

Моделирование тепловых режимов

работы аппаратуры силовой электроники в среде SolidWorks Flow Simulation

В статье рассматриваются методы моделирования тепловых режимов работы компонентов силовой электроники в среде SolidWorks Flow Simulation, приводятся примеры расчетов.

Михаил Гончаров

largehulk@gmail.com

Виктор Дворников

ldunko@gmail.com

Увеличение количества и уровня сложности возникающих перед человеком задач требует совершенствования технических инструментов для их решения. Прогресс науки и техники обуславливает активное развитие автоматизации производства, проектирования, процессов принятия решений и т. д. Важной частью автоматизации служит ее электронная составляющая. Полупроводники используются в самых различных отраслях науки, техники и промышленного производства: космос, вооруженные силы, робототехника, железнодорожное сообщение, авиация, станкостроение, автомобилестроение и др. Более того, с каждым днем от изделий силовой электроники требуется все больше мощности, скорости и точности. Однако это приводит к возникновению таких побочных эффектов, как деформация кристаллов, потеря стабильности вычислений и даже полный выход из строя того или иного компонента. В большинстве случаев причиной проблем является перегрев вследствие повышения рассеиваемой мощности. В то же время экспериментальная проверка работоспособности системы довольно дорога, а зачастую невозможна не только по экономическим, но и по конструктивным соображениям.

В таких случаях выходом из положения служит моделирование теплообмена в системе или, проще говоря, тепловой расчет. Сейчас существует множество средств моделирования тепловых режимов электронного устройств: Flomerics Flotherm, ANSYS Icepack и др. Мы рассмотрим модуль Flow Simulation, интегрируемый в систему SolidWorks.

За счет полной интеграции Flow Simulation в SolidWorks инженер может моделировать геометрию и выполнять все расчеты и анализы, как говорится, «в одном окне». Это значительно снижает вероятность возникновения ошибок импорта/экспорта геометрии через промежуточный формат данных (например, SAT, IGES и т. д.).

В статье рассматриваются основные принципы и особенности Flow Simulation на примере стационарного моделирования системы активного воздушного охлаждения для некоего силового прибора. Геометрическая модель системы представлена на рис. 1.

Для моделирования был выбран охладитель с профилем фирмы Fischer elektronik SK530 и вытяжкой на 300 мм. Для отвода горячего воздуха от охладителя были созданы две геометрически упрощенные

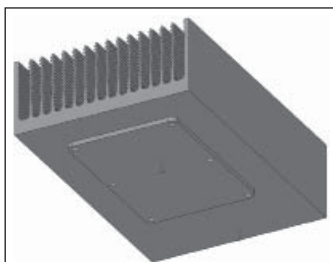


Рис. 1. Геометрическая модель системы (подложка силового прибора, установленная на охладитель)

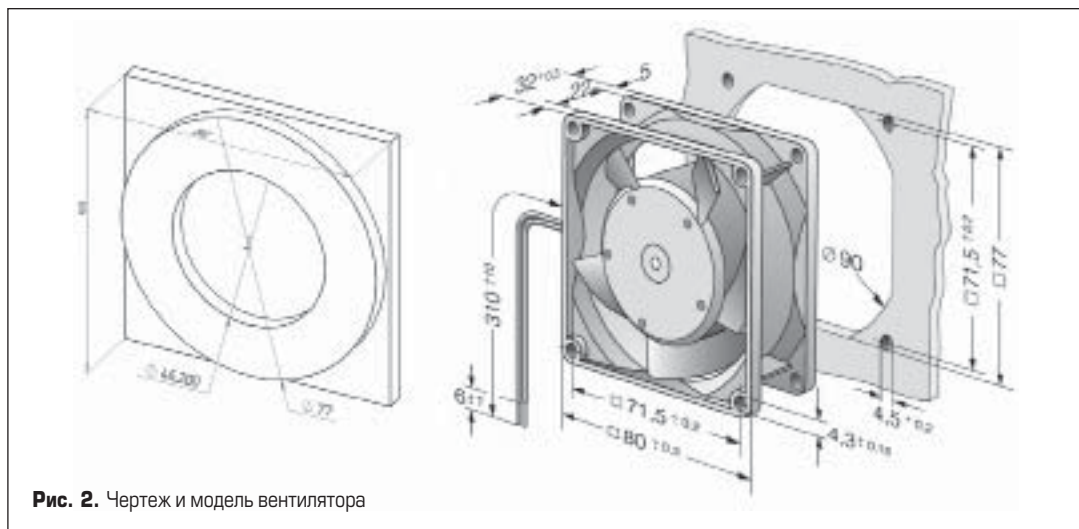


Рис. 2. Чертеж и модель вентилятора

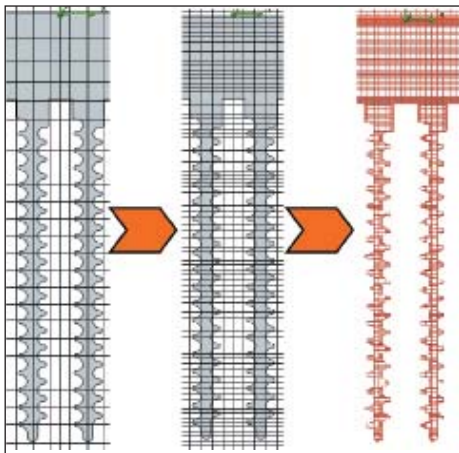


Рис. 3. Этапы построения сетки

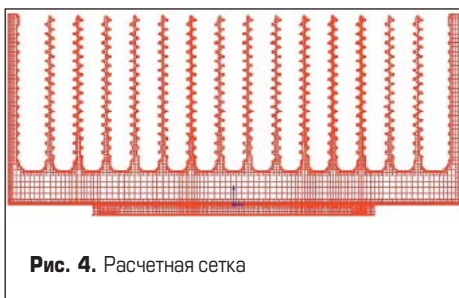


Рис. 4. Расчетная сетка

модели вентилятора фирмы Ebn Papst 8314 Н. На рис. 2 приведены чертеж вентилятора и его упрощенная модель. Как видно, модель состоит из небольшого прямоугольного параллелепипеда, служащего указанием габаритов корпуса вентилятора, и полого цилиндра, указывающего на область, от которой непосредственно идет воздух (ведь от узла, к которому прикреплены лопасти, по большому счету воздух не поступает).

Мы опустили глубину вентилятора, так как в данном случае она не играет роли: все характеристики будут задаваться напрямую в самом модуле Flow Simulation.

Надо отметить, что для упрощения работы в Flow Simulation еще до подключения расчетного модуля были сделаны началь-

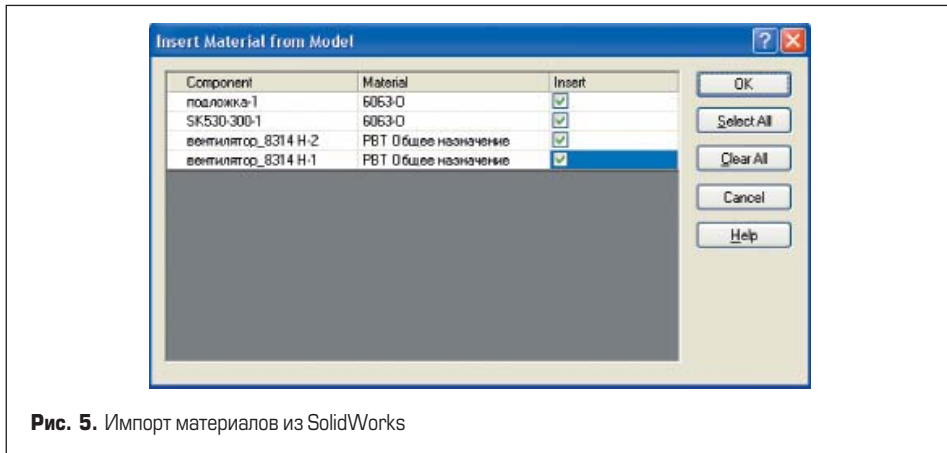


Рис. 5. Импорт материалов из SolidWorks

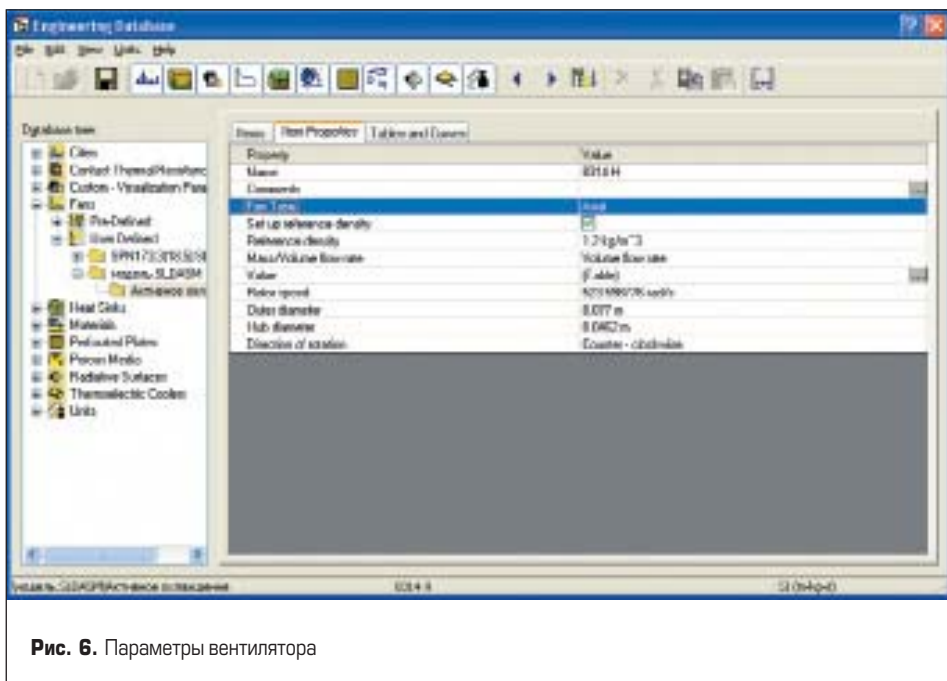


Рис. 6. Параметры вентилятора

ные установки: для подложки силового элемента и охладителя — сплав алюминия 6063, для вентиляторов — пластик PBT общего назначения. Мы не будем подробно останавливаться на задании условий окружающей среды, а сосредоточимся именно на том, что же отличает SolidWorks

Flow Simulation от других подобных модулей в сфере тепловых расчетов.

Прежде всего, это методы построения расчетной сетки. Как и многие производители программного обеспечения в этой области инженерного анализа, в Flow Simulation используется метод конечных объемов. Однако,

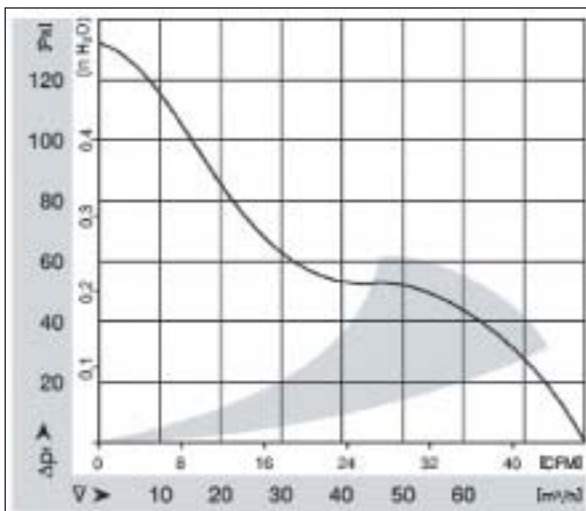
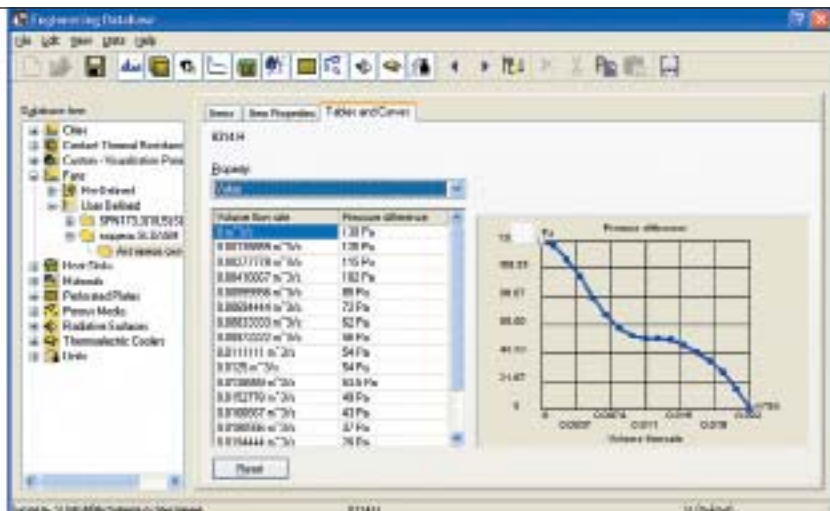


Рис. 7. Задание воздушного потока вентилятора



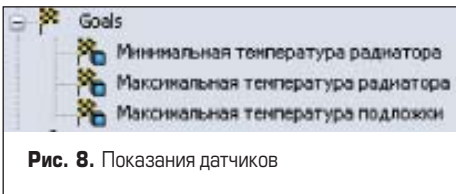


Рис. 8. Показания датчиков

помимо автоматического построения расчетной сетки, что не всегда приводит к приемлемой точности результатов, в данном модуле присутствует и ручное задание сетки. Такой метод позволяет инженеру управлять концентрированностью сетки на мелких деталях исследуемой системы. В нашем случае профиль охладителя имеет весьма сложную геометрию, поэтому мы воспользуемся этим методом. Он проходит в 3 этапа: вначале вручную строится начальная крупная сетка, затем она уплотняется с помощью увеличения числа сечений по осям, а затем концентрируется там, где это нужно (рис. 3).

Это может быть поток газа, который нужно детально изучить, мелкие щели в геометрии, скругления и т. д. Причем, если это необходимо, можно периодически обновлять третий этап построения по итерациям. Нас интересует область границы охладителя и окружающего воздуха. Получившаяся сетка для области твердых тел показана на рис. 4.

Еще одной особенностью Flow Simulation является то, что при назначении физических свойств моделей их можно импортировать из SolidWorks, имеющего обширные библиотеки материалов (рис. 5). Это значительно упрощает и ускоряет процесс моделирования, особенно в случае сложных систем со множе-

ством объектов, обладающих различными тепловыми характеристиками.

Отдельного внимания заслуживает моделирование в Flow Simulation вентиляторов, при создании которых указываются такие параметры, как режим работы (внешний на вдув или выдув, внутренний), температура подаваемого воздуха, тип вентилятора (осевой/радиальный) и многое другое. Основные задаваемые параметры приведены на рис. 6.

Одной из важнейших характеристик является зависимость разности давлений от потока воздуха вентилятора, обычно задаваемая графиком. На рис. 7 показан график такой зависимости, предоставленный производителем вентилятора и заданный в модели.

В качестве источника тепла можно указывать поверхность или объем, для которых в свою очередь указывается тип тепловыделения (для поверхности — мощность, для объема — мощность и температура). Причем, само тепловыделение задается не только как константа, но и как функция от датчиков, или в виде таблицы. Датчики снимают самые раз-

личные показания твердых тел и окружающей среды. В нашем случае для контроля сходимости полученного решения будем использовать датчики температур твердых тел (рис. 8).

В процессе вычислений для их контроля можно в реальном времени строить графики показаний датчиков, а также срезовые эпюры температур, давления, скоростей и т. д. Вычисление можно прерывать, сохраняя при этом промежуточный результат, что позволит продолжить расчет позже.

Для визуализации Flow Simulation имеет полный инструментарий, ставший уже стандартом для приложений такого рода. В него входят срезовые и поверхностные эпюры, распределение результатов по потокам текучей среды (в нашем случае это воздух) и др. Некоторые из них показаны на рис. 9.

Кроме того, есть возможность экспорта полученных данных в формат Microsoft Excel, что позволяет использовать его математический аппарат для анализа полученного решения. На рис. 10 показан график сходимости температур, построенный в Microsoft Excel на основе полученных результатов.

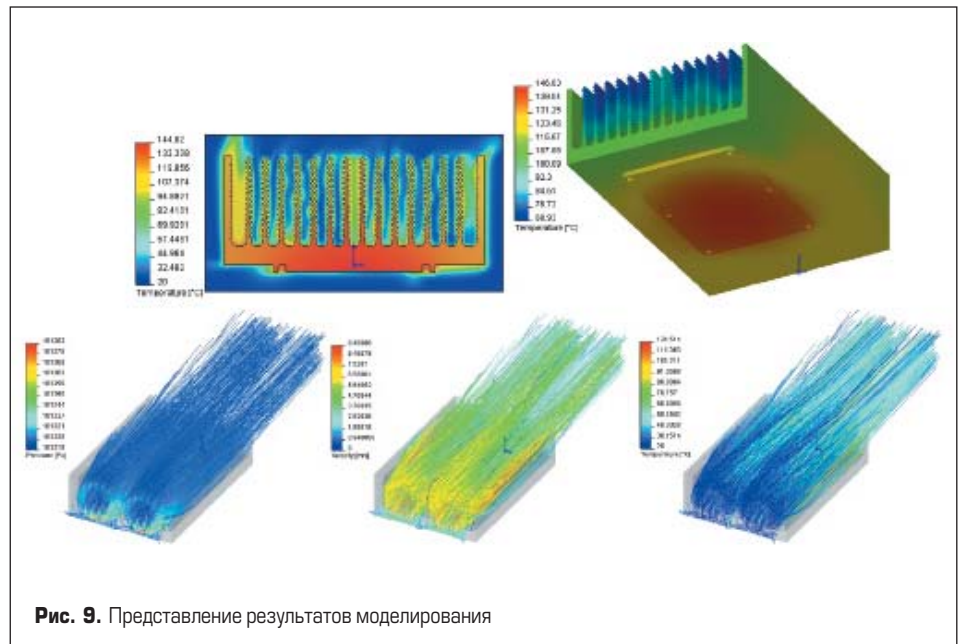


Рис. 9. Представление результатов моделирования

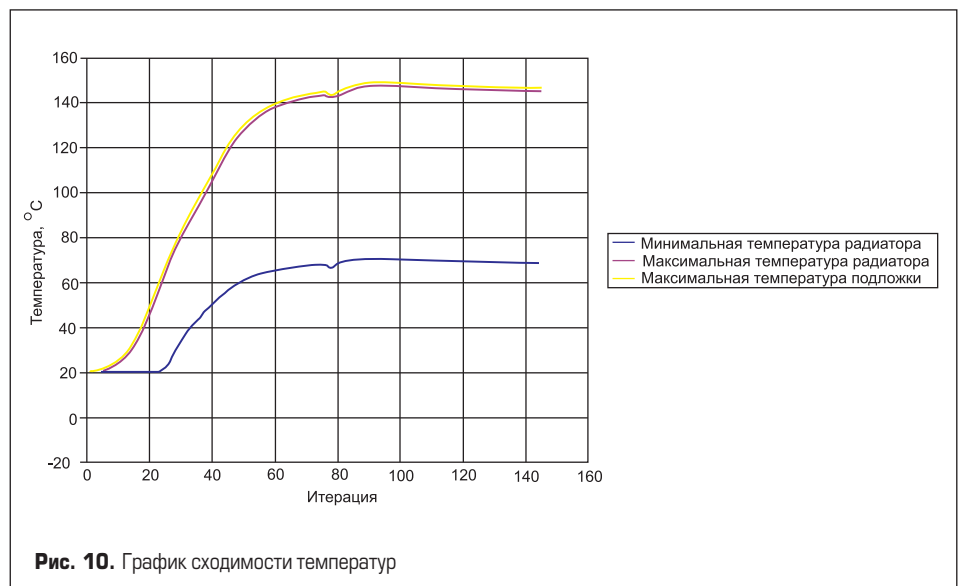


Рис. 10. График сходимости температур