

# Блоки электропитания AC/DC повышенной мощности с конвекционным охлаждением

Виктор Жданкин (Москва)

В тяжёлых условиях эксплуатации (при размещении РЭА в герметичных оболочках), когда температура среды достигает 60...70°C, приходится понижать номинальную выходную мощность стандартных AC/DC-источников питания для обеспечения их нормального теплового режима. В статье представлены AC/DC ИВЭП повышенной мощности (165...400 Вт) с отводом тепла через массивную плату-основание, которая, в свою очередь, присоединяется к внешнему теплоотводу, установленному снаружи корпуса. Это позволяет эксплуатировать ИВЭП при температуре до 70°C при отсутствии воздушного потока без необходимости понижения выходной мощности.

Надёжность средств связи во многом зависит от надёжности источников электропитания. Наиболее экономически эффективный подход к проектированию системы электропитания связного оборудования – применение специально разработанных для этого источников питания. Лучше всего для аппаратуры связи подходят источники питания, в которых отвод тепла от нагретых узлов и деталей осуществляется через массивные платы-основания к теплоотводам, установленным за пределами корпуса. Такие источники должны не только обеспечивать в нагрузке мощность постоянного уровня, но и устойчиво функционировать в широком диапазоне температур от –30 до 40°C.

При проектировании источников электропитания для аппаратуры связи разработчик должен принимать во внимание и другие внешние

факторы, а также учитывать конструкционные особенности аппаратуры, в составе которой используется источник. Например, источники питания должны обеспечивать номинальное выходное напряжение и ток при широком диапазоне изменения сетевого напряжения, а также защищать систему от выбросов и провалов напряжения в сети. Кроме того, радиоэлектронная аппаратура внешнего или удалённого расположения зачастую герметизирована для защиты от посторонних предметов или воды, а также от несанкционированного доступа, что затрудняет отвод выделяемого тепла и обеспечение нормального теплового режима.

Наиболее распространённым решением в этом случае является применение стандартного источника электропитания с изменённой механической конструкцией для обеспечения отвода тепла из герметичной

системы, а наиболее рациональным – выбор или разработка источника электропитания, специально предназначенного для работы в герметичных корпусах.

## ФАКТОРЫ, УЧИТЫВАЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ

Существует три основных фактора, которые необходимо учитывать при проектировании системы: обеспечение теплового режима, защита изделия от попадания внутрь посторонних тел и воды, защита электронной аппаратуры от динамических изменений напряжения сети электропитания.

### Обеспечение теплового режима

Кроме предельных температур окружающей среды, которые при внешней установке оборудования зависят от климатических условий места размещения, следует учитывать повышение температуры на 15...20°C внутри корпуса источника питания по сравнению с внешней температурой. Расположение источника электропитания внутри корпуса может минимизировать влияние внешней температуры, что существенно повышает надёжность системы. Обычно среднее время наработки на отказ (MTBF) уменьшается вдвое с увеличением температуры на каждые 10°C относительно той температуры, для которой приведено MTBF. Источники электропитания связной аппаратуры должны функционировать в диапазоне температур –40...65°C.

Стандартные источники электропитания рассеивают тепло через небольшие «ажурные» теплоотводы (радиаторы), установленные на печатной плате или шасси. Такая конструкция показана на рисунке 1.

Большая часть выделяемого тепла рассеивается корпусом, в который установлен источник электропита-

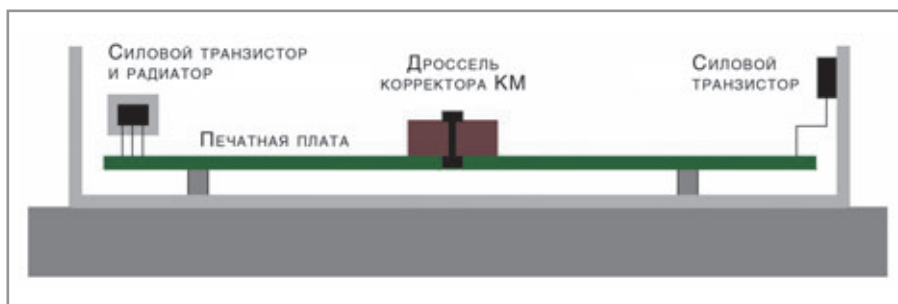


Рис. 1. Типовая конструкция источника электропитания с выделяющими тепло компонентами, установленными на локальные теплоотводы



Рис. 2. Компоненты источника питания, выделяющие наибольшее количество тепла

ния. Такие источники электропитания обычно требуют уменьшения нагрузки при температурах выше 50°C и уже при температуре 70°C обеспечивают только половину номинальной выходной мощности.

Удачная конструкция источника электропитания с герметичным корпусом предполагает создание контура с низким тепловым сопротивлением, через который осуществлялся бы перенос тепловой энергии.

К компонентам, которые выделяют наибольшее количество тепловой энергии, относятся мощный MOSFET-ключ, использующийся в схеме активной коррекции коэффициента мощности (ККМ), дроссель схемы ККМ, интегральные микросхемы выпрямителя, DC/DC-преобразователи. На рисунке 2 показаны элементы AC/DC-источника питания, в которых подводимая электрическая энергия преобразуется в тепло. Это тепло может быть отведено от компонентов путём их установки непосредственно на массивную плату-основание, которая, в свою очередь, может быть прикреплена к внешней теплоотводу.

### Защита от проникновения загрязнений

Корпуса, защищённые от проникновения посторонних твёрдых тел и воды, обычно имеют степени защиты IP65 или IP66 (ГОСТ 14254-80 «Изделия электротехнические. Оболочки. Степени защиты. Обозначения. Методы испытаний»). Но тогда как отводить тепло от узлов и деталей источника электропитания в условиях незначительного потока воздуха?

С точки зрения системы вторичного электропитания наиболее эффективным решением является отвод тепловой энергии посредством применения внешних теплоотводов, устанавливаемых снаружи оболочки. Однако большинство

стандартных источников электропитания не могут обеспечить достаточно полную передачу тепла между компонентами, рассеивающими тепло внутри блока, и внешней средой.

### Качество электропитания

Источник питания должен обеспечивать электрическую энергию требуемого вида и качества при отклонении напряжения питающей сети в пределах 90...264 В при заданных пределах изменения тока нагрузки. В европейских странах и США электросети характеризуются высоким качеством, но во многих развивающихся странах напряжение в сети пониженное, форма «волн» переменного напряжения имеет плоские вершины, обычными являются провалы, прерывания и выбросы. Производители связного оборудования, предназначенного для установки в удалённых местах, зачастую поставляют свои изделия именно в такие страны, поэтому источник электропитания должен работать и в качестве корректирующего фильтра.

### Источники электропитания серии ВСС фирмы XP

Блоки вторичного электропитания серии ВСС фирмы XP ([www.xpplc.com](http://www.xpplc.com)) являются наглядным примером устройств, спроектированных с учётом изложенных факторов. Их надёжность повышена благодаря использованию элек-

тролитических конденсаторов с расширенным диапазоном рабочих температур (-40...105°C) и выбором DC/DC-преобразователей с интенсивностью отказов менее  $50 \times 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$ .

Для отвода тепла из этих одноканальных 200- и 400-ваттных AC/DC-источников электропитания используется алюминиевая плата-основание толщиной 6 мм. Алюминиевые сплавы (AL2, AL9, D16M, D16T) являются оптимальными материалами с точки зрения теплопроводности, стоимости и технологичности (медь M1, M2, M3, обладая лучшей теплопроводностью, весьма дорога). Доступны варианты исполнения ИВЭ серии ВСС, способные функционировать при температуре среды -40°C, что обеспечивается применением накопительных электролитических конденсаторов, рассчитанных на работу вплоть до этой температуры.

На рисунке 3 показана типовая конструкция источника данной серии с основными выделяющими тепло элементами, установленными непосредственно на плате-основании. Данная конструкция требует точной предварительной формовки выводов компонентов, устанавливаемых на плату-основание, и точной установки в определённом положении печатной платы относительно платы-основания. Всё это несущественно не увеличивает сложность производства или затраты. На рисунке 4 показан внешний вид источника



Рис. 3. Конструктивное оформление ИВЭП серии ВСС с основными выделяющими тепло компонентами, установленными на плате-основании



Рис. 4. Внешний вид источника электропитания серии ВСС

электропитания серии ВСС. Основные параметры источников электропитания этой серии приведены в таблице.

Источники электропитания серии ВСС обладают следующими сервисными функциями:

- защитой с самовосстановлением по току, которая ограничивает ток нагрузки на уровне 105...135%;
- защитой от перенапряжения на выходе, которая отключает блок при превышении некоторого опасного уровня (105...140% номинального напряжения);
- защитой с самовосстановлением от перегрева – отключает блок при

достижении температуры основания 115°C;

- регулировкой выходного напряжения в диапазоне 40...110% номинального напряжения;
- выносной обратной связью – стабилизирует напряжение на входных контактах нагрузки, что исключает влияние падения напряжения на соединительной линии (до 0,5 В);
- дистанционным включением/выключением блока логическим уровнем (вход ROF) – блокирует выходное напряжение;
- возможностью параллельной работы двух и даже трёх блоков.

С надлежащим образом выполненным теплоотводом перенос тепловой энергии является столь эффективным, что необходимость в снижении номинальных параметров блока отсутствует до тех пор, пока температура окружающей среды не достигнет 70°C.

Активное распределение мощности важно в тех случаях, когда блоки питания включаются параллельно (до трёх блоков серии ВСС). Эта задача решается путём контроля выходного тока каждого блока в системе и подачи обратно через усилитель сигнала ошибки для коррекции выходного напряжения и устранения дисбаланса. В изделиях серии ВСС такое

решение поддерживает функционирование блоков в пределах  $\pm 3\%$  по выходной мощности и дополнительно увеличивает долговременную надёжность всей системы электропитания.

Фильтрация входного напряжения обеспечивает соответствие требованиям стандартов EN 61000-4-5 (ГОСТ Р 51317.4.5-99 «Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии»), EN 61000-4-4 (ГОСТ Р 51317.4.4-99 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний»), EN 61000-4-2 (ГОСТ Р 51317.4.2-99 «Устойчивость к электростатическим разрядам»).

В случаях сочетания источника питания, номинальная выходная мощность которого больше 200 Вт, с корректором коэффициента мощности в соответствии со стандартом EN 61000-3-2 (ГОСТ Р 5137.3.2-99), ограничивающим максимальную эмиссию гармонических составляющих тока [1], выходная мощность должна быть понижена на 25%, если входное напряжение упадёт ниже 110 В. Это обусловлено тем, что при уменьшении входного напряжения потребляемый ток растёт и может превысить ток дросселей, при котором обеспечивается соблюдение требований по электромагнитной совместимости, а также привести к превышению коэффициента мощности схем коррекции.

Основные преимущества ИВЭ серии ВСС:

- надёжность: применение высококачественных конденсаторов и DC/DC-преобразователей;
- алюминиевый корпус: оптимальное сочетание хорошей теплопроводности и невысокой стоимости;
- точное исполнение конструкции: максимальный отвод тепла;
- эффективное охлаждение: нет необходимости снижать номинальные значения параметров при температуре среды до 70°C;
- активное распределение мощности: ИВЭП работают при параллельном включении с разницей выходной мощности в пределах 3% относительно друг друга;
- входная фильтрация: обеспечивается соответствие требованиям

#### Основные параметры источников электропитания серии ВСС

Код модели*	Выходное напряжение, В	Ток нагрузки, А	Выходная мощность, Вт	Нестабильность по току, %
BCC200PS03	3,3	50	165	1,5
BCC200PS05	5	40	200	
BCC200PS07	7,5	28	210	
BCC200PS12	12	20	240	
BCC400PS03	3,3	80	264	
BCC400PS05	5	80	400	1,0
BCC400PS07	7,5	54	405	
BCC400PS12	12	34	408	
BCC400PS15	15	27	405	
BCC400PS18	18	22	396	
BCC400PS24	24	17	408	
BCC400PS28	28	14,5	406	

\* Модели с рабочей температурой  $-40^{\circ}\text{C}$  имеют суффикс L. Вариант с защитным покрытием имеет суффикс E.

стандартов по устойчивости к воздействию нано- и микросекундных импульсных помех, а также наносекундных электростатических разрядов.

### Рассеивание тепла

Алюминиевая плата-основание ИВЭП серии ВСС прикрепляется болтами к поверхности теплоотвода. Три основных механизма способствуют рассеиванию тепловой энергии: перенос тепла кондукцией, передача излучением, конвекция между поверхностью твёрдого тела и окружающей его газообразной средой (этот вид передачи тепла является основным). Для обеспечения эффективной теплопередачи между платой-основанием и теплоотводом требуется обеспечить весьма высокую плоскостность их поверхностей, для того чтобы создать хороший контакт с низким тепловым сопротивлением. Передача тепла может быть улучшена применением различных прокладок и смазок, заполняющих неровности. Следует стремиться к значению теплового сопротивления между платой-основанием и теплоотводом не более  $0,1^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Этот показатель обеспечивается с помощью обычно применяемых теплопроводящих паст и масрик [2, 3].

Тепловое излучение с поверхности нагретого тела в окружающее пространство обеспечивает отвод менее 10% рассеиваемой тепловой энергии. Получение более точных данных связано со сложными расчётами, поэтому на практике принимают обычно эти 10%, имея в виду, что в них заложен некоторый запас надёжности.

### Выбор теплоотвода

1. Вычисляется рассеиваемая тепловая мощность ( $P_p$ ), которая расходуется на нагревание узлов и деталей. Она определяется по коэффициенту полезного действия ( $b$ , %) и значению выходной мощности ( $P_{\text{вых}}$ ):

$$P_p = ((1 - b)/b)P_{\text{вых}}$$

2. Определяется тепловое контактное сопротивление  $R_{b-p}$  между платой-основанием и теплоотводом. Это значение обычно равно  $0,1^\circ\text{C}/\text{Вт}$  при применении теплопроводя-

щей пасты, и именно оно может использоваться для приближённого расчёта.

3. Рассчитывается максимально возможная температура нагрева платы-основания. Для изделий серии ВСС максимально допустимая температура основания  $T_b$  равна  $85^\circ\text{C}$ . Температура перегрева определяется разницей между температурой основания и максимальной температурой окружающей среды за пределами оболочки ( $T_b - T_a$ ).

4. Требуемый теплоотвод прежде всего определяется на основе температурного сопротивления с использованием формулы:

$$R_p = (T_b - T_a)/P_p - R_{b-p}$$

где  $R_p$  – тепловое сопротивление теплоотвода;  $R_{b-p}$  – тепловое контактное сопротивление между платой-основанием и теплоотводом.

5. Окончательный выбор основывается на оценке физической конструкции теплоотвода, который должен обеспечить требуемое тепловое контактное сопротивление для конкретного применения. Конструкция системы позволяет определить максимально доступную площадь для контакта с платой-основанием ИВЭ и доступным пространством за пределами оболочки, а затем выбрать размер, число и структуру охлаждающих рёбер на теплоотводе, соответствующем требованию рассеиваемой мощности. Расчёт параметров радиатора (площадь теплоотдающей поверхности, толщина и ширина пластины) подробно представлен в работах [2, 3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В., Дуплякин Е. Коррекция коэффициента мощности во вторичных источниках электропитания. Электронные компоненты. 2000. №№ 2, 3.
2. Найвельт Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов Ч.И. и др. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. Под ред. Г.С. Найвельта. М.: Радио и связь, 1986.
3. Борисов В.Ф., Лавренков О.П., Назаров А.С., Чекмарев А.Н. Конструирование радиоэлектронных средств. Под ред. А.С. Назарова. М.: Изд-во МАИ, 1996. ©

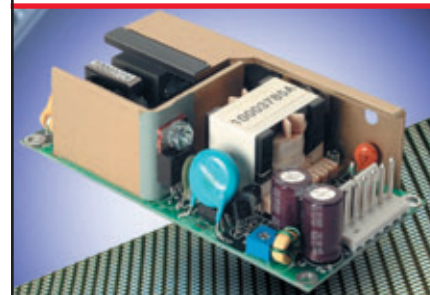
## ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Соответствие требованиям UL/cUL  
60601-1/EN60601-1

Предохранители в цепях нулевого  
и фазного проводов

Ток утечки на землю менее 250 мкА

Среднее время безотказной работы  
>250 000 часов



### 40/60 Вт

Небольшие габариты  
 $101,6 \times 50,8 \times 30,5$  мм

Одно-/двух-/трёхканальные модели  
с напряжениями 3,3...48 В

Применение в оборудовании классов I и II

КПД до 85%



### 130 Вт

Габариты  $127 \times 76,2 \times 32$  мм

Одно-/двух-/трёхканальные модели  
с напряжениями 3,3...48 В

КПД до 90%



THE XPERTS IN POWER

**PROSOFT®**  
www.prosoft.ru