

УДК 621.313.13

© Сагитов П.И., Гафурьянов Д.З., Гафурьянов Р.Д., 2010

Разработка мехатронного модуля привода на BLDC-двигателях

**П.И. САГИТОВ, д.т.н., профессор, зав. кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы,
Д.З. ГАФУРЬЯНОВ, технический директор Ltd «Radan-electric»,
Р.Д. ГАФУРЬЯНОВ, инженер, Казахско-Американский университет, г. Алматы**

Предлагается виртуальная модель многодвигательной следящей системы. Подобный электропривод применяется для воздушного охлаждения системных блоков персональных компьютеров. Результаты работы позволяют ускорить процесс проектирования и инсталляции системных блоков. Возможна адаптация под производителя конкретной материнской платы и электропривода системы охлаждения. Обеспечивается оптимизация энергосберегающих характеристик. Модель позволяет проверить правильность выбора различных по мощности электродвигателей в многодвигательной системе. Снижается потребляемая мощность АСУ охлаждением РЭА.

Согласно закону Мура в стремлении к повышению гигагерц участвуют не только процессоры, но также память, графические процессоры и память видеокарт, винчестеры. Все эти составляющие системного блока не только работают быстрее с каждым добавленным гигагерцем или оборотом в минуту, но также потребляют больше энергии, приводящей к росту мощности блока питания, и выделяют большое количество тепла, приводящее к снижению устойчивости системы. Для поддержания рабочей температуры указанных составляющих и повышения энергосбережения постоянно совершенствуется и повышается эффективность системы охлаждения.

Под эффективностью системы охлаждения понимают возможность достижения минимально возможной рабочей температуры охлаждаемого компонента (центрального процессора, графического процессора, модулей памяти и т.д.). Повышение эффективности, на данный момент, можно добиться несколькими способами:

- увеличением площади рассеяния радиатора или количества каналов при жидкостном охлаждении;
- применением для радиаторов материалов с более высоким коэффициентом теплопроводности (вместо традиционно используемого алюминия и его сплавов – меди и др.);
- устранением микрозазоров между поверхностями охлаждаемого компонента и радиатором посредством применения термопроводящей пасты;
- разностью температур между охлаждаемым компонентом и окружающим воздухом;

- изменением направления потока воздуха на охлаждаемый элемент или от него;

- оптимизацией мехатронники системы активного воздушного охлаждения РС с использованием более производительного вентилятора и новой системы автоматизированного управления многодвигательным электроприводом на основе BLDC-электродвигателей (при воздушном охлаждении) или компрессора (при жидкостном).

Примем к рассмотрению следующую функциональную схему мехатронной системы активного воздушного охлаждения (см. рисунок 1):

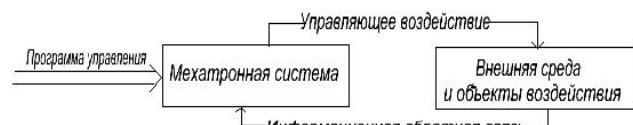


Рисунок 1 – Функциональная схема мехатронной системы

Определим основные функциональные требования к элементам системы [1]:

- уменьшение абсолютного значения температуры каждого тепловыделяющего логического элемента (ЛЭ) конструкции до пониженного уровня и поддержание его постоянным. Выполнение этого требования позволяет иметь высокие надежностные показатели конструируемой ЭВМ и обеспечить ее быстродействие;

- обеспечение минимального перепада температур внутри каждого из тепловыделяющихся элементов конструкции или участка «критической» тепловой цепи. Уменьшение перепада температур между температурой элемента и температурой «горячей точки» цепи элементов при пониженном уровне температур позволяет располагать повышенным запасом помехоустойчивости ЛЭ и ЛЦ;

- создание минимального теплового сопротивления между источниками теплоты (логическими элементами) и стоком теплоты (холодоносителем). Выполнение этого требования позволяет при сохранении температуры источников теплоты ЛЭ на допустимом уровне повысить тепловые нагрузки и снизить при этом массу и габариты машины;

- распределение холодоносителя между элемента-

ми и узлами конструкции ЭВМ в количествах, соответствующих их тепловыделениям, и обеспечение необходимой скорости его распространения. Это обуславливает такие условия теплообмена между холодоносителем и элементами ЭВМ, которые позволяют поддерживать температуру каждого элемента на допустимом для него уровне при минимальном суммарном расходе холодоносителя. Если холодоноситель подается внутрь ЭВМ без должного распределения между тепловыделяющими элементами, то даже при достаточно суммарном расходе некоторые из них оказываются перегретыми до недопустимых температур, в то время как другие, достаточно охлажденные, не могут использовать полностью поступающий к ним избыточный холодоноситель, который затем выводится из конструкции, не выполнив своих функций;

- обеспечение таких влажностных функций для элементной базы, носителей информации и материалов конструкции, чтобы иметь возможность создать минимальные изменения в показателях надежности этих конструктивных компонентов ЭВМ и отсутствие образования конденсата на их рабочих поверхностях;

- выбор элементов теплоотвода, средств и агрегатов системы охлаждения с такими показателями работоспособности $P(t)$ для всего времени эксплуатации ЭВМ, чтобы выполнялось требование (вероятность работоспособности системы охлаждения выше вероятности работоспособности системного блока):

$$P(t)_{\text{Cox}} \geq P(t)_{\text{CB}}, \quad (1)$$

где $P(t)_{\text{Cox}}$ – вероятность работоспособности системы охлаждения;

$P(t)_{\text{CB}}$ – вероятность работоспособности системного блока РС.

Системный подход в решении задачи охлаждения реализуется, когда одновременно и взаимосвязанно рассматриваются и синтезируются требуемые процессы охлаждения в конструкции системного блока, элементы и средства теплоотвода и их конструктивно-тепловые параметры, а также функциональные и надежностные параметры конструкции, средства обеспечения холодоносителем и их характеристики.

В основу расчета теплового режима системного блока положен метод электротепловой аналогии, обоснованный Г.Н. Дульневым для задач теплового режима РЭА. В обобщенном случае, для расчета созданной тепловой схемы, применим известный способ расчета нелинейных электронных схем. В этом случае система уравнений в матричном виде, определяющая вектор-столбец температур $T = (T_1, T_2, T, \dots, T_{n-1})^T$ в узлах схемы, по аналогии с узловыми потенциалами, будет иметь вид:

$$T^Y = -(AYA^\tau)^{-1} AP, \quad (2)$$

где T_n – температура в n -м узле;

n – число узлов в схеме;

A – матрица узлов;

A^τ – матрица, транспонированная от A ;

$P = (P_1, P_2, \dots, P_m)^T$ – вектор-столбец тепловых потоков, проходящих через элементы схемы;

Y – диагональная матрица тепловых проводимостей схемы.

Элементы матрицы Y , заданные температуры и тепловые потоки могут подчиняться тем или иным законам распределения с корреляционными связями между ними.

Учитывая, что электромеханическая часть мехатронного модуля представляет собой привод на BLDC-электродвигателях, составляем уравнения этой части системы в пространстве состояний [3]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (3)$$

где x – матрица входных значений;

u – выходных значений;

A, B – матрицы, определяемые структурой силовой цепи BLDC-электродвигателя и значениями ее параметров.

Для решения системы уравнений (2) и (3) и статического расчета искомых температур и тепловых потоков, в пакете Simulink системы Matlab 7 была построена виртуальная модель мехатронного модуля активной системы воздушного охлаждения системного блока РС, с применением в качестве исполнительных элементов электромеханической части системы BLDC-электродвигателей, (см. рисунок 2). Рабочий

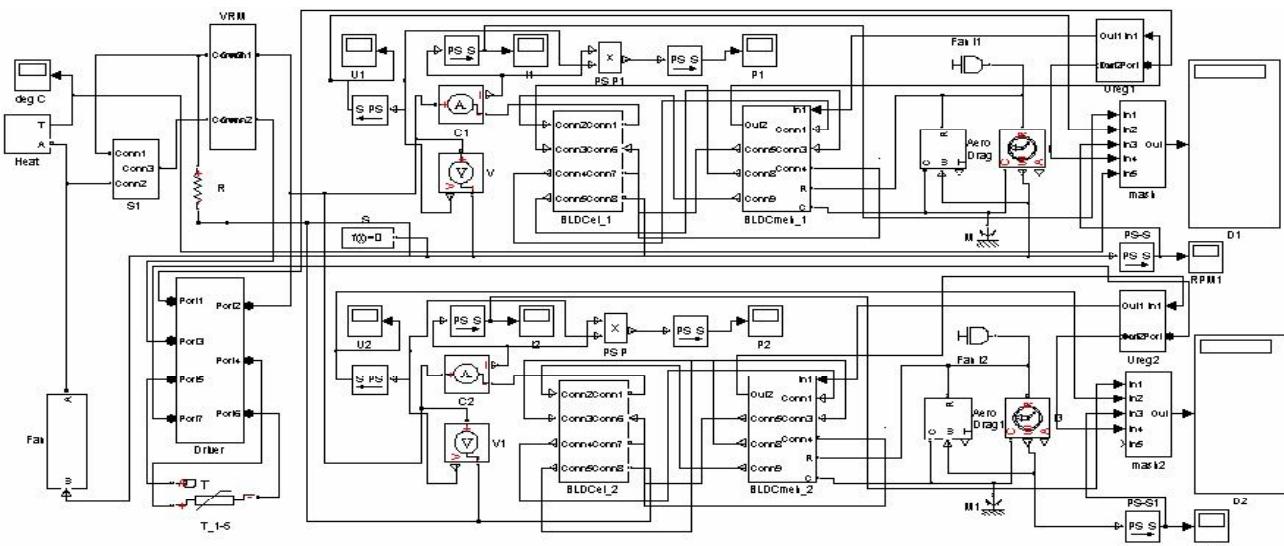


Рисунок 2 – Виртуальная модель мехатронного модуля системы воздушного охлаждения элемента системного блока РС на примере двухдвигательного привода на BLDC-электродвигателях

ток и мощность на примере одного BLDC-электродвигателя представлены на рисунке 3. Рабочая температура и скорость вращения на примере одного BLDC-электродвигателя представлены на рисунке 4.

лупроводниковых систем в Matlab 6.0: Учеб. пособие. СПб.: КОРОНА-принт, 2001. 320 с.

Сагитов П.И., Гафурьянов Д.З., Гафурьянов Р.Д.
BLDC-қозғалтыштарда жетекшілік мехатронды модулын жасау.

Көп қозғалтышты қадағалау жүйесінің виртуал моделі усынылады. Осындай электр жетегі жеке компьютерлердің жүйелік блоктарын ауда сұйту үшін қолданылады. Жұмыс нәтижелері жүйелік блоктарды жобалау және инсталляция процесін үдемтүгे мүмкіндік береді. Сұйту жүйесінің нақты аналық тақша және электр жетегін жасауыша қарай адаптация болуы мүмкін. Энергия сақтауышы сипаттамаларын оңтайландыру қамтамасыз етіледі. Модель көп қозғалтышты жүйеде құаты бойынша әр түрлі электр қозғалтыштарын таңдау дұрыстығын тексеруге мүмкіндік береді. АБЖ тұтынантын қуат РЭА сұйту арқылы төмендейді.

Sagitov P.I., Gafuryanov D.Z., Gafuryanov R.D. Developing Drive Mechatronic Module on BLDC-engines.

There is suggested a virtual model of multi-engine monitoring system. Such an electric drive is used for air cooling personal computers system blocks. The results of the work permit to accelerate the process of system block designing and installing. There is possible the adaptation for a manufacturer of a concrete parent board and cooling system electric drive. There is provided power saving characteristics optimization. The model permits to check correctness of different power engines in a multi-engine system. Consumed power is decreased.

In article are considered particularities of the development to virtual model multiple engine systems of the air cooling superblock element of the personal computer PC.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сагитов Пулат Исмаилович, профессор, доктор технических наук по специальностям 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы», 05.14.01 «Энергетические системы и комплексы». Научное направление: автоматизированный электропривод. Имеет более 100 публикаций, в том числе 1 учебник, 10 учебных пособий, 3 монографии и 14 авторских свидетельств на изобретения, председатель докторского диссертационного совета, зав. каф. «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Гафурьянов Дамир Забирьянович, технический директор Ltd «Radan-electric».

Гафурьянов Рашид Дамирович, инженер, Казахско-Американский университет, г. Алматы.

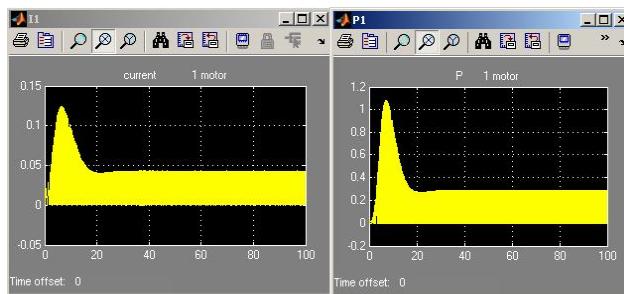


Рисунок 3 – Рабочий ток и мощность на примере одного BLDC-электродвигателя

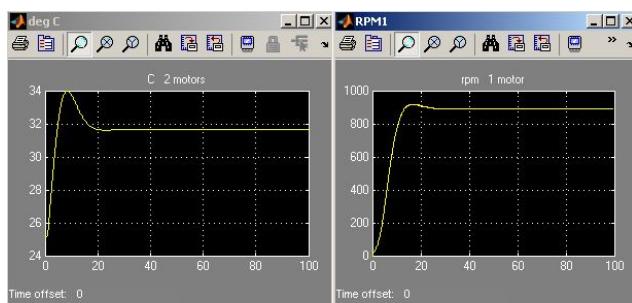


Рисунок 4 – Рабочая температура и скорость вращения на примере одного BLDC-электродвигателя

Выводы

1. Результаты работы позволяют ускорить процесс проектирования и инсталляции современных системных блоков РС под производителя конкретной материнской платы и электропривода системы охлаждения с оптимизацией энергосберегающих характеристик.

2. Модель позволяет проверить правильность выбора различных по мощности электродвигателей в многодвигательной системе и, учитывая коэффициент загрузки объекта управления, можно добиться снижения потребляемой мощности АСУ охлаждением РЭА.

ЛИТЕРАТУРА

- Ильинский Н.Ф., Москаленко В.В. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2008. 208 с.
- Сагитов П.И. Энергосбережение в электроприводе: Учеб. пособие. Алматы, 2003. 84 с.
- Овчинников И.Е. Вентилярные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность): Курс лекций. СПб.: КОРОНА-Век, 2006. 336 с.
- Интернет ресурсы: www.ansoft.com, www.radan-electric.kz, www.delta.com.
- Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование по-