземление

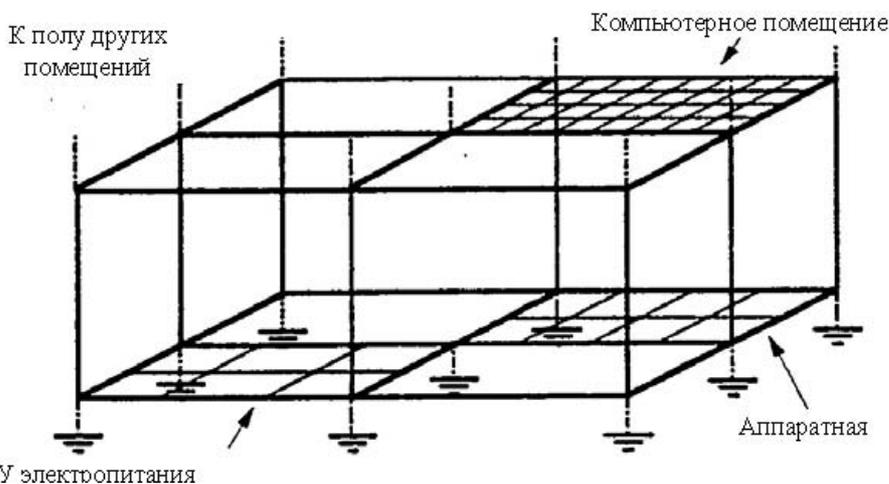


Рисунок 17 - Сетчатое пространственное эквипотенциальное заземление.

Для устранения падений напряжения из-за индуктивности земли для высокочастотного оборудования (расположенного в компьютерных залах или телекоммуникационных аппаратах) также необходимо заземление по сетке с более мелкими ячейками.

В некоторых случаях для чувствительной аппаратуры КИПиА также требуется сетка заземления с более мелкими ячейками, так в этом случае падения напряжения в могут возникать на любой частоте.

Эквипотенциальное заземление конструкций

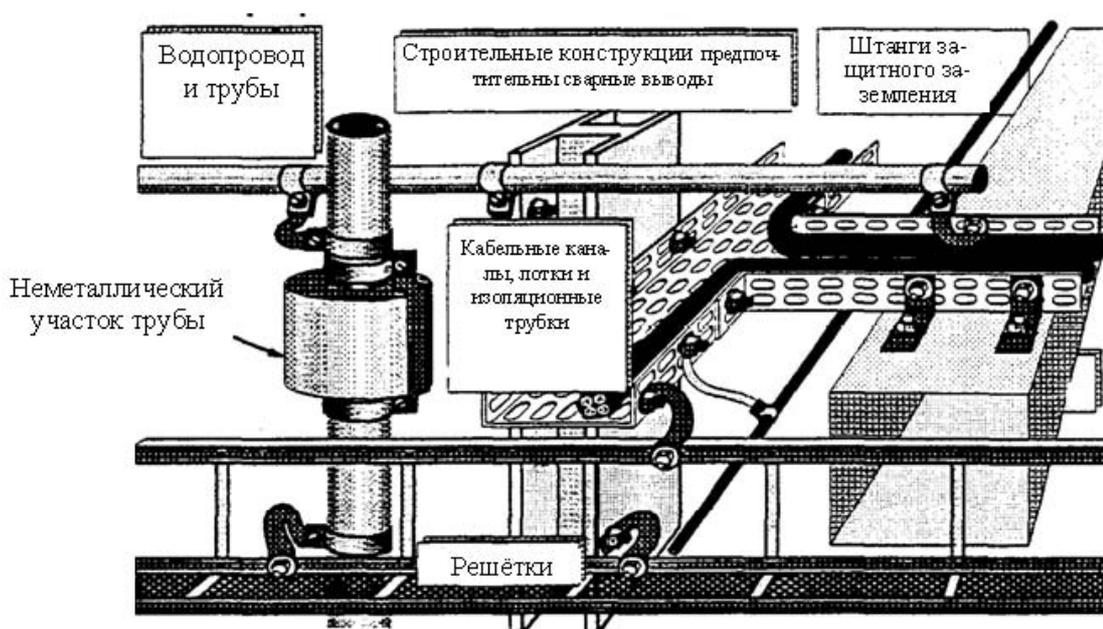


Рисунок 18 - Эквипотенциальное заземление конструкций.

В некоторых ситуациях для обеспечения необходимой эквипотенциальности требуется твердый металлический пол.

Также сетчатое заземление помогает защитить оборудование от разрушающего воздействия разрядов молний. Причём разрядники для защиты от атмосферных перенапряжений не будут функционировать должным образом, если они не подсоединены к сетчатой системе заземления хорошего качества. Для обеспечения защиты от молнии на площадке не должно быть сеток заземления размером ячейки более 5 см в любом направлении.

Как показано на рисунке, для достижения этой цели часто используется арматура, строительные и другие металлические конструкции.

Заземление должно быть выполнено соединением металл-металл, но также могут использоваться короткие проводники, хотя в таких случаях происходит некоторое ослабление защитных свойств на высоких частотах.

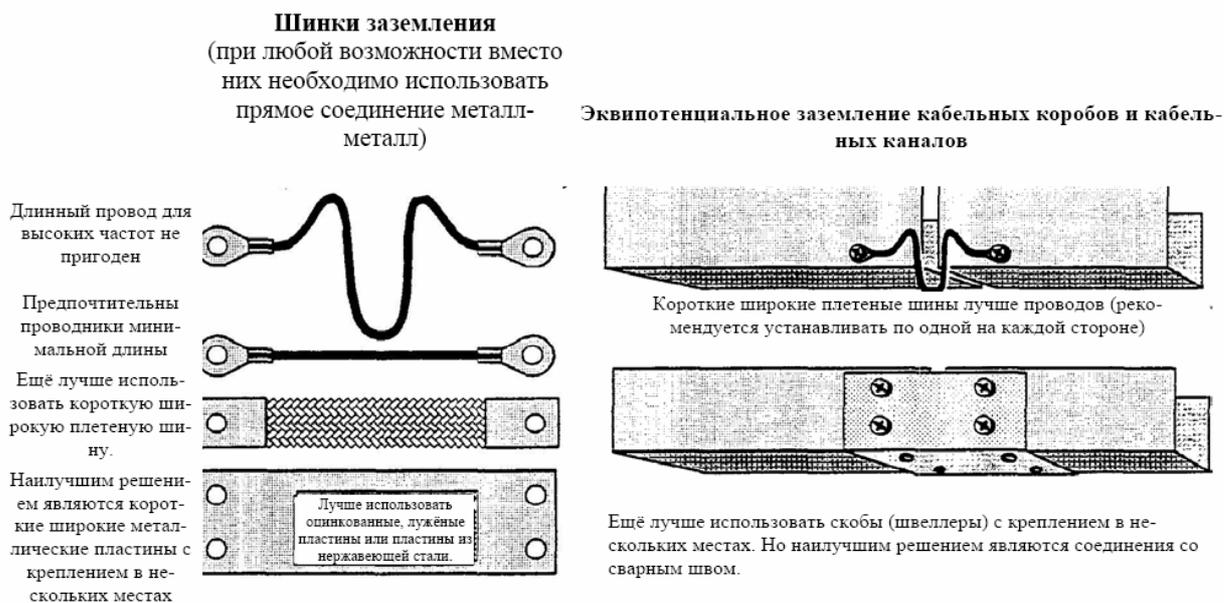


Рисунок 19 - Шинки заземления и пример эквипотенциального заземления коробов.

Раньше в большинстве случаев сетчатые структуры заземления рассматривались как элементы обеспечения безопасности, использовать которые необходимо только в случаях, когда разность потенциалов превышает 50 В. Однако сейчас такое воззрение устарело. Если новую установку необходимо защитить от вредного влияния существующей электромагнитной обстановки в старом здании, то требуются специальные способы организации заземления и его подключения. Особенно это касается компьютерных и других подобных помещений.

Заземление экранов кабелей на обоих концах

Как описывалось выше, экраны кабелей функционируют должным образом только в том случае, если они на обоих концах кабеля подсоединены к земле по всей окружности. Чрезмерно высокие токи экранов устраняются укладкой экранированных кабелей вдоль параллельных проводов заземления (ППЗ), которые отводят токи утечки источников питания и аварийные токи от экранов кабелей, имеющих более высокое сопротивление. Для того чтобы минимизировать циркулирующие токи, вызванные магнитным полем цепей питания, кабели всегда должны располагаться максимально близко к своим параллельным проводам заземления. В случае участков кабелей очень большой длины и в очень неблагоприятных с точки зрения ЭМ помех условиях иногда приходится обнажать экраны и броню кабелей приблизительно через каждые 10 м и соединять их с соответствующими параллельными проводниками заземления при помощи зажимов или другим способом.

В случаях, когда нет подходящей системы эквипотенциального заземления, для того, чтобы устранить токи контуров заземления, традиционно на одном конце экраны кабелей соединялись. Ввиду того, что такая технология не обеспечивает необходимых характеристик ЭМС (ухудшаются защитные свойства экранированных кабелей), а также потому, что при возникновении неисправностей и атмосферных перенапряжений она может вызвать выход современного электронного оборудования из строя или даже поражение электрическим током и пожар, эта технология сейчас практически не используется.

Если нет эквипотенциального заземления, кабели необходимо прокладывать вдоль ППЗ большого сечения, электрически соединённого с локальными точками заземления на обоих концах (напр. со стенкой шкафа с оборудованием или с корпусом электродвигателя). В противном случае можно использовать разрядники, причём при отсутствии качественного сетчатого заземления должны использоваться разрядники с гальванической развязкой.

Параллельные проводники заземления (ППЗ)

Ниже показано несколько рисунков с параллельными проводниками заземления разных типов, в которых используются провода большого сечения, полосы, лотки, кабельные каналы, и металлоконструкции, а также рекомендуемые способы прокладки кабелей вдоль этих проводников.

Прокладка кабелей вдоль параллельных проводников заземления (ППЗ)



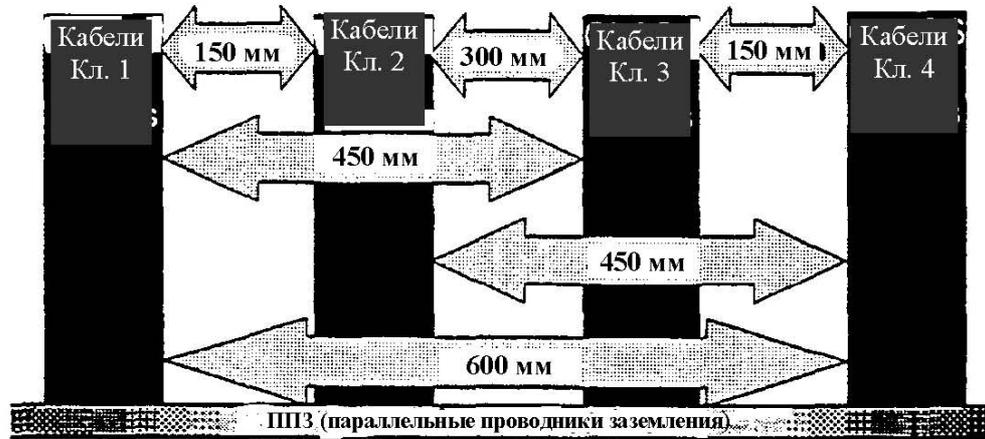
Рисунок 20 - Прокладка кабелей вдоль параллельных проводников заземления.

По требованиям безопасности ППЗ должны быть способны выдерживать максимальные значения токов, которые могут возникнуть при неисправностях (в системах с качественной сеткой эти токи ниже, чем в системах с сеткой с произвольным расположением ячеек).

Обеспечение достаточного расстояния между кабелями и правильная прокладка кабелей

На рисунке ниже показаны минимальные расстояния между кабелями разного типа (см. выше) для участка кабелей длиной 30 м вблизи общего ППЗ. При более длинных параллельных участках кабелей расстояние между кабелями должно быть больше. В идеальном случае кабели на всех участках должны лежать на расстоянии не более 25 мм от ППЗ. Это особенно важно для кабелей, чувствительных к воздействию ЭМ помех и кабелей, генерирующих большие ЭМ помехи.

Минимальные расстояния между кабелями разного класса для случая, когда кабели проходят вдоль одного ППЗ



Эти минимальные расстояния действительны для случая, когда кабели проходят вдоль одного ППЗ на отрезке до 30 м. Для более длинных отрезков необходимо умножить на: длина (м) + 30

Рисунок 21 - Минимальные расстояния между кабелями разного класса для случая, когда кабели проходят вдоль одного ППЗ

Некоторые виды параллельных заземляющих проводников

(чем меньше номер по рисунку, тем лучше с точки зрения обеспечения ЭМС на высоких частотах)

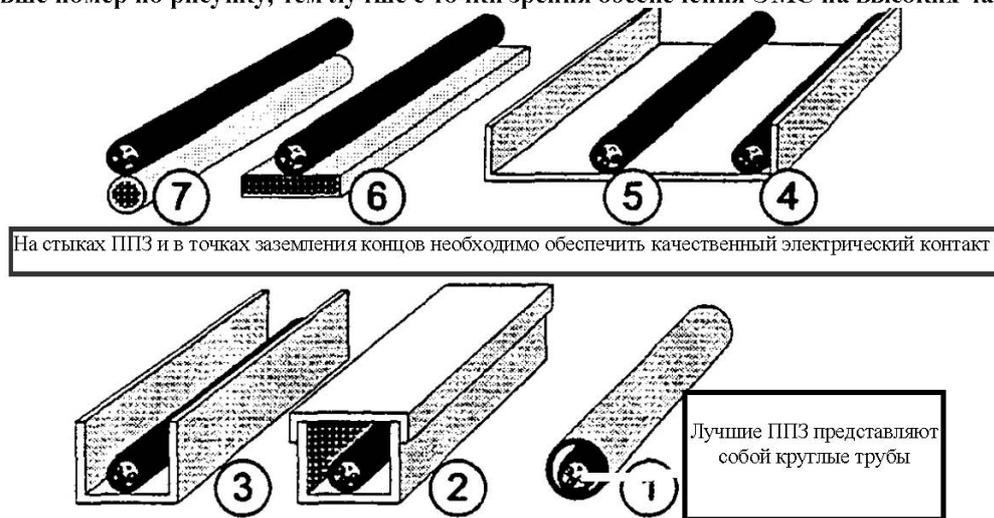


Рисунок 22 - Некоторые виды параллельных заземляющих проводников.

Кабели ни при каких обстоятельствах не должны прокладываться «по воздуху», если они не прикреплены к прочному ППЗ достаточного сечения.

Использование металлических конструкций с эквипотенциальным заземлением в качестве ППЗ (например, двутавровой балки)

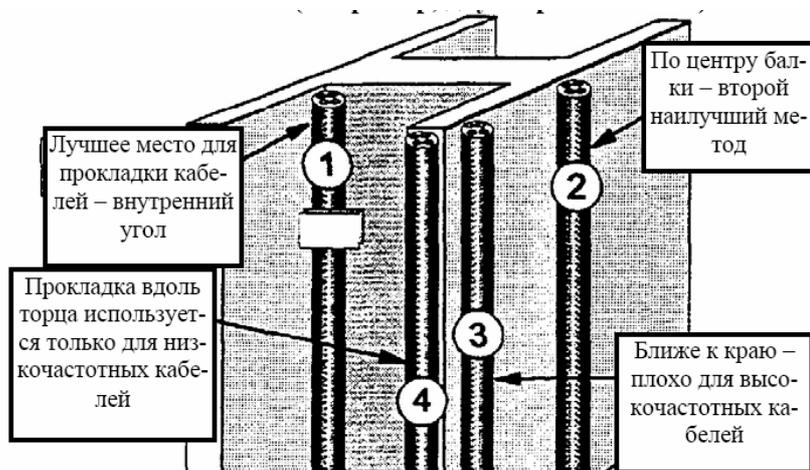


Рисунок 23 - Использование двутавровой балки с эквипотенциальным заземлением в качестве ППЗ.

С точки зрения ЭМС участки кабелей, проложенные на внутренних углах ППЗ, имеют преимущество, поэтому их необходимо использовать для кабелей, чувствительных к воздействию ЭМ помех и кабелей, генерирующих большие ЭМ помехи.

В случаях, когда между кабелями разного типа установлены металлические разделители, и при использовании дополнительных экранов кабелей по всему пространству шкафа (электрически подключенных к ЭМС-заземлению *на обоих концах*), расстояние между кабелями может быть уменьшено.

При прокладке кабелей в отдельных закрытых металлических кабельных каналах или ППЗ с изоляционной трубкой расстояние между кабелями может быть снижено до 0 (однако, кабели типов 1 и 4 нельзя прокладывать близко друг к другу даже в этом случае).

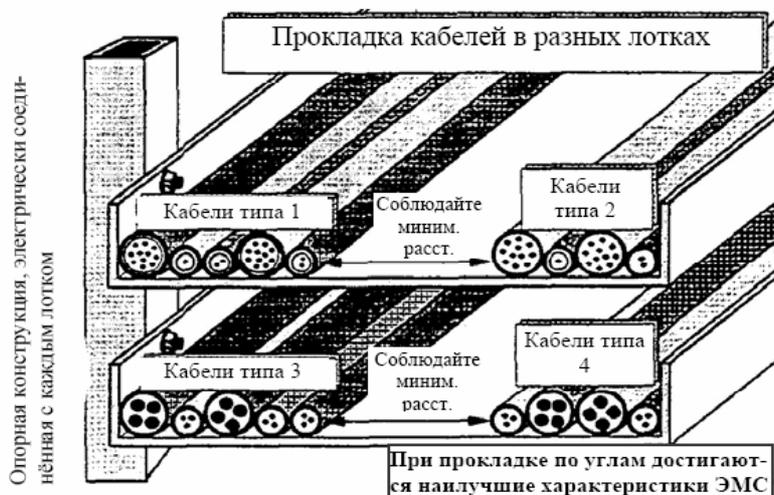


Рисунок 24 - Метод прокладки кабелей разного типа в разных лотках (в двух и более), установленных на разных высотах.

Как показано на рисунке 25, для минимизации циркуляционных токов, вызываемых магнитным полем электропитания, кабели одного и того же типа, подводимые к разному оборудованию, должны прокладываться по одной и той же траектории.



Рисунок 25 – Рекомендуемая траектория прокладки кабелей.

Заключение

В данной статье было представлено краткое описание наиболее эффективных методов обеспечения ЭМС, рекомендуемых для использования при сборке и установке промышленных панелей управления, а также был приведен ряд поясняющих рисунков.