

Форсированный сброс энергии X-конденсатора импульсных источников питания на базе микросхемы PN8200-SECR1



Михаил Варакин (г. Ишим)

*К современным устройствам – от бытовой техники до электроники и систем кондиционирования воздуха – предъявляются жесткие требования по потреблению в выключенном и ждущем режимах. Одним из способов их выполнения является исключение потерь на разрядных резисторах X-конденсаторов. Китайская компания **Chipown** выпускает специализированную микросхему **PN8200-SECR1**, которая исключает такие потери, сохраняя при этом безопасность эксплуатации устройства. Простота подключения позволяет как применение в новых разработках, так и модернизацию уже выпускаемых проектов.*

Одно из последних требований регламентирующих документов к производителям электроники, которая относится к интернету вещей (IoT), можно кратко охарактеризовать так: новейшие интеллектуальные устройства теперь должны не только «умно» работать, но также оставаться «умными» и тогда, когда находятся в режиме ожидания, и самостоятельно переходить в режим максимально пониженного энергопотребления.

Очевидно, что преобразование мощности от источника переменного тока высокого напряжения к низкому напряжению питания постоянного тока (AC/DC-преобразование) несет в себе потери, присущие этому процессу. Но при этом могут возникать потери, которые не связаны напрямую с преобразованием.

В обычном блоке питания на входе имеется как минимум конденсатор, а иногда и полноценный фильтр. Но наличие такого X-конденсатора автоматически требует соблюдения требований безопасности, которые устанавливают такое определение, как «Опасный энергетический уровень» (*Hazardous Energy Level*), то есть уровень накопленной энергии не менее 20 Дж, например, от одного или более конденсаторов с разностью потенциалов не менее 2 В, и выдвигает требование: при отключении шнура питания в течение двух секунд на обоих концах вилки напряжение должно быть менее 30% от номинального рабочего напряжения.

Таким образом, для выполнения требований безопасности необходимо обеспечить пути разряда конденсатора(ов) входного фильтра. Как правило, ранее

для этого использовалось самое простое и дешевое решение – разрядные резисторы. Они оставались постоянно включенными и являлись нагрузкой по входному напряжению, которая также потребляла энергию (рисунок 1).

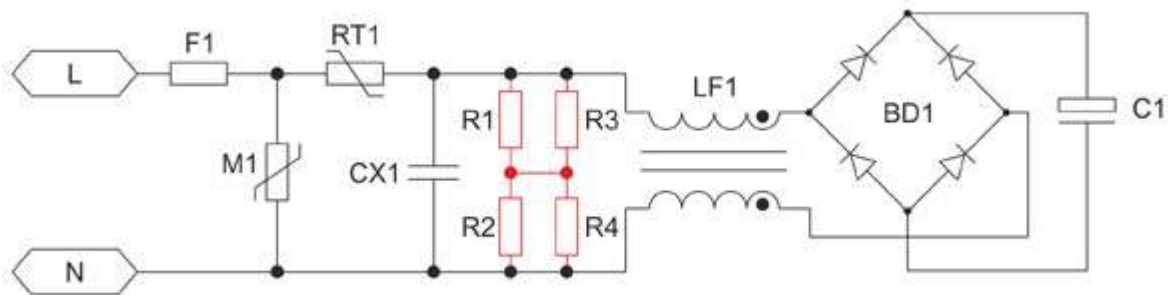


Рис. 1. Типовая схема входа ИИП: резисторы R1, R2, R3, R4 (выделенные красным цветом) являются разрядными

Для примера расчета потерь рассмотрим разрядный резистор 1 МОм. Если устройство питается от сети 230 В AC, то входное напряжение прикладывается к резистору, а потери на нем равны квадрату напряжения, деленному на сопротивление резистора (формула 1):

$$P=U^2/R=0.053\text{Вт}.(1)$$

Это характерно, к примеру, для портативной электроники с потреблением 90 Вт. В блоке питания мощностью 200 Вт, где требуются большие по значению емкости X-конденсаторы и, соответственно, меньшие по значению сопротивления разрядные резисторы, потери могут достигать 0,125 Вт. Если взять время, в течение которого такие устройства остаются подключенными к сети, а также их общее количество у потребителей, то это даст годовые потери (только для одного потребителя) более 6 кВт/ч в год. Сегодня, при наличии миллионов потребителей, это приведет к значительным совокупным потерям энергии. В определенный момент возникла необходимость найти решение, способное снизить данные потери, учитывая, что такие меры должны быть простыми и достаточно бюджетными.

Азиатская компания **Chipown** предложила решение рассматриваемой проблемы, а именно – способ избежать потерь от наличия разрядной цепи по входу. Для этой цели производитель предлагает 8-выводную микросхему [PN8200-SECR1](#), предназначенную для разряда X-конденсаторов (рисунок 2).

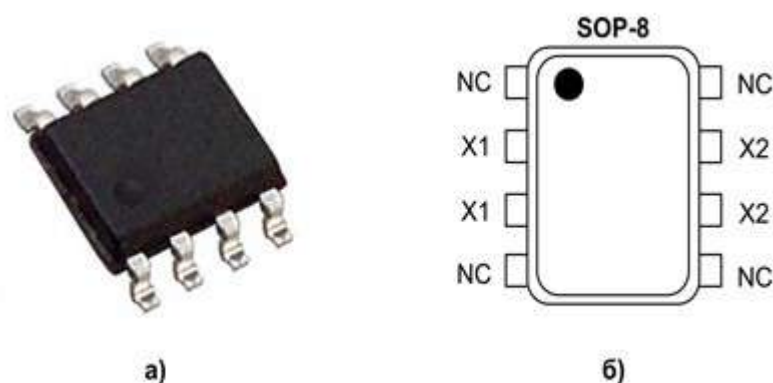


Рис. 2. Внешний вид, корпус и расположение выводов микросхемы PN8200-SECR1

Рассмотрим подробнее схему работы сброса напряжения, представленную на рисунке 3.

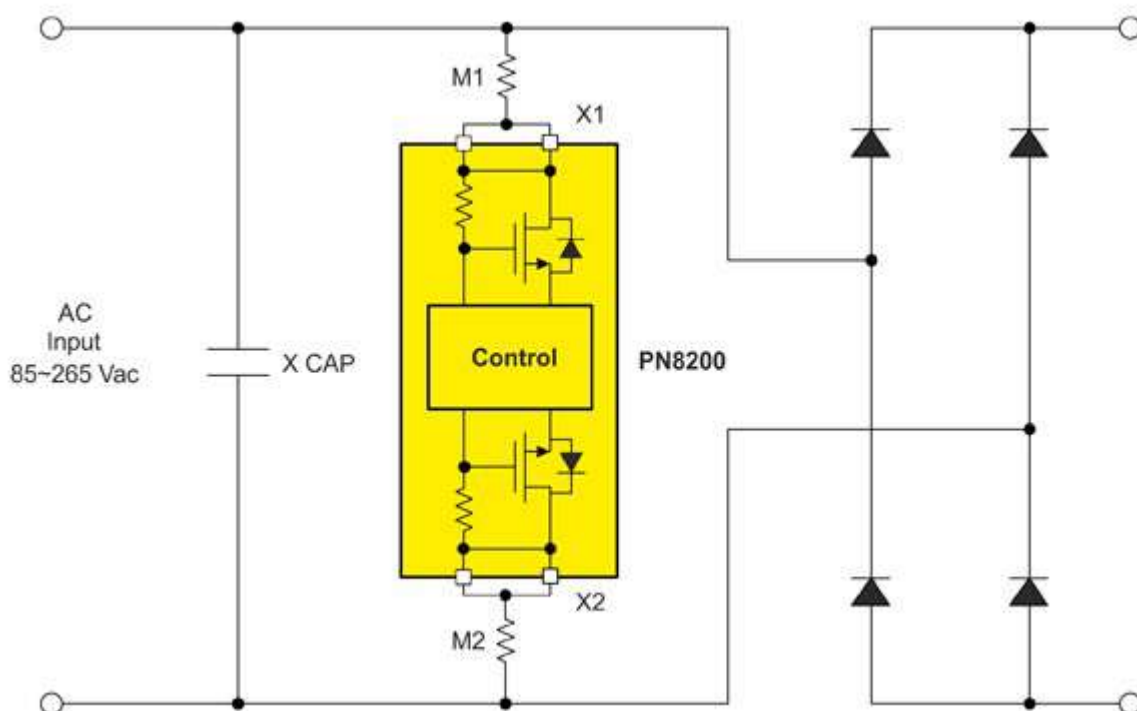


Рис. 3. Схема включения микросхемы PN8200-SECR1 на входе ИИП

В этом решении применен один из стандартных методов устранения потерь во входной цепи – разрыв цепи разрядного резистора и включение его только для целей разряда X-конденсатора. Для этого используется ИС PN8200-SECR1, представляющая собой интеллектуальный электронно-управляемый переключатель, который распознает момент отключения сети. Так как этой микросхеме для подключения требуются всего две цепи, ее применение не вызывает излишней сложности. PN8200-SECR1 не только может использоваться в новых проектируемых изделиях, но и подходит для модернизации старых конструкций и серийно выпускаемых блоков питания с условиями применения X-конденсаторов, параметры которых приведены в таблице 1.

Когда на устройство подается переменное напряжение, микросхема PN8200-SECR1 прерывает ток в разрядной цепи X-конденсатора, и потери мощности во входной цепи уменьшаются. Когда напряжение переменного тока отключается, после анализа, требующего не более 31,4 мс (типичное значение 22 мс), микросхема автоматически разряжает конденсатор путем подключения последовательных разрядных резисторов. Импульс разряда ограничивается током 5 мА, что снижает электромагнитные помехи, которые попадают в сеть, а также, без изменения потребления энергии, обеспечивается высокая гибкость в выборе номинала X-конденсатора.

Весь процесс проектирования с использованием рассматриваемого устройства заключается в выборе для X-конденсатора внешних резисторов, соответствующих этому конденсатору по таким параметрам, как: значение сопротивления для достижения необходимой постоянной времени его разряда, мощность рассеивания и максимальное рабочее напряжение. Рекомендуемые значения

сопротивления резисторов разряда в зависимости от емкости X-конденсатора для данной микросхемы показаны в таблице 1.

Таблица 1. Рекомендуемые значения резисторов разряда в зависимости от емкости X-конденсатора

Значение х-конденсатора, мкФ	Значение резисторов разряда (RD1 + RD2), МОм	Значение х-конденсатора, мкФ	Значение резисторов разряда (RD1 + RD2), кОм
0,1	3,9 + 3,9	1	390 + 390
0,22	2,0 + 2,0	2,2	200 + 200
0,33	1,2 + 1,2	3,3	120 + 120
0,47	0,91 + 0,91	4,7	91 + 91
0,68	0,62 + 0,62	5,6	75 + 75
0,82	0,51 + 0,51	6,8	62 + 62

Из таблицы 1 видно, что суммарное значение резисторов R1 и R2 может быть в диапазоне 7,8 МОм...124 кОм.

Вычисляем максимальное значение мощности рассеивания по формуле 2:

$$P=U \cdot I=230 \cdot 0.005=1.15W,(2)$$

где:

- P – мощность, рассеиваемая на резисторе (Вт);
- U – напряжение на резисторе (В);
- I – ток разряда (А).

Получившуюся мощность делим на 2 (2 резистора включены последовательно), получаем значение мощности рассеивания резистора, составляющее 0,58 Вт.

Вычисляем значение максимального напряжения на резисторе, которое будет равно половине напряжения сети.

Из общедоступной информации выбираем SMD-резисторы типоразмера 2010 (выше — допустимо, ниже — исключено) с параметрами:

- $L = 5,0$ мм, $W = 2,5$ мм, $H = 0,55$ мм, $L_1 = 0,5$ мм (рисунок 4);
- диапазон номинальных значений: 0 Ом, 1 Ом...30 Мом;
- допустимое отклонение от номинальных значений: 1% (F), 5% (J);
- номинальная мощность: 0,75 Вт;
- рабочее напряжение: 200 В;
- максимально допустимое напряжение: 400 В;
- диапазон рабочих температур: $-55...125^{\circ}\text{C}$.

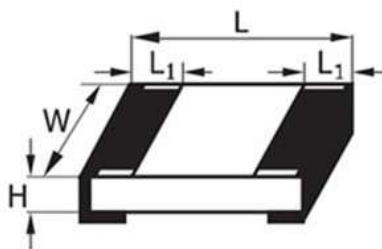


Рис. 4. Обозначения для расшифровки типоразмеров

Также нужно отметить, что если измеренный уровень пикового напряжения превышает 950 В, рекомендуется использовать внешний керамический конденсатор с емкостью до 47 пФ и рабочим напряжением 1 кВ, который должен быть установлен между выводами X1 и X2. Это позволит уменьшить приложенное напряжение во время всплеска, но несколько увеличит потребление энергии за счет токов, протекающих через R1 и R2. Так, при питании от сети 230 В AC частотой 50 Гц конденсатор емкостью 33 пФ добавит приблизительно 0,5 мВт потерь мощности.

Затем переходим к предлагаемому расположению микросхемы на плате (рисунок 5).

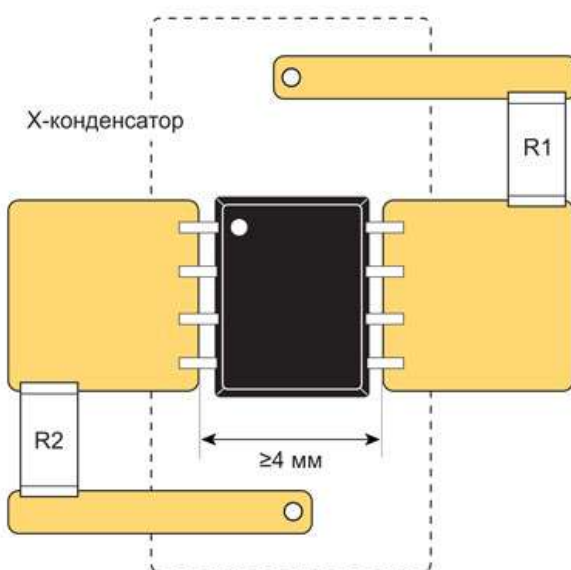


Рис. 5. Предлагаемое расположение микросхемы на плате

Из рисунка 5 видно, что при таком расположении контактов X1 и X2 ширина корпуса SO-8 обеспечивает пути для тока утечки не менее 4 мм (рисунок 4), что отвечает требованиям безопасности. Помимо этого, микросхемы прошли испытания на воздействие скачков напряжения до 6 кВ и разработаны с избыточностью по выводам (таблица 2): имеют по два вывода X1 и X2. Таким образом, даже при обрыве или некачественной пайке одного вывода безопасный разряд для энергии X-конденсатора будет по-прежнему обеспечен вторым.

Таблица 2. Параметры микросхемы

Напряжение на контактах X1 и X2, В AC	0,3...1000
Рабочая температура, °C	-40...150
Диапазон температур хранения, °C	-55...150
Температура пайки, 10 с, °C	260
Метод тестирования защиты от электростатического разряда	HBM
Стандарт тестирования ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2017	±2,5 кВ

Основные особенности, характерные для данной микросхемы:

- высокая степень интеграции, малые габариты;
- встроенный VDMOS-транзистор, обладающий высокой лавинной устойчивостью и способный выдержать перенапряжение до 6 кВ;
- соответствие требованиям безопасности IEC62368-1 с номером сертификата CB: DK86337-UL;
- точное обнаружение нуля в сети для создания точки включения схемы, что приводит к уменьшению помех, отдаваемых в электросеть;
- низкий ток потребления 15 мкА (мощность менее 4 мВт при 230 В AC);
- разрядка X-конденсаторов в пределах 5 мкФ с макс. током разряда в 4 мА;
- простота в изготовлении, 8-выводная симметричная структура.

Далее проанализируем зависимости снижения остаточного напряжения от времени, исходя из материалов официального сайта компании Chipown.

Эксперименты проведены при следующих условиях:

- напряжение на входе: 265 В AC;
- применение X-конденсатора емкостью: 6 мкФ;
- суммарное сопротивление разрядных резисторов: 140 кОм.

При этом время разрядки составляет 945 мс.

Для сравнения микросхем разряда азиатской PN8200-SECR1 и европейской CAPZero-2 рассмотрим таблицу 3 с их характеристиками.

Таблица 3. Параметры азиатской микросхемы разряда PN8200-SECR1 и европейской CAPZero-2

Параметр/Наименование	PN8200-SECR1	CAPZero-2
Время обнаружения отключения АС при частоте сети 47...53 Гц, мс	32	31,4
Ток потребления, мкА	15	21,7
Ток разряда, мА	2,8...5	2,5
Напряжение пробоя при токе утечки 250 мкА, В	1000	1000

Из приведенных характеристик видно, что азиатское решение способно обеспечить несколько больший ток разряда, чем европейское, а также более экономично (потребляет меньший ток). Таким образом, микросхема PN8200-SECR1 является практически полным аналогом CAPZero-2.

Поскольку устройства PN8200-SECR1 соответствуют требованиям CB, NEMKO и сертифицированы по безопасности, при разработке не нужно выполнять отдельную сертификацию цепи разряда X-конденсатора источника питания. Предлагаемая микросхема является подходящим вариантом для устройств, к которым предъявляются требования соответствия жестким нормам по потреблению в выключенном и ждущем режимах, установленным в EuP Lot 6.

Новые микросхемы PN8200-SECR1 найдут применение в оборудовании для кондиционирования воздуха, бытовой технике, электроплитах, пылесосах, телевизорах, настольных и портативных компьютерах, проекторах, рабочих станциях, компьютерных мониторах, принтерах и другой технике, работающей от сети 220 В АС.