

Источники питания: надежная энергия для промышленной автоматики

Д.И. Малиновский (ЗАО "Релпол-Элтим")

Для промышленной автоматики необходимы надежные источники питания, потому что в отличие от, например, военной или бытовой техники, промышленное производство никогда не останавливается, обеспечивая благосостояние и само существование современного цивилизованного общества.

Промышленная автоматика не имеет какого-то "общего лица" и по разнообразию сфер применения не знает себе равных:

- "обычное" промышленное производство, например, пищевая или текстильная промышленность, в частности, обеспечение людей продуктами питания, — это круглосуточное производство, сбои которого болезненно сказываются на всех без исключения гражданах;

- транспорт и связь, их автоматика и энергетика: перебои в этой области заметны и опасны для самого существования общества, потому что без транспорта и связи никакое государство не простоит и недели;

- водоснабжение: нет смысла объяснять, что случится с большим и даже не очень большим городом при отказе водопровода или канализации;

- добыча и переработка полезных ископаемых: вообще традиционная для России задача, проблема и нескончаемый фронт работ, особенно в зимних условиях;

- обеспечение народного хозяйства энергией: современная цивилизация не имеет никакого смысла без электроэнергии, а ее производство — это первая по значимости отрасль экономики в любом развитом государстве.

Итак, даже при поверхностном рассмотрении промышленная автоматика и электротехника является поддерживающей основой жизни современного общества, создавая привычный комфорт жизни и блага цивилизации. Если взглянуть на проблему глубже, то в промышленной автоматике можно найти весь спектр современной электротехники и электроники, начиная от простых реле и заканчивая распределенными сетями управления. Если внимательно приглядеться к работе всех систем автоматики, то категорично и справедливо будет отметить, что работа всех этих систем невозможна без надежных источников питания. Недаром в теории надежности больших систем энергообеспечения и качеству электропитания оборудования уделяется до 50% всех исследований и изысканий.

Большая часть инженеров и конструкторов никогда в жизни не проектировали, не разбирали и не ремонтировали источник питания. Как-то само собой предполагается, что для новой разработки можно всегда подобрать готовый источник с нужными параметрами, достаточно только протянуть руку к книжной

полке и взять подходящий каталог. А из каталога надо просто выбрать подходящий источник на нужную мощность. Если проект неотчетливый, то можно взять любой, первый попавшийся под руку источник питания на необходимую мощность. А в случае, когда проект ответственный (а в промышленной автоматике все проекты так или иначе ответственные) и если спросить эксплуатационников, то их мнение будет весьма неожиданным: источник питания должен быть лучшим, а не каким-то там другим. Потому что для службы эксплуатации отказ этого самого источника оборачивается неприятностями самого высокого порядка. И экономить на источнике довольно глупо.

Кстати, что значит экономить? Всякая система имеет свою отпускную цену и экономические показатели следует учитывать при проведении любой разработки (при наличии в бюджете дефицита, а где вы видели бюджет с излишками средств?).

Источники питания для промышленной автоматики

производит множество фирм как российских, так и зарубежных. При подборе источника для ответственной системы большая часть предложений по источникам питания отпадает сама собой, так как при внимательном рассмотрении дешевые и распространенные источники питания не годятся для круглосуточной работы во вредных и тяжелых производственных условиях.

Автор за последние 10 лет держал в руках очень много источников питания и во многих случаях разбирал их для ознакомления с конструкцией. Увы, сплошь и рядом внутри были обнаружены тонкие гетинаксовые печатные платы, радиодетали второго и третьего эшелона качества, маленькие фильтрующие конденсаторы, радиаторы у транзисторов и диодов недостаточных размеров, шаткие винтовые клеммы или разъемы и т. д. При знакомстве с источниками некоторых даже хорошо известных фирм, поработавшими в промышленном оборудовании менее года, обнаруживались такие вопиющие знаки старения и снижения надежности, как сильное потемнение (до темно-коричневого цвета) печатных плат возле тепловыделяющих элементов, пригоревшая пыль на деталях и изменение цвета самих деталей под воздействием высокой температуры. Тревожно смотрятся раздутые электролитические конденсаторы, стоящие на платах вплотную с перегре-



тыми выпрямительными диодами. Разработчик, который однажды видел или эксплуатировал такой источник питания, начинает искать для своего проекта другие источники, в которых таких "встроенных" недостатков нет. Искать, понятно, надо у тех производителей, кто ориентируется на выпуск компонентов промышленной автоматики высокого качества.

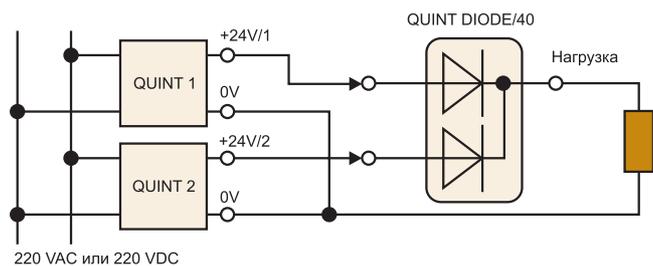
Для тех, кто еще не определился в своих поисках или вообще находится в постоянном поиске, можно посоветовать обратить внимание на источники питания фирмы Phoenix Contact, которая занимается производством компонентов для промышленной электротехники и автоматики и предлагает практически весь спектр комплектующих изделий для системной интеграции проектов любой степени сложности. Среди этих изделий имеется ряд импульсных источников, обладающих многими интересными и полезными качествами.

Выходное напряжение и мощность

Обычно в промышленной автоматике применяются источники питания с выходным напряжением =24 В с возможностью плавной ручной регулировки выходного напряжения в пределах 21...27 В. Повсеместно встречается потребность в источниках с выходным постоянным напряжением 12 В, 15 В (для питания в основном аналоговых преобразователей) и 5 В (цифровая и вычислительная техника). В рядовом промышленном проекте в основном применяются источники питания с выходным током 0,5...50 А, причем самыми востребованными являются источники с выходной мощностью 50...500 Вт. Источники с меньшей мощностью не распространены, а вот источники с большей мощностью требуются хотя и редко, но уж к ним-то предъявляются исключительно высокие требования по надежности. Понятно, что от источника может питаться самая разная аппаратура (от катушек реле до измерительных преобразователей), но при росте отдаваемой мощности растет и ответственность, поэтому разработчики наиболее ответственно относятся к источникам питания с выходной мощностью более 50 Вт. Phoenix Contact производит импульсные источники питания с различной мощностью в диапазоне 25...1000 Вт, что для стандартного выходного напряжения =25 В соответствует выходному току 1...40 А. В целом, предлагаемый Phoenix Contact ряд источников питания удовлетворяет (почти) все потребности разработчика как небольших проектов, так и очень больших систем. Все источники Phoenix Contact рассчитаны на применение в универсальных первичных сетях, что требует особого рассмотрения.

Вообще-то, ГОСТ предполагает, что в первичной однофазной сети переменного тока с частотой 50 Гц напряжение сети будет равно ~220 В с точностью – 15...10%. Скажем так: хорошие однофазные сети в России есть, и их много. Но очень, очень много и других питающих сетей, напряжение которых не со-

ответствует ГОСТу и работа в которых представляет собой источник постоянной тревоги и стрессов как для разработчика, так и для эксплуатационника. Автор на протяжении последних лет собирал информацию о качестве российских промышленных питающих сетей и в итоге пришел к неутешительному выводу о том, что для "нормального" промышленного объекта можно считать, что однофазная сеть ~220 В на этом объекте будет и правда с частотой 50 Гц, но длительно действующее напряжение в этой сети будет колебаться в диапазоне – 30...25% (~154...275 В). Колебания напряжения вызваны в основном перегрузкой подстанций, отдельных секций трансформаторов и перекосом фаз. В ряде случаев положение с питанием еще более обостренное, на некоторых электростанциях при включении мощных насосов на несколько минут сеть "проседает" до ~140 В, затем скачком возвращаясь к "рабочему" напряжению ~250 В. Эксплуатационникам такая ситуация с питанием совсем не нравится, но сделать они ничего не могут (а в отдельных случаях и не хотят), зато от своего заказчика они требуют безотказной работы поставленного оборудования на том разумном основании, что "деньги уплачены и все должно работать". Современные молодые специалисты для своего проекта в таких случаях начинают судорожно искать подходящий источник бесперебойного питания (UPS), но эксплуатационники традиционно терпеть не могут UPS. Причина некоторой нелюбви промышленников к UPS проста: никакой UPS не в состоянии нормально работать в условиях, когда за сутки напряжение сети опускается за нижний предел как минимум на 15 часов. Затем, UPS снабжен аккумулятором с заранее известным и, кстати, небольшим сроком службы, этот аккумулятор надо вовремя менять, а это даже на электростанции может быть проблемой... Аккумулятор денег стоит, а если маломощных UPS в АСУТП много, то обслуживание их представляет собой самостоятельную задачу. Мощные UPS стоят очень дорого (а аккумуляторы к ним – еще дороже), что окончательно усугубляет проблемы при обслуживании. Альтернатива UPS при плохих, но не совсем пропадающих сетях – это стабилизаторы переменного напряжения, но и они удорожают проект. Да и надежность у лучших UPS и стабилизаторов тоже вполне конечная. Значит, от UPS желательно отказываться и искать другие варианты для организации питания своей техники. Обратим внимание, что у однофазных источников питания Phoenix Contact диапазон входного напряжения находится в пределах ~90...270 В, что однозначно снимает проблемы, связанные с нестабильной питающей сетью. Опыт эксплуатации источников Phoenix Contact показывает, что при недогрузке источника на 20% ниже значение питающего напряжения вообще опускается до ~80 В, что более чем достаточно для надежного питания оборудования от самых плохих сетей. К повышению входного напряжения источники Phoenix

Надежность, горячий резерв и схемы N+1

Резервирование источников питания по схеме N+1 с применением диодной развязки

Contact тоже готовы и сохраняют свою надежность и стабильность при длительно действующем напряжении питания ~ 264 В. Отдельно надо отметить устойчивость источников к кратковременному пропаданию сети. Согласно каталогу, источники серии QUINT под полной нагрузкой не реагируют на полное исчезновение входного напряжения длительностью 20...120 мс.

Исходя из сказанного, разработчик может с уверенностью применять источники QUINT для питания оборудования от очень плохой и нестабильной первичной сети. К высоковольтным помехам и наводкам в этой сети мы еще вернемся.

В энергетике и системах АСУТП особо высокой ответственности (автоматика для высоковольтных подстанций, объекты химии и нефтехимии, горное дело) часто встречается требование питания оборудования от гарантированных источников с напряжением ≈ 220 В. В качестве таких источников типа ONLINE применяются аккумуляторы, чаще всего свинцово-кислотные, находящиеся в режиме постоянного подзаряда. Чтобы не перегружать аккумуляторы зря, источник питания в нормальном режиме работы подключается к сети ~ 220 В и переключается на резервный аккумулятор только при пропадании сети. Такая схема питания отработана годами (данный "UPS" появился в энергетике в 30-х годах XX века) и подтвердила свою надежность и необходимость везде, где требуется по-настоящему высокая надежность. При таком питании источник должен одинаково хорошо работать как от сети переменного тока 220 В, так и от аккумулятора с напряжением ≈ 220 В. Иногда инженеры для реализации таких схем применяют два источника с разными входами, объединенные на общую нагрузку, что обходится дорого.

Источники Phoenix Contact отлично справляются с работой в смешанном режиме питания входа и способны питаться как от сети переменного тока 85...264 В, так и от аккумулятора с напряжением ≈ 90 ...350 В. Такая "всеядность" по первичной сети позволяет разработчикам без проблем применять источники Phoenix Contact в системах гарантированного резервированного питания.

Теперь обратим внимание на надежность и резервирование. Какая же может быть надежность системы питания без горячего резерва?

Надежность — это свойство изделия сохранять свои параметры при воздействии дестабилизирующих факторов в условиях естественного старения оборудования. При проектировании системы питания надежность источника крайне важна, но один в поле не воин. Если требуется действительно высокая надежность, то источники включают по схеме N+1, когда как минимум один источник находится в горячем резерве, готовый в любой момент питать нагрузку взамен вышедшего из строя основного источника питания. Схемы построения питания по способу N+1 применяются обычно типовые (рисунок).

При работе на общую нагрузку традиционным и наиболее надежным решением является развязка двух и более источников при помощи диодных сборок с общим катодом. Для правильной работы развязки у источников питания выходное напряжение должно отличаться друг от друга примерно на 0,3 В. При этом основным является источник с более высоким выходным напряжением, а второй источник находится в горячем резерве. Переключение на резерв происходит автоматически и мгновенно. Неприятным побочным явлением такой простой и хорошей схемы является падение напряжения на развязывающих диодах, что вызывает нагрев диода. Нагрев особенно ярко выражен при рабочих токах более 5 А и тепло, выделяющееся на диоде, надо эффективно отводить, что является вечной проблемой в электротехническом шкафу, плотно набитом мощным оборудованием. Phoenix Contact понимает проблемы разработчиков и предлагает для таких случаев двухдиодную развязку с диодами Шоттки. Диоды Шоттки обладают малым пороговым напряжением, и поэтому развязка отличается низким тепловыделением и малыми габаритами. После подключения к развязке и включения нагрузки необходимо подстроить выходное напряжение источников так, чтобы напряжение на нагрузке составляло примерно ≈ 24 В. На диоде Шоттки напряжение падает при полном рабочем токе не более 0,5 В, но некоторые нагрузки не любят даже такого малого понижения напряжения питания. При необходимости построения троированной схемы питания можно взять две развязки и включить их вместе.

Кстати, источник, находящийся в горячем резерве, практически не нагружен и работает на холостом ходу. Опыт общения с системными интеграторами, применяющими такие схемы, показывает, что далеко не всякие импульсные источники питания способны нормально обрабатывать режим полного холостого хода. Источники QUINT работают на холостом ходу без сбоев, так что и эта проблема снимается полностью.

Коэффициент полезного действия

КПД источника питания на практике означает, насколько будет перегреваться источник при полной его нагрузке. В принципе, КПД источника питания мощностью до 500 Вт имеет чисто "тепловой" интерес, экономия электроэнергии тут роли не играет. В последнее

время техническая и рекламная пресса пестрит сообщениями о серийно выпускаемых источниках мощностью 20...1000 Вт с КПД до 94%. Практика показывает, что большинство импульсных источников питания такой мощности реально работают с промышленным КПД не более 80%, особенно это характерно для (в общем и целом достаточно хороших) источников тайваньского происхождения. Автор проделал эксперимент с миниатюрным, симпатичным источником питания мощностью 50 Вт, импортируемым в Россию из Тайваня. Нагрузкой источника была сборка резисторов, на которых выделялась мощность 48 Вт. Тепловой режим источника был замерен через три часа непрерывной работы, перегрев корпуса источника по сравнению с температурой воздуха составил 21°C, внутри корпуса было явно намного горячее, на поверхности импульсного трансформатора температура доходила 70°C. Измерение потребляемой источником мощности по методу вольтметра-амперметра дало КПД = 72%. В каталоге производителя источник гордо хвастается – КПД более 85%, что явно неправда. На практике такая милая, мелкая неправда оборачивается плохим тепловым режимом источника питания и резким снижением его надежности при плохом общем тепловом режиме в электротехническом шкафу.

Тепло есть страшный враг электроники. Для большинства пассивных и активных компонентов, особенно для конденсаторов и трансформаторов, повышение температуры свыше 50°C приводит к снижению ресурса вдвое при росте температуры на каждые 10°C. При рабочей температуре 70°C надежность (при расчете среднего времени между отказами) понижается в 4 раза. При росте температуры на следующие 10°C надежность снижается уже в 8 раз. Здесь есть о чем задуматься, когда видишь внутри источника покоровившийся перегретый гетинакс печатных плат, так как гетинакс – материал хороший, температурноустойчивый и начинает менять цвет и форму при температуре более 80°C. Забавно читать каталоги производителей таких источников, где заявляется среднее время между отказами на уровне 500000 часов (57 лет). Автор встречал и изменивший цвет стеклотекстолит, а этот материал устойчив к длительно действующей температуре 100 °C. Никакой надежности в таких перегретых источниках нет, в лучшем случае они работают 1...2 года до первого отказа, а вот потом их чинить нет никакого экономического смысла: источник полностью выработал свой ресурс и будет продолжать ломаться и далее.

Вернемся к источникам питания Phoenix Contact. Согласно каталогу, источники QUINT имеют КПД=88... 92%, и этим данным можно доверять. Более того, каталоги Phoenix для источников дают три значения для расчета теплового режима:

- рассеяние мощности на холостом ходу (например, 2Вт для источника =24В/10А);
- рассеяние мощности под полной нагрузкой;
- КПД под полной нагрузкой.

КПД источников QUINT соответствует реальному, серийному значению, при котором сохраняется надежный тепловой режим источника во всем диапазоне рабочих температур. Металлический корпус источника соединен с радиаторами, что дополнительно облегчает режим работы тепловыделяющих элементов. Радиаторы внутри источников впечатляют своими размерами, поэтому компактные источники QUINT на поверку оказываются довольно тяжелыми – металл, однако, не бумага. Вес маломощного источника питания, впрочем, для промышленной автоматики не играет никакой роли.

Для сравнения автор замерял тепловой режим источника QUINT с выходным током 2,5 А под полной нагрузкой. Перегрев корпуса составил 15°C по сравнению с температурой воздуха, что сравнимо с ранее исследованным китайским источником. А вот перегрев радиатора внутри источника QUINT составил всего 20°C, что впечатляет уже потому, что такой небольшой разрыв между температурой на мощном радиаторе и металлическом корпусе говорит об оптимальном охлаждении и отличной теплопередаче из корпуса в окружающую среду. В итоге, проблем с охлаждением источника QUINT в тесном шкафу не ожидается. Правда есть и такие системы промышленной автоматики, где



разработчики борются не с теплом, а с холодом.

Температурный диапазон источников QUINT

Промышленное оборудование далеко не всегда находится в таких тепличных условиях, как подземная ракетная шахта, где круглый год примерно 18°C. Цеха заводов, в общем, тоже не на открытом воздухе находятся, но обычно в техническом задании записывается температурный диапазон -25...35°C внутри цеха, что пересчитывается на температуру внутри шкафа -25...50°C. Этот температурный диапазон иногда усиливается сверху до 55°C, что создает источнику питания весьма сложные условия работы, с которыми QUINT успешно справляется. Phoenix Contact гарантирует работоспособность источников QUINT при -25°C. Под работоспособностью понимается сохранение источником всех технических параметров, в том числе возможность холодного старта под полной нагрузкой, что характерно для оборудования, находящегося в неотапливаемых производственных помещениях. Если учесть, что рабочий температурный диапазон источников QUINT составляет -25...70°C, то можно считать QUINT действительно всепогодным. Иногда приходится получать запросы на источники с нижним пределом рабочей тем-

пературы -40°C , но это большая экзотика и, по статистике, встречается не чаще, чем в 2% случаев промышленного применения. Гораздо чаще инженеры интересуются возможностью хранения своего оборудования при температуре до -40°C , что QUINT разрешает. Получается, что с эксплуатацией QUINT в северных районах и хранении готового оборудования при низкой температуре проблем нет.

Итак, температурный диапазон и КПД источников QUINT удовлетворяют промышленность. А как с точки зрения удобства монтажа?

Унифицированный и простой монтаж

Все источники QUINT монтируются на стандартных DIN-рейках шириной 35 мм. В основании источника находится массивная металлическая защелка, надежно закрепляющая источник на рейке. Мощная пружина в защелке создает хорошую вибро- и ударопрочность монтажа, гарантирующие безопасность при транспортировке (каждый, кто ездил по железной дороге в грузовом вагоне, знает, как чувствуется каждая стрелка и рельсовый стык...). Кроме своей механической функции, защелка является хорошим теплоотводом от корпуса источника на рейку и монтажную панель, что дополнительно полезно для надежности работы.

Стандартным способом монтажа источников является их монтаж вдоль DIN-рейки. Для некоторых проектов желательнее монтировать источник поперек DIN-рейки, для чего предлагается специальный адаптер.

Подключение, индикация и регулировка

Источники подключаются к внешнему миру с помощью винтовых разъемов COMBICON, что на практике очень удобно. Разъем можно отключить от источника при пуско-наладке или при сервисных работах. При включении источника QUINT с выходным током более 10 А пользователю для включения в систему сигнализации предоставляется NO контакт реле, замыкаемый при нормальном функционировании источника (DC OK). Такой контакт реле позволяет дистанционно контролировать состояние источника, что может быть полезно при проектировании высоконадежных систем управления. Для плавной подстройки напряжения питания служит потенциометр, который подстраивается тонкой "часовой" отверткой.

Светодиодный индикатор DC OK на корпусе источника светится только при нахождении выходного напряжения в рабочем диапазоне.

Итак, источник выбрали, установили и подключили. А что будет при неправильной эксплуатации?

ЭМС и устойчивость к перегрузкам

Наш мир несовершенен и никогда не знаешь, какую нагрузку подсунут тебе эксплуатационщики. Вообще, как это ни странно, монтаж склонен к коротким замыканиям, особенно при наладочных работах. Но рабо-

тать надо во всех условиях, для чего источник питания должен быть готов к разным неожиданностям.

Источники QUINT рассчитаны на нормальную работу при токе нагрузки 0...110%, что создает небольшой, но полезный запас при эксплуатации. При перегрузке длительностью более 100...200 мс током свыше 110% от номинального значения источник переходит в режим сброса тока по выходу и при устранении перегрузки автоматически возвращается в рабочее состояние. Опыт показывает, что источники QUINT не обращают внимания на импульсные (длительностью 10...100 мс) броски тока в нагрузке, вызванные стандартными переходными процессами (например, в электромеханических контакторах или соленоидах), поэтому QUINT можно применять для питания емкостных или индуктивных нагрузок, характерных своими переходными процессами. На выходе источника есть защита от импульсного перенапряжения обоих полярностей, так что и тут QUINT не даст себя в обиду. При больших емкостных нагрузках (например, при питании вторичных преобразователей питания) источник QUINT быстро заряжает внешний конденсатор и автоматически переходит в рабочий режим.

Несовершенство мира проявляется не только в нагрузках источников. Питающая сеть подбрасывает сурпризы в виде импульсных перенапряжений и всевозможных помех, например, от сильно распространенных частотных приводов. Для борьбы с такими вредными явлениями в источниках QUINT на входе установлены мощные варисторы и фильтры питания, устраняющие как помехи, пытающиеся проникнуть из сети, так и мешающие обратному проникновению помех от импульсного преобразователя источника обратно в сеть. Кстати, металлический корпус QUINT играет роль не только теплоотвода, но и экрана, улучшающего электромагнитную совместимость на объекте применения. Разумеется, QUINT отвечают требованиям ЭМС, но по опыту даже самые капризные, неэкранированные аналоговые преобразователи в пластиковых корпусах без проблем работают и сохраняют свою точность при монтаже прямо рядом с источником QUINT.

Получается, что источники QUINT не нуждаются в дополнительных внешних фильтрах питания и защитных устройствах, сохраняя при этом надежность, высокие качественные параметры и не загрязняя эфир и нагрузку вредными помехами.

Кроме того, можно смело утверждать, что серия QUINT дешевле всех хорошо зарекомендовавших себя источников питания.

Все сказанное позволяет заключить, что реализация промышленных проектов с применением источников питания QUINT является оптимальным экономическим решением. При расчете затрат разработчик должен сравнить все доступные ему изделия, а при выборе источника питания удобно начать поиск с источников QUINT.

*Малиновский Дмитрий Игоревич — технический директор ЗАО "Релпол-Элтим".
Контактные телефоны: (812) 327-35-99, 320-01-31. E-mail: relpol@mail.wplus.net*