

# Некоторые аспекты

## принудительного воздушного охлаждения ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Гарри Бокок (Gary Vosock)

Перевод: Виктор Жданкин

victor@prosoft.ru

Все источники питания в процессе работы выделяют тепловую энергию, которую необходимо отводить для обеспечения их надежного функционирования. Влияние нагрева проявляется сильнее при размещении большого количества компонентов в ограниченном объеме. Миниатюризация приводит к более высокому уровню тепла в кубическом объеме пространства. Компоненты выделяют тепло, которое поглощается соседними деталями, печатной платой и корпусом оборудования. В результате различные части системы работают при более высоких температурах, чем изначально ожидалось, что неблагоприятно воздействует на надежность и срок службы устройства. Теория гидрогазодинамики помогает предвидеть потенциальные проблемы, вызываемые рассеиваемым теплом, но в то же время для достижения оптимальных тепловых характеристик устройства нет альтернативы опыту и практике.

Существуют два наиболее распространенных способа охлаждения источника питания (ИП) — конвекционный отвод тепла и принудительное воздушное охлаждение. Их технические параметры (какого-либо одного или обоих способов) указываются в спецификации на источник питания. ИП, обеспечивающий номинальную мощность при конвекционном охлаждении, предназначен для применения во внешних условиях, где имеется доступ воздуха. В этом случае необходимо удостовериться, что вокруг модуля достаточно пространства для свободного проникновения конвекционных потоков воздуха, охлаждающих ИП, и необходимо также обеспечить регулирование температуры окружающей среды около источника питания в пределах его диапазона рабочих температур. ИП с принудительным воздушным охлаждением могут оснащаться охлаждающим вентилятором либо производитель может указать в спецификации, что внешний охлаждающий вентилятор требуется для обеспечения работы модуля при максимальной нагрузке в установленном диапазоне рабочих температур. Необходимо заблаговременно тщательно изучить спецификации устройства для принятия решения о необходимости применения принудительного охлаждения.

Основное различие между изделиями с конвекционным и принудительным охлаждением состоит в значении удельной мощности, обеспечиваемой при данном коэффициенте полезного действия (КПД). Изделия с конвекционным отводом тепла обычно обеспечивают более низкую удельную мощность, чем изделия с принудительным охлаждением, т. е. они занимают больший объем. Например, источник питания со стандартной площадью основания 3×5" может иметь мощность 150 Вт при конвекционном отводе тепла, тогда как исполнение с принудительным охлаждением

может характеризоваться номинальной мощностью более 350 Вт. Вентиляторы применяются все чаще в различных приложениях, так как важно достичь максимального значения плотности мощности.

### Принудительное воздушное охлаждение

Изделия со встроенными охлаждающими вентиляторами относительно легко реализовать конструктивно — просто обеспечить условия, при которых максимальная заданная температура окружающей среды не будет превышена для данной номинальной нагрузки, и не будет препятствия входу и выходу воздуха. Там, где необходимо внешнее охлаждение, оно должно быть достаточным, так как повышение температуры может негативно отразиться на показателях надежности и сроках службы ИП и системы в целом. Интенсивность охлаждения связана с конкретным применением и зависит от температуры окружающей среды, подключенной нагрузки, физического расположения источника питания относительно охлаждающего вентилятора и других узлов системы.

Обычно для ИП, которым требуется принудительное воздушное охлаждение, указывается минимальное значение требуемого воздушного потока. Это объем потока, как правило, для работы при 100%-ной мощности и максимально допустимой температуре окружающей среды. Необходимый воздушный поток часто задается в кубических футах в минуту (Cubic Feet per Minute, CFM) и обычно используется для определения производительности охлаждающих вентиляторов. Требуется определить производительность охлаждающих вентиляторов, установленных в корпусах устройств, и необходимо помнить, что показатель CFM нужен для оценки объема воздуха, а не скорости воздушного потока, которая также является важным фактором. Принудительное охлаждение обеспечивает диапазон рабочих температур для используемых компонентов и способствует повышению срока службы устройства.

При указании воздушного потока в CFM предполагается, что источник питания установлен на площади, которая достаточно близка площади его собственного поперечного сечения (профиля). Это исключительно важно, так как ИП обычно используется в качестве подсистемы внутри корпуса законченного оборудования. Также необходимо учитывать, что поток воздуха может быть направлен на некорпусированный ИП, поэтому более достоверным критерием является линейная скорость воздуха (Linear Feet per Minute, LFM), указываемая в футах в минуту или метрах в секунду.

Там, где необходимо принудительное воздушное охлаждение, его степень имеет большое значение при заданных характеристиках окружающей среды



Рис. 1. Внешний вид источника питания AC/DC EMA212

ИП и его срока службы. Охлаждающий вентилятор, по сути, почти всегда является компонентом с наиболее коротким сроком службы, так как это механическое устройство с изнашиваемыми частями. В случае когда источнику питания необходимо охлаждение 30 CFM, вентилятор будет работать быстро, изнашиваться относительно быстро, потреблять больше мощности и производить более сильный акустический шум по сравнению с ИП, которому необходимо охлаждение 12 CFM. Правильно спроектированные 100/200-Вт источники питания с лучшей в своем классе плотностью мощности нуждаются в охлаждении не более чем 12 CFM для достижения максимальных параметров, а многим устройствам достаточно охлаждения всего лишь 5 CFM. Тем не менее на рынке все еще много ИП, которым требуется охлаждение 30 CFM и более для обеспечения необходимых технических параметров, поэтому при изучении спецификаций надо обратить внимание на это обстоятельство.

**Пример**

В спецификации производителя на источник питания EMA212 (XP Power) (рис. 1) указано, что ему требуется воздушный поток 12 CFM в направлении, указанном стрелкой на рис. 2. Площадь поперечного сечения равна  $3" \times 1,34" = 4$  дюйма<sup>2</sup> или 0,028 фута<sup>2</sup>. Поэтому требуемая скорость воздуха равна  $12/0,028 = 429$  LFM или 2,17 м/с.

Эту скорость воздуха можно измерить в определенной точке у источника питания, чтобы убедиться, что принудительное воздушное охлаждение является достаточным.

**Проверка**

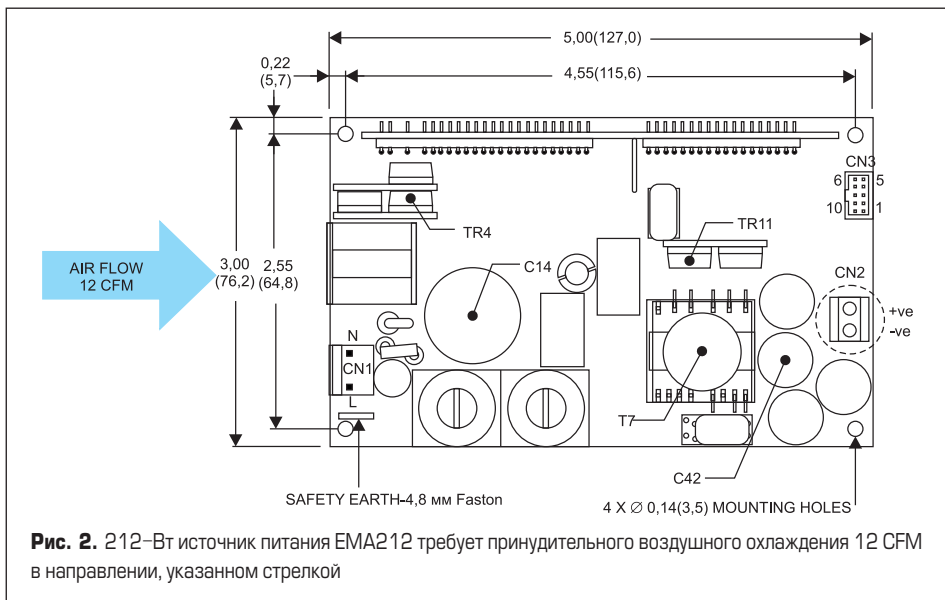
Существует большая разница в условиях работы ИП в различных приложениях, поэтому для их проверки можно рекомендовать измерение температуры критичных компонентов в корпусе источника питания, установленного внутри законченной системы при наихудших условиях окружающей среды. Другой вариант — точное моделирование конкретного применения с использованием соответствующего программного обеспечения.

Критерии безопасной работы определяются для ИП в конкретном приложении или могут быть получены от производителя. Для рассмотренного выше примера точные температуры компонентов при безопасной работе источника питания EMA212 приведены в таблице, они являются типовыми для ИП подобного типа.

Несмотря на то, что при этих значениях обеспечивается безопасное функционирование

**Таблица** Максимальные температуры компонентов источника питания EMA212, отмеченных на рис. 1.

Значения температуры (окружающая температура ≤ +50 °C)	
Компонент	Максимальная температура, °C
TR4 корпус	110
	105
C42	105
	110
T7 катушка	120



**Рис. 2.** 212-Вт источник питания EMA212 требует принудительного воздушного охлаждения 12 CFM в направлении, указанном стрелкой

ние, они не предоставляют сведений об ожидаемом сроке службы изделия.

Срок службы ИП в значительной степени обусловлен температурой электролитических конденсаторов: с ростом температуры увеличиваются емкость, проводимость электролита, ток утечки. Как правило, срок службы конденсатора может быть увеличен вдвое при снижении рабочей температуры на 10 °C. На рис. 3 представлен ожидаемый срок службы источника питания EMA212, основанный на измерении температуры двух основных электролитических конденсаторов.

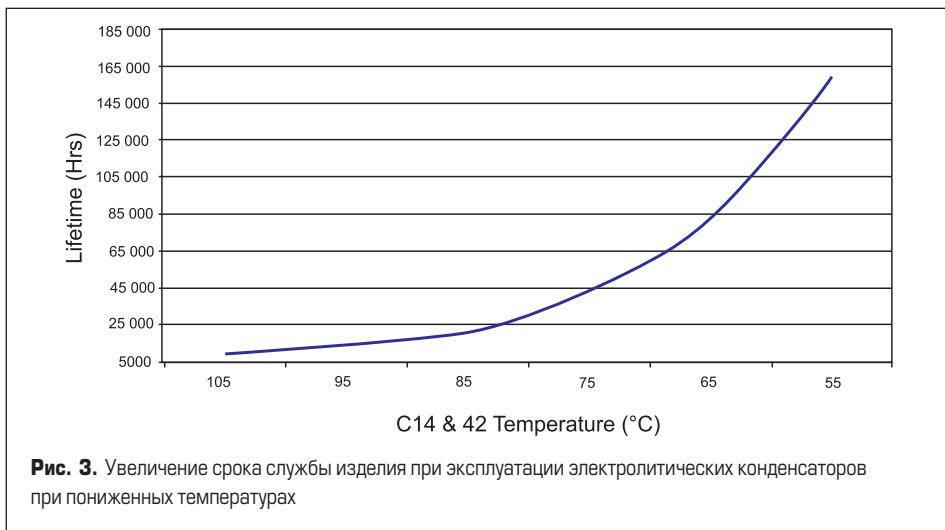
Необходимо следовать рекомендациям производителя для достаточного охлаждения ИП, чтобы обеспечить ему безопасное функционирование и соответствующий срок службы. Резюмируя, можно сказать, что если источнику питания требуется конвекционное охлаждение, то необходимо лишь обеспечить достаточное пространство около него и убедиться, что температура окружающего воздуха не превышает указанной в спецификации. ИП с вентилятором требуют установки, обеспечивающей свободное прохождение воздуха через впускные и вытяжные каналы. Применение внешнего вентилятора является более сложным, но можно измерить интен-

сивность воздушного потока около модуля, чтобы определить, является ли достаточным объем поступающего воздушного потока. В качестве заключительной проверки может быть измерена температура критичных компонентов ИП, чтобы удостовериться, что она находится в безопасных пределах. Некоторые производители, в том числе и XP Power, предлагают услуги по исследованию теплового режима для определения этих параметров в реальных условиях, в результате чего можно получить достоверные данные.

Понижение рабочих температур этих компонентов ниже максимальных, особенно для электролитических конденсаторов, может также заметно улучшить срок службы источника питания.

**Рекомендуемая литература**

1. Борисов В. Ф., Лавренов О. П., Назаров А. С., Чекмарев А. Н. Конструирование радиоэлектронных средств. М.: Изд-во МАИ. 1996.
2. Power Supply Technical Guide 2010/11. XP Power. 2010.
3. Колпаков А. И. В лабиринте силовой электроники: сб. статей. СПб: Изд-во Буковского. 2000.



**Рис. 3.** Увеличение срока службы изделия при эксплуатации электролитических конденсаторов при пониженных температурах