

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА



Уважаемые коллеги!

Общественная организация Научно-технический фонд "Энергетическая электроника", созданная в 1996 году, сегодня объединяет усилия многих предприятий, учреждений и специалистов в развитии российской техники преобразования электроэнергии малой мощности.

Энергетические устройства – хоть и вспомогательная, но неотъемлемая часть всех сложных радиоэлектронных систем. Необходимо осознать, что отечественные аэрокосмические, морские и наземные системы, по ряду параметров не имеющие аналогов в мире, создавались благодаря достижениям наших ученых и производителей, в том числе и в области энергетической электроники. Вот почему мы уверены:

если сегодня не остановить разрушение отечественной инфраструктуры энергетической электроники, завтра Россия уже не сможет создавать сложные радиоэлектронные системы современного уровня.

Тех, кто целиком и полностью связывает свои планы с зарубежным опытом в области энергетической электроники, хотелось бы предостеречь от излишней доверчивости к рекламным публикациям западных производителей. Без разумного и рационального подхода к зарубежному опыту вполне реальным становится такое развитие событий, когда российские изготовители устройств энергетической электроники неоправданно отказываются от отечественной элементной базы, выбирают тупиковые направления исследований и дорогостоящие технологии.

Не допустить такого развития событий – сегодня самая важная наша задача. Для ее решения мы обладаем всем необходимым: научными достижениями, производственной базой, поддержкой Минобороны РФ, Департамента радиоэлектроники и приборостроения Минэкономки РФ, АО "Радиокомплекс", а также квалифицированными специалистами, деятельностью которых координируют подсекция Научного Совета РАН и НТФ "Энергетическая электроника". Надеемся, что достижению этой цели будет активно способствовать журнал "Энергетическая электроника", публикуемый на страницах ставшего уже популярным профессионального издания "Электроника: Наука, Технология, Бизнес". Распространение с его помощью знаний и сведений, полезных производителям элементной базы, устройств и систем энергетической электроники, несомненно поможет отечественной промышленности создавать конкурентоспособную продукцию. Сегодня мы рады познакомить читателя с первым выпуском нашего журнала.

Президент НТФ "Энергетическая электроника",
академик АЭН РФ

Ю. КОНЕВ

Наша цель — обеспечить отечественных производителей электронных устройств и систем источниками вторичного электропитания и другими преобразователями электроэнергии, которые трудно делать самим и невыгодно покупать за рубежом.



Научно-технический фонд "Энергетическая электроника":
117437, МОСКВА, Профсоюзная ул., 108, НТФ "ЭНЭЛ".
Тел. (095)330-0638.
Факс (095)441-1241.

Научно-производственный концерн "Александр и Паул":
111250, МОСКВА, Красноказарменный пер., 14А, НПК "АиП".
Тел. (095) 362-6414, 362-6241.
Факс (095)361-4941, 362-5514

Учредителями НТФ "Энергетическая электроника" являются более 50 предприятий и физических лиц, в том числе АО "Радиоконлекс", ЦНИИ 22, ЦНИИ 16, НИИВК, НИИАП, МНИИПА, КРЭМЗ и др.

Отечественная энергетическая электроника: проблемы, тенденции, достижения

Современная энергетическая электроника – это полностью сформировавшееся самостоятельное направление электроники со своей научной базой, методами проектирования, конструирования и производства. Даже простое сравнение дат опубликования статей, патентов, трудов конференций по важнейшим проблемам энергетической электроники говорит о большом вкладе отечественных специалистов в ее становление и развитие. Тем не менее сегодня широко распространено мнение о том, что в России отсутствует собственная элементная база энергетической электроники, а отечественные научные исследования и разработки в этой области значительно отстают от зарубежных. Во многом это мнение основывается на некорректном сопоставлении “скромных” отечественных системных источников вторичного электропитания (ИВЭП) (удельная мощность – 100–200 Вт/дм³) с зарубежными “передовыми” модулями ИВЭП (2000–4000 Вт/дм³). На этом фоне все чаще и все громче звучат обращенные к разработчикам систем призывы широко использовать зарубежную элементную базу даже при создании аппаратуры военного назначения, в то время как иностранные фирмы активно заполняют российский рынок энергетической электроники, не гнушаясь, кстати, заимствовать нашу интеллектуальную собственность в данной области. Такое развитие событий выбивает почву из-под ног российских разработчиков и производителей, фактически обрекая их на бездействие, что в недалеком будущем может привести к полному разрушению отечественной инфраструктуры энергетической электроники.

На наш взгляд, пришло время серьезно разбираться с положением дел в российской энергетической электронике и развеять некоторые мифы, мешающие ей нормально развиваться. В связи с этим мы предполагаем опубликовать серию статей, посвященных проблемам и тенденциям развития отечественной энергетической электроники, а также анализу российских достижений в этой области в сравнении с зарубежными. Сегодня мы попытаемся провести подобный анализ в наиболее близкой нам области энергетической электроники – транзисторных преобразователях электрической энергии, исходя прежде всего из такого актуального для России критерия, как ресурсосбережение.

Как известно, транзисторные устройства любых уровней мощности являются основными и наиболее эффективными средствами преобразования электрической энергии, ее регулирования и коммута-

ции, а также защиты электрических цепей. Поскольку ИВЭП используются только в системах, по сочетанию массы, объема, тепловых потерь и стоимости их доля в системе должна быть оптимальной. При всем разнообразии современных ИВЭП, отличающихся по схемам, конструкциям и протекающим процессам, существует два основных вида исполнения таких устройств: специализированные ИВЭП, создаваемые как компоненты систем с максимальным учетом конкретных системных требований, а также универсальные модули и блоки для различных систем, которые изготавливаются специализированными фирмами и поступают на рынок как готовые изделия.

По мере роста масштабов производства ИВЭП и усиления конкуренции различия в направлениях развития этих устройств за рубежом стали увеличиваться. ИВЭП, создаваемые как товарная продукция, должны быть конкурентоспособны, и потому в них производится пусть незначительное, но непрерывное улучшение тех параметров, которые ценятся покупателем. ИВЭП, создаваемые как компоненты систем, на рынок не поступают, и их параметры известны только разработчикам конкретных систем. В этом случае товаром являются системы, конкурентоспособность которых обеспечивается всеми компонентами. Поскольку срок службы сложных систем достаточно велик, изменениям они подвергаются редко.

Производители универсальных модулей ИВЭП заинтересованы в максимальном расширении их производства и объема продаж. Вот почему практически вся зарубежная информация о состоянии ИВЭП отображает только уровень товарной продукции. Отсюда и далекое от объективности понимание прогресса в этой области. В частности, высоко оценивается только снижение конструктивного объема модулей и блоков (благодаря использованию достижений в элементной базе, схемотехнике, методах расчета электрических процессов, технологии) при очень малом (на протяжении многих лет) повышении их КПД. Кроме того, рыночное определение удельной мощности модуля не учитывает объем радиатора, что приводит к завышению ее истинного значения в несколько раз.

Производители специализированных ИВЭП заинтересованы в минимизации затрат и количества этих изделий в системе. Такие ИВЭП не рекламируют и не продают, но именно они, а не рыночная продукция, в значительной степени определяют тактико-технические характеристики зарубежных систем вооружения и военной техники (ВВТ), а потому

представляют наибольший интерес. Следует подчеркнуть, что в США не менее 75% ИВЭП для ВВТ создаются под конкретные системы.

В отличие от зарубежных отечественные производители устройств энергетической электроники никогда не выходили на рынок ИВЭП. Многочисленные отечественные предприятия, выпускающие аппаратуру (системы), до последнего времени сами создавали эти устройства или получали их по устойчивой кооперации под конкретные системы. Техничко-экономический уровень отечественных ИВЭП, естественно, не одинаков. Используя критерии, с помощью которых за рубежом оценивают "рыночные" изделия, наверное, можно сказать, что уровень российских ИВЭП в целом не соответствует уровню "лучших мировых достижений". Но тогда как объяснить тот факт, что многие сложные отечественные изделия и системы ВВТ по своим параметрам превосходят зарубежные? Объясняется это просто: лучшие "рыночные" ИВЭП далеко не всегда удовлетворяют требованиям систем, особенно военного назначения. Отсюда следует важный вывод: **прогресс в области ИВЭП необходимо оценивать с точки зрения их пригодности для конкретных систем.**

Чтобы более детально показать различия между товарной (рыночной) и системной оценками параметров ИВЭП, рассмотрим несколько расчетных примеров.

Пример 1. Возьмем простейшую систему, состоящую из потребителя энергии в виде микросхем и современного низкопрофильного ИВЭП. Они размещены на одной печатной плате и находятся в одинаковых условиях теплообмена с окружающей средой (рис.1).

Предположим, что в этой системе вся потребляемая ею электрическая мощность P превращается в тепловую: как мощность в нагрузке (потребителе) $P_H = \eta P$, так и мощность в ИВЭП $P_{II} = (1 - \eta)P$ (где η – КПД преобразователя). Пропорционально значениям этих мощностей должна быть распределена общая теплоотводящая площадь, которая при площади платы S и двухстороннем теплоотводе равна $2S$. При заданном коэффициенте теплоотдачи K_T и перепаде температур ΔT определяем площадь, необходимую для отвода в окружающую среду единицы мощности, как $S_{TO} = 1/K_T \Delta T$. Пренебрегая теплоотводом от боковых сторон низкопрофильного корпуса ИВЭП высотой h , получим следующие соотношения:

системный объем ИВЭП $V_{II} = hS(1 - \eta)$,

мощность в нагрузке $P_H = 2S\eta/S_{TO}$,
удельная мощность ИВЭП $P_H/V_{II} = 2\eta/hS_{TO}(1 - \eta)$.

Системная площадь, отводимая под корпус ИВЭП на одной

стороне платы, определяется условиями теплоотвода и равна $S(1 - \eta)$.

При типовых значениях $\eta = 0,8$; $h = 1,25$ см и $S_{TO} = 25$ см²/Вт получим $P_H/V_{II} = 256$ Вт/дм³.

Можно как угодно уменьшать физический объем корпуса ИВЭП, но при неизменном КПД площадь, необходимая для теплоотвода, остается неизменной. Более того, по мере уменьшения площади корпуса ИВЭП будут увеличиваться тепловые сопротивления корпус-радиатор и радиатор-окружающая среда из-за локального выделения тепла, и исходное значение $S(1 - \eta)$ возрастет.

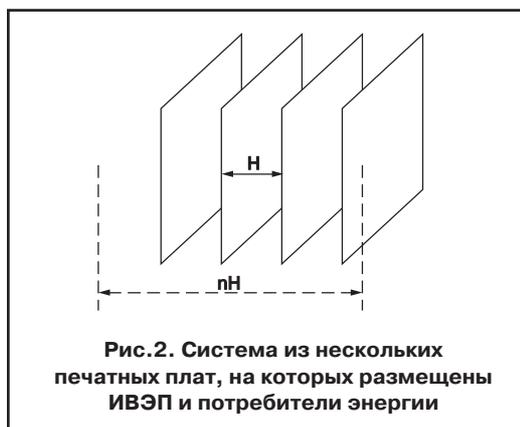
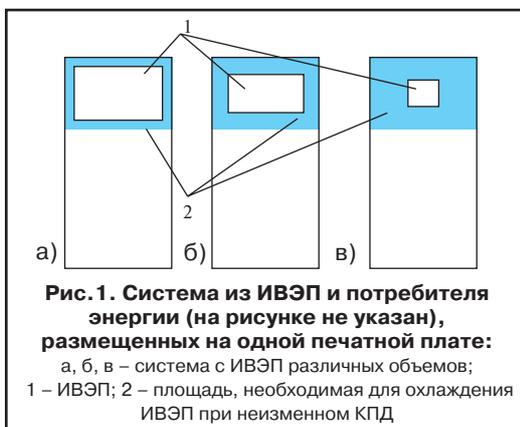
Пример 2. Теперь рассмотрим систему, состоящую из нескольких печатных узлов, расположенных с шагом H (рис.2).

Из общей площади плат nS площадь $nS\eta$ может быть занята нагрузкой (микросхемами), площадь $nS(1 - \eta)$ должна быть занята только ИВЭП. Из общего объема системы HnS объем, равный $HnS(1 - \eta)$, необходим для размещения ИВЭП и обеспечения циркуляции воздуха. Мощность, потребляемая системой, определяется как $2nS/S_{TO}$. Мощность, отдаваемая ИВЭП в нагрузку, равна $P_H = 2nS\eta/S_{TO}$, а удельная системная мощность ИВЭП составляет $P_H/V_{II} = 2\eta/H S_{TO}(1 - \eta)$.

При типовых значениях $S_{TO} = 25$ см²/Вт, $H = 2$ см, $\eta = 0,8$ получим $P_H/V_{II} = 160$ Вт/дм³. В данном примере объем ИВЭП в системе равен сумме объемов корпуса и прилегающего слоя воздуха, необходимого для отвода тепла. Можно как угодно уменьшать объем корпуса ИВЭП, приписывать ему любые рыночные значения удельной мощности, но в системе при неизменных H и КПД почти ничего не изменится.

Пример 3. Многие американские фирмы выпускают конверторные модули, удельная мощность которых составляет 1500–2000 Вт/дм³ при КПД 0,78–0,85. Отношение площади поверхности корпуса к мощности потерь у этих модулей не превышает 5–7 см²/Вт, что в три-пять раз меньше необходимой при естественной конвекции. Среди аналогичных по назначению изделий европейских фирм имеются модули с выходным напряжением 3В, удельной мощностью 430 Вт/дм³ и КПД 78% при отношении площади поверхности корпуса к мощности потерь 21–25 см²/Вт, т.е. не требующие дополнительной теплоотводящей поверхности. Очевидно, что оба типа модулей в системе займут объем, зависящий только от КПД. Их системная удельная мощность будет примерно одинаковой – 150–200 Вт/дм³.

Приведенные примеры (а их перечень можно продолжить) свидетельствуют о том, что различия между рыночной оцен-



кой параметров ИВЭП и их системными свойствами порой очень велики. Вот почему нельзя непосредственно переносить параметры универсальных преобразователей, рекламируемых в качестве товарной продукции, в разрабатываемые для систем энергетические устройства.

При создании ИВЭП в виде компонентов конкретных систем можно избежать многократного преобразования энергии (что типично при использовании модулей) и выбрать оптимальный номинал питающего напряжения, если разработчики систем и ИВЭП будут работать совместно. В этом случае отпадает и ряд проблем, связанных с большими затратами при разработке систем на рыночных ИВЭП.

Единственно правильный критерий оценки уровня ИВЭП – это повышение конкурентоспособности соответствующих систем.

Рассмотрим ряд факторов, которые обязательно надо учитывать, работая над проблемой повышения экономической эффективности новых ИВЭП.

Фактор 1. По мере развития энергетической электроники изменяется значимость количественных показателей, характеризующих ИВЭП. На первых этапах, когда использование новой элементной базы и средств комплексной миниатюризации позволяли повышать КПД от 0,5 до 0,8–0,9, а удельную мощность – от десятков до сотен Вт/дм³, большие затраты оправдывались высокими достижениями. В дальнейшем увеличение затрат обеспечивало улучшение параметров ИВЭП, которое становилось все менее значимым для систем. Совершенно очевидно, что сколь угодно высокие затраты на повышение КПД сверх 90% не дадут сокращения объема системы более чем на 11%, а сверх 95% – более чем на 5,3%. Таким образом, сегодня необходимо строго сопоставлять затраты на улучшение параметров ИВЭП с повышением качества систем.

Фактор 2. Очевидно, что и в дальнейшем ИВЭП будут развиваться по двум направлениям: как законченные товарные изделия и как системные компоненты. Совершенно ясно также, что основной поток информации и рекламы будет касаться создания

собственно ИВЭП как товарной продукции. В связи с этим при изучении мировых достижений следует больше внимания уделять тем ИВЭП, которые являются компонентами аппаратуры, имеющей высокие потребительские качества. В таких разработках можно ожидать оптимального сочетания параметров ИВЭП и системных требований.

Заимствовать лучшее, естественно, необходимо, но так, чтобы конкурентоспособность отечественной продукции повышалась.

Этим выводом позвольте закончить первую статью из намеченной серии публикаций. В дальнейшем мы обязательно проанализируем состояние отечественной элементной базы, покажем технический уровень созданных на ее основе ИВЭП, рассмотрим критерии оценки этих изделий, поговорим о проблемах выбора наиболее эффективных структур и схемных решений, обсудим системные вопросы построения источников электропитания аппаратуры. Думаем, читателям будут интересны данные отечественного коммерческого и военного маркетинга в области ИВЭП, а также информация о достижениях отечественных производителей материалов, элементной базы ИВЭП и серийных изделий.

Литература

Емуранов В.Г., Колосов В.А., Конев Ю.И., Мухтарулин В.С., Шимко В.И. Проблемы отечественной энергетической электроники. – Радиопромышленность, 1996, №1.

Конев Ю.И. Проблемы ресурсосбережения в энергетической электронике. – Радиопромышленность, 1996, №1.

Алешин И.Е., Булатов О.Г., Гончаров А.Ю., Гулякович Г.Н. и др. Источники вторичного электропитания на российском рынке. – Электропитание. Экспресс-информация, 1994, №4(10).

Гончаров А.Ю. Об отечественной элементной базе ИВЭП. – Электроника и компоненты, 1997, №4.

Обсуждаются проблемы разработки и производства источников вторичного электропитания

Технико-экономические проблемы отечественной энергетической электроники были рассмотрены на состоявшемся 14 ноября 1997 г. совместном заседании подсекии “Научные проблемы источников вторичного электропитания” Научного совета по электрофизике и электроэнергетике РАН и НТФ “Энергетическая электроника”. На заседании присутствовали президент Академии электротехнических наук РФ В.Г. Герасимов, ученый секретарь научного совета П.А. Бутырин, а также более 60 ученых, инженеров, руководителей предприятий и организаций. С докладами выступили Ю.И. Конев, В.М. Исаев, А.Ю. Гончаров, Г.Ф. Рождественский, И.Л. Козловский, Г.М. Веденеев, В.А. Колосов. На заседании отмечалось, что за последние несколько лет в развитии отечественной техники преобразования электроэнергии малой мощности произошли положительные сдвиги. В частности, налажено серийное производство источников вторичного электропитания на Кимовском РЭМЗ, разработана элементная база ИВЭП, издано руководство по их конструированию и т.д. Ряд докладов были посвящены наиболее экономичным путям создания конкурентоспособной продукции энергетической электроники. В обсуждении докладов приняли участие В.И. Хандогин, Г.П. Затилян, П.Н. Заика, А.И. Агафонов.

Кимовский радиоэлектромеханический завод освоил серийное производство сетевых ИВЭП

На Кимовском радиоэлектромеханическом заводе (КРЭМЗ) совместно с фирмой “Александр Электрик” начато производство нового поколения сетевых малогабаритных источников вторичного электропитания серий “АСТРА” и “ПИОН” промышленного назначения, рассчитанных на входное напряжение ~220 В, 50 и 400 Гц.

Схемотехническое решение серий построено на однотактном преобразователе с прямым включением выпрямительного диода и режимом ШИМ. Схема использует резонансное переключение. Частота преобразования равна 70 кГц. В ИВЭП применяется отечественная элементная база нового поколения: силовые ключи выполнены на МОП-транзисторах типа КП707А1, выходные выпрямители – на быстродействующих диодах Шотки типа КД270–273АС-ДС и КД636–637АС-ГС.

Серия источников “АСТРА” представляет собой модули без защитного кожуха, которые встраиваются в аппаратуру. Рассеиваемое в модуле тепло отводится на нижнее основание перфорированного алюминиевого корпуса, где запрессованы резьбовые втулки для крепления к теплоотводу аппаратуры. Вход и выход модулей размещены на миниатюрных клеммных колодках.

Сетевые ИВЭП производятся также в виде блоков (серия “ПИОН”), которые содержат сетевой шнур, выходные клеммы, элемент индикации, колодку предохранителя, клавишный переключатель. В таком исполнении источник имеет собственный конвекционный радиатор и

четыре опорные точки (ножки) для установки на горизонтальную плоскость.

Базовые показатели сетевых модулей и блоков ИВЭП приведены в таблице.

Дополнительные технические характеристики ИВЭП серий “АСТРА” и “ПИОН”: суммарная нестабильность выходного напряжения – не более 3% для основного выхода и 7% для дополнительного выхода у многоканальных модулей; время установления выходного напряжения после включения – не более 3 с; гальваническая развязка между входом и выходом и между входом и корпусом – 2500 В, для многоканальных модулей между выходами и между выходом и корпусом – 500 В; средняя наработка на отказ – 25000 ч при температуре корпуса до 50°C и 6250 ч при температуре до 70°C. ИВЭП содержат помехоподавляющие фильтры второго порядка как по входу, так и по выходу. Модули и блоки имеют защиту от коротких замыканий в цепи нагрузки с последующим автоматическим восстановлением. Одноканальные модули МАА могут соединяться по выходу параллельно (до четырех модулей). В большинстве случаев одноканальные модули и блоки могут работать в буферном режиме совместно с аккумуляторными батареями, выполняя функции зарядного устройства.

Завод поставляет ИВЭП с приемкой “1”, в ближайшее время будет начато освоение аналогичных ИВЭП с приемкой “5”. По специальным заказам завод поставляет также модули и блоки сетевых ИВЭП с другими параметрами входных и выходных напряжений, температурного диапазона, набора выходов и т.д.

Обозначение ИВЭП	Выходная мощность Вт,	Входное напряжение		Номиналы выходных напряжений, В	Размеры корпуса, мм	Температура корпуса, °С	Число выходных каналов
		Номинал, В	Диапазон, В				
МАА-50-XXL	50	~220 (50, 400Гц)	187-242	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	-10...+70	1,2,3
МАА-100-XXL	100	То же	То же	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	-10...+70	1,2,3
МАА-100-XXX	100	-«-	-«-	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	0...+60	1,2,3
МАА-150-XXL	150	-«-	-«-	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	-10...+70	1,2,3
МАА-150-XXX	150	-«-	-«-	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	0...+60	1,2,3
МАА-200-XXL	200	-«-	-«-	5;9;12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	-10...+70	1,2,3
МАА-200-XXX	200	-«-	-«-	12;15;24;27;36;48;60	133x94x37	0...+60	1,2,3
ВАР-120-XL	120	-«-	-«-	5;9;12;13.8;15;24;27;36;48;60	222x205x50	-10...+70	1
ВАР-120-ХК	120	-«-	-«-	5;9;12;13.8;15;24;27;36;48;60	222x205x50	0...+60	1
ВАР-240-ХК	240	-«-	-«-	12;13.8;15;24;27;36;48;60	222x205x50	0...+60	1

Примечание. Сетевые ИВЭП обозначаются кодом, начинающимся с латинских букв МАА или ВАР, что означает модули или блоки класса АС/DC соответственно в корпусе “АСТРА” или “ПИОН”. Далее следует число, равное максимальной выходной мощности, и цифра, соответствующая числу выходов. Последующие цифры и буквы указывают на выходное напряжение и максимальный ток нагрузки, а заключительная буква – на рабочую температуру корпуса: **L** – от -10 до +70°C и **K** – от 0 до +60°C. Там, где возможны варианты значений, в таблице стоит условный знак X.

НТФ “Энергетическая электроника” разрабатывает устройства защиты электронной аппаратуры от нестабильности сети электроснабжения

Сбои или даже выход из строя современной сложной и дорогостоящей электронной аппаратуры (бытовой, промышленной, военной) из-за нестабильности сети электроснабжения представляют серьезную проблему для широкого круга разработчиков и пользователей аппаратуры.

Провалы и выбросы напряжения питающей сети в значительных пределах (до 50% и выше) в течение секунд и минут требуют применения устройств бесперебойного питания (УБП). Аналогичные медленные изменения напряжения сети в диапазоне около $\pm 30\%$ ликвидируются менее сложными устройствами – сетевыми стабилизаторами напряжения (СН). Импульсные помехи в сети, затухающие высокочастотные колебания, достигающие 1 кВ и более, традиционно снижаются высокочастотными сетевыми фильтрами (ВСФ), встраиваемыми в устройства подавления помех (УПП) и адаптеры. Перспективными приборами для ограничения амплитуды помех являются полупроводниковые ограничители напряжения (ПОН), позволяющие снизить до приемлемого уровня импульсы мощностью от единиц до десятков киловатт.

Перечисленные изделия производит целый ряд зарубежных фирм. В частности, известная американская фирма TRIPP LITE организовала их выпуск еще в 1981 году. НТФ “Энергетическая электроника” считает разработку, производство и внедрение в практику подобных устройств защиты электронной аппаратуры от нестабильности сети электроснабжения одной из своих главных задач. Сегодня нами уже разработаны оригинальные УБП, СН, ВСФ, УПП, ПОН, стоимость которых существенно ниже, чем изделий фирмы TRIPP LITE. Все приборы спроектированы на отечественной элементной базе. По ряду параметров они не уступают зарубежным аналогам, а некоторые, например полупроводниковые ограничители напряжения, даже превосходят их по надежности и функциональной полноте.

НТФ “ЭНЭЛ” готов к поставкам единичных экземпляров таких изделий, а также к организации их серийного производства.

*Адрес для переписки: 119517 Москва, а/я 5.
Тел. 330-0636, факс 330-5630,
e-mail ENEL@GLASNET.RU*

А.Рыбак, В.Туткин

Концерн “АиП” производит конверторные модули класса DC/DC для бортовых ИВЭП и систем распределенного электропитания

Преобразователи напряжения класса DC/DC позволяют формировать стабильное выходное напряжение постоянного тока с гальванической развязкой и защитой от перегрузки при значительных изменениях входного напряжения, тока нагрузки, температуры, времени, влажности, механических воздействий и т.д. Несмотря на то, что специализированные ИВЭП всегда будут оптимальны для конкретной радиоэлектронной системы по энергетическим характеристикам и материалоемкости, серийные унифицированные конверторные модули играют заметную роль в современной электронной аппаратуре благодаря значительной экономии средств при разработке системы, высокой надежности и качеству, а также малым габаритам.

Многие зарубежные фирмы, в том числе Lambda, Computer Products, Vicor, Ericsson, AT&T, InterPoint, выпускают малогабаритные модули класса DC/DC с выходной мощностью 5–200Вт, применение которых заметно улучшает многие показатели аппаратуры благодаря разумной децентрализации системы электропитания, гальванической развязке, использованию резервирования, обеспечению электромагнитной совместимости.

До недавнего времени в России отсутствовало серийное производство малогабаритных модулей класса DC/DC, аналогичных зарубежным, поскольку требования систем в достаточной мере удовлетворялись специализированными ИВЭП. Учитывая изменения, произошедшие на российском рынке, НПК “АиП” освоил производство малогабаритных конверторных модулей серии “МИРАЖ” двойного назначения. Их мощность составляет 5–60Вт, но уже внедряются в производство модули мощностью 100 и 120Вт. Впервые издан каталог отечественной серийной продукции 1997–1998 годов “Модули и блоки вторичного электропитания военного и промышленного назначения”.

При разработке модулей были проанализированы топологические структуры стабильно функционирующих отечественных и зарубежных ИВЭП, выбраны наиболее простые и технологичные решения классических схем однотактных преобразователей с прямым и обратным включением выпрямительных диодов. Преобразователи работают в режиме “адаптивная ШИМ-ЧИМ” с резонансным переключением. Частота преобразования находится в пределах 70–100 кГц.

Обозначение модуля	Выходная мощность, Вт	Варианты входного напряжения		Варианты номиналов выходных напряжений, В	Размеры корпуса, мм	Температура корпуса, °С	Число выходн. каналов
		Номинал, В	Диапазон, В				
MDM-5-ХВХМ1	5	=27	17–36	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	47,5x32,5x12,7(10)	-60...+85	1 2
MDM-5-ХВ(D)-ХН1	5	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	47,5x32,5x12,7(10)	-50...+85	1 2
MDM-7,5-ХВ(D)-ХЛ1	7,5	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	47,5x32,5x12,7(10)	-10...+70	1 2
MDM-10-ХВХ-М1	10	=27	17–36	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	57,5x40x12,7(10)	-60...+85	1 2
MDM-10-ХВ(D)Х-Н1	10	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	57,5x40x12,7(10)	-50...+85	1 2
MDM-15-ХВ(D)-ХЛ1	15	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 21; 24; 27; 68	57,5x40x12,7(10)	-10...+70	1 2
MDM-25-1ВХМ1	25	=27	17–36	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	72,5x52,5x12,7(10)	-60...+85	1
MDM-25-1В(D)-ХН1	25	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	72,5x52,5x12,7(10)	-50...+85	1
MDM-30-1В(D)-ХЛ1	30	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	72,5x52,5x12,7(10)	-10...+70	1
MDM-50-1ВХМ1	50	=27	17–36	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	92,5x65x12,7(10)	-60...+85	1
MDM-50-1В(D)-ХН1	50	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	92,5x65x12,7(10)	-50...+85	1
MDM-60-1В(D)-ХЛ1	60	=27 =60	18–36 36–72	5; 6; 9; 10; 12; 15; 24; 27	92,5x65x12,7(10)	-10...+70	1

Примечание: Модули серии “МИРАЖ” обозначаются кодом, начинающимся с латинских букв MDM, что означает модули класса DC/DC в корпусах серии “МИРАЖ”. Затем следует число, равное максимальной выходной мощности модуля, и цифра, соответствующая числу выходов модуля. Последующая буква указывает на номинальное входное напряжение: В – 27В; D – 60В. Далее цифровым кодом обозначено выходное напряжение: 1 – 5В; 2 – 6В; 3 – 9В; 4 – 12В; 5 – 15В; 6 – 24В; 7 – 27В; 12 – 5В; 13 – 9В; 14 – 12В; 15 – 15В; 16 – 24В; 17 – 6В; 30 – 10В; 90 – 68В; 160 – 21В. Последующая буква указывает на рабочую температуру корпуса модуля: Н – от –50 до +70°С, М – от –60 до +70°С, L – от –10 до +70°С. Заключительная цифра 1 показывает, что модуль имеет командный вход управления включением и выключением. Там, где в таблице стоит условный знак X, возможны различные варианты значений

Оптимизация конструктивных показателей модулей производилась по критерию удельной теплоотдающей площади модуля для конкретных условий применения в предполагаемой системе. Этот критерий учитывает как КПД модуля, так и условия теплообмена, что очень важно при использовании модуля в аппаратуре. Все модули выполнены в основном на отечественной элементной базе. По требованию заказчика они могут быть смонтированы без каких-либо конструктивных изменений на элементах зарубежного производства.

Модули НПК “АиП” разработаны и будут модифицироваться в единой системе унифицированных базовых несущих конструкций, принятой НТФ “Энергетическая электроника”. Это гарантирует, что потребитель не понесет дополнительные затраты при внедрении в аппаратуру новых, более эффективных модулей. В процессе разработки был учтен опыт специалистов НТФ “Энергетическая электроника”, ТОО “Александр Электрик”, МНТП “Пауэл”, ТОО “Силовая электроника”, кафедры микроэлектронных электросистем МАИ, МНИИ приборной автоматики, кафедры промышленной электроники МЭИ, КРЭМЗ, ЗАО “Новатор”(г. Истра Московской области), АООТ “Завод СПУ”(г. С.-Петербург).

Базовые показатели модулей серии “МИРАЖ” приведены в таблице.

Дополнительные технические характеристики модулей типа MDM: суммарная нестабильность выходного напряжения составляет 3% для положительного напряжения и 7% для отрицательного с двухканальным выходом; КПД равно 80% для выхода с напряжением 5 В и не менее 82% для остальных выходов; время установления выходного напряжения – не более 0,1с; гальваническая развязка между входом и выходом, между входом и корпусом и между выходом и корпусом – 500 В; средняя наработка на отказ – 100000ч при температуре корпуса до 70°С и 25000 ч при 85°С. Модули содержат помехоподавляющие фильтры второго порядка как по входу, так и по выходу. Модули могут соединяться параллельно по выходу (до четырех модулей).

НПК “АиП” поставяет модули с приемкой “1” и “5”. Планируется проведение ряда ОКР с участием заинтересованных предприятий, предполагается разработать модули с рабочей температурой до 100°С; с высокой радиационной стойкостью; работающие при изменении входного напряжения от 8 до 80 В и от 18 до 180 В.

Литература

Гончаров А.Ю. Российское производство конверторных модулей DC/DC вторичного электропитания. – Электроника и компоненты, 1997, вып.3.

Каталог продукции НПК “АиП” “Модули и блоки вторичного электропитания военного и промышленного назначения”, 1997

