

**РЕЦЕПТЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ****Е.В. Егоров (ООО "ЭФО")**

*Проанализированы нежелательные явления, возникающие в цепях питания технологической автоматики. Систематизированы подходы к решению указанных проблем. Рассмотрены средства борьбы с перебоями и низким качеством электроэнергии, защиты от перенапряжений и помех, защиты аналоговых входов от подачи напряжения питания.*

В порыве отчаяния Анатолий Борисович был даже готов вызвать злого духа, чтобы тот выправил косинус фи ...

*Максим Соколов*

Для успешного выполнения системами технологической автоматики функций, предусмотренных техническим заданием, большое значение имеет правильное решение проблем, порождаемых сбоями, помехами и ошибками в цепях электропитания. Основные группы проблем, с которыми приходится сталкиваться проектантам, интеграторам и эксплуатационникам, таковы:

- перебои и низкое качество электроэнергии, подаваемой от внешних источников;
- перенапряжения и помехи, распространяющиеся по силовым цепям как поступающие извне, так и генерируемые компонентами системы и/или основного технологического оборудования;
- ошибки проектирования, монтажа и эксплуатации (самовольная перекладка кабельных трасс, использование не предусмотренных спецификацией типов кабеля, подача силового напряжения в линии измерительных сигналов).

В данном не претендующем на полноту обзоре автор делает попытку систематизации подходов к решению указанных проблем на основе коллективного опыта сотрудников фирмы "ЭФО" и ее партнеров.

**Средства борьбы с перебоями и  
низким качеством электроэнергии**

При наладке и обслуживании реальных систем технологической автоматики, особенно предназначенных для работы в удаленной от промышленных центров местности, часто приходится сталкиваться не только с низким качеством подаваемой электроэнергии (пониженное напряжение сети, перекосы фаз, большое содержание гармоник), но и с элементарным отсутствием гарантий ее непрерывной подачи. Стопроцентное решение связанных с этим проблем возможно лишь на пути создания собственных штатных или хотя бы резервных генерирующих систем, что и делается, если обеспечение абсолютной бесперебойности энергоснабжения ответственного объекта предусмотрено техническим заданием. Свя-

занные с этим вопросы, однако, выходят за рамки обозначенной темы, и в данной статье мы ограничимся обзором средств, применяемых для защиты систем автоматики как таковых, вне связи с проблемами обеспечения надежности энергоснабжения объекта в целом.

В современных системах автоматики технологического уровня используется, как правило, оборудование с питанием от вторичного источника 24В постоянного тока. Уже само по себе его наличие может в значительной степени снять проблемы, связанные с качеством электроэнергии – современные стабилизированные импульсные источники весьма устойчивы к скачкам и нелинейным искажениям входного напряжения, перекосу фаз и тому подобным неприятностям. Правда, подобными свойствами обладают не все из предлагаемых на рынке типов вторичных источников, поэтому, если стоит задача минимизировать проблемы, связанные с питанием, на функциональности узла экономить не стоит. Примером системы вторичных источников питания, удовлетворяющих всем современным требованиям по надежности, может служить линейка QUINT фирмы Phoenix Contact. В эту линейку входят импульсные источники с выходным током 2,5...40А (при выходном напряжении =24В), рассчитанные на входное напряжение ~85...264 В (однофазное) или ~3х320...575 В (трехфазное, вторичные источники с трехфазным входным напряжением применяются при повышенных требованиях к симметрированию нагрузки на трехфазную сеть). Отличительной чертой источников QUINT является возможность использования входного напряжения постоянного тока (=90...350 В для однофазных моделей и =450...800 В для трехфазных). С точки зрения тематики данной статьи это очень важная черта, так как она позволяет использовать вторичные источники QUINT в широко распространенных системах с резервным питанием =220 В от аккумуляторных станций без включения в схему дополнительных преобразователей. Изначально, правда, эта функцио-

нальность создавалась для другой цели – для обеспечения применимости линейки в качестве вторичных источников питания бортовых систем на электро-транспорте.

Источники QUINT также имеют средства для обеспечения надежной защиты запитанного от них оборудования от влияния всплесков напряжения, высших гармоник и помех, распространяющихся по силовой сети. Для этого в их схему включены подавители перенапряжений на варисторах, а также входные фильтры (которые одновременно, в соответствии с требованиями МЭК, не пропускают обратно в сеть высокочастотные гармоники, генерируемые импульсным преобразователем внутри источника).

Таким образом, применение вторичных источников питания класса QUINT практически снимает с разработчика и эксплуатационника систем автоматики заботу о проблемах, связанных с низким качеством подаваемой электроэнергии. Автоматическая подстройка входа в широком диапазоне питающего напряжения и встроенные средства подавления помех позволяют полностью застраховаться от влияния провалов и скачков сетевого напряжения, нелинейных искажений, "плавания" частоты (допустимое значение частоты питающего напряжения по каталогу 45...65 Гц), импульсных и высокочастотных наводок и т.п.

Разумеется, все эти великолепные качества бесполезны в ситуации, когда первичное напряжение пропадает вовсе. Источники линейки QUINT обеспечивают защиту подключенного к ним оборудования и в этом случае. Во-первых, сами по себе источники выдерживают (купируют без провала выходного напряжения) кратковременное исчезновение напряжения питания на время 20...120 мс (чем меньше мощность источника, тем длительнее интервал буферизации). Для совсем "криминальных" ситуаций в системе QUINT предусмотрены мини-источники бесперебойного питания, обеспечивающие подачу напряжения 24В в течение нескольких минут и даже часов после отключения внешнего источника (максимальные параметры поддержки согласно каталогу – 3А в течение 3 часов при применении ИБП DC-UPS/20А с резервной АКБ емкостью 12 Ач или 40А в течение 9 минут при применении ИБП DC-UPS/40А с резервной АКБ той же емкости). Система QUINT-UPS имеет средства мониторинга внешнего силового напряжения и подает в систему управления сигнал о его отключении, позволяющий запустить алгоритм "мягкого" перехода системы в обходной режим работы. Элементы системы QUINT-UPS (в том числе резервные батареи) выполнены в компактном форм-факторе, унифицированном с основной линейкой источников питания, для монтажа на рейку DIN.

Для удовлетворения самых жестких требований к надежности обеспечения оборудования электропитанием в системе QUINT предусмотрена возможность

<sup>1</sup> Подробно об источниках питания Phoenix Contact см. материал в бюллетене Phoenix Contact UPDATE 1/06 за июнь 2006 г.

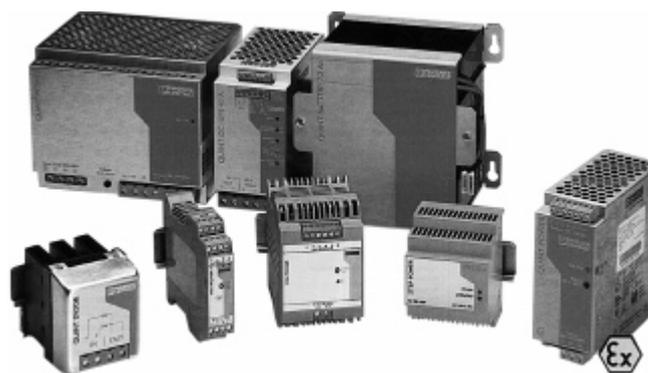


Рис. 1. Семейство источников питания Phoenix Contact. В верхнем ряду – импульсный источник вторичного питания QUINT напряжением =24 В на ток 40 А с питанием от трехфазной сети, модуль бесперебойного питания и резервная батарея

резервирования источников по схеме N+1 с использованием диодной развязки. Диодная развязка – вещь несложная, однако для упрощения жизни инженеров Phoenix Contact предлагает готовое изделие – развязку QUINT POWER-Ex на диодах Шоттки с низким тепловыделением и малыми габаритами. Наряду с источниками мощностью 5 и 10А изделие QUINT POWER-Ex выпускается во взрывобезопасном исполнении (EEx nA IIC T4 по АТЕХ), с диапазоном рабочих температур -25...60 °С, что делает указанные изделия особо привлекательными для актуальных в нашей стране систем "нефтегазовой" автоматики.

Помимо линейки QUINT Phoenix Contact предлагает также системы источников питания STEP, MINI и TRIO, также отличающиеся высокими потребительскими качествами (рис. 1)<sup>1</sup>.

#### Средства защиты от перенапряжений

Большой проблемой для чувствительного современного электронного оборудования являются распространяющиеся по кабельным сетям импульсные перенапряжения, возникающие в результате ударов молний, разрядов статического электричества, включения мощных нагрузок и т.п. Эта проблема характерна не только для систем промышленной автоматики – с тем же успехом от перенапряжений страдают и гибнут и телекоммуникационное оборудование, и компьютерные сети, и даже бытовая техника. Однако поскольку целесообразность принятия специальных защитных мер оценивается исходя из возможных цифр убытка от отказа оборудования, в российских условиях системы технологической автоматики и автоматики зданий оказываются одной из наиболее актуальных областей применимости систем защиты от перенапряжений.

Эффективная защита от перенапряжений включает несколько уровней. Первый из них – защита цепей электропитания, в свою очередь, включающая несколько рубежей: защита главного ввода, промежу-

## Что такое истина? Соответствие наших суждений явлениям.

Дени Дидро

точных распределительных устройств и непосредственно точек подключения оборудования. На первом рубеже происходит ограничение импульса перенапряжения до амплитуды менее 4 кВ с помощью мощных дуговых разрядников, на втором – примерно до 2,5 кВ (используются системы на базе варисторов), на третьем – до допускаемых защитными каскадами конечных потребителей всплесков амплитудой менее 1,5 кВ. В последнем случае используются устройства на базе варисторов и газонаполненных разрядников, монтируемые отдельно вблизи точки подключения или непосредственно в розетке.

Второй и третий уровни – защита непосредственно чувствительных входов слаботочных сигнальных линий в системах технологической автоматики и сетях передачи данных. Эти устройства выполняются в соответствующем принятому для отрасли форм-факторе на базе варисторов, диодов-супрессоров и газовых разрядников и устанавливаются непосредственно на входе защищаемых линий (рис. 2). Эти устройства рассчитаны на гораздо более низкий порог отсечения, и соответственно на гораздо меньшую мощность импульса. Поэтому эффективную защиту

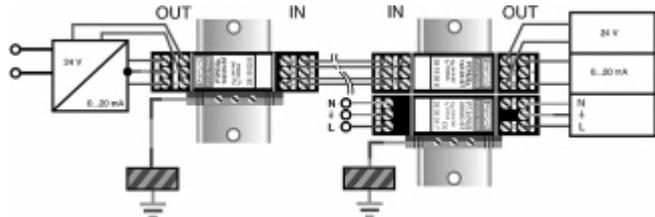


Рис. 2. Защита токового измерительного канала модулем PLUGTRAB

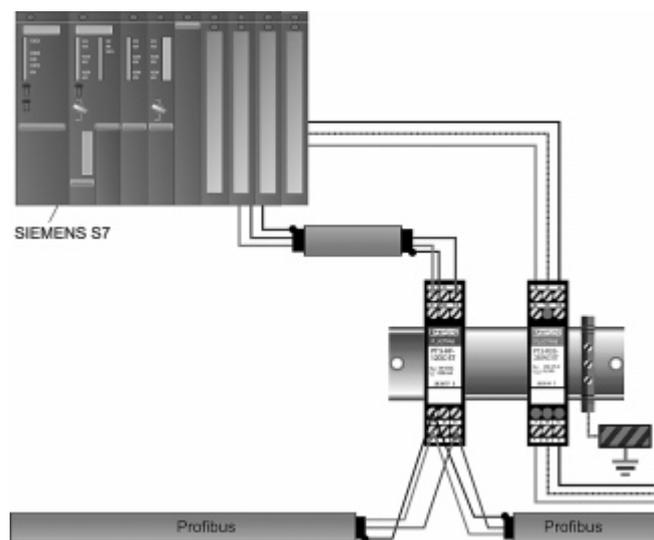


Рис. 3. Применение модулей PLUGTRAB для защиты линии передачи данных Profibus. Контроллер SIMATIC S7 питается от однофазной сети. На линии питания в обязательном порядке стоит защитный модуль, иначе защита сигнального канала как такового не имеет смысла

они обеспечивают только будучи применены в комбинации с мощными разрядниками в сетях питания (рис. 3). Если последние не установлены, хороший грозовой импульс может спалить оборудование вместе с защитой.

Одним из лучших образцов комплексного решения проблемы защиты от перенапряжений может послужить оборудование линейки TRAVTESCH производства фирмы Phoenix Contact. В принципе сама по себе конструкция подобного рода изделий не является биномом Ньютона, и достойных производителей множество, однако отличительной чертой линейки TRAVTESCH является возможность полностью укомплектовать все уровни и рубежи защиты оборудования от одного производителя. Линейка TRAVTESCH включает:

- мощные дуговые грозоразрядники FLASHTRAB для установки в шкафу главного ввода (рис. 4);
- варисторные модули VALVETRAV для установки в промежуточных распределительных щитах. При этом желательно физическое разнесение в пространстве первого и второго рубежа защиты так, чтобы грозоразрядник был отделен от менее мощного поглотителя проводником длиной не менее 10 м. В случаях, когда это невозможно, предлагается использование оригинальной технологии Active Energy Control, позволяющей осуществить параллельное соединение управляемого грозоразрядника и варисторного модуля меньшей мощности с их расположением рядом в одном шкафу;
- варисторные модули и газовые разрядники защиты конечных потребителей в модулях различных форм-факторов (для монтажа на рейку DIN или встраиваемые в розетку или колодку удлинителя);
- монтируемые в шкафах автоматики модули защиты сигнальных линий в форм-факторах "модуль 9 мм", Phoenix Process Interface и в корпусах стандартных винтовых и пружинных клемм шириной 6 мм;
- модули защиты аналоговых и цифровых (ISDN) линий связи;
- широкий выбор защитных модулей для линий последовательного интерфейса, Ethernet, линий передачи видеосигнала, антенных модулей для радиосвязи и мобильной телефонии.

В помощь разработчику производителем поставляется система автоматизированного проектирования каскадов защиты на основе оборудования TRAVTESCH с библиотекой элементов для использования в известных CAD-пакетах.

К сожалению, на сегодняшний день включение в проект полноценного каскада защиты оборудования от перенапряжений еще не стало общепринятой практикой у российских системных интеграторов в области технологической автоматики. Вряд ли это связано с неподъемным возрастанием стоимости

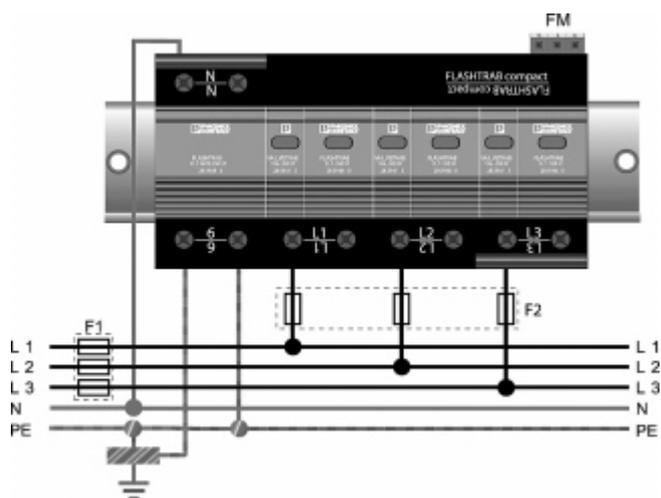


Рис. 4. Схема включения модуля защиты главного ввода FLASHTRAB-COMPACT, рекомендуемая для защиты как от перенапряжений и от экстратоков

проекта – дополнительные расходы на полноценную защиту от перенапряжений системы технологического управления с несколькими десятками аналоговых измерительных каналов вряд ли составят более 5000 евро. В случае выхода из строя системы управления в результате, например, удара молнии, убытки за одну смену простоя оборудования могут превысить эту цифру на порядок. Скорее всего, проблема в стоимостном выражении просто не осознается до конца. Поэтому часто пользователям оборудования приходится заказывать защитные каскады дополнительно после того, как реальность грубо разрушает их планы экономии средств – в результате "скупой платит дважды". В странах с более "древними" традициями технологической культуры использование защитных систем, подобных TRAVTECH, давно является обязательным – при их отсутствии тарифы страховых компаний на покрытие убытков от аварий оборудования возрастают во много раз. Кое-где необходимость установки подобных систем защиты просто провозглашена законодательно, здание без таких систем в эксплуатацию не примут. Надо полагать, впрочем, что и в России практика их использования укоренится, причем в ближайшее время – слишком плотно набиты современные промышленные и не только объекты чувствительным электронным оборудованием и слишком дорого обходятся его аварии.

#### Средства защиты от помех

Массу неприятностей как разработчикам, так и эксплуатационникам систем технологической автоматики доставляют распространяющиеся по силовым сетям высокочастотные наводки. Вторым приходится разгребать последствия вносимых такими наводками искажений в показания измерительных каналов, а первым – изобретать средства борьбы с ними. При этом наибольший объем возни приходится не на помехи, приходящие извне (от них легко избавиться просто установкой фильтров, причем, вторичные источники питания от "приличных"



Рис. 5. Самодельные подавительные дроссели в шкафу управления двигателями системы вентиляции (размещены непосредственно под преобразователями частоты Matsushita VFO)

производителей имеют встроенные фильтры), а на помехи, генерируемые внутри системы при работе оборудования. Например, мощнейшим источником ВЧ-помех являются широко применяемые ныне частотно-регулируемые приводы (ЧРП) асинхронных двигателей. При этом, если необходимость защиты от помех, "возвращаемых" ЧРП в "первичную" сеть, осознается, и современные ЧРП серьезных фирм обязательно имеют встроенные фильтры на входе питания, то тот факт, что кабель между ЧРП и собственно двигателем также является мощным источником ВЧ-помех, часто никак не учитывается. Между тем далеко не всегда управляющий модуль ЧРП устанавливается в непосредственной близости к управляемому мотору. Длина соединительного кабеля может на реальном объекте достигать нескольких десятков метров, при этом уровень излучаемых этим кабелем мощных помех на частотах в несколько килогерц становится недопустимо высок. Особенно неприятно то, что связанные с этим сбои в работе системы могут оказаться из категории "мерцающих", то есть проявляющихся непредсказуемо в зависимости от внешних условий. Так, например, на практике имела место ситуация, когда успешно прошедшая этап пусконаладки и сданная в эксплуатацию система управления одним из переделов в производстве растительного масла отказалась работать после перекладки кабелей питания приводов насосов при проведении косметического ремонта – все аналоговые датчики в системе начали показывать "цену на дрова". Во избежание подобных ситуаций категорически необходимо ставить сглаживающие фильтры-дроссели в линии между управляющим модулем ЧРП и двигателем.

Эти изделия обычно предлагаются производителями ЧРП в качестве опции, и о них часто просто забывают (а иногда — сознательно на них экономят). Бывает, что "фирменных" дросселей подходящего номинала на складах поставщиков нет, и тогда их приходится подбирать отдельно или наматывать самостоятельно (рис. 5) — но исключать их из схемы нельзя ни в коем случае. Представляется (хотя непосредственно сталкиваться пока не приходилось), что аналогичные проблемы могут возникать при использовании тиристорных регуляторов мощности, правда, там ожидаемый уровень помех гораздо ниже.

Источником наводок, обладающих способностью загнать систему в состояние "ум за разум", могут быть и другие эффекты в основном оборудовании и окружающей среде — переходные и контактные явления при запуске мощных нагрузок, сварочные работы в цехе и т.п. Эффекты от подобных процессов часто превышают возможности защитных каскадов, встроенных в электронные модули системы управления — особенно в российских реалиях с самопальными сварочными трансформаторами и двигателями, отработавшими по три ресурса. Если есть основания ожидать проблем с этого направления, целесообразно заранее на уровне проекта позаботиться о защите сигнальных цепей с помощью фильтров наводок. Подобные фильтры в виде готовых модулей выпускаются многими производителями, пример опять же из ассортимента продукции Phoenix Contact — фильтры помех серии NEF. При использовании подобных модулей их необходимо устанавливать как можно ближе к защищаемому устройству.

#### **Защита аналоговых входов от подачи напряжения питания**

К сожалению, есть и еще один аспект обсуждаемой проблемы, от влияния которого трудно полностью застраховаться — это человеческий фактор. Как это ни печально, но на практике постоянно приходится сталкиваться с последствиями неквалифицированного обращения с тонкой чувствительной электроникой. Самая распространенная беда — подача напряжения питания

(=24, а то и сетевого) на измерительные клеммы преобразователей аналоговых сигналов вследствие неправильного монтажа, а иногда и схемотехнических ошибок в проекте. Результатом является выгорание как минимум входного каскада прецизионных резисторов, после чего прибор становится неремонтопригодным, так как самостоятельная перепайка измерительной схемы изменит его метрологические характеристики непредсказуемым образом. Приходится менять модули в сборе, изделия это, как правило, дорогостоящие, на складах их не держат — и в результате простой оборудования может затянуться надолго.

Как ни странно, способы борьбы с этим печальным явлением неизвестны многим нашим разработчикам — во всяком случае, такой вывод можно сделать на основании нередко поступающих запросов с плачевным лейтмотивом "неужели никак нельзя избавиться от такой напасти". Казалось бы, ответ лежит на поверхности — поставьте предохранитель. Проблема, похоже, в том, что нашим разработчикам просто неизвестен факт существования прецизионных предохранителей на слабые токи в разных форм-факторах, в том числе и в простейшем формате 5x20 мм. Между тем изделия такие есть, и даже не в теории, а на складах российских поставщиков электронных компонентов. Например, в серии 193 марки WICKMANN (один из российских дистрибуторов — ООО "ЭФО") имеются прецизионные предохранители в формате 5x20 мм с током срабатывания от 32 мА, великолепно подходящие для защиты аналоговых входов типа "токовая петля" 0(4)...20 мА. Эти предохранители бывают в разных исполнениях по скорости срабатывания, для защиты сигнальных линий надо выбирать скоростные с маркировкой F (fast). Если защищаемых каналов немного, для размещения предохранителей можно воспользоваться клеммами-носителями плавких вставок (например, Phoenix Contact — HESI 5x20). Если каналов много, а проект тиражируемый — лучше выполнить модуль защиты в виде отдельной платы. Стоимость такой защиты получится не более 5 евро на канал, что совершенно несопоставимо с возможными убытками в случае ее отсутствия.

*Егоров Евгений Валентинович — канд. физ.-мат. наук, руководитель отдела промышленной автоматизации ООО "ЭФО".*

*Контактный телефон (812)-331-09-64. E-mail: eve@efo.ru*

#### **"Сименс" поставил оборудование для подстанции "Белый Раст" (Московская область)**

Подстанции "Белый Раст" в Дмитровском районе Московской области стала первой модернизированной подстанцией в структуре "Московского энергетического кольца". Реконструкция и расширение подстанции проводились в рамках соглашения между Правительством Москвы и ОАО РАО "ЕЭС России", направленного на предотвращение возникновения дефицита энерго мощностей и повышение надежности электроснабжения потребителей Москвы. В ходе расширения подстанции установленная мощность трансформаторного оборудования возросла на 500 МВА, что позволит решить многие проблемы, связанные с энергоснабжением потребителей Москвы, и, в первую очередь, разгрузить кабельную линию электропередачи 110 кВ "Бескудниково-Хлебниково", а также

подстанцию "Бескудниково", что имеет большое значение в свете ее предстоящей реконструкции.

Для российского "Сименс" — это пуск уже второго объекта такого класса напряжения. Опираясь на имеющийся опыт модернизации и автоматизации подстанции 750 кВ, в том числе при создании системы автоматизации на ПС "Белозерская", в проекте "Белый Раст" ООО "Сименс" осуществил комплексную модернизацию системы автоматизации и защиты на базе самой современной техники.

Компания "Сименс" намерена принять активное участие в реконструкции и подстанции "Бескудниково", которая является еще одним важным звеном "Московского энергетического кольца". Уже заключен контракт на поставку первичного оборудования высокового напряжения в рамках проекта "Бескудниково".

*Http://www.siemens.ru*