

быстродействием так как отсутствуют блоки вычисления которые заменены трехкоординатным блоком памяти.

#### Список литературы:

- [1] Сугаков В.Г. Системы автоматического регулирования параметров электрической энергии судовых электростанций. Ч. 2. Автоматическое регулирование напряжения судовых источников электрической энергии : учеб. пособие / В.Г. Сугаков, О.С. Хватов. – Н. Новгород :Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. 180 с.
- [2] Патент на изобретение № 25233005 по заявке 2013108756 от 27.02.2013, кл. Н02Р 9/14.
- [3] Лачин В.И. Электроника : учеб. пособие / В.И. Лачин, Н.С. Савёлов. – Изд. 7-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2009. – с. 267–287.
- [4] Emadi, Ali. Uninterruptible power supplies and active filters/ Ali Emadi, Abdolhosein Nasiri, Stoyan B. Bekairov, p.cm.- (Power electronics and application series), ISBN 0-893-3035-1, ТК1005/E49 2005 – pp. 80-81.

*И.В. Сычушкин, В.Н. Гуляев, Ю.С. Малышев*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## ПРИМЕНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

В настоящее время ведущие российские разработчики и производители продукции микроэлектроники, в том числе, специального применения, предлагают не только широкий ассортимент микроконтроллеров позволяющих реализовывать системы управления различных электроприводов, но и элементы силовой части – IGBT-транзисторы.

Современные электропривода это совокупность силового преобразователя, устройства управления и электромеханического преобразователя энергии (двигателя). Области применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется, а значит, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью электропривода. Разработка высокопроизводительных, экономичных и компактных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники.

Развитие биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), и микроконтроллеров имеющих встроенный набор специализированных периферийных устройств, сделали необратимой тенденцию массовой замены аналоговых систем управления приводами на системы прямого цифрового управления.

Под прямым цифровым управлением понимается не только непосредственное управление от микроконтроллера каждым ключом силового преобразователя (инвертора и управляемого выпрямителя, если он есть), но и обеспечение возможности прямого ввода в микроконтроллер сигналов различных обратных связей (независимо от типа сигнала: дискретный, аналоговый или импульсный) с последующей программно-аппаратной обработкой внутри микроконтроллера. Таким образом, система прямого цифрового управления ориентирована на отказ от значительного числа дополнительных интерфейсных плат и создание одноплатных контроллеров управления приводами.

Микроконтроллер иностранного производства с 32-разрядным процессорным ядром ARM Cortex-M0, а также с аналоговой периферией и блоком управления питанием, позволяет организовать интеллектуальное управление двигателем по доступной

стоимости. Эти высокоинтегрированные решения не только позволяют уменьшить число компонентов в системе, но и повысить ее энергоэффективность и безопасность.

В настоящее время ведущие отечественные разработчики и производители интегральных схем, такие как Микрон, Миландр, Интеграл и Ангстрем, ведут разработки и производят современные микроконтроллеры различного назначения.

Например, широко распространенный и один из самых дешевых микроконтроллеров ATtiny2313 фирмы Atmel, имеет в настоящее время отечественный аналог IN90S2313DW производства Интеграл. Отечественный контроллер дешевле в два-три раза и в отличие от зарубежного аналога имеет два исполнения коммерческое и специальное. Контроллер типа 2313 имеет, в своем арсенале набор самых разнообразных современных периферийных устройств. В том числе два 8-разрядных таймера с возможностью работы в режиме источника сигнала с ШИМ (PWM). А так же 4 канальный 10-разрядный АЦП. Не смотря на то, что объем памяти у данной микросхемы не велик (2К памяти программ и всего 128 байта SRAM и 128 байта EEPROM), однако она прекрасно подходит для большинства задач требующих применения генератора ШИМ и АЦП.

В качестве примера на рисунке 1 представлена схема модели управления двигателем при помощи микроконтроллера IN90S2313DW. Модель разработана в программе Proteus 7. Эта программа – отладчик позволяет наглядно продемонстрировать результат разработанного кода микроконтроллера на виртуальной модели.

Разрабатывать программное обеспечение (ПО) для микроконтроллера можно например в бесплатной среде Atmel Studio 6.0, в которой множество встроенных функций и библиотек упрощающих разработку ПО (рис. 2).

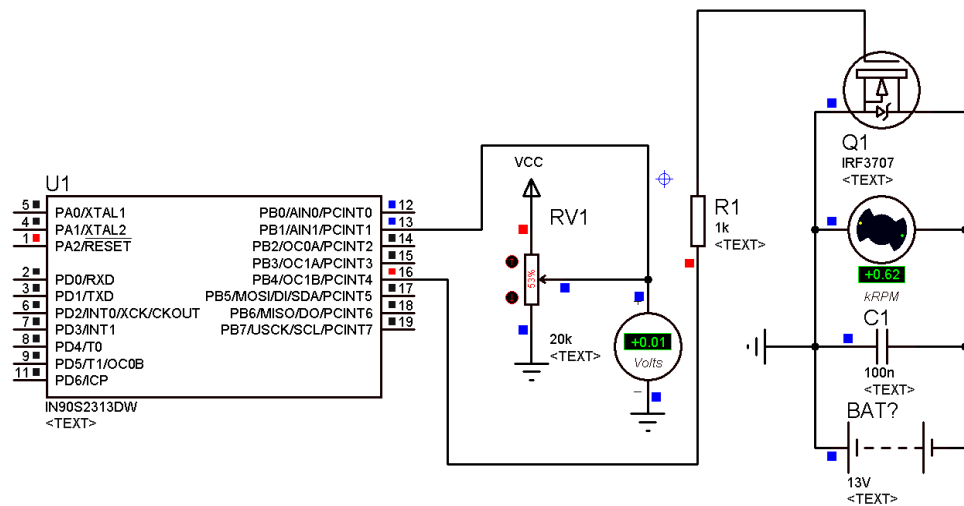


Рис. 1. Модель демонстрирующая возможность микроконтроллера используя ШИМ

```

t.c - AtmelStudio (Administrator)
File Edit View VAssistX ASF Project Debug Tools Window Help
t.c
CLKPR=0x00;
#ifndef _OPTIMIZE_SIZE_
#pragma optimize+
#endif

// Input/Output Ports initialization
// Port B initialization
// Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=Out Func0=Out
// State5=T State4=T State3=T State2=T State1=0 State0=0
PORTB=0x00;
DDRB=0x03;
PORTB.4=1;
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Phase correct PWM top=0xFF
// OC0B output: Non-Inverted PWM
// OC0A output: инвертированное значение
TCCR0A=0xB1;
TCCR0B=0x03;
TCNT0=0x00;
OCR0A=0x00;
OCR0B=0x00;

// Timer/Counter 0 Interrupt(s) initialization
TIMSK0=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock Frequency: 76,563 kHz
// ADC Bandgap Voltage Reference: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Digital input buffers on ADC0: On, ADC1: On, ADC2: On, ADC3: On
DIDR0&=0x03;
DIDR0|=0x00;
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x87;
if(PINB.4==0){delay_ms(10);while(!PINB.4){}; TCCR0B=3; trc[0] = 0;} //если зажали кнопку при включении
//то сбрасываем сохранения
if(trc[0]=1){TCCR0B = trc[1];} //проверяем сохранённое значение
else{trc[1]=3; TCCR0B = trc[1];} //восстанавливаем
while (1)
    {
    }
    
```

Рис. 2. Фрагмент ПО в Atmel Studio 6.0

Кроме микроконтроллеров, на которых реализуется схема управления и контроля работы электропривода, на ОАО «Ангстрем» ведут разработки и изготавливают IGBT-транзисторы различной мощности, на которых возможна реализация силовой части электропривода.

Разработка и создание производства конкурентоспособных биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) и кристаллов высокочастотных диодов (FRD), а также силовых модулей на их основе компания «Ангстрем» проводит совместно с компанией «Электровыпрямитель» при поддержке Минпромторга РФ. Основные статические параметры IGBT-модулей, изготовленных на основе 1700-В кристаллов NPT+IGBT, практически совпадают с зарубежным NPT-аналогом, а по некоторым параметрам значительно превосходят его.

Разработанная компанией «Ангстрем» базовая технология и конструкция современных NPT+ IGBT с площадью кристалла 185 мм<sup>2</sup> на ток 100 А, напряжение 1700 В. Новые приборы имеют низкие статические и динамические потери, высокую устойчивость к токам перегрузки и короткому замыканию, сохраняют блокирующие напряжения в области температур, значительно превышающих рабочие температуры. С разработкой новых кристаллов NPT+ IGBT компания «Электровыпрямитель» получила возможность серийно выпускать силовые IGBT-модули большой мощности на токи до 2400 А, напряжение 1700 В не только с импортной, но и с отечественной комплектацией. Пример модуля, который уже сегодня может быть предложен потребителям, представлен на рисунке 3. Следует отметить, что габаритные размеры и дизайн кристаллов NPT+ IGBT были выполнены компанией «Ангстрем» с учетом общепринятых международных требований. Это позволяет использовать их в конст-

ружках модулей, ранее разработанных и освоенных в производстве ОАО «Электро-выпрямитель» с импортной комплектацией.

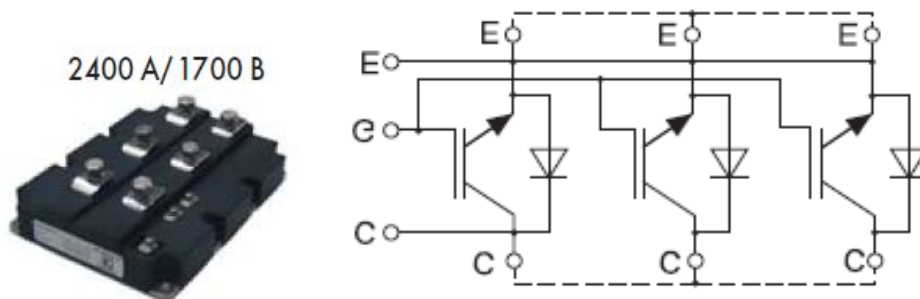


Рис. 3. IGBT-модуль в корпусе M18, 140×190 мм

Применение отечественной элементной базы в товарах широкого потребления позволяет иметь гарантированные поставки электронных компонентов, не зависящие от мировой конъюнктуры и не отягощенные таможенными расходами. А применение их в специальной технике помимо прочего повышает и обороноспособность страны.

#### Список литературы:

- [1] Машевич П.Р., Мартыненко В.А., Мускатиньев В.Г., Бормотов А.Т., Тогаев М., Крицкая Т.Б., Ищенко Л.А. Исследование параметров и характеристик обогащеннопланарных IGBT с малыми потерями на напряжение 1200 В // Силовая электроника. 2013. № 4. с. 60–65.
- [2] Алексеев К.Б., Палагута К.А. Микроконтроллерное управление электроприводом: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 298с.

*О.С. Хватов, Е.М. Бурда, И.А. Тарпанов*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

### ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ КОЛЕСНОГО СУДНА С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ ТИПА «СУРА»

Начиная с 2009 г. в Нижегородской области ведется строительство и ввод в эксплуатацию мелкосидящих пассажирских колесных судов проекта ПКС-40. Привод колес осуществляется от электрических двигателей мощностью по 75 кВт. Питание каждого двигателя производится от преобразователя частоты типа ATV71. Преобразователь рассчитан на управление двигателями мощностью до 75 кВт с номинальным напряжением 380 В и обеспечивает диапазон регулирования частоты от 0 до 50 Гц. Отклонение скорости не превышает  $\pm 10\%$  от номинального скольжения двигателя.

На судне имеется единая электростанция, содержащая два дизель-генератора (ДГ1, ДГ2) мощностью по 100 кВт и являющейся общей как для питания гребной электрической установки (ГЭУ), так и общесудовых потребителей.[1] Параллельная работа дизель-генераторов не предусмотрена из-за сложности режима синхронизации, что связано с наличием высших гармонических в сети при работе преобразователей частоты. Питание каждого из преобразователей частоты (ПЧ1, ПЧ2) производится от отдельных генераторов. В аварийном режиме возможно питание обоих двигателей от одной генераторной секции, но при этом ограничивается скорость вращения колес на уровне 0,7 от номинальной и снижается темп разгона. [2]