Применение ПЛИС в регулируемом асинхронном электроприводе

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

В статье описана схема управления инвертором в приводе асинхронного электродвигателя, реализованная на базе ПЛИС фирмы Altera.

В настоящее время электроприводы, предназначенные для преобразования электрического сигнала в механическое перемещение вала, строятся на основе трёхфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. В силу конструктивных особенностей асинхронная машина лишена ряда недостатков, присущих машинам постоянного тока. В частности, отсутствие коллектора и щёток в асинхронном двигателе обусловливают большую предельную мощность, лучшие весогабаритные показатели, более высокие перегрузочную способность, допустимую скорость изменения момента и скорость вращения, чем в машине постоянного тока.

Известно, что преимущества асинхронного двигателя наиболее полно реализуются при частотном управлении, что обусловливает «вытеснение» регулируемого электропривода постоянного тока частотно-регулируемым асинхронным электроприводом во всех отраслях промышленности. Основная функция частотного привода заключается в получении переменного напряжения с регулируемой амплитудой и частотой для управления скоростью вращения асинхронного двигателя.

Для решения задач, связанных с управлением асинхронными электроприводами, используются устройства, выполненные на основе микроконтроллеров или микропроцессоров. С их помощью можно решать многие задачи измерения, управления и обслуживания электроприводов. Подобные устройства легко программируются, потребляют мало энергии и легко включаются в схему.

Однако растущий спрос на устройства, обладающие сокращённым проектно-технологическим циклом, ускоренным макетированием и реконфигурированием, удобством программирования и низкими затратами при реализации, расширяет сферы применения других цифровых БИС, в том числе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Подобные ИС обладают большим числом выводов, настраиваемыми логическими уровнями входов и выходов и способны заменить несколько микросхем, включая микроконтроллер, регистры портов, интерфейс и т.п. Учёт архитектурных особенностей и в ряде случаев преимуществ ПЛИС перед микропроцессорами, позволяет выполнять на основе ПЛИС конкурентоспособные изделия.

Производители предлагают разнообразные ПЛИС: программируемые простые, матричные и сложные логические устройства (SPLD, PAL, CPLD); программируемые пользователем базовые матричные микросхемы (FPGA). ПЛИС типа CPLD представляют собой комплексные программируемые логические устройства, энергонезависимые и с некоторым ограничением допустимого числа перезаписи. Такие ПЛИС характеризуются высоким соотношением количества логических элементов к количеству регистров и отличаются гибким ресурсом трассировки. Главные достоинства CPLD – пониженное энергопотребление и упрощённые режимы сохранения информации.

Наиболее распространённые ПЛИС типа FPGA представляют собой матрицу программируемой логики, между строками и столбцами которой имеются программируемые соединения. Высокоинтегрированные кристаллы FPGA содержат, кроме матриц, встроенную память, приёмопередатчики и микропроцессоры, которые можно подключать с помощью программируемых соединений внутри кристалла, без ограничения числа циклов перепрограммирования.

ПЛИС типа CPLD и FPGA обладают специфическими характеристиками и сочетанием таких параметров, как быстродействие, энергопотребление, уровень интеграции и стоимость. Такое разнообразие – одна из самых сложных проблем, с которыми приходится сталкиваться разработчику электронных устройств. Однако в связи с тем, что производители ПЛИС проводят политику промышленной стандартизации, задача выбора типа и серии конкретной микросхемы существенно облегчается.

Учитывая особенности ПЛИС, автор предлагает использовать их для реализации некоторых элементов схемы проектируемого устройства управления частотно-регулируемым асинхронным электроприводом. Большая часть функций управления таким электроприводом обычно реализуются программно в микроконтроллере преобразователя частоты. На рисунке 1 приведена функциональная схема электропривода, в которой для управления биполярными транзисторами с изолированным затвором (IGBT) применена ПЛИС.

Силовая часть преобразователя (см. рис. 1) содержит: неуправляемый или управляемый трёхфазный выпрямитель, преобразующий входное переменное напряжение в постоянное напряжение промежуточного контура преобразователя частоты; накопительный конденсатор, обеспечивающий качество преобразованного напряжения; силовой инвертор напряжения, преобразующий постоянное напряжение промежуточного контура в выходное трёхфазное синусоидальное напряжение, передаваемое на двигатель.

Для инвертирования постоянного тока в преобразователе частоты используются IGBT-транзисторы с малыми потерями в статическом и в динамическом режимах. Транзисторы этого типа обеспечивают очень низкий уровень помех при частоте пе-

реключения до 20 кГц. Для согласования работы силовой части с управляющей схемой используется ключевой усилитель мощности. Управляющая часть преобразователя частоты (см. рис. 1) содержит: микроконтроллер (например, 8-разрядный PIC), ПЛИС для управления инвертором, задатчик параметров и модули сопряжения с датчиками контролируемых параметров.

Для реализации схемы частотного управления транзисторами инвертора асинхронного электропривода разработана принципиальная электрическая схема устройства, приведённая на рисунке 2, где DD1 – генератор тактовых импульсов (микросхема КХО-V96), DD2 – ПЛИС для управления IGBT-транзисторами VT1 – VT6, DD3 – DD5 (микросхема AD1991) – элементы силовой части схемы управления (ключевые усилители мощности).

Следует отметить, что при выборе конкретного типа, серии и семейства ПЛИС разработчики обычно руководствуются сложностью, выраженной в количестве логических элементов, а также доступностью средств разработки. Цена ПЛИС пропорциональна её логической «ёмкости», поэтому для реализации разрабатываемого устройства необходимо подбирать ПЛИС с оптимальным количеством логических элементов. Вполне возможно использовать недорогие ПЛИС, поскольку за счёт быстрой повторяемости простых операций можно выполнять медленные приложения при малых аппаратных затратах. Кроме того, следует учитывать, что степень интеграции ПЛИС достигла уровня, при котором на размер кристалла практически не влияет общее количество вентилей. Однако для крупных проектов, создаваемых с нуля, время полной верификации традиционными способами может оказаться неприемлемо большим, что вынуждает пользоваться функциональными блоками, разработанными сторонними фирмами. Широта выбора таких функциональных блоков и возможность учёта их параметров как единого целого при моделировании разрабатываемого устройства является существенным критерием при выборе конкретной ПЛИС для реализации сложных проектов.

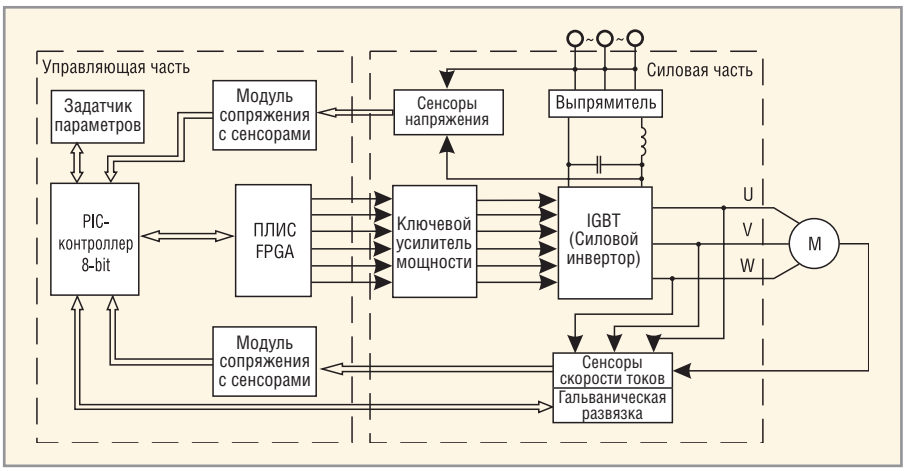


Рис. 1. Функциональная схема преобразователя частоты

При проектировании устройства управления транзисторами силового инвертора преобразователя частоты (см. рис. 1 и 2) использовалась свободно распространяемая САПР QuartusII v7.2, позволяющая реализовать проект на базе ПЛИС фирмы Altera. Система проектирования полного цикла поддерживает сквозной процесс – от ввода и контроля до программирования микросхем – и является архитектурно независимой средой проектирования, адаптируемой к конкретным проектным требованиям. Файл описания проекта был создан в текстовом редакторе пакета. При описании алгоритма функционирования разработанного устройства учитывалась последовательность включения и выключения транзисторов VT1 – VT6 силового инвертора.

После отладки компонентов схемы на основе созданных при компиляции выходных файлов осуществлено моделирование работы проекта с помощью подсистемы Simulator пакета QuartusII v7.2. При этом проверялись арифметические операции и внутренние временные соотношения проекта. Компиляция выполнена с учётом заданных требований к обеспечению временных характеристик проекта и оптимизации используемых ресурсов ПЛИС. В результате компиляции создан файл для программирования и конфигурирования ПЛИС фирмы Altera. Синтезированная схема управления инвертором, выполненная с использованием возможностей ПЛИС, приведена на рисунке 3. При компиляции проекта была выбрана ПЛИС типа EPM7032SLC44-5.

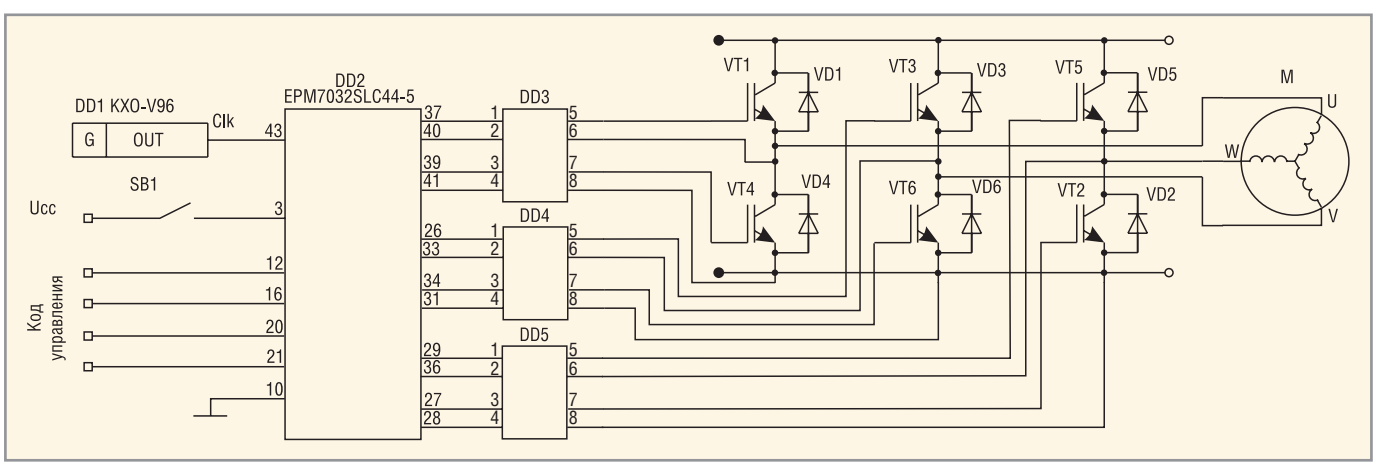


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления транзисторами инвертора асинхронного электропривода

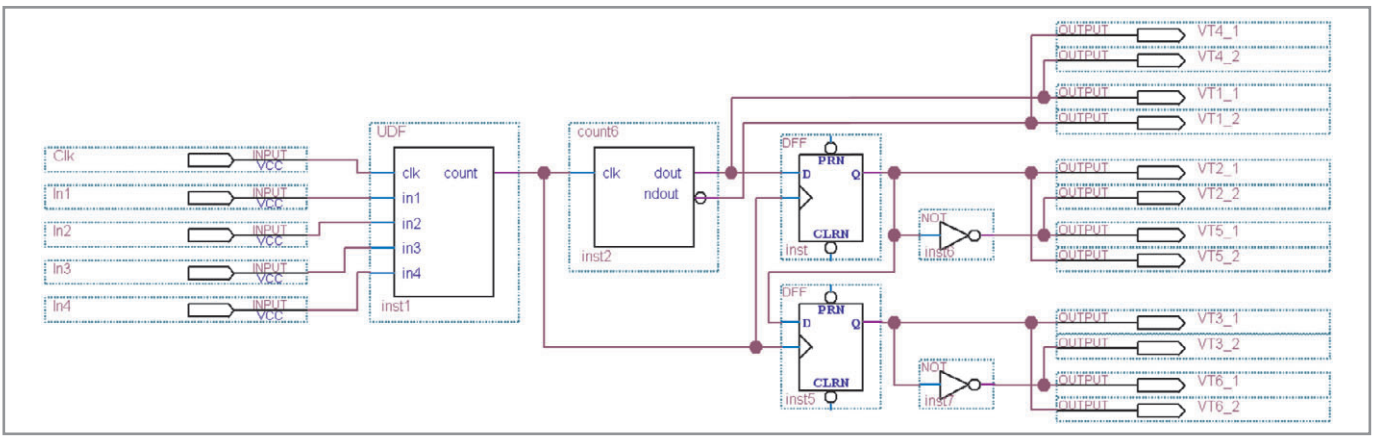


Рис. 3. Схема устройства управления инвертором асинхронного электропривода в ПЛИС

UDF – управляемый делитель частоты, count6 – счётчик на шесть тактов, DFF – D-триггеры, NOT – инверторы

Схема устройства управления инвертором асинхронного электропривода в ПЛИС работает следующим образом. При замыкании ключа SB1 (см. рис. 2) на тактовый вход управляемого делителя частоты UDF (см. рис. 3) подаются импульсы, вырабатываемые генератором тактовых импульсов DD1 (см. рис. 2). На входы In1 – In4 (см. рис. 3) подаётся код управления, соответствующий коэффициенту деления управляемого делителя частоты. Сигнал с выхода управляемого делителя частоты UDF подаётся на вход счётчика на шесть тактов count6, который совместно с D-триггерами DFF формирует выходные сигналы, поступающие на входы 1 – 4 ключевых усилителей DD3 – DD5 (см. рис. 2). Сигналы с выходов 5 – 8 ключевых усилителей поступают на входы IGBT-транзисторов инвертора, как показано на рисунке 2. Ток через обмотку двигателя M может протекать только тогда, когда открыт один из верхних (VT1, VT3 и VT5) и один из нижних транзисторов (VT4, VT6 и VT2). Посредством циклического переключения транзисторов ток меняется в трёх выходных фазах, которые постоянно сдвинуты на 120° относительно друг друга. В результате получается симметричная трёхфазная система, частота которой зависит от длительности цикла срабатывания транзисторов инвертора. Длительность срабатывания каждого транзистора задаётся соответствующим кодом на входах In1 – In4 (см. рис. 3).

В качестве примера ниже приведён фрагмент программного описания работы управляемого делителя частоты UDF в ПЛИС, управляющей транзисторами силового инвертора преобразователя частоты.

```
entity UDF is
port( clk, in1, in2, in3, in4:
in bit;
        count: out bit);
end UDF;
architecture struct of UDF is
signal i: integer range 0 to 15;
signal tmp: integer range 0 to 15;
begin
process(clk)
begin
if (clk'event and clk='1') then
i<=0;
if (in1='1')then
i<=i+1;
end if;
if (in2='1')then
i<=i+2;
end if;
if (in3='1')then
i<=i+4;
end if;
if (in4='1')then
i<=i+8;
end if;
if (tmp = i) then
count<='1';
tmp<=0;
elsif (tmp > 15) then
count<='1';
tmp<=0;
else
tmp<=tmp+1;
count<='0';
end if;
end if;
end process;
end struct;
```

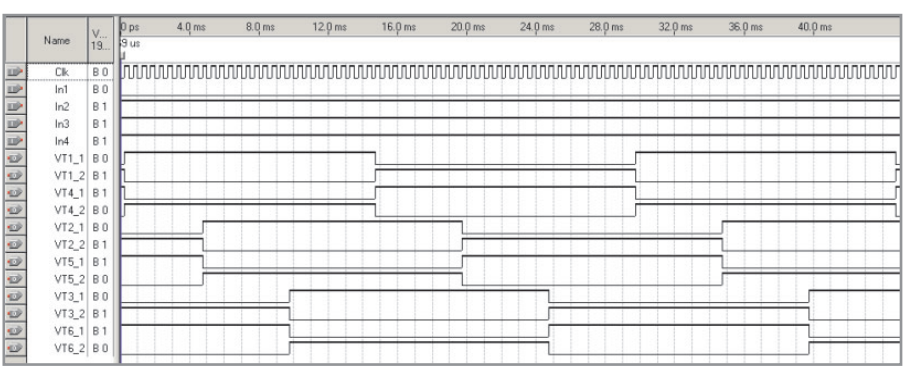


Рис. 4. Результаты моделирования устройства

После введения в ПЛИС всей разработанной программы было осуществлено моделирование работы устройства. При этом использовался симулятор QuartusII v7.2, осуществляющий проверку логических операций и внутренних временных соотношений проекта. В ходе функционального моделирования была проверена логика работы схемы.

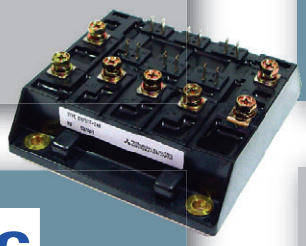
Результаты моделирования разработанного устройства при частоте переключения транзисторов 2 кГц (см. рис. 4) подтверждают его работоспособность в полном соответствии с предъявляемыми требованиями. Разработанное устройство управления инвертором частотного преобразователя асинхронного электропривода, реализованное на основе ПЛИС, отличается доступностью элементной базы, простотой реализации и настройки.

КОМПОНЕНТЫ
ДЛЯ АВТОЭЛЕКТРОНИКИ

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ ОТ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

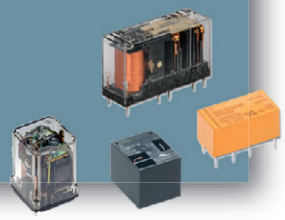
MAXIM DALLAS SEMICONDUCTOR
Infineon technologies
EPCOS
Honeywell
SICK
VISHAY
BOURNS Reliable Electronic Solutions
IOR
Tyco Electronics Our commitment. Your advantage.
Panasonic ideas for life
CRYDOM
DATA VISION
MITSUBISHI ELECTRIC
Kingbright
muRata Innovator in Electronics
velleman

MITSUBISHI ELECTRIC
Мощные IGBT модули



CRYDOM
Силовые диодно-тиристорные модули

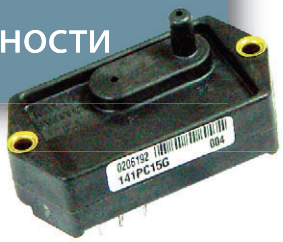
Panasonic ideas for life
Реле



EPCOS
Силовые конденсаторы

Tyco Electronics
Our commitment. Your advantage.
Соединители

Honeywell
Датчики для автомобильной промышленности



www.platan.ru
ПЛАТАН

Офисы в Москве: **м. Молодежная**: ул.Ивана Франко, 40, стр.2, (495) 97-000-99, 121351, Москва, а/я 100, e-mail: platan@aha.ru
м. Новослободская: 1-й Щемиловский пер., 16, стр.2 (495) 744-70-70, platan@platan.ru

Офис в Санкт-Петербурге: ул. Зверинская, 44 (812) 232 88 36, 232 23 73, baltika@platan.spb.ru
Представительства: Воронеж: (4732) 59 75 57 Казань: (843) 292 18 06 Киев: (38044) 494 37 92 Новосибирск: (3832) 16 57 73 Омск: (3812) 24 69 03 Томск: (3822) 55 65 30 Ульяновск: (8422) 37 65 67 Уфа: (3472) 32 10 79
Региональные дилеры: Белгород: (4722) 31 30 84 Екатеринбург: (343) 353 75 16 Ижевск: (3412) 43 72 51 Йошкар-Ола: (8362) 45 17 45 Минск: (375 17) 287 28 60 Нижний Новгород: (8312) 30 32 33 Новосибирск: (3832) 17 39 43 Омск: (3812) 24 10 90 Пермь: (3422) 37 17 46, (3422) 12 54 00 Ростов-на-Дону: (8632) 44 34 48 Самара: (8462) 67 31 39 Санкт-Петербург: (812) 327 96 92 Саратов: (8452)60 68 88 Тольятти: (8482) 70 91 03 Томск: (3822) 51 12 25 Тюмень: (3452) 75 11 17 Чебоксары: (8352) 28 81 57 Уфа: (3472) 35 63 73 Якутск: (4112) 36 38 51, 43 32 86

реклама