

ПРАВИЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

АДАМ ПАВЛОВСКИЙ (ADAM PAWLOWSKI)

Детально проработанные стратегии охлаждения имеют важное значение для предотвращения перегрева. Увеличение плотности электронных компонентов и их потребляемой мощности приводит к росту тепловыделения, что значительно повышает вероятность сбоя электронных устройств и систем. Именно поэтому производители корпусов, такие как, например, Pentair, предлагают широкий спектр продуктов, позволяющих найти решение для любой задачи охлаждения компонентов.

ЕСТЕСТВЕННОЕ КОНВЕКЦИОННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

При выборе типа охлаждения, необходимого для конкретного применения, существует два ключевых фактора, которые следует учитывать: максимально допустимая температура компонента (определяется суммарной потерей мощности) и основные условия окружающей среды в месте установки. Использование естественного конвекционного охлаждения является наиболее экономически эффективным методом отвода тепла от корпуса или шкафа. Как правило, это весьма действенный метод, но он работает только тогда, когда наружному воздуху передается достаточное количество энергии, препятствующее превышению максимально допустимых значений температуры компонентов. В случае замкнутых шкафов или корпусов движение воздуха

происходит преимущественно вдоль боковых стенок, которые должны обеспечивать его свободную циркуляцию как вдоль внутренней, так и внешней стороны корпуса. Температура окружающей среды должна быть значительно ниже требуемой температуры внутри корпуса. Свободная конвекция в качестве решения данной проблемы предусматривает свои ограничения, когда нужно отвести большое количество тепла. Это происходит потому, что количество рассеиваемого тепла (энергии) имеет линейную зависимость от площади поверхности корпуса и разницы между внешней и внутренней температурой.

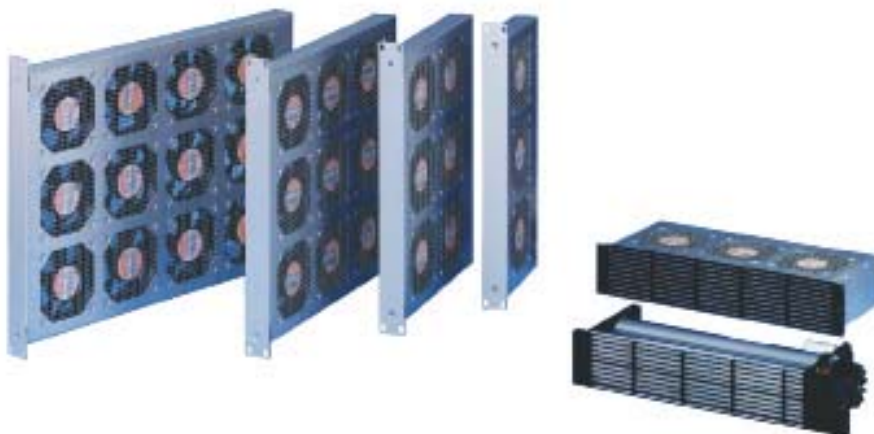
В таком случае может помочь повышение коэффициента теплопередачи α (для обозначения коэффициента теплопередачи часто используется h), для этого потребуются переход от естественной конвекции к принудительной. При-

нудительный поток воздуха вдоль внутренней стороны корпуса или шкафа может увеличить количество рассеиваемого тепла на 50%.

ПРИНУДИТЕЛЬНАЯ КОНВЕКЦИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕНТИЛЯТОРА

Наиболее распространенной формой охлаждения является принудительное воздушное охлаждение — метод, достаточный для большинства корпусных решений. Здесь естественная конвекция усиливается за счет использования вентиляторов или кассеты вентиляторов (рис. 1). Иногда вентиляторы применяются, если аэродинамическое сопротивление воздуха внутренних компонентов существенно снижает эффективность естественной конвекции. Температура внешней среды, как и в предыдущем случае, должна быть значительно ниже, чем требуемая температура системы. Принудительные методы охлаждения можно разделить на два основных подхода: «на вдув» и «на выдув». При работе «на вдув» вентиляторы располагаются перед компонентами, которые необходимо охладить, и толкают воздух по направлению и вдоль нагревающихся элементов. В случае работы «на выдув», напротив, вентиляторы устанавливаются за компонентами, они вытягивают воздух, проходящий вдоль компонентов. Возможно также объединение обоих типов охлаждения. Какое из двух решений эффективнее, определяется исходя из окружающих условий. Если используется вариант «на вдув», в расчет должно быть добавлено тепло, вырабатываемое вентилятором. Для метода «на

РИС. 1. ▼
19" кассета вентиляторов



выдув» следует принимать во внимание и воздействие на него тепла компонентов (что приводит к снижению срока службы вентилятора).

В выборе подходящих вентиляторов решающую роль играют следующие параметры:

- Вентиляторы должны обеспечивать максимальный требуемый поток воздуха с учетом необходимой избыточности. Также должна быть учтена максимальная высота эксплуатации. Даже на высоте 1000 м над уровнем моря воздушный поток должен быть увеличен примерно на 18%.
- Мощность системы питания должна соответствовать суммарной максимальной мощности всех вентиляторов.
- При общем расчете теплового баланса следует принимать во внимание тепло, вырабатываемое вентиляторами (особенно в случае работы «на вдув»).
- Размер, геометрия и воздушный поток должны соответствовать доступному пространству. Это часто влечет за собой необходимость выбора между осевыми и радиальными вентиляторами.
- Вентиляторы должны соответствовать доступным параметрам электропитания (например, 230 VAC или 24 VDC и т. д.), требуемым сигналам тревоги и типу управления (например, регулирование частоты вращения в зависимости от температуры).
- Выбор вентиляторов должен основываться на максимальном уровне шума, определенного и/или разрешенного для места работы. При этом недостаточно знать уровень шума, указанный изготовителем вентилятора. Должны быть учтены турбулентные потоки воздуха, которые часто и создают основной шум.

ОХЛАЖДЕНИЕ ЗА СЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Охлаждение за счет теплопроводности относится к передаче тепла внутри корпуса или шасси, при котором применяется непосредственный контакт между двумя телами, без использования воздуха в качестве проводящей среды. Каждый контакт обладает определенным тепловым сопротивлением. Это значение влияет на передачу тепла по всей цепочке охлаждения за счет теплопроводности.

Технические средства реализации охлаждения за счет теплопроводности имеют несколько форм.

Технология теплоотводящих кожухов (clamshell)

Технология Clamshell от Pentair — один из доступных вариантов специальных теплоотводящих кожухов. Такие кожухи оснащены распорными клиновыми зажимами Wedge-Loks/Card-Loks в верхней и нижней части, а также специальными ручками для вставки/изъятия модулей из шасси. Это гарантирует, что в полностью собранном виде данная конфигурация обеспечивает надежную фиксацию печатных плат в шасси, а также теплопроводность благодаря контакту металл-металл. Компоненты на печатных платах обычно располагаются с обеих сторон, поэтому теплоотводящие кожухи устанавливаются с двух сторон платы. Предлагаются два варианта поставки кожухов: с плоской внутренней поверхностью и поверхностью, фрезерованной по чертежам заказчика. При фрезеровке создается поверхность такой конфигурации, которая позволяет прижать кожух ко всем тепловыделяющим компонентам и обеспечить максимальную площадь теплового контакта. Для оптимальной теплопередачи дополнительно предусмотрены специальные эластичные теплопроводящие прокладки. Благодаря этой технологии тепло практически беспрепятственно передается на внешние поверхности

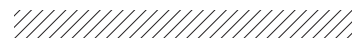
кожухов, вот почему ограничивающим фактором является передача тепла от шасси воздуху. Есть целый ряд решений подобной проблемы, например, с помощью вентиляторов, обеспечивающих принудительное воздушное охлаждение через гладкие или ребристые поверхности.

Теплоотводы Flexible Heat Conductor

Для корпусов небольших размеров или встраиваемых систем, которые из-за областей применения должны быть замкнутыми, тепло от сильно нагреваемых источников (например, процессоров) также отводят с помощью охлаждения за счет теплопроводности. До настоящего времени в качестве теплопроводника обычно использовались твердые металлические элементы с термопрокладками или термопастами, которые передавали тепло к поверхности корпуса прибора. Для подобных применений компания Pentair разработала теплоотвод FHC (Flexible Heat Conductor), показанный на рис. 2. Такие теплоотводы изготовлены из алюминия, имеющего очень высокий коэффициент теплопроводности, и могут изменять свою высоту. Это позволяет FHC обеспечивать хороший тепловой контакт, в частности с процессорами. FHC устраняет любые проблемы, связанные с допусками по высоте: теплоотводы либо присоединяются к процессорам посредством существующих монтажных креплений на печатной

РИС. 2. ▼
Корпус Schroff Interscale C со встроенным теплопроводником FHC





плате, либо, в случае небольших процессоров, монтируются с помощью тонкой теплопроводной двухсторонней клейкой ленты.

Охлаждение стойки с оборудованием

При установке в одну стойку нескольких корпусов или шасси для обеспечения требуемого воздушного потока могут понадобиться дополнительные меры. Обычно это принудительное охлаждение всей стойки. В большинстве случаев для такого охлаждения устанавливают вентиляторы на задней двери стойки или в верхней панели. В особых случаях используются дополнительные нагнетающие вентиляторы на передней панели стойки, подводятся существующие системы кондиционирования. Иногда для охлаждения стойки применяют воздушные и воздушно-водяные теплообменники и кондиционеры.

Критическими факторами для выбора подходящей стратегии охлаждения являются место установки (офис, лаборатория или промышленная среда с соответствующими требованиями к уровню шума или к IP), инженерная инфраструктура (наличие фальшпола, подключение к холодной воде, система кондиционирования) и влияние окружающей среды (температура окружающей среды, тепловое излучение, загрязнение воздуха, повышенная влажность). Различные элементы системы охлаждения всегда следует выбирать в соответствии с требо-

ваниями к их производительности и с учетом их взаимодействия с другими компонентами системы. Например, вентиляторы переменного тока являются источниками электромагнитных помех.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО АНАЛИЗА

В некоторых случаях для разработки эффективной системы охлаждения нужно выполнить численное моделирование, для которого применяется специальное программное обеспечение.

При разработке своих корпусов, стоек и шасси Pentaair работает с двумя пакетами программ трехмерного моделирования и анализа: 6Sigma (рис. 3) и FloTHERM. Компания предлагает своим клиентам, занимающимся созданием собственного оборудования, использовать свою испытательную лабораторию, оснащенную большой климатической камерой и аэродинамической трубой, пригодной для теплового анализа, а также помощь экспертов.

Принцип действия программы моделирования относительно прост. Пользователь строит трехмерную геометрическую модель своей системы, состоящую из набора компонентов. Модель также может быть импортирована из других программ. Когда программа применяется при разработке стандартных корпусов, внутри корпусов для теплового расчета помещаются типовые компоненты (жесткие диски, источники пита-

ния), обычно установленные в таких корпусах. Когда тепловой расчет выполняется по конкретному заказу, учитываются модели конкретных компонентов. Кроме геометрических моделей, для расчета задаются физические параметры, например материальные константы, мощность тепловыделения компонентов, параметры вентиляторов, окружающей среды и другие подобные факторы. Затем программа генерирует трехмерную сетку, с помощью которой вычисляет распределение температуры и других величин, обусловленных процессами естественной и принудительной конвекции, лучистой теплопередачи и теплопроводности.

Результаты расчета отображаются в виде распределения температуры, давления, скорости воздушного потока. На основании этих данных инженер может определить меры по оптимизации системы охлаждения, такие как замена типа вентиляторов, изменение мест установки вентиляторов и воздухозаборников, установка дефлекторов, изменение взаимного расположения компонентов, изменение толщины теплопроводных элементов и т. д. Оптимизация конфигурации с последующими расчетами может выполняться несколько раз до тех пор, пока не будет найдено идеальное решение. Использование средств моделирования оптимизирует стратегию охлаждения на ранней стадии проектирования и сокращает затраты и время разработки.

НЕ ЗАБЫВАЯ ПРО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ключевым аспектом разработки охлаждения электроники является стремление к более высокой энергоэффективности на ранней стадии. Поскольку снижение тепловых потерь до нуля — недостижимый идеал, выделяемую тепловую мощность нужно рассеять с минимальными затратами. Разработчик должен убедиться, что выбранная система охлаждения и ее компоненты оптимальны с точки зрения энергоэффективности. Оптимизация воздушных потоков при этом иногда может приводить даже к изменению стратегии вентиляции. Кроме того, важно проверить возможность снижения затрат энергии на охлаждение за счет замены большого количества вентиляторов, например водяным или другим типом охлаждения. ●

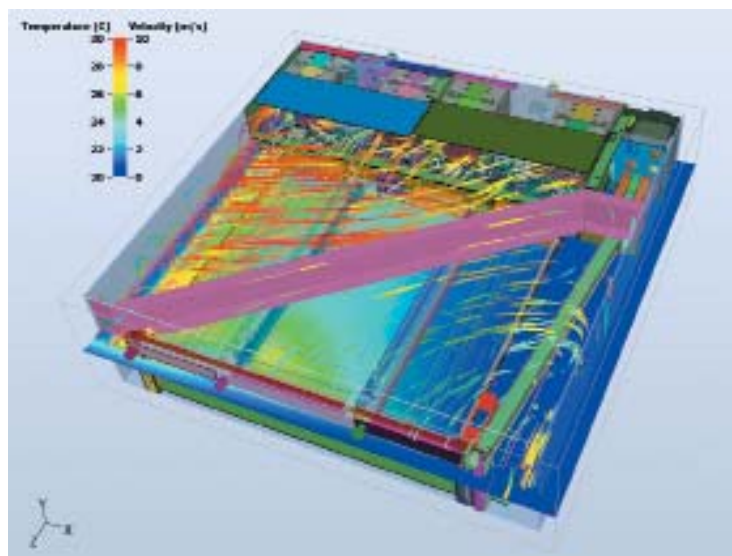


РИС. 3. ►
Распределение температуры в трехмерной модели, полученной с использованием 6Sigma