

Константин Староверов

## РЕШЕНИЯ IR ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ



В статье рассматривается одно из передовых решений для построения регулируемых электроприводов бытовой техники - платформа для проектирования **iMotion** от компании **International Rectifier**.

International  
**IR** Rectifier

В условиях непрерывного удорожания энергоресурсов и, в частности электроэнергии, производители бытовой техники ожидают рост спроса на ту продукцию, которая при несущественном ценовом отличии будет предлагать возможность ощутимой экономии электроэнергии. Только заменой нерегулируемого электропривода на регулируемый в такой домашней технике, как стиральные машины, холодильники и кондиционеры, можно добиться снижения энергопотребления до 30%. Однако, если в результате такой модернизации рост цены окажется существенным, то скорее всего на массовое восприятие рынком энергоэффективной продукции вряд ли можно будет надеяться. Выход — поиск недорогих, но эффективных решений управления электродвигателями (ЭД). За последние годы появилось множество решений, упрощающих разработку цифрового тракта системы управления электродвигателем, однако разработчики нуждаются в элементной базе и инструментальных средствах, упрощающих разработку еще одного не менее важного тракта — силового каскада.

Производители микроконтроллеров немало сделали для удешевления устройств управления ЭД. Яркий пример — появление DSC-микроконтроллеров, кото-

рые сочетают возможности DSP- и RISC-процессоров и, кроме того, интегрируют специальные устройства для управления ЭД, в том числе многоканальные широтно-импульсные модуляторы с возможностями и синхронизированной работы, противофазными выходами, возможностями программирования паузы перекрытия противофазных выходов и др. Однако, несмотря на доступность для таких микроконтроллеров большого числа примеров программ и рекомендаций по применению, процесс их имплементации может оказаться затратным по времени.

Альтернативное решение, которое под силу быстро освоить даже новичкам, разработала компания International Rectifier. Идея этого решения — интеграция в состав микроконтроллера не только каналов ШИМ, но и всей логики управления ЭД на аппаратном уровне. Таким образом, полностью исключается необ-

ходимость разработки кода программы, реализующего алгоритмы управления вращающим моментом и частотой вращения ЭД. Более того, данные микроконтроллеры являются представителями интегрированной платформы для проектирования **iMOTION**, в которую также входят завершенные модули силового каскада (модули **IPM**) и ряд инструментальных средств, позволяющих после ввода параметров системы получить готовый проект.

На рисунке 1 показан пример применения продукции **iMOTION** для построения контроллера стиральной машины [1]. Его основными элементами являются ИС цифрового управления и силовой модуль **IPM**. ИС цифрового управления состоит из трех блоков: 8-битный 8051-совместимый микроконтроллер, 16-битный блок управления движением (блок MCE) и блок аналоговой обработки (блок ASE) для измерения токов, напряжений и температуры. Всего в семейство ИС цифрового управления **IRMCF3xx** входит пять представителей, ориентированных на различные области применения (см. таблицу 1). Тот факт, что многие ИС **IRMCF3xx** имеют возможность управления двумя ЭД и одним каскадом коррекции коэффициента мощности (ККМ) и при этом содержат программируемый микроконтроллер, делает предложение **IR** беспрецедентным.

Важно обратить внимание, что блок MCE ориентирован на совместную работу с конкретным типом двигателя — синхронный ЭД на постоянных магни-

Идея решения **International Rectifier** — интеграция в состав микроконтроллера не только каналов ШИМ, но и всей логики управления электродвигателем на аппаратном уровне. Таким образом, полностью исключается необходимость разработки кода программы, реализующего алгоритмы управления вращающим моментом и частотой вращения электродвигателя.

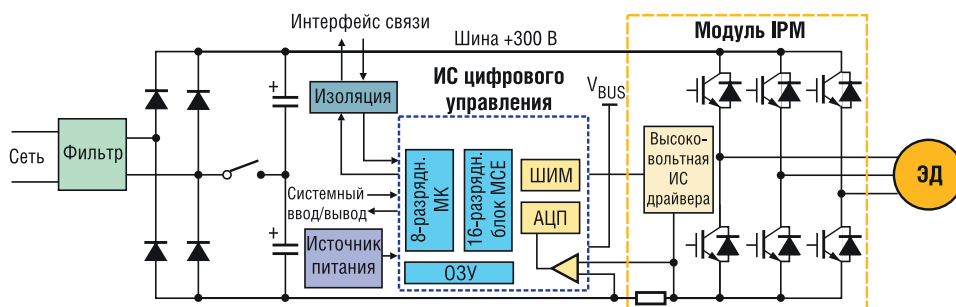


Рис. 1. Модуль **IPM** и ИС цифрового управления компании **IR** на примере контроллера стиральной машины

Таблица 1. Микроконтроллеры IR для управления ЭД

Основная область применения	Наименование	Возможности управления	Аналоговые блоки	Ввод/вывод	Последовательные интерфейсы	Корпус
Кондиционеры	IRMCF312* IRMCK312	2 ЭД 1 каскад ККМ	11 каналов x 12-бит, АЦП, оконный компаратор, схемы POR, UVLO**	36 цифровых линий в/в 1 вход захвата, 4 таймера	RS232 x 2 I <sup>2</sup> C/SPI	QFP100
Кондиционеры	IRMCF311 IRMCK311	2 ЭД 1 каскад ККМ	6 каналов x 12-бит, АЦП, оконный компаратор, схемы POR, UVLO	14 цифровых линий в/в 1 вход захвата, 4 таймера	RS232 x 2 I <sup>2</sup> C/SPI	QFP64
Компрессоры	IRMCF343 IRMCK343	1 ЭД 1 каскад ККМ	5 каналов x 12-бит, АЦП, оконный компаратор, схемы POR, UVLO	23 цифровых линий в/в 1 вход захвата, 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI	QFP64
Стиральные машины	IRMCF341 IRMCK341	1 ЭД	8 каналов x 12-бит, АЦП, оконный компаратор, схемы POR, UVLO	24 цифровых линий в/в 1 вход захвата, 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI	QFP64
Вентиляторы и насосы	IRMCF371 IRMCK371	1 ЭД	4 канала x 12-бит, АЦП, оконный компаратор, схемы POR, UVLO	13 цифровых линий в/в 1 вход захвата, 4 таймера	RS232 I <sup>2</sup> C/SPI	QFP48

**Примечание:** \*IRMCF содержат ОЗУ программы 48 кбайт и ОЗУ данных 8 кбайт, а IRMCK – 56 кбайт однократно-программируемого ПЗУ и 8 кбайт ОЗУ данных;

\*\*POR – сброс при подаче питания, UVLO – блокировка при снижении напряжения.

тах (PMSM) и реализует достаточно сложный алгоритм управления, который не требует использования датчиков положения и опирается на контроль тока с помощью одного токоизмерительного шунта. Для выполнения данного алгоритма блоку MCE требуется около 11 мкс. Именно благодаря этому, появляется возможность управления тремя системами одновременно (два ЭД и один каскад ККМ), что позволяет существенно снизить стоимость управляющей электроники, например, кондиционера, который оснащается двумя ЭД – вентилятора и компрессора.

Помимо упрощения аппаратной части, применение ИС IRMCF3xx практически избавляет разработчика от необходимости вникать в особенности цифрового управления ЭД и позволяет сосредоточиться на реализации прикладных функций автоматики, управления, индикации и т.п. Взаимодействие встроенного восьмибитного МК с блоком MCE осуществляется через общий блок памяти (двухпортовое ОЗУ), где хранятся конфигурационные параметры и переменные. Для вычисления всех необходимых для конфигурации блока MCE констант IR предлагает специальные инструменты. Первый инструмент – электронная таблица, которая после введения параметров электродвигателя и технических характеристик системы вычисляет конфигурационные данные. Другой – программа MCEDesigner, которая позволяет передать конфигурационные данные из ПК во встроенный микроконтроллер.

Однако, основная часть проблем поджидает разработчика на этапе разработки и интеграции силового каскада, образуемого силовым инвертором (на МОП- или IGBT-транзисторах), высоковольтной ИС драйвера затворов и элементами контроля тока и температуры.

Если вести разработку силового каскада «с чистого листа» на основе дискретных компонентов, то основные проблемы будут связаны с обеспечением требований к электромагнитной совместимости и тепловым режимам, так как данные ха-

рактеристики зависят не только от параметров используемых дискретных компонентов, но и от паразитных элементов, свойственных каждой конкретной реализации. Например, ошибки в трассировке проводников, соединяющих слаботочные и силовоточные общие цепи или подключающих диоды формирователей напряжения управления затворами транзисторов верхнего уровня, могут привести к увеличению генерируемого электромагнитного шума и потере мощности. Кроме того, при разработке силового каскада необходимо позаботиться об эффективном расположении элементов контроля тока и температуры. Наконец, даже если успешно справиться со всеми перечисленными трудностями, прогнозировать поведение такого силового каскада (в частности температуру переходов силовых полупроводников) в различных рабочих условиях (частота и скважность ШИМ-сигнала, рабочие напряжение и ток) можно только экспериментально, что затягивает процесс проектирования. Многие данные проблемы решает еще один представитель платформы iMotion компании IR – модуль IPM IRAMxx [2],[3]. IRAMxx – гибридные модули, которые интегрируют все перечислявшиеся ранее компоненты силового каскада и, кроме того, поддерживают функции защиты от токов короткого замыкания и перегрева. Таким образом, инженеру-разработчику достаточно выбрать наиболее подходящий к заданным условиям применения модуль и подобрать для него теплоотвод. Однако и здесь не все так просто. Сложности возникают из-за того, что ключевые параметры модуля (максимальный ток и потери мощности) зависят от частоты коммутации. Кроме того, влияют на тепловые режимы можно также применением более силовоточных модулей, чем требуют реальные условия применения. Таким образом, существует объективная потребность в инструменте, позволяющем сделать обоснованный выбор силового модуля и оценить температуру перехода силовых полупроводников в наихудших режимах работы. Таким инструментом является


**IPM WB Design Tool**, доступный в онлайн режиме на сайте IR ([www.irf.com](http://www.irf.com)). Данный инструмент позволяет выполнить три вида анализа:

- влияние частоты коммутации на максимальный ток ЭД;
- влияние частоты коммутации на потери мощности от одного до трех выбранных модулей IRAMxx;
- сравнительный анализ потерь мощности (P) и температуры корпуса (T<sub>c</sub>).

Последний вид анализа позволяет сформулировать требование к теплоотводу, а именно – к его тепловому сопротивлению R<sub>TH</sub>, которое при известных окружающей температуре (T<sub>A</sub>) и тепловом сопротивлении «корпус модуля – теплоотвод» (R<sub>TH(C-S)</sub>) обеспечивает требуемый для надежной работы модуля тепловой режим:  $R_{TH} = (T_c - T_A) / P - R_{TH(C-S)}$ .

Наконец, последнее, что необходимо отметить: при оценке стоимости силового каскада необходимо учитывать и стоимость теплоотвода, т.к. из приведенного выше выражения следует, что при прочих равных условиях более слаботочный модуль будет требовать более громоздкий теплоотвод. Таким образом, окончательный выбор модуля IPM необходимо осуществлять, исходя из стоимости и размеров конечного решения.

### Литература

1. Murray A. Sensorless Motor Control Simplifies Washer Drives// Power Electronics Technology, June 2006. – P.14-21.
2. Башкиров В. IRAMxx – интеллектуальные силовые IGBT-модули для электропривода широкого применения// Новости электроники, №7, 2007 г. – стр. 14-17.
3. Староверов К. Новое поколение модулей IRAM//Новости электроники, №18, 2008 г. – стр.12-16. 

Получение технической информации,  
заказ образцов, поставка –  
e-mail: [power.vesti@compel.ru](mailto:power.vesti@compel.ru)