

С переходом от трансформаторных на электронные блоки питания электронной аппаратуры, в частности – с массовым внедрением персональных компьютеров, резко обострились проблемы с качеством электропитания, из-за «как бы случайных» отказов.

Защита электроники от перенапряжений в сети.

Общие проблемы надежности электронного оборудования при питании от сетей 220/230 В



Сергей Иголкин, QUANT (Квант Инжиниринг), г. Житомир

Кажущаяся «случайность» отказов объяснялась тем, что не уделялось внимания кратковременным, но значительным по току и напряжению импульсам в сетях, так называемым «коммутационным импульсам перенапряжения», или «миллисекундным импульсам», в отличие от «микросекундных импульсов», наведенных косвенным ударом молнии.

Причины этих опасных импульсов – отключение мощного потребителя, КЗ в линии (от ветра в воздушной линии), трансформаторная электросварка в момент попыток поджечь дугу, а также многие другие причины, вызывающие переходные процессы в сети с значительными выбросами напряжения на нагрузке.

Стандарты на качество электроэнергии обычно нормируют эти импульсы на уровне порядка 1000 В. Предполагается, что в линии уже есть УЗИП и он ограничит амплитуду выбросов до этой величины, длительность импульса может составлять 0.7-1 мс и ток в импульсе около 100 А по самой жесткой категории. Индуктивность длинной линии может достигать единиц мГн.

Большинство других причин отказов являются аварийными и требуют лишь быстрого отключения от сети во избежание повреждений. Что касается коммутационных импульсных перенапряжений – крайне необходимо защищать от них нагрузки без отключения, без прерывания работы.

Например, можно рассмотреть работу электроники в условиях производства, когда на одной и той же линии подключаются различные станки и другое мощное оборудование, и компьютеры в офисе/бухгалтерии, или просто светодиодное освещение. Да и сами станки часто содержат в составе электронный блок управления. Но и в быту нельзя исключить, например, внезапных сварочных работ по соседству, или КЗ в линии, или использования мощных нагревателей, которые при отключении тоже наведут коммутационные импульсы значительной амплитуды по всей линии.

В очень «плохих» линиях, имеющих большую протяженность (а, значит, значительную индуктивность, которая может накопить много энергии при протекании тока), при наличии многих мощных потребителей импульсных перенапряжений за сутки может исчисляться десятками и сотнями.

Ограничивать или отключаться?

Электронным ключам для отказа хватает часто единиц микросекунд, они могут безопасно поглотить лишь около 1 Дж для MOSFET и десятых долей Дж для IGBT – так как пробой ключа у IGBT лавинный, а у MOSFET – зенеровский. Именно поэтому появились кривые CBEMA (Computer and Business Equipment

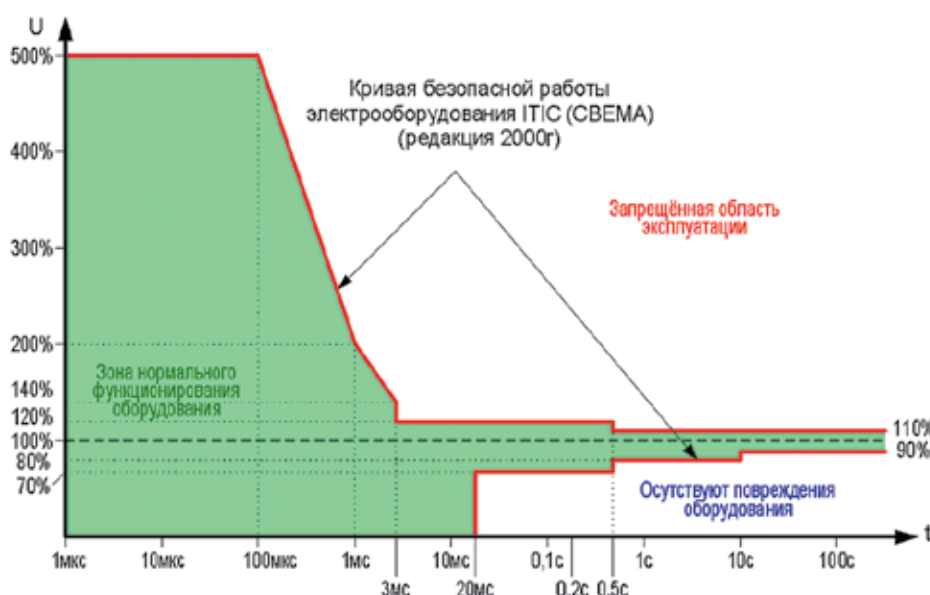


Рис. 1

Manufacturers Association), ныне известные как кривые ITIC (Information Technology Industry Council), а ее варианты включены в стандарты IEEE 446 ANSI (рис.1).

Если бы любое электронное оборудование всегда соответствовало этим кривым, и если бы в сети никогда не появлялось напряжение в зоне «запрещенная область эксплуатации», то не нужно было бы специально иметь дополнительную защиту. Но, увы, это лишь рекомендательный документ, попытки соблюдения этих соотношений увеличивают вероятность безотказной работы, но отнюдь ее не гарантируют.

Если в сети возникла аварийная ситуация то требуется отключить оборудование от сети во избежание повреждений. Но остается открытым вопрос – как отключить? За какое время можно успеть? Механические контакты, будь то автомат с независимым расцепителем, реле, контактор – отключаются слишком долго, от 3 мс (маломощное реле) до 50-100 мс (контактор). Значит, ограничивать нужно всегда, а отключать – когда ясно, что проблема надолго и сама не рассосется? Как угадать? На что рассчитывать и как защитится от того, что не можешь предсказать?

Попробуем упростить понимание проблемы, подобно тому как упрощают электронику при массовом выпуске, исключая из нее элементы защиты от перенапряжений, или, заменяя их на менее эффективные и более дешевые («все равно ж от всего не спасешься, то зачем они??»). Но мы упростим для увеличения надежности, для перестраховки.

Немного простоты в море непредсказуемых опасностей

Выше говорилось о том, что опасно для электронных ключей в БП. Упростим еще: *«Нельзя чтоб на электронный БП приходило напряжение из сети с мгновенным значением выше, чем напряжение пробоя его ключей».*

Все. Не нужно манипулировать длительностью импульсов, токами в импульсе и тому подобным поскольку любой импульс напряжением выше безопасного – опасен. Это просто, и не нужно ломать голову над сложным графиком.

Можно было бы поставить цель всегда обеспечивать номинальное напряжение в сети, даже без очень коротких превышений, и лишь отключать его (или переходить на запасной источник питания) при невозможности удержать в норме (при аварии сети). Такое решение дороже, о оно имеет право на жизнь и широко применяется, о чем будет сказано далее. И это ещё проще для понимания. Но дороже в реализации, конечно.

Какие же напряжения безопасны и не вызовут пробоя ключей в блоках питания электроники? Современные блоки питания чаще всего строят на 600-Вольтовых ключах. Но есть нюансы: маломощные источники, такие как зарядки мобильных, БП ноутбуков, драйверы светодиодного света и вообще все, что имеет мощность примерно до 100-150 Вт – чаще всего реализовано по принципу однотактного «обратноходового преобразователя», он же «флай» или «флайбек». В них к ключу, во время передачи тока в нагрузку, приложено дополнительно напряжение так называемой «полки», примерно 90-120 В. Это на-

інверторні
стабілізатори напруги

quant.in.ua

упереджувальний
захист

пряжение складывается с напряжением питания, которое равно амплитудному значению напряжения в сети – итого, безопасным для таких маломощных источников питания будет напряжение примерно $600-120=480$ В, а по факту несколько менее, обычно принимают 400-430 В (пикового) что соответствует допустимому эффективному значению напряжения 280 В-300 В в сети. Рассмотрев блок питания ноутбука, можно часто увидеть надпись: диапазон допустимых напряжений питания 90V-280V AC.

Для более мощных источников, таких как стационарные компьютеры, с потреблением выше 150...200 Вт, обязательно применение корректора мощности, для устранения генерации гармоник потребляемого тока в сеть. Максимальное допустимое напряжение по входу для таких БП будет определяться допустимым напряжением электролитических конденсаторов в них, это 400-450 В, но конденсатор не пробивается мгновенно, зато сам ключевой транзистор выдержит в таких блоках амплитудное напряжение сети, равное своему пробивному напряжению 600 В. К более старым компьютерным источникам питания, не имеющим в составе PFC, это тоже относится.

Отдельным пунктом следует упомянуть индукционные электроплиты, в которых применяются 1200-вольтовые ключи, но в резонансном режиме, что может даже снизить допустимое напряжение в сети, однако, как правило, 600 В они кратковременно выдержать должны (но стоит превысить мгновенное напряжение хоть на несколько микросекунд – пробиваются легко, в их схеме нет накопительных конденсаторов, которые могли бы сгладить хоть немного короткие импульсы даже со слабым током).

Вывод

Если мгновенное (или амплитудное) напряжение в сети никогда не превышает 400-430 В, то подавляющее большинство корректно изготовленной электронной аппаратуры/оборудования/приборов от перенапряжения из строя не выйдет. «Никогда» – подразумевает, что напряжение не превышает даже на единицы микросекунд.

И это значит, что нам нужен быстродействующий «идеальный» ограничитель напряжения, способный «просадить» напряжение в сети до безопасного уровня на такое время, чтоб либо опасный импульс перенапряжения успел закончиться, либо механические контакты реле, контактора либо автомата с независимым расцепителем могли успеть разомкнуться.

Что есть для защиты от перенапряжений в сети?

Импульсные перенапряжения (короткие)

Устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) прежде всего, позиционируются как защита изоляции проводки от пробоя, например, при косвенных ударах молнии. На самом деле, коммутационные перенапряжения тоже легко могут достичь величин, достаточных для пробоя изоляции проводки, если не ограничивать эти перенапряжения.

Естественно, производители УЗИП стараются, по возможности, защитить и электронику, для чего нужно, чтоб в режиме ограничения импульса напряжение не превышало допустимого для электронных ключей (иногда это удается

в отдельных случаях). Наиболее популярны для защиты от перенапряжений варисторы, разрядники и комбинации варисторов с разрядниками. Менее популярны полупроводниковые TVS диоды (из-за малой поглощаемой энергии, в десятки-сотни раз меньше, чем у варисторов).

Особенности защитных приборов:

- Варистор – имеет ограниченный срок службы, из-за того, что поглощаемая энергия рассеивается на границах его кристаллической структуры, нарушая эту структуру при каждом импульсе (деградация). Второй недостаток – значительное внутреннее сопротивление, то есть слишком большое остаточное напряжение при ограничении, если ток в импульсе слишком велик.

- Разрядник – при последовательном соединении с варистором позволяет применить более низковольтные варисторы, уменьшая тем самым остаточное напряжение после срабатывания, на больших токах и все же не допуская утечки до тех пор, пока не пришло перенапряжение. Недостаток – опять же износ при значительных токах, и задержка срабатывания порядка 0.3-0.5 мкс, что может быть опасно для электроники.

- Быстродействующие тиристоры вместо разрядников – защитные тиристоры например, SIDACtor от Littelfuse имеют срабатывание за время 1 нс. Также применяются последовательно с варисторами, что позволяет понизить избранное классификационное напряжение варистора, и получить более низкое остаточное напряжение, возможно даже безопасное для нагрузки, при значительных токах в импульсе перенапряжения. Сами износу не подлежат, но износ варисторов конечно не предотвращают.

Самым главным недостатком большинства существующих на рынке УЗИП можно считать их ограниченный срок службы, а точнее – ограниченное число возможных срабатываний. По окончании срока службы (износа) картриджа в нем обычно пробивается варистор (КЗ), и чтоб не нарушить электроснабжения, специальный тепловой расцепитель вовсе отключает ограничение опасных импульсов (правда, индикатор при этом показывает, что защита теперь отсутствует). При работе в условиях плохой сети, когда имеется длинная линия с высокой индуктивностью и много мощных потребителей, регулярно генерирующих коммутационные импульсы в сеть – это серьезная проблема.

И лишь на втором месте окажется проблема недостаточно низкого напряжения в режиме ограничения импульсов перенапряжения, хоть она не меньше угрожает надежности электроники при работе в плохих электросетях. Вот об этой второй проблеме чуть подробнее, а именно – о комбинации варистора (MOV) с быстродействующим тиристором.

Цитата с ресурса <https://www.compel.ru/lib/89208>

«На **рис.2** представлен отклик рассматриваемой схемы на воздействие импульса 3 кА (8/20 мкс) без подключения к сети переменного напряжения. Как видно из диаграммы, напряжение ограничения составило 425 В, что значительно выше, чем напряжение тиристора P2300MEL в открытом состоянии (менее 30 В). Это достаточно ожидаемый результат, так как итоговое напряжение ограничения складыва-

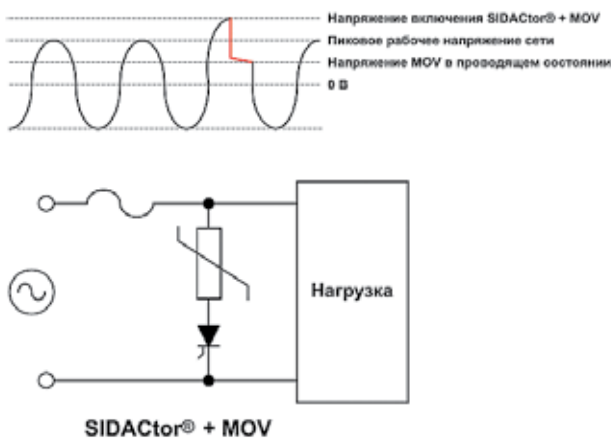


Рис.2

ется из напряжения ограничения варистора и напряжения тиристора в открытом состоянии.

Если бы для защиты использовался только варистор, то напряжение ограничения было бы гораздо выше. Действительно, для сетевого напряжения 240 В пришлось бы выбрать варистор V20E275P, для которого напряжение ограничения превышает 900 В. Очевидно, что не каждое устройство способно сохранить работоспособность даже при кратковременном воздействии такого импульса».

Этот же прием можно применять и с использованием разрядников (раз варистор все равно изнашивается, то, что

тиристора не изнашивается, уже не поможет, то отчего бы и не применить тогда разрядник?). И это позволит снизить напряжение до безопасного при соответствующем выборе варистора с более низким напряжением, за счет резкого снижения напряжения после пробоя разрядника, и малой утечки до достижения напряжения защиты. Но – останется ограниченный срок службы, необходимость наблюдения и обслуживания, замены деградировавших элементов.

Длительные перенапряжения (аварийные)

Для длительных перенапряжений применяют так называемые «реле напряжения», содержащие электронную схему слежения за мгновенным и среднеквадратичным значением напряжения сети и механические контакты, при необходимости отключающие нагрузку на время превышения заданного порога. Учитывая, что при аварии в электросетях превышение напряжения сверх опасного порога может длиться часы и даже в отдельных случаях – сутки, отключение при перенапряжениях абсолютно необходимо для безопасности техники и пожарной безопасности.

Комплексную защиту нагрузок от длительных перенапряжений может обеспечить качественный стабилизатор напряжения, и функции «реле напряжения» по отключению при авариях стабилизатор по умолчанию обеспечивает всегда, даже в режиме «Байпас», когда сама функция стабилизации в нем отключена.

(Продолжение следует)

КОНТРАКТНЕ ВИРОБНИЦТВО

Запрошуємо до вигідного партнерства з новими можливостями!

Повний комплекс послуг від розробки друкованих плат і ручного чи автоматичного монтажу на них компонентів до виготовлення готових виробів



Основні переваги співпраці з нами:

- Невисока вартість виробництва серійних партій
- Виготовлення дослідних і малосерійних виробів
- Короткий термін виготовлення замовлень
- Система менеджменту якості сертифікована відповідно вимог стандарту ISO9001:2009
- Коректування конструкторської та технологічної документації за результатами досліджень
- Комплектація електронних компонентів за доступними цінами
- Гарантія якості виготовленої продукції



sea.org.ua



Компанія СЕА
ІННОВАЦІЇ ТА ПАРТНЕРСТВО

Більше 25 років
надійного
партнерства

Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
тел.: +38 044 291-00-41, факс: +38 044 291-00-42
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua