

Практическая реализация концепции по построению помехозащищённых щитов автоматики.

Данная статья является дополнением к статье «Промышленные контроллеры в щитах автоматики и рекомендации по построению помехозащищённых систем» и предлагает конкретную реализацию мер на примере реального щита управления. Статья не содержит авторских прав, и информация из неё рекомендуется к свободному распространению.

В статье рассмотрены следующие вопросы:

1. Помехи и их влияние на работоспособность аппаратуры.
2. Особенности применения барьеров против помех.
3. Особенности применения сетевых фильтров и изолирующих трансформаторов.
4. Особенности применения некоторых видов промежуточных реле.
5. Описаны практические примеры реализации щита управления с точки зрения концепции минимизации чувствительности к помехам, как проникающих извне, так и возникающих внутри щита.

1. Помехи.

Для начала ещё раз вспомним, какие существуют наиболее часто встречающиеся виды помех?

1. Помехи, вызванные срабатыванием выключателей, реле, пускателей, контакторов - наносекундного диапазона маломощные (по международной классификации - EFT).
2. Помехи, вызванные работой реактивных нагрузок (двигатели, трансформаторы, а также зарядов конденсаторов и отдачей накопленной энергии обратно) – микросекундного диапазона мощные (по международной классификации - surge).
3. Электростатические помехи, например, от прикосновения человека или заряженных предметов (по международной классификации - ESD).
4. Радиопомехи – от работы близкорасположенных радиопередатчиков.
5. Помехи от природных источников (грозовые разряды).
6. Смешанные – например от дуги сварочного аппарата (широкополосные и при этом мощные).

При этом реальные помехи – это всегда комбинация вышеперечисленных помех.

Так же для практического применения при сборке щитов управления удобно ввести классификацию по месту возникновения помех:

1. Внешние (проникающие в систему из внешней среды).
2. Внутренние (возникающие внутри системы от работы устройств, входящих в саму систему).

Помехи могут приходить извне по сети питания и линиям коммуникации и управления, но и так же возникать от внутренних источников в щитах управления.

1.1. Внешние помехи.

Внешние помехи от сварочных аппаратов – очень широкополосные (лежат в частотном диапазоне от десятков килогерц до десятков гигагерц). Могут быть одновременно наносекундными (собственно от самой сварочной дуги) и микросекундными мощными (от работы мощной реактивной нагрузки, питающей эту дугу – обмотки трансформатора или от работы инвертора). Скорее всего они являются самыми сильными источниками помех после грозового разряда.

Помехи, вызванные разрядом гроз – широкополосные, имеют максимум в частотном диапазоне от 2 кГц до 30 кГц. Излучаются в виде радиоволны. Непосредственное попадание молнии в здание вызовет электрические помехи большой мощности, распространяющиеся преимущественно по металлическим конструкциям и проводам. Указанная помеха может выжечь аппаратуру.

Коллекторные двигатели могут вызвать результирующие частотные помехи с частотой выше 100 МГц. Воздействие внешних магнитных полей может вызвать индукционные токи в замкнутых контурах с частотой до 100 МГц и ниже.

1.2. Внутренние помехи.

Какие внутренние устройства, применяемые в щитах управления могут являться потенциальными источниками помех для контроллера, установленного в непосредственной близости?

1. Контакторы, пускатели, реле, кнопки, переключатели.
2. Частотные регуляторы.
3. Импульсные блоки питания.
4. Другие устройства, не описанные здесь.

Для трёхфазных пускателей, контакторов и промежуточных реле частоты наведённых помех лежат в диапазоне до 300 МГц и выше.

Спектр помех от электромагнитных ключей, реле соленоидов простирается до 300 МГц и выше. Так, реле, переключаящие цепь некоторого источника, генерируют магнитную энергию, которая может индуцировать напряжение в 10...20 раз больше, чем напряжение источника. Дуга, развиваемая в контактах переключателей, может иметь индуктивные помехи и электромагнитные помехи.

Для частотных регуляторов (преобразователей) частоты наведённых помех лежат в диапазоне от 150 кГц до 30 МГц, а паразитное электромагнитное излучение имеет частоту от 30 МГц до 1 ГГц.

Для импульсных блоков питания частоты наведённых помех лежат в диапазоне от 10 кГц до 100 МГц и выше.

1.3. Нежелательные последствия воздействия помех на аппаратуру измерения и управления.

Влияние помех на измерительные преобразователи подавляется специальными алгоритмами фильтрации входного сигнала, а также простейшими входными фильтрами на R-С элементах.

Если для самого процесса измерения последствия воздействия помех не являются столь критичными (не учитывая временную потерю точности измерения в процессе прохождения помехи), то для аппаратуры управления, содержащую микроконтроллер или микрокомпьютер такие последствия могут быть критичными и закончится полным «зависанием» устройства и остановкой технологического процесса. Восстановить работоспособность «зависшего» компьютера получится только программной перезагрузкой или полным аппаратным перезапуском, иногда с выключением из сети. При этом материалы, которые подвергались обработке, например, смешению, разрезанию, растворению, дозированию и т.п. уйдут в брак, так как процесс их обработки не был закончен до конца. Если процесс дозирования или смешения требует малого времени, например, при смешении горячих компонентов, его остановка приобретает ещё более трагические последствия – компоненты остывают и затвердевают прямо в бункере – требуется последующая сложная очистка бункера. Иногда воздействие мощной помехи способно вывести аппаратуру управления полностью из работоспособного состояния, что потребует его замены или ремонт, произойдёт аварийная длительная остановка отгрузки продукции из производства.

1.4. Особенности работы микроконтроллера от сетевого источника питания.

Помимо помех, которые могут проникать на плату микроконтроллера извне и нарушать его работу путём искажения тактовых импульсов существуют другие опасности.

Давайте рассмотрим, какую опасность для работы микроконтроллера, например, типа «АТМega-644» может представлять падение напряжения его источника питания всего на 0.6 В? Существует разрешённый безопасный диапазон работы микроконтроллера от источника питания. Как правило это:

+/- 0.5 В - для контроллеров с узким диапазоном напряжения питания (+5 В) и тактовой частотой более 2 МГц и

– 2.3 В / + 0.5 В - для низко-потребляющих контроллеров с широким диапазоном питания (+2.7 В ... +5 В) и тактовой частотой до 2 МГц.

Когда может произойти падение напряжения питания?

1. При случайном кратковременном аварийном разрыве в электросети питания.
2. При общем нестабильном напряжении в электросети питания.
3. При включении очень мощной нагрузки в той же фазе сети, куда подключён микроконтроллер.

Частая «просадка» напряжения в сети и её нестабильность говорит о том, что сечение сетевых проводников выбрано неправильно, а подключение мощных потребителей должно быть произведено через отдельную сеть.

В чём выражается опасность снижения напряжения питания? В том, что во время записи в постоянную энергонезависимую память (внешнюю или внутреннюю) при снижении напряжения питания микроконтроллер перейдёт в ненормируемый режим и будет записывать ошибочные данные – произойдёт так называемый эффект «разрушения памяти». Восстановить данные, а иногда и алгоритм работы всей программы может не удастся, так как ошибочные данные будут представлять из себя случайные значения. Прибор может прийти в полностью нерабочее состояние и потребует перепрограммирования рабочей микропрограммы, то есть ремонта.

Так же опасность разрушения данных в памяти может произойти и при включении микроконтроллера в сеть, когда напряжение питания нарастает плавно и не достигло нужного уровня для нормальной стабильной работы, а программа уже заработала и процессор начал записывать в память случайные значения.

Слежением за нарастанием или снижением напряжения питания занимается супервизор питания микроконтроллера, установленный на плате самого устройства. Но если «просадки» сети значительны и часты - для предотвращения «сброса» контроллера и полной остановки технологического процесса мы всё же рекомендуем питать щит управления от отдельной сети и стабилизатора переменного тока, а в самых тяжёлых случаях – от бесперебойного источника питания с аккумулятором. Ещё лучше, если это устройство совмещено с сетевым фильтром и стабилизатором переменного тока в одном корпусе.

2. Барьеры против помех, как способ борьбы с их проникновением в аппаратуру.

Какие существуют способы защиты линий питания, коммуникаций и управления от проникающих извне, а также возникающих внутри помех?

1. Общесистемный сетевой фильтр (желательно как можно более широкополосный).
2. Изолирующий (разделяющий, развязывающий) трансформатор 220 В / 220 В (Ш-образный, с межобмоточным экраном).
3. Ферритовые помехоподавляющие элементы (барьеры) – фильтры, бусины, кольца.
4. Барьеры других видов, например, промежуточные реле, низкоомные резисторы и пр.
5. Подавление помехи в месте возникновения помехоподавляющими элементами.
6. Экранировка кабелей медным экраном-оплёткой.
7. Применение металлических кабельных коробов, отдельных для каждой группы линий.
8. Питание микроконтроллера и аппаратуры щита управления от аккумулятора.
9. Другие «экзотические» способы, не описанные здесь.

Здесь необходимо сразу оговориться. Барьеры, помехоподавляющие элементы и др. – НЕ УСТРАНЯЮТ помеху полностью. Необходимо это чётко понимать. Они лишь уменьшают её амплитуду. Природу довольно сложно перехитрить, но с ней необходимо быть на «Ты».

Пространственное разделение линий питания, управления, коммуникаций снижает перекрёстную ёмкость между ними и, как следствие, уменьшает связь по переменному току, а значит уменьшает

возможность распространения помех. Укладка кабелей в экраны или металлические короба преследует те же цели и имеет тот же эффект.

К вопросу, а зачем необходимо промежуточное реле? Нельзя ли его установить непосредственно в управляющий контроллер? Можно ли отказаться от гальванической изоляции и управлять мощной нагрузкой непосредственно от микроконтроллера какими-нибудь современными радиоэлементами типа симисторов, ключей и подобными?

Отвечаем – НЕТ. Управление мощной нагрузкой в промышленности без использования промежуточных реле в щите и гальванической изоляции внутри самого контроллера ОДНОЗНАЧНО будет означать, что ваша система рано или поздно «зависнет» в самый неподходящий момент, а скорее всего окажется вообще не работоспособной ввиду постоянных сбоев из-за помех. Промежуточные реле – не прихоть, а это в том числе и гальваническая изоляция от помехи между мощной нагрузкой и микроконтроллером. Для микроконтроллера мощной нагрузкой уже можно считать сам трёхфазный магнитный пускатель или контактор, который в свою очередь управляет ещё более мощной нагрузкой. Контактор, он же трёхфазный магнитный пускатель, является большим источником очень мощных помех. Подключить его непосредственно к контроллеру через мощный ключ без использования гальванической изоляции, являющейся барьером от помехи – значит обрести систему на полную неработоспособность.

Промежуточные реле теоретически можно установить на плате микроконтроллера, если позволят габариты, но и ими всё равно ОБЯЗАТЕЛЬНО необходимо управлять через элементы гальванической изоляции и желательно, чтобы это реле было твердотельным, не создающим искру при переключении для гарантии бесперебойной работоспособности устройства. Но учитывая большое, например, более четырёх, количество переключаемых каналов и относительно маленькие габариты самих микроконтроллеров, а также большие габариты мощных реле на данный момент это не представляется возможным в системах, надёжность работы которых стоит на первом месте. Дополнительно добавим, что уровень цен на мощные твёрдо-тельные реле оставляет желать лучшего. Поэтому, идеальным и классическим надёжно работающим вариантом по-прежнему будет считаться установка промежуточных реле отдельно вдали от самого контроллера в отдельном шкафу с питанием реле от отдельного блока питания. Тем более, что управляющий щит является несущей конструкцией как самого микроконтроллера, так и элементов индикации и управления, например, крупногабаритных кнопок и переключателей увеличенного ресурса работы, а также других внутри-щитовых устройств. Более того, такая компоновка скорее всего останется неизменной и в будущем.

2.1. Ферритовые кабельные фильтры.

Ферритовые кабельные фильтры используются в основном для установки на интерфейсные кабели поверх изоляции и поверх экранирующей оболочки для фильтрации помех, распространяющихся по экрану и блокировки излучённых кабелем высокочастотных радиоволн. По сути они являются аналогом ферритового кольца. Конструктивно представляет из себя ферритовый цилиндр либо двухсекционный цилиндр разных диаметров, соединяемый воедино посредством внешнего пластикового корпуса-защёлки для удобного монтажа на кабель. Так же его возможно использовать как простой ферритовый дроссель, например, защёлкивая на любых проводниках прямо поверх изоляции или на группе проводников, не разрезая их. Возможно протягивание проводников сквозь фильтр в несколько витков, как на ферритовое кольцо, наращивая индуктивность. Он так же удобен тем, что фильтр малого диаметра можно установить даже на отдельный «шумящий» проводник, не разрезая его прямо поверх изоляции, либо сделать несколько витков провода сквозь него.

Условно, разделим кабельные ферритовые фильтры по частотному диапазону на три группы.

Кабельные ферритовые фильтры, например, Snap Ferrites STAR-Series фирмы Wurth Elektronik имеют импеданс:

1. 10 Ом на частоте 500 кГц, 40 Ом на 1 МГц – низкочастотные на феррите 8 W 5000 (под кабель диаметром до 12.5 мм)
2. 100 Ом на 10 МГц, 300 Ом на 100 МГц – среднечастотные на феррите 4 W 620 (под кабель диаметром до 8.5 мм)

3. 10 Ом на 10 МГц, 100 Ом на 100 МГц, 300 Ом на 1 ГГц – высокочастотные на феррите 4 W 620 (под кабель диаметром до 12.5 мм)

Последовательная установка низкочастотного и высокочастотного фильтров на кабель создаст импеданс от 10 до 300 Ом в диапазоне частот 500 кГц-1 ГГц (под кабель или группу проводников диаметром до 12.5 мм) и послужит барьером, уменьшающим амплитуду помехи.

2.2. Особенности работы фильтра блока питания и применения ферритовых элементов для фильтрации помех, возникающих в питающей сети 220 в.

На рисунке 1. представлена типовая схема фильтра блока питания. В данном случае на нём изображена часть схемы фильтра импульсного блока питания, но такой же фильтр может применяться с любым типом блоков питания, например, трансформаторным. **Пунктирной линией показан корпус блока питания.**

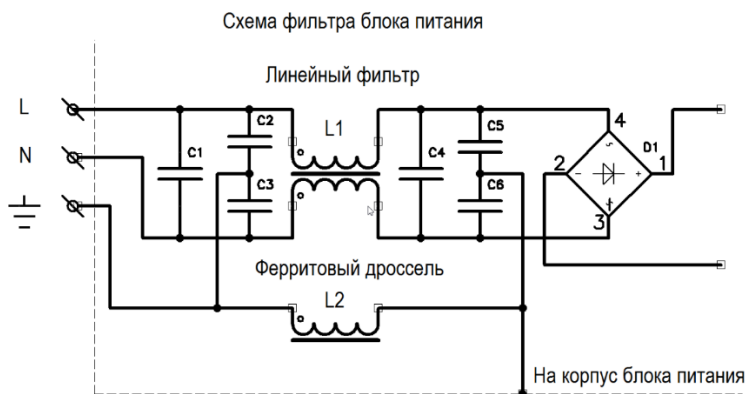


Рис. 1.

На схеме изображены:

1. Вводные клеммы блока питания L (фаза), N (нейтральный проводник), заземление.
2. Конденсаторы фильтра внешней помехи, проникающей из сети C1, C2, C3.
3. Линейный фильтр L1, выполняющий двойную функцию – не пускающий помеху из сети и не выпускающий помеху из блока питания. Выполняется из готового промышленного двухсекционного блока катушек с ферритом.
4. Ферритовый дроссель L2, выполняющий аналогичную функцию, а также не пускающий помеху на корпус блока питания. Делается из ферритового кольца с тремя витками провода либо ферритового фильтра, защёлкиваемого на провод.
5. Конденсаторы фильтра внутренней помехи, возникающей при работе самого блока питания C4, C5, C6.

Наглядно изображён правильно подключённый ВНУТРЕННИЙ ферритовый дроссель L2, препятствующий стеканию помехи, проникающей из сети через конденсаторы C2, C3 на корпус самого блока. При реализации на практике такой дроссель производитель **ставит не всегда**, так как не всегда понимает его назначение. Если же мы установим ВНЕШНИЙ ферритовый фильтр на три линии сетевого питания, включая линию заземления, схема приобретёт следующий вид и появятся следующие проблемы (см. рис. 2).

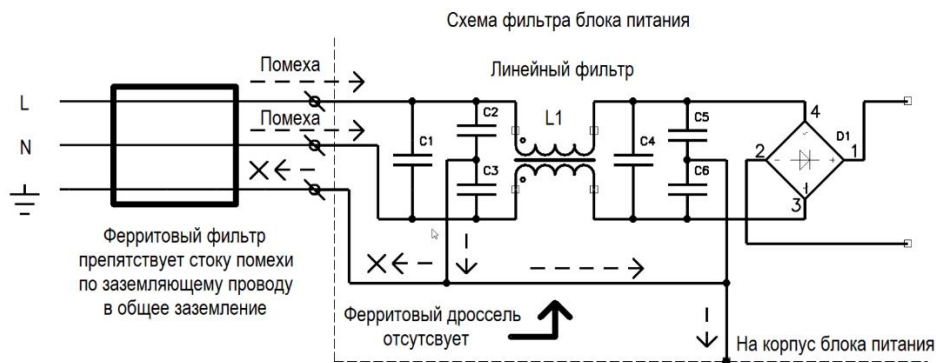


Рис. 2.

Поскольку по внешним признакам мы не можем знать, правильно ли производитель сделал блок питания и установил ли дроссель L2 внутри, лучше будет либо не ставить ВНЕШНИЙ ферритовый фильтр на сетевые провода вообще, либо установить его только на ДВЕ линии – L и N (фаза и нейтральный проводник), рис. 3.

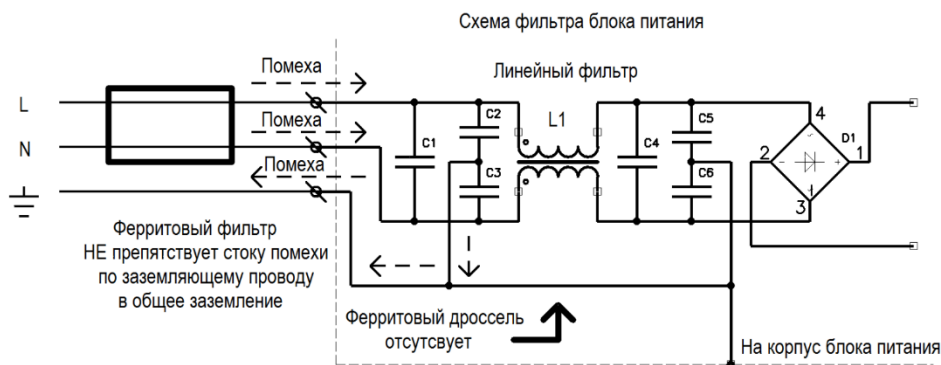


Рис. 3.

То-есть линии заземления (жёлто-зелёные провода), идущие от блоков питания и другой аппаратуры, по которым стекаются помехи должны быть с максимально низким импедансом (иметь минимальное полное сопротивление желательно в максимальном диапазоне частот), иначе индуктивный элемент будет препятствовать стеканию помехи в «землю» и даже, возможно, вызвать резонанс с «накачкой» помехи внутри блока и проникновению её в вышестоящие цепи (эффект отражения и самовозбуждения резонансного контура). На практике это означает, что необходимо использовать как можно более толстый провод в качестве заземляющего. По этим же причинам не рекомендуется делать такие линии очень длинными и даже избегать их закручиваний и образований петель (катушек). К данной проблеме следует относиться серьёзно, так как блоки питания потребляют десятки и даже сотни ампер в импульсе – мощность помехи **очень велика**.

Если блок питания реализован в пластмассовом корпусе, имеет простейший фильтр, состоящий только из конденсаторов C1, C4 и линейного фильтра L1 и не имеет третьего заземляющего провода (например, как в блоках питания мониторов, принтеров и др. офисной техники) - возможна установка внешнего ферритового фильтра на сетевые провода, дополняющего внутренний фильтр и расширяющий его частотный диапазон фильтрации. Ошибки тут не будет.

Ферритовые фильтры, кольца и бусины целесообразно применять:

1. На линиях коммуникаций и передачи информации, как на самих линиях, так и поверх экранирующей оплётки с двух сторон, на передатчике и приёмнике.
2. На линиях сетевого питания L и N, за исключением линии заземления (жёлто-зелёный провод).
3. На линиях, идущих от катушек и контактной группы реле для защиты от искровой наносекундной помехи.

4. На линиях, идущих от катушек и контактной группы магнитных пускателей и контакторов.
5. На линиях, идущих от кнопок, переключателей, концевых размыкателей и т.п.
6. На любых других линиях, где возможно возникновение и прохождение помехи.

3. Особенности применения сетевых фильтров и изолирующих трансформаторов.

3.1. Общесистемный сетевой фильтр.

В щитах автоматики при подаче сетевого питания целесообразно устанавливать общесистемный сетевой фильтр, представляющий из себя готовый промышленный блок на DIN-рейку. Желательно использовать фильтр на максимально широкий диапазон фильтрующих частот – от десятков килогерц до единиц гигагерц. Фильтр необходимо выбирать с большим запасом по максимальному току, так как при включении и переходных процессах электрический ток будет сопротивляться прохождению через катушки фильтра и вызывать броски напряжения. Например, максимальный ток, потребляемый щитом, составляет 1А – выбрать фильтр на 1.5А ... 2А. Если в щите используется большое количество импульсных блоков питания – то мощность выбираемого фильтра может быть и выше.

3.2. Применение изолирующего трансформатора.

Последовательность подключения сетевого фильтра и изолирующего трансформатора должна быть такая: общесистемный сетевой фильтр, за ним - изолирующий трансформатор, за тем - блок питания реле и микроконтроллер, так как они являются **защищаемыми устройствами**.

Почему блок питания реле тоже является защищаемым устройством?

Потому, что напряжение, снимаемое с этого блока питания, питает катушки реле, и подаётся непосредственно в чувствительный микроконтроллер (компьютер), поэтому должно быть «чистым». Эти цепи являются защищаемыми от внешней помехи из сети питания.

3.3. Замечания по поводу использования тороидального трансформатора в качестве изолирующего (развязывающего).

Несмотря на то, что КПД тороидального трансформатора выше, габариты меньше, поле рассеивания меньше, по отношению к трансформаторам на Ш-образных сердечниках – использовать такой трансформатор в качестве изолирующего не рекомендуется по причине большей ёмкости между первичной и вторичной обмотками, а также более трудной реализации экрана между обмотками (например, экрана из сплошной медной фольги). Так же, тороидальный трансформатор не очень удобно крепить и неудобно делать с выводами для печатного монтажа (ввиду большой массы) и в свою очередь не очень удобно монтировать, например, на DIN-платформы. Вышесказанное легко решается в трансформаторах на Ш-образных сердечниках. Лучшим вариантом будет использование изолирующего трансформатора в корпусе на DIN-рейку либо установленного на печатной плате на DIN-платформе (открытый вариант) в виде готового промышленного модуля.

3.4. Пространственное расположение оборудования в щите и его компоновка.

Если сборка щита необходима только в одном корпусе, без пространственного разделения на силовой и управляющий щит (что само по себе не желательно) – необходимо в щите выделить «чистую» область для установки слаботочного оборудования управления и измерения. К месту расположения этой области надо отнестись с особой тщательностью. Через неё не должны проходить транзитом никакие силовые кабели. Эта область не должна находиться между «шумящими» силовыми областями, так как через неё транзитом потекут помеховые токи. Самое удачное расположение такой области – правый угол либо дверца, а силовая часть и вводные клеммы – снизу. Но могут быть и другие варианты, в зависимости от сложности щита.

4. Особенности пространственного размещения оборудования внутри щита и использования реле различных конструкций.

В то время, как у сознательного производителя борьба с перекрёстной ёмкостью внутри самого управляющего контроллера и проникновение в него помех идёт ожесточённым образом (используется гальваническая изоляция схем, «особая» разводка печатной платы, барьеры и т.п.), почему-то сборщики щитов управления не всегда считают нужным даже задумываться на эту тему. Поскольку пространство внутри щита всегда ограничено, возникают трудности с наиболее оптимальным расположением как самих компонентов, так и кабельных каналов для проводки с точки зрения помехозащищённости и другим особенностям.

«ПУЭ» (Правила устройства электроустановок) п. 4.1.22. изд. 7 допускают ввод кабелей как снизу, так и сверху, или только снизу или только сверху. **Далее будем полагаться, что ввод кабелей у нас организован, например, только снизу.**

На DIN-рейке модули можно располагать в произвольном порядке, но лучше придерживаться сложившихся правил, которые не закреплены в стандартах, но приняты большинством электромонтажников. Благодаря этому эксплуатирующему электрику будет проще работать с таким щитом. Например, вводной автоматический выключатель, всегда должен находиться на левом крае DIN-рейки, а, если в щите несколько DIN-реек — в левом верхнем углу.

Для модулей, у которых направление подключения не играет роли, принимают, что входом является верхняя группа клемм, а выходом — нижняя. Это требование связано с тем, что у модулей верхняя группа клемм обычно соединена с неподвижными контактами. Согласно ПУЭ (правилам устройства электроустановок), издание 7, пункт 3.1.6, питающие проводники должны, как правило, подключаться к неподвижным контактам. Данное замечание в основном относится к автоматическим предохранителям и выключателям. Собственно, отсюда также и идёт правило размещение модулей в порядке сверху вниз в щитах с несколькими рейками.

Опишем способы и варианты крепления реле к DIN-рейке для случая ввода в щит снизу. DIN-рейка — это металлический профиль, крепящийся к задней стенке электро-шкафа на который крепится модульное электрооборудование: реле, автоматические выключатели и пр. Оборудование, устанавливаемое на DIN-рейку, всегда имеет две стороны расположения клемм — сверху и снизу, но сами клеммы могут быть многорядными, располагаясь «лесенкой».

Так как в описаниях на многие виды реле не содержится информации об их обязательном пространственном расположении, будем считать, что их можно устанавливать любой удобной стороной по отношению к месту ввода в щит, даже не обращая внимания на то, что маркировка клемм перестанет удобно читаться, то есть будет перевернута. Почему мы обращаем внимание на этот вопрос? Потому что, следуя принципу минимизации распространения помех нежелательно образование петель в щите при выводе проводников управления нагрузкой с клемм реле. То есть нельзя, чтобы проводники контактной группы пересекались в одном коробе с проводниками катушки управления, а тем более шли параллельно им, иначе нарушается сам принцип полной гальванической изоляции, возникает перекрёстная ёмкость между проводниками и связь по переменному току. Чем плотнее заполнены короба, тем сильнее усугубляется эта проблема, так как ёмкость между проводниками растёт. Согласно вышесказанному, наиболее оптимально будет располагать реле клеммами контактных групп в сторону обще-щитовой клеммы и в сторону ввода в щит, в нашем случае — вниз. На чертежах ниже (рис. 5, рис. 8.) мы покажем пример не удачно подобранного вида реле, не позволяющего реализовать данный принцип по причине неудобства расположения клемм контактной группы и удачно подобранного.

Данные замечания относятся ко всем видам реле — электромеханическим и их твердотельным аналогам.

4.1. Замечания по поводу конструктивных особенностей некоторых видов реле.

Помимо вышесказанной особенности применения реле с точки зрения установки в нормальном или перевёрнутом виде, имеется и более серьёзная проблема при использовании реле некоторых видов в случае соблюдения концепции максимальной помехозащищённости.

Существуют виды реле, например, РЭК-77 фирмы «IEK», у которых ввиду конструктивных особенностей их разъёма на DIN-рейку, винтовые клеммы контактной группы частично, например, один из контактов каждой контактной группы, располагаются рядом с винтовой клеммой катушки управления. Такова конструкция самого разъёма реле на DIN-рейку, которую необходимо принять как данность. При этом само реле сделано более логично – все выводы контактных групп сгруппированы по одну сторону от контактов катушки управления (рис. 4.)



Рис. 4.

Использование таких реле заставит мало того, что делать петлю вокруг самого реле при выводе проводника с клеммы контактной группы на вводную клемму щита, расположенную, например, снизу, так и вынудит прокладывать этот проводник параллельно с проводником катушки управления, который идёт непосредственно в управляющий контроллер в том же корпусе. Нарушится принцип полной гальванической изоляции (развязки) и создастся перекрёстная ёмкость между всеми проводниками, а значит и связь по переменному току. На чертеже ниже (рис. 5.) это наглядно видно. Чем плотнее коробка заполнена проводниками и чем длиннее параллельно идущие проводники – тем больше будет между ними ёмкость. Дополнительно ситуацию ухудшат параллельно идущие в этом же корпусе проводники неотфильтрованного сетевого питания, так как не все сборщики щитов задумываются о помехозащищённости и пожаробезопасности. В случае прохождения мощной помехи, например, от сварочного аппарата или молнии, либо при переключении самого реле, она с лёгкостью перекинется с проводника на проводник через возникшую ёмкость и проникнет в управляющий контроллер – произойдёт сбой. В свою очередь напомним, что совместная, прокладка линий (в одном канале без разделения перегородкой) напряжением менее 42 В и более 42 В – запрещена ПУЭ (п. 2.1.16 изд. 7), что дополнительно сильно затрудняет использование таких реле. То-есть при управлении реле, например, нагрузкой, напряжением 220В, при выводе проводника с контактной группы он обязательно пересечётся в одном канале с проводником катушки управления на 24 В, что уже недопустимо правилом (см. рис 5.). Производителю реле гораздо логичнее было бы делать разъём более удобно: клеммы контактных групп – по одну сторону, клеммы катушки управления – по другую, тем более, что примеры разъёмов реле подобной конструкции с удобным расположением клемм известны.

Такие реле, какой стороной их не ставь, добиться удобного ввода и вывода с клемм без образования петли не получится ни для случая ввода в щит снизу, ни для случая ввода сверху, а также их обеих комбинаций. Они крупногабаритные, рассчитаны на большие (до 15...20 А) токи, и главное имеют большое количество контактных групп (до 4), что далеко не всегда востребовано в простых щитах, в которых часто достаточно одной перекидной группы контактов. Дополнительно к этому скажем, что токи потребления катушек таких реле доходят до 100 мА и выше. Они совсем неэкономичны.

По вышесказанным причинам, подобное реле удобно использовать только в пассивных щитах, где отсутствует аппаратура с логическими схемами или микроконтроллер и компьютер, а также другие чувствительные измерительные приборы, то есть отсутствует активное управление по программе, а также в схемах где необходимо одновременно переключать до четырёх контактов сразу. Каким образом даже в этом случае пользователь будет соблюдать ПУЭ (п. 2.1.16 изд. 7) оставим на совести производителя реле.

Таким образом мы видим, что щит управления с технической точки зрения является наиболее сложной конструкцией из всех видов щитов, так как там совмещаются слаботочные и силовоточные цепи, высокое (более 42 В) и низкое (менее 42 В) напряжение, возникает необходимость защиты от помех чувствительных устройств и другим многочисленным особенностям.

4.2. Пример неудачно использованного вида реле.

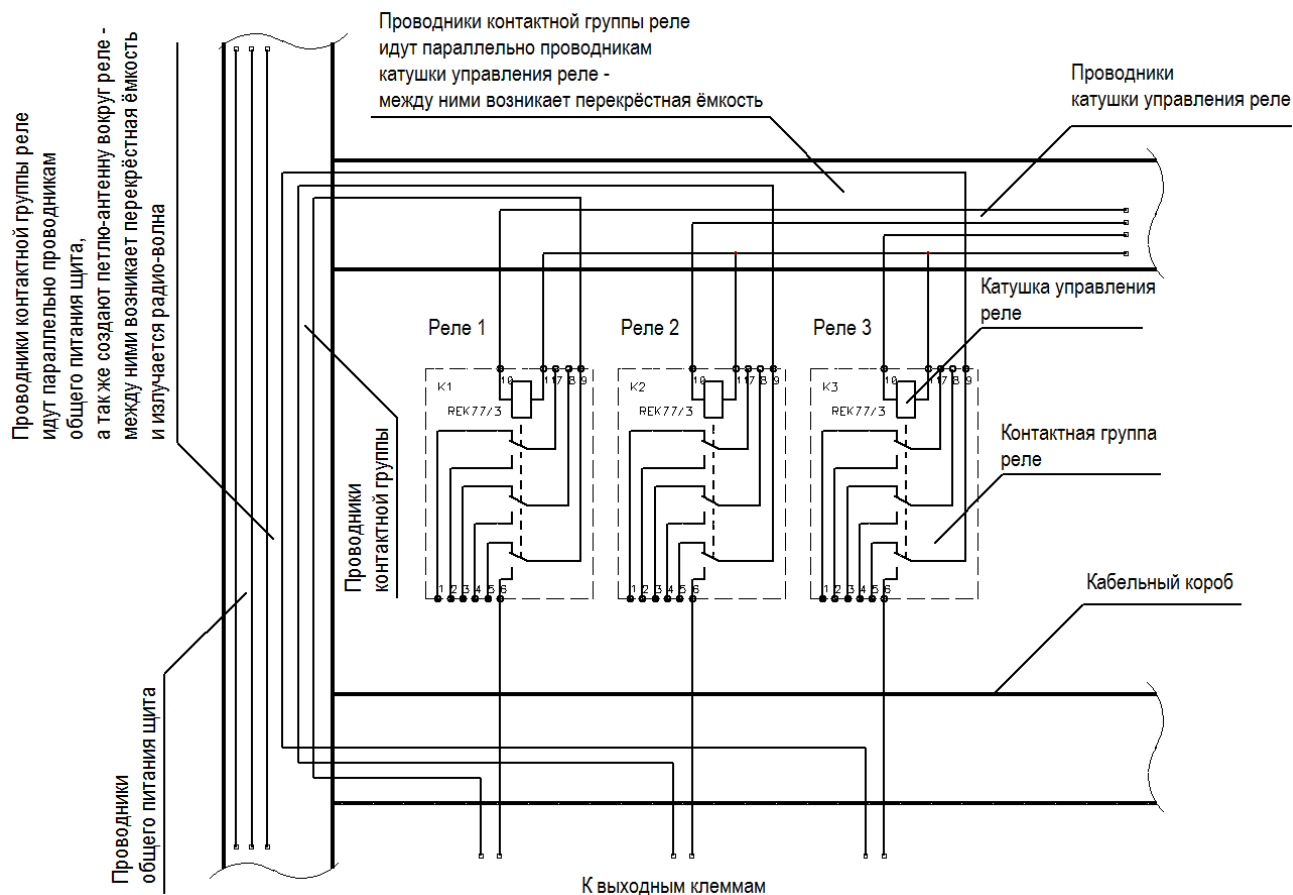


Рис. 5.

Недостатки такого решения:

1. Проводники контактной группы реле идут параллельно или пересекаются с проводниками катушки управления – между ними возникает перекрёстная ёмкость и связь по переменному току.
2. Проводники общего питания щита идут параллельно или пересекаются с проводниками контактной группы, между ними возникает перекрёстная ёмкость и связь по переменному току.
3. Проводники контактной группы, обходя реле вокруг, создают петлю – излучается радио волна.
4. Две контактные группы в реле не используются, лишь подвергаясь механическому износу.
5. Лишние затраты на длину проводов.
6. Нарушен принцип полной гальванической изоляции нагрузки и управления нагрузкой – присутствует значительная ёмкостная связь между всеми проводниками, а значит и связь по переменному току.

Какие реле и их разъёмы имеют удобное расположение выводов и рекомендуются к использованию в щитах совместно с микроконтроллерами и компьютерами согласно концепции максимальной помехозащищённости?



Рис. 6.

Реле такой конструкции, как показано на рисунке 6, а также, их разъёмы под DIN-рейку почти всегда имеют удобное расположение вводных клемм, а именно: клеммы катушки управления – по одну сторону разъёма, клеммы контактной группы – по другую. Такая конструкция не заставит делать вынужденную петлю вокруг самих реле, а также проводить проводники в одном коробе совместно с «шумящими» линиями. Далее на чертеже мы это покажем.



Рис.7.

Обратите внимание на платформы с реле на DIN-рейку (рис. 7.). Клеммы катушек управления реле – сверху, клеммы контактных групп реле – снизу. Это правильная конструкция, учитывая вышеописанные логические рассуждения. Такие платформы весьма удобны, так как они компактны, а некоторые также имеют элементы защиты от искры – диоды на катушках реле и варисторы на выходах контактных групп. Тем не менее существуют виды отдельных (одиночных) реле на DIN-рейку, в которых так же встроены защитные элементы, либо эти элементы стоят в разъёмах под эти реле.

4.3. Пример наиболее хорошего решения с использованием реле удобного вида.

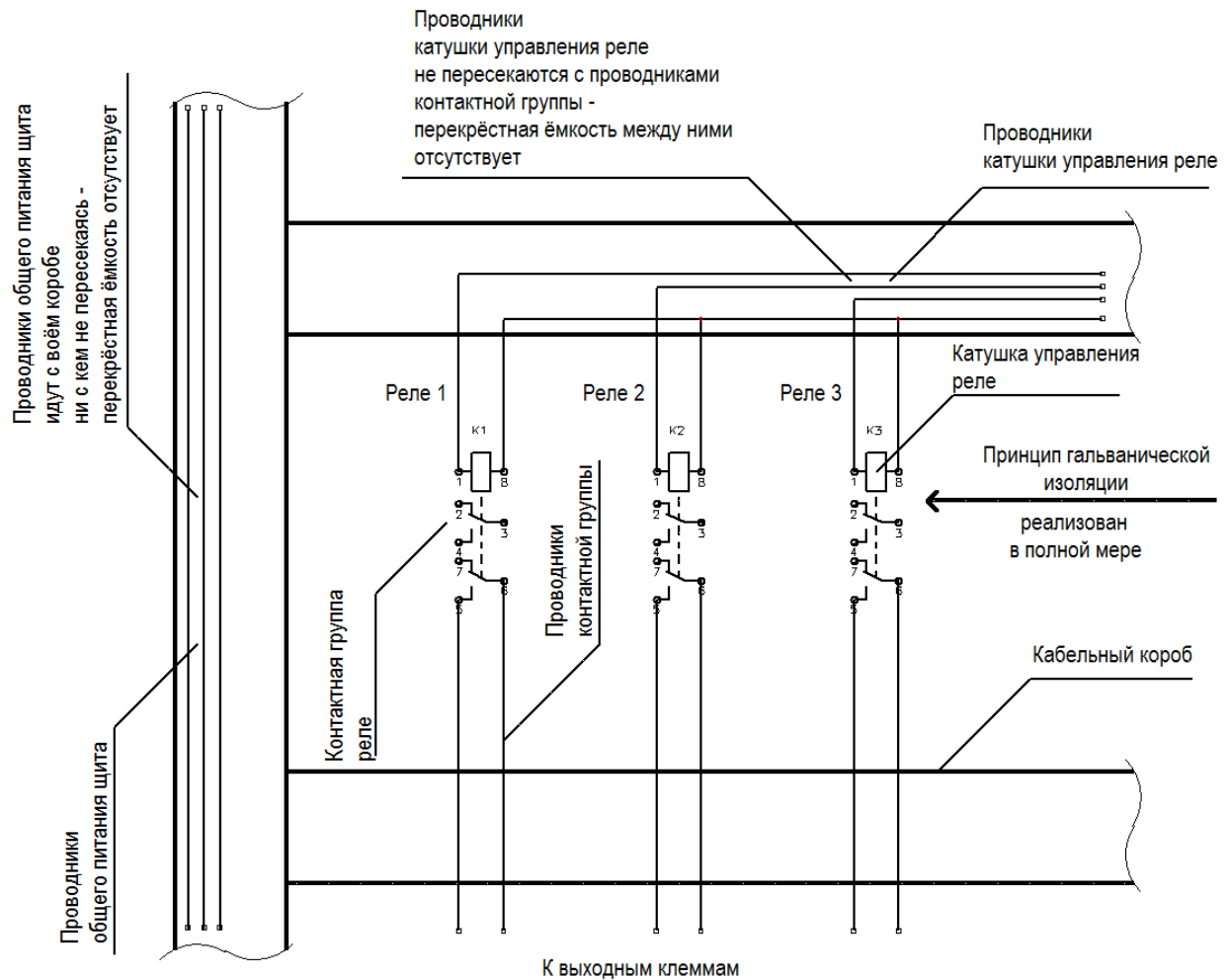


Рис. 8

Достоинства такого решения:

1. При использовании реле такого вида (описанных выше) проводники катушки управления не пересекаются с проводниками контактной группы – перекрёстная ёмкость между ними отсутствует.
2. Проводники общего питания щита идут в своём отдельном коробе, ни с чем не пересекаясь – перекрёстная ёмкость отсутствует.
3. Малая плотность проводников в коробах – низкая ёмкость между ними.
4. Можно использовать пластмассовые (не экранирующие) кабельные короба.
5. Низкая трудоёмкость.
6. Низкая себестоимость.
7. Простота сборки.
8. Экономится внутреннее пространство щита.
9. Принцип гальванической изоляции нагрузки и управления нагрузкой реализован в полной мере. Присутствует крайне незначительная (исчезающе малая) ёмкостная связь между клеммами катушки управления и клеммами контактной группы, а значит почти отсутствует связь и по переменному току.

Кстати, японская компания Omron в последнее время придерживается именно такого принципа компоновки: входы - сверху, выходы - снизу. При этом легче соблюдается принцип полной гальванической изоляции нагрузки и управления ею. Неудивительно, если японцы задумывались именно о защите от помех, помимо просто удобства монтажа.

10.): Согласно вышесказанному, схема размещения в щите приобретает следующие очертания (рис. 9,

Пример размещения электрооборудования в отдельном щите управления.

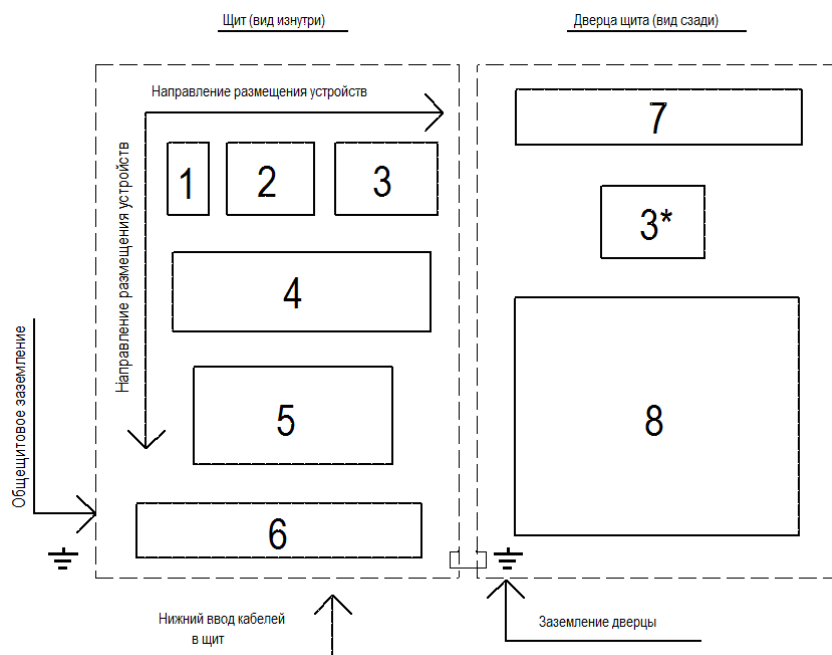


Рис. 9.

Размещённые компоненты электрооборудования:

1. Автоматический выключатель.
2. Фильтры, изолирующие трансформаторы, блоки питания.
3. Микроконтроллер (ПЛК) DIN-реечного конструктива.
- 3*. Микроконтроллер щитового конструктива (панельный).
4. Другие необходимые компоненты.
5. Промежуточные реле управления нагрузкой.
6. Обще-щитовая вводная клемма.
7. Устройства индикации (светодиоды).
8. Устройства управления щитом (кнопки, переключатели).

Пример размещение электрооборудования в совмещённом управляющем и силовом щите.

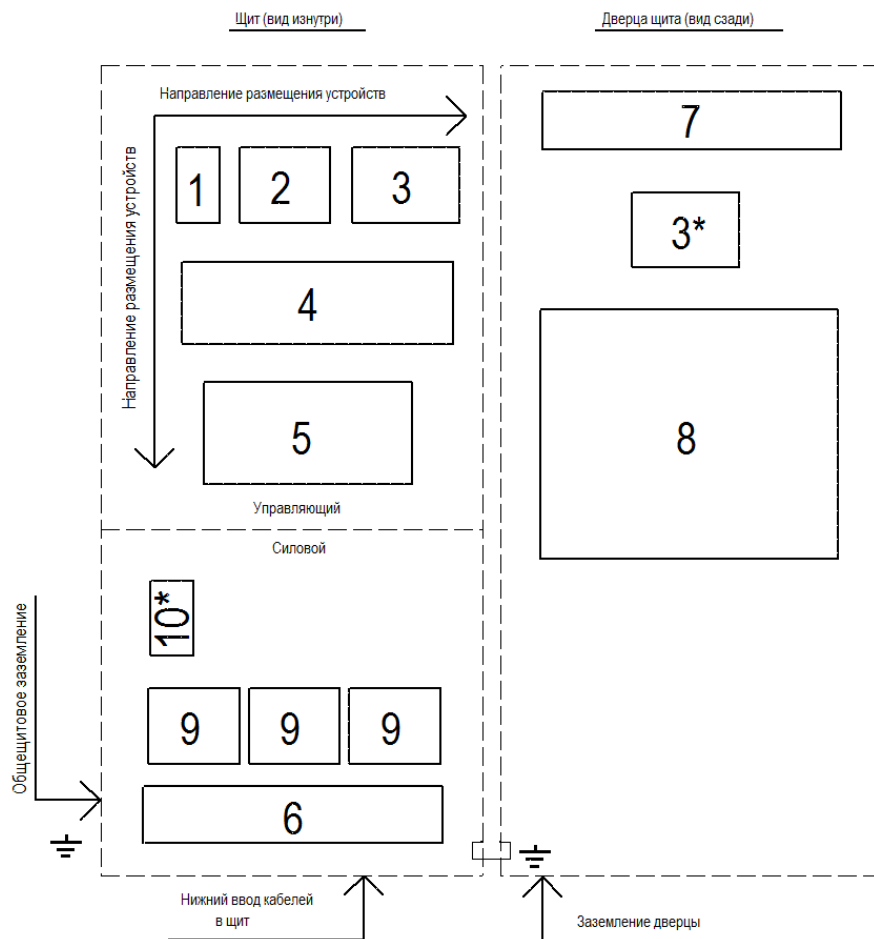


Рис. 10.

Размещённые компоненты электрооборудования:

1. Автоматический выключатель.
2. Фильтры, изолирующие трансформаторы, блоки питания.
3. Микроконтроллер (ПЛК) DIN-реечного конструктива.
- 3*. Микроконтроллер щитового конструктива (панельный).
4. Другие необходимые компоненты.
5. Промежуточные реле управления нагрузкой.
6. Обще-щитовая вводная клемма.
7. Устройства индикации (светодиоды).
8. Устройства управления щитом (кнопки, переключатели).
9. Силовые трёхфазные пускатели (контакторы).
- 10*. Блок питания силовых трёхфазных пускателей.

Для уменьшения уровня помех настоятельно рекомендуется использовать трёхфазные пускатели с катушкой управления на 24 В, для чего может потребоваться блок питания, обозначенный пунктом 10*. По пожарной и электробезопасности необходимо не забывать, что согласно ПУЭ п. 2.1.16 не допускается прокладка цепей до 42 В совместно с цепями более 42 В. Необходимо их разделять перегородкой в одном кабельном канале либо проводить в разных каналах. Это правило хорошо согласуется с концепцией минимизации помех.

4.4. Вывод из вышесказанного.

1. Вопросу перекрёстной ёмкости в щитах управления необходимо уделять максимальное внимание.
2. Необходимо использовать реле удобной конструкции, не позволяющей делать петель.
3. Данные принципы применения реле относятся как к электромеханическим реле, так и к их твёрдым аналогам.
4. Необходимо всегда помнить, что мощность помехи и от внутренних источников излучения может быть очень велика, например, от мощных импульсных источников питания, частотных регуляторов, другой аппаратуры, где управление мощной нагрузкой производится с помощью тиристоров.
5. Необходимо соблюдать ПУЭ в части прокладки электропроводки.

Предлагаемые ниже, как пример, 4 варианта соответствуют наиболее удачному с нашей точки зрения пространственному расположению компонентов внутри щита управления и разделяются по степени защищённости.

5. Описание практических схем реализации.

Показанные ниже схемы электрические щитов управления разделены на две части: щит управления (вид изнутри) и дверца щита (вид сзади).

Пространственное расположение элементов на электрических схемах щитов **примерно** соответствует реальному физическому пространственному расположению элементов внутри них. То-есть мы как бы смотрим на ящик с открытой дверцей. Так как схемы представляют из себя схемы электрические, кабельные короба схематически там не представлены, а при описании подразумеваются мысленно.

На схемах электрических щитов управления представлены: вводные клеммы, общий выключатель питания, сетевой фильтр, изолирующий трансформатор, блок питания реле, реле 6 штук, выключатель блока питания реле, сигнальные светодиоды, микроконтроллер, аварийные и управляющие кнопки и переключатели. В данных примерах используется микроконтроллер щитового исполнения, установленный на дверце. Тем не менее, тех же принципов размещения необходимо придерживаться при использовании контроллера на DIN-реечном конструктиве.

5.1. Замечания по поводу проводников заземления и прокладки линий.

При сборке щита КАЖДОЕ устройство должно быть соединено СВОИМ ОТДЕЛЬНЫМ ЗАЗЕМЛЯЮЩИМ ПРОВОДНИКОМ в одной точке – общей точке заземления щита, так называемый способ соединения «звездой». Такая точка часто располагается, например, в левом нижнем углу электро-шкафа.

Обратите внимание – «грязное» питание (до сетевого фильтра или до фильтра и изолирующего трансформатора) всегда идёт слева в своём отдельном коробе. Там могут проходить заземляющие проводники, идущие в общую точку, хотя и их лучше пустить в отдельном металлическом коробе, но больше в этом коробе ничего не должно проходить.

Сетевое питание после фильтра, или после фильтра и изолирующего трансформатора считается «чистым». **Согласно ПУЭ 2.1.16 в одном коробе запрещается совместная прокладка 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.** Здесь мы так же рекомендовали бы поместить его проводники в отдельный металлический короб, для предотвращения возникновения перекрёстных помех во время работы устройств и с учётом соблюдения правил.

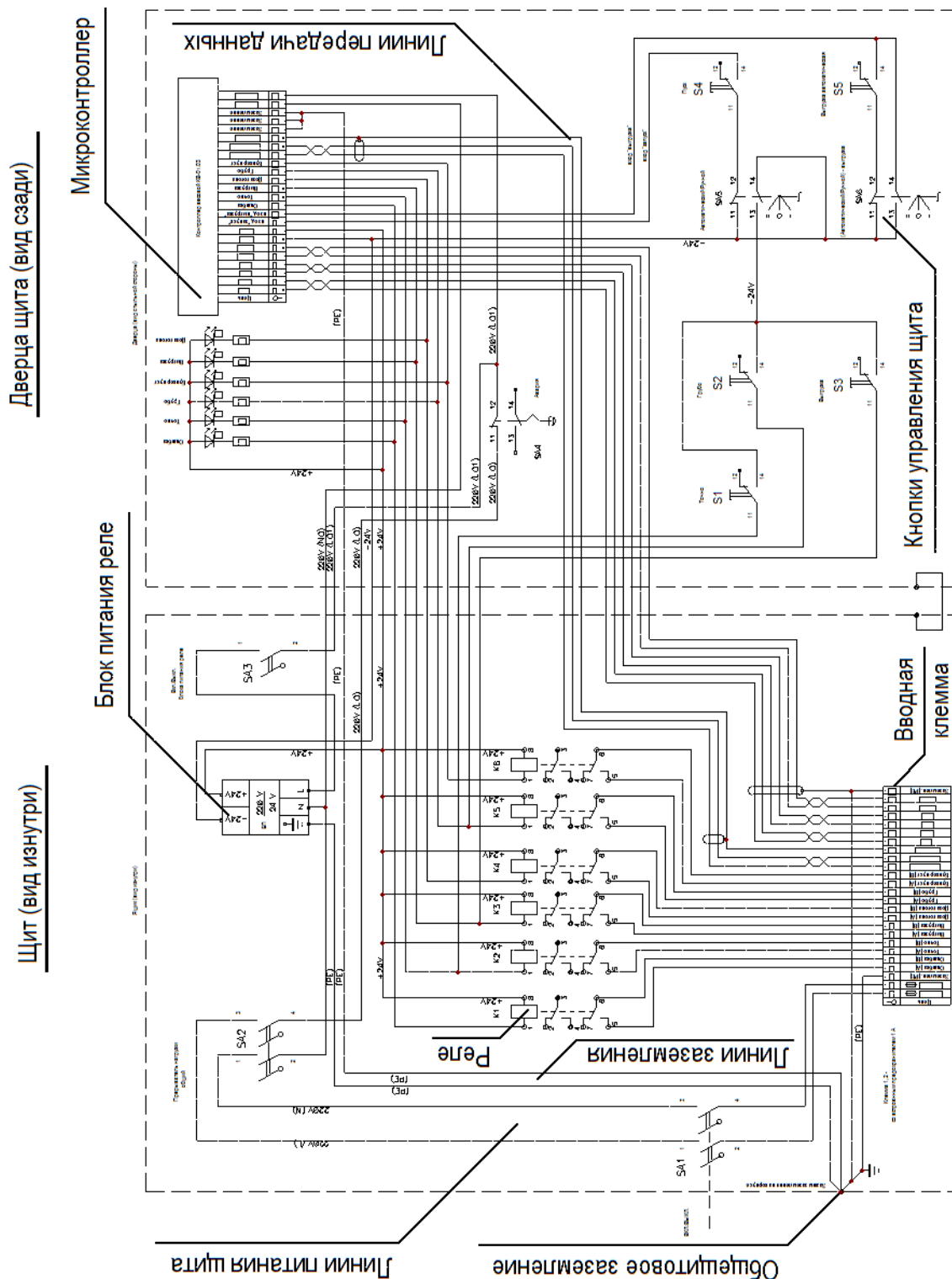
Ещё раз напомним: установка любых, даже очень маленьких по габаритам ферритовых элементов на заземляющие линии, по которым стекаются помехи в защитное заземление ЗАПРЕЩЕНА, так как индуктивные элементы могут препятствовать стоку помех.

Обратите внимание – линии коммуникаций (передачи данных) и датчиков идут отдельно от остальных линий в своих коробах или отсеках коробов – перекрёстная ёмкость минимальна.

5.2. Замечания по поводу экранировки.

Если экранировка «шумящих» проводников вызывает большие трудности или дорогостояща, возможно, с ограничениями применять в качестве её заменителя отдельные металлические кабельные короба, надёжно, в нескольких местах соединённые с «массой» (корпусом) щита. Недостатки такой проводки – невозможно полностью избавиться от поверхностных токов помех, текущих по коробу и общей «массе», что решается в традиционном медном экране (оплётке) путём защёлкивания кабельного ферритового фильтра поверх него.

Вариант 1. Для самых простых условий эксплуатации, когда есть уверенность, что помехи из питающей сети и линиям управления отсутствуют. Офисные и близкие по типу к ним помещения с качественной электропроводкой и заземлением. Сетевой фильтр и изолирующий (развязывающий) трансформатор – **отсутствуют**. Присутствуют: на линиях коммуникаций, датчиков и т.п. поверх экранов защёлкнуты ферритовые фильтры с обоих концов кабеля.



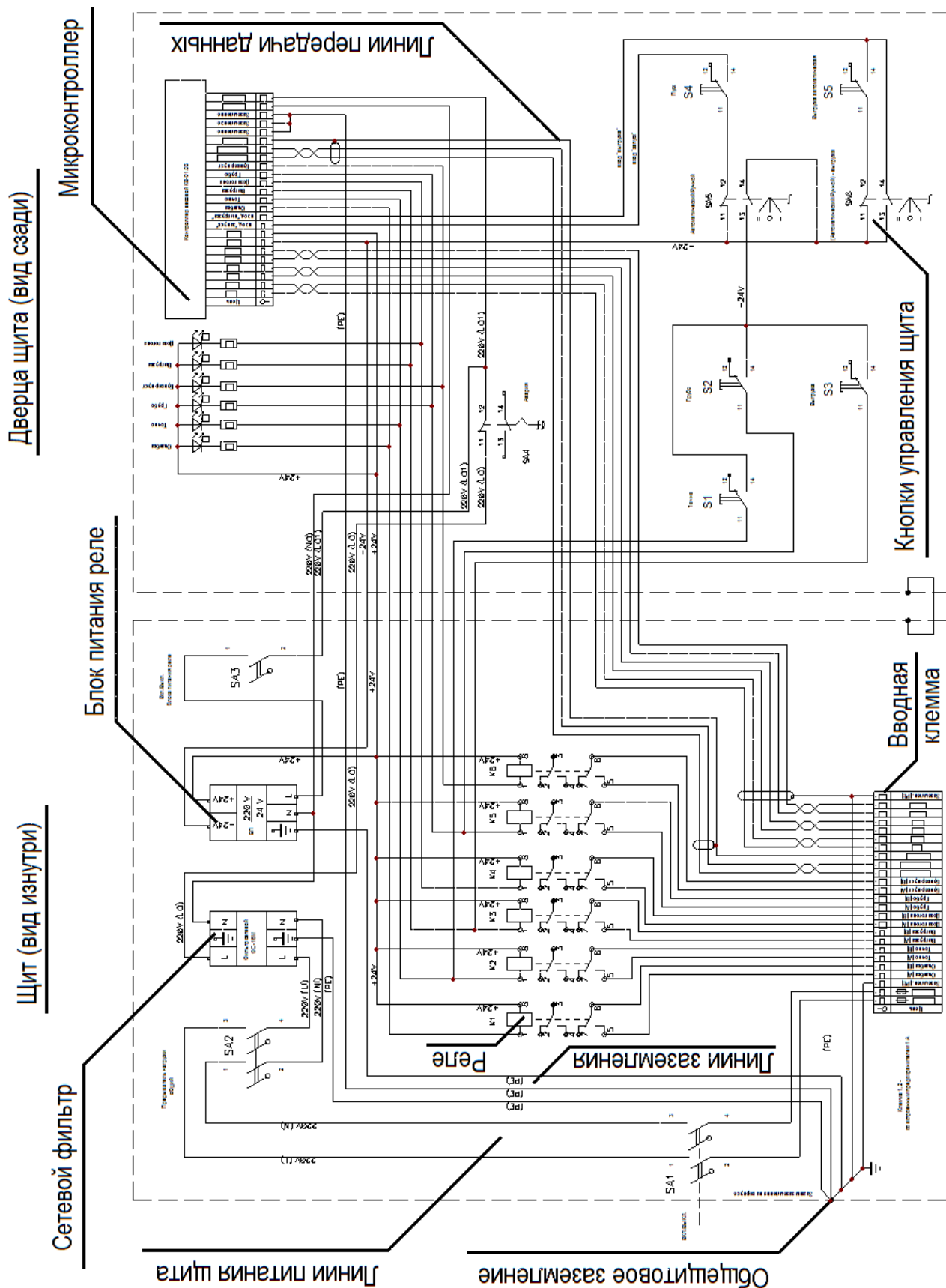
Как ни странно, такой вариант исполнения почему-то производится большинством производителей, как основной вариант на все случаи жизни, т.е. щит управления без сетевого фильтра и развязывающего трансформатора может стоять даже в довольно неподходящих условиях, а часто в совсем тяжёлых. При этом пользователь такой системы часто жалуется на не стабильную работу аппаратуры.

Следует отметить, несмотря на то, что это самый простой вариант, всё равно пренебрегать условиями прокладки кабелей нельзя. Кабели сетевого питания и другие высоковольтные (выше 42 в) линии нельзя пересекать с линиями управления и линиями коммуникаций и прокладывать как можно дальше друг от друга в отдельных коробах или отсеках коробов для уменьшения перекрёстной ёмкости между ними и по требованиям пожаробезопасности, тем более учитывая, что общесистемный сетевой фильтр и изолирующий (развязывающий) трансформатор отсутствуют. Ещё лучше, если эти кабели будут уложены в отдельных металлических коробах: отдельно питающая сеть, отдельно линии управления, отдельно линии коммуникации.

Может сложиться так, что в случае очень удачной компоновки элементов, кабельных коробов и способов прокладки кабелей могут не понадобиться следующие варианты исполнений, но всё-таки мы бы рекомендовали для практического применения варианты 2 и 3 (с сетевым фильтром и с сетевым фильтром плюс изолирующий трансформатор).

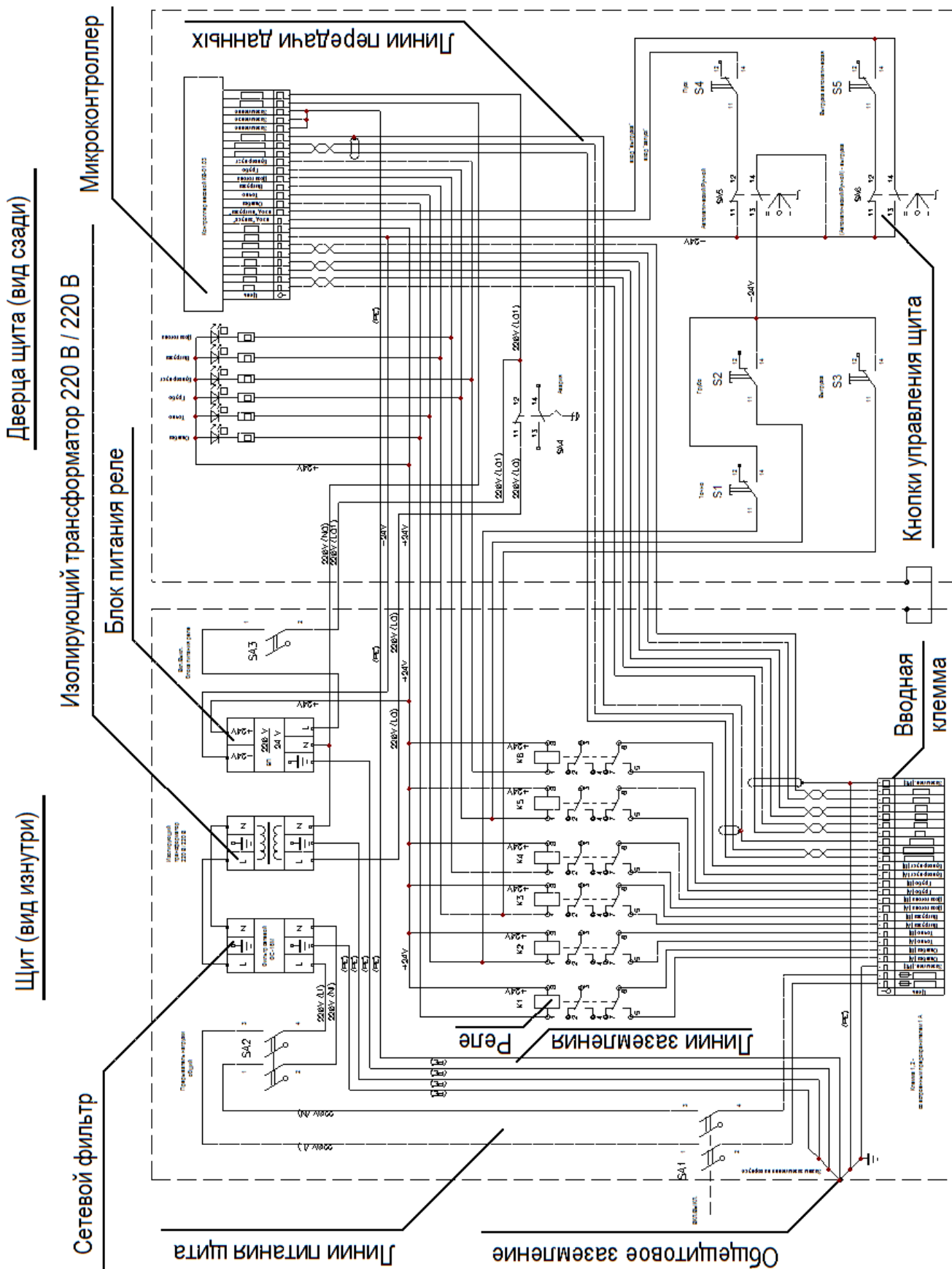
Вариант 2. Для нормальных условий эксплуатации. Самый распространённый. Отдельный цех с качественной электропроводкой и заземлением.

Присутствуют: **общесистемный сетевой фильтр** питания, на линиях коммуникаций, датчиков и т.п. поверх экранов защёлкнуты ферритовые фильтры с обоих концов кабеля, на отдельных «шумящих» проводниках одеты ферритовые фильтры, бусины, кольца, при необходимости - в местах возникновения помех - установлены помехоподавляющие элементы, при необходимости используются металлические экранирующие кабельные короба.



Вариант 3. Для тяжёлых условий эксплуатации. Сырые помещения, плохая проводка, строительные, сварочные работы поблизости. Работа мощного силового оборудования.

Присутствуют: **общесистемный сетевой фильтр питания, изолирующий (развязывающий) трансформатор**, на линиях коммуникации, датчиков и т.п. поверх экранов защёлкнуты ферритовые фильтры с обоих концов кабеля, на отдельных «шумящих» проводниках одеты ферритовые фильтры, бусины, кольца, в местах возникновения помех - установлены помехоподавляющие элементы, используются преимущественно металлические экранирующие кабельные короба.



Почему необходимо, несмотря на применение изолирующего (развязывающего) трансформатора, который сам по себе является неплохим фильтром от помех применять ещё и дополнительно общесистемный сетевой фильтр? Потому, что трансформатор сам по себе не является «идеальным барьером» от помех в сети и в нём присутствует хоть и небольшая, но всё – же ёмкость межсетевых обмоток. Частично проблему снимает межобмоточный заземлённый экран, но необходимо не забывать, что сама конструкция может быть такова, что очень мощная помеха может перекинуться и с вводных клемм на выводные через воздушный зазор или малую ёмкость между ними. Сетевой фильтр в этом случае служит гарантом уменьшения амплитуды мощной помехи.

Вариант 4. Для очень тяжёлых условий эксплуатации. Условия, приведённые в варианте 3, а также расположение в непосредственной близости с мощным силовым и радио оборудованием.

Рисунок мы не приводим, так как он аналогичен рисунку варианта 3, ограничившись описанием.

Присутствуют: **общесистемный сетевой фильтр, изолирующий (развязывающий) трансформатор, экраны «шумящих» сетевых линий, экраны линий коммуникаций, экраны линий управления**, поверх экранов защёлкнуты ферритовые фильтры с обоих концов кабелей, на отдельных «шумящих» проводниках одеты ферритовые фильтры, бусины, кольца. В местах возникновения помех - установлены помехоподавляющие элементы, все корпуса – экранирующие металлические.

Сразу оговоримся – щит, расположенный в таких тяжёлых условиях эксплуатации необходимо питать от отдельной сети через фильтр-стабилизатор сетевого питания, желательно совмещённый с источником бесперебойного питания.

6. Заключение и вывод.

1. Для подавления помех необходимо использовать комплексный метод. Одно не должно исключать другое.
2. Необходимо использовать удобные для монтажа элементы, например, реле описанных выше конструкций.
3. Вопросу перекрёстных ёмкостей необходимо уделять особое внимание – то есть прокладка проводников и кабелей не должна быть «случайной», «как легло», а реализована с точки зрения минимизации ёмкости между «шумящими» и «чистыми» линиями.
4. Пространственному расположению элементов внутри щита необходимо уделять особое внимание, так как от этого зависит **вообще работоспособность всего щита, как активного устройства управления.**
5. При всём при этом необходимо не забывать про электро- и пожаробезопасность и должны учитываться соответствующие требования ПУЭ. В качестве предохранителей на обще-щитовом входе питания желательно использовать быстродействующие плавкие вставки с минимальным временем срабатывания, так как автоматы имеют большое время задержки срабатывания.