

Преобразователь напряжения с регулируемой частотой для трёхфазного асинхронного электродвигателя

В. ЮРЗИН, г. Апатиты Мурманской обл.

В электроприводах технологических установок получили широкое применение асинхронные трёхфазные двигатели. Если необходимо изменять частоту вращения ротора такого двигателя, его следует питать трёхфазным током с регулируемой частотой и (по связанному с ней закону) эффективным значением напряжения. В предлагаемой статье рассказывается о преобразователе, формирующем регулируемое по частоте и амплитуде трёхфазное напряжение из однофазного, поступающего от сети 220 В, 50 Гц. Задачи, решаемые модулем управления преобразователя, разделены между двумя микроконтроллерами серии PIC16, а силовой модуль построен на микросхеме IR2131, специально предназначенной для использования в трёхфазных инверторах, и мощных биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT — Insulated Gate Bipolar Transistor).

Варианты подобных конструкций уже были описаны на страницах журнала "Радио" [1, 2]. Но они обладают сравнительно небольшим интервалом регулирования частоты вращения, а в конструкции [2] для регулирования напряжения применён автотрансформатор. В предлагаемом преобразователе использован алгоритм формирования трёхфазного напряжения по базовым векторам [3] с регулированием выходного напряжения путем широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Принцип частотного регулирования

Трёхфазная система обмоток статора двигателя создаёт магнитное поле, вращающееся с угловой частотой

$$\omega = 2\pi f / p,$$

где f — частота питающего напряжения, Гц; p — число пар полюсов статора.

Поле пересекает витки обмоток ротора, наводя в них ЭДС, под воздействием которой в них протекает ток. Взаимодействуя с полем статора, он создаёт вращающий момент [3]. При постоянной частоте вращения поля двигатель обладает механической характеристикой, изображённой на рис. 1, где

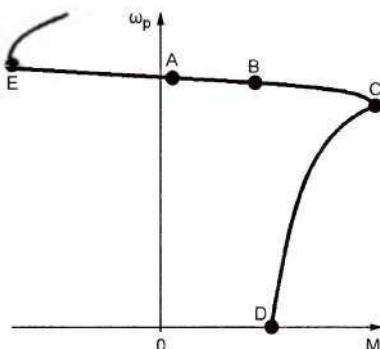


Рис. 1

вием которой в них протекает ток. Взаимодействуя с полем статора, он создаёт вращающий момент [3]. При постоянной частоте вращения поля двигатель обладает механической характеристикой, изображённой на рис. 1, где

ω_p — угловая скорость вращения ротора; M — момент вращения на валу. Буквами обозначены точки: А — режим холостого хода, В — номинальный режим, С — режим максимально возможного (критического) момента, D — начало пускового режима. Участок А—Е — рекуперативное торможение.

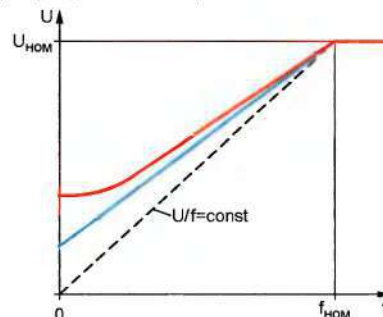


Рис. 2

Чтобы эффективно регулировать частоту вращения ротора, нужно изменять частоту вращения поля статора. Чтобы при этом сохранить момент, одновременно с частотой необходимо изменять и амплитуду приложенного к статорным обмоткам напряжения. Здесь частота — независимая переменная, а напряжение при данной частоте устанавливается исходя из того, как должна изменяться механическая характеристика двигателя в зависимости от частоты. Такой способ регулирования скорости электропривода с асинхронным двигателем называется частотным, а зависимость напряжения от частоты — законом частотного регулирования.

В частности, чтобы обеспечить независимости момента от частоты, необходимо выдерживать условие $U/f = \text{const}$. Но справедливо оно лишь при пренебрежении активным сопротивлением обмотки статора и приемлемо только для двигателей большой мощности. У двигателей малой или средней мощности пренебрежение активным сопротивлением статорной обмотки приводит к тому, что при изменении частоты постоянство момента не выдерживается.

Для поддержания момента близким к номинальному во всём интервале изменения частоты вращения применяют ИР-компенсацию — завышают напряжение относительно закона $U/f = \text{const}$, как показано на рис. 2 синей линией. Компенсация носит такое название, потому что добавка напряжения пропорциональна активному сопротивлению статорной обмотки R и протекающему по ней току I .

Корректируя зависимости напряжения от частоты, можно обеспечить желаемую зависимость развиваемого двигателем момента от частоты питающего напряжения. Повышение жёсткости механической характеристики в области малых значений частоты может быть достигнуто увеличением напряжения относительно линейного закона (красная линия на рис. 2). При частоте выше номинальной дальнейшее увеличение напряжения прекращают. В этой области его регулирование целесообразно лишь в тех случаях, когда момент нагрузки уменьшается с ростом частоты вращения.

Принцип работы преобразователя

Блок-схема преобразователя однофазного напряжения в трёхфазное управляемой частоты изображена на рис. 3. Он состоит из неуправляемого выпрямителя сетевого напряжения, сглаживающего фильтра, инвертора постоянного напряжения в трёхфазное и системы управления. Фильтр на выходе выпрямителя не только сглаживает пульсации, но и обеспечивает возврат реактивной энергии двигателя во время переходных процессов. Инвертор чаще всего выполняет по схеме трёхфазного

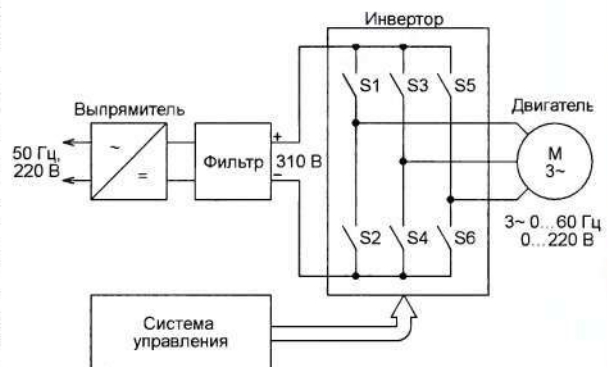


Рис. 3

моста, состоящего из шести электронных ключей S1—S6. Регулирование частоты и амплитуды поступающего на двигатель трёхфазного напряжения осуществляется путём изменения частоты и скважности управляющих ключа-

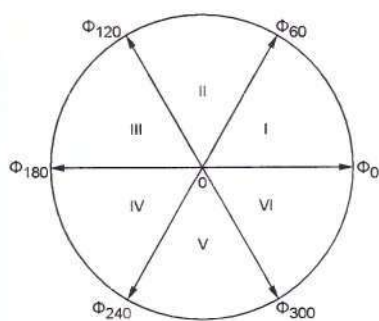


Рис. 4

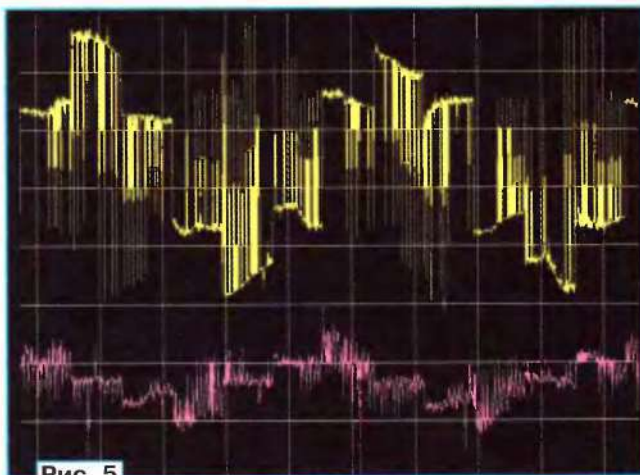


Рис. 5

Таблица 1

Ключ	Вектор					
	Φ₀	Φ₆₀	Φ₁₂₀	Φ₁₈₀	Φ₂₄₀	Φ₃₀₀
S1	+	+	+/-	-	-	-
S2	-	-	-	+	+	+/-
S3	-	+	+	+/-	-	-
S4	+/-	-	-	-	+	+
S5	-	-	+	+	+/-	-
S6	+	+/-	-	-	-	+

ми импульсов, генерируемых системой управления.

Термин "векторное управление" обусловлен тем, что при непосредственном управлении моментом необходимо изменять помимо амплитуды и фазу статорного тока, т. е. вектор магнитного потока в двигателе. Этот метод, использованный в рассматриваемом преобразователе, и основан на том, что вектор магнитного потока в статоре ротора в течение одного оборота последовательно занимает показанные на рис. 4 положения Φ_0 — Φ_{300} , что достигается управлением ключами, коммутирующими ток в обмотках статора, согласно табл. 1.

В ней замкнутое состояние ключа обозначено знаком плюс, а разомкнутое — знаком минус. Каждый из шести ключей замкнут в течение большей части половины периода, но размыкается за некоторое время до замыкания ключа, находящегося между тем же выводом двигателя и противоположным полюсом питающего напряжения. Этим предотвращается протекание "сквозного"

тока через одновременно замкнутые ключи, когда из-за конечной скорости переключения один не успел еще разомкнуться, а второй уже замкнулся.

Векторное управление позволяет существенно расширить интервал изменения частоты, обеспечить точность регулирования, повысить скорость реакции электропривода на управляющие воздействия. Изменения эффективного значения трёхфазного напряжения в соответствии с необходимой для реализации закона управления зависимостью от частоты производятся с помощью тех же ключей. Для этого импульсы, следующие с частотой вращения, подвергаются ШИМ — дополнительно модулируются более высокочастотными им-

пльсами с короткими переходными процессами и с малым падением напряжения в открытом состоянии. Благоприятным сочетанием параметров для использования в инверторе обладают IGBT, сочетающие в себе преимущества биполярных транзисторов и униполярных (полевых) транзисторов с изолированным затвором. IGBT могут работать на частоте до 100 кГц, имеют малое падение напряжения в открытом состоянии, а в закрытом выдерживают напряжение до 1500...1700 В.

Большой рабочий ток и устойчивость к его превышению (например, при замыкании в нагрузке) позволяют применять IGBT в системах управления мощными электроприводами. Благода-



Рис. 6

пульсами изменяемой скважности. На осциллограммах, изображенных на рис. 5 розовой кривой, показана форма напряжения на одной из фазных обмоток двигателя (напряжение измеряется относительно средней точки "звезды", в которой соединены три обмотки). Ток этой обмотки — жёлтая кривая. Выбросы на осциллограммах — реакция индуктивной нагрузки на импульсное напряжение.

Несинусоидальная форма подаваемого на двигатель напряжения приводит к росту энергетических потерь. Уменьшить их удаётся за счёт усложнения закона изменения скважности ШИМ, что позволяет приблизить к синусоидальному закон изменения среднего значения формируемого инвертором напряжения в течение его периода. К сожалению, ограниченные ресурсы применённых микроконтроллеров не позволили это сделать в рассматриваемом преобразователе.

Потери возникают и в электронных ключах инвертора. Они тем больше, чем ближе частота ШИМ к предельной рабочей частоте применённых ключей. Это следует иметь в виду при их выборе.

Обычно в качестве ключей используют транзисторы, обеспечивающие протекание тока в одном (прямом) направлении. Цепи для протекания обратного тока создают подключённые параллельно транзисторам диоды. Меньшие потери создают ключи на транзис-

тя изолированному затвору IGBT можно управлять с помощью маломощных сигналов. Более подробно с особенностями силовых ключей на IGBT можно познакомиться в [4].

Технические характеристики преобразователя

Входное однофазное напряжение, В	220
Максимальное трёхфазное напряжение (линейное), В	220
Частота трёхфазного напряжения, Гц	1...60
Время разгона/торможения двигателя, с	5...99
Направление вращения	прямое/обратное
Мощность двигателя (два режима), кВт	0,5; 1
Максимальный ток фазы, А	0,5
Частота ШИМ, кГц	2,5

Частоту выходного напряжения можно оперативно регулировать переменным резистором либо изменять с помощью кнопок. Предусмотрена индикация установленной частоты, текущего значения тока фазы, кода аварии (превышение мгновенного значения тока в любой из фаз, превышение среднего тока фазы).

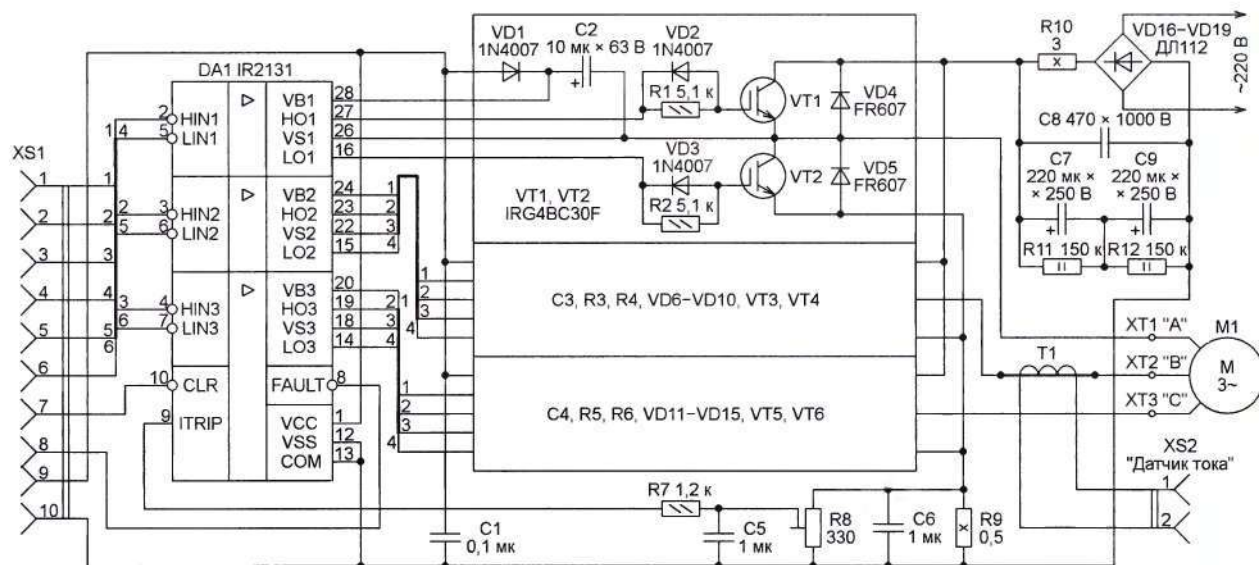


Рис. 7

Конструктивно преобразователь состоит из двух модулей: инвертора и управления. Оба собраны на платах размерами 155×95 мм, установленных одна над другой в пластиковом корпусе размерами 160×160×120 мм (рис. 6). С обратной стороны в корпус вмонтирован вентилятор от блока питания компьютера. Имеется также отдельный пульт с переменным резистором установки частоты и кнопками управления преобразователем. В нём же находятся контактные колодки для подключения питающей сети и электродвигателя.

Схема модуля инвертора изображена на рис. 7. В нём установлены IGBT IRG4BC30F (600 В, 31 А, 5 кГц, без защитного диода). В их позиционных обозначениях (VT1—VT6) номера такие же, как у ключей на рис. 3. Подробные сведения об этих IGBT можно найти в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашник В., Черемисинова Н. Преобразователь однофазного напряжения в трёхфазное. — Радио, 2009, № 3, с. 31—34.

2. Мурадханян Э. Управляемый инвертор для питания трёхфазного двигателя. — Радио, 2004, № 12, с. 37, 38.

3. Соколовский Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. — М.: Академия, 2006.

4. Семёнов Б. Силовая электроника: от простого к сложному. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005.

5. Insulated Gate Bipolar Transistor IRG4BC30F. — www.irf.com/product-info/datasheets/data/irg4bc30f.pdf.

(Окончание следует)

Доработка мини-метеостанции Assistant AH-1971

С. САМОЙЛОВ, г. Харьков

Проведённые автором статьи доработки домашней мини-метеостанции сделали включение подсветки её индикатора автоматическим, уменьшили потребляемый ток и повысили точность хода часов.



Рис. 1

В настоящее время в продаже имеется много разновидностей малогабаритных метеостанций, позволяющих измерять атмосферное давление, температуру, влажность и на основании проведённых замеров предсказывать погоду на ближайшие сутки. Одна из таких метеостанций — Assistant AH-1971 (рис. 1) — и была приобретена автором. Она довольно экономична, поскольку имеет монохромный ЖКИ. Питается от двух гальванических элементов типоразмера AA. Измеренный ток потребления — около 25 мкА при выключенной подсветке индикатора и 8,5...9 мА, когда она включена. Подсветка включается кнопкой без фиксации, после отпущения которой она через несколько секунд гаснет.

То, что подсветку невозможно держать включённой постоянно (например, в тёмное время суток), показалось

большим неудобством. Спустя несколько дней также выяснилось, что часы метеостанции отстают за сутки приблизительно на 6...8 с. Чтобы оценить возможность устранения этих недостатков, метеостанцию было решено вскрыть.

Оказалось, что узел управления подсветкой в ней никак не связан с остальными узлами и даже выполнен на отдельной печатной плате. Схема этого узла, составленная в результате изучения монтажа, показана на рис. 2. При нажатии на кнопку SB1 происходит быстрая зарядка конденсатора C13 до напряжения питания, открываются транзисторы Q1—Q3 и включается светодиод D1. Это яркий светодиод зелёного цвета свечения с прямым падением напряжения немного меньше 3 В. Уже

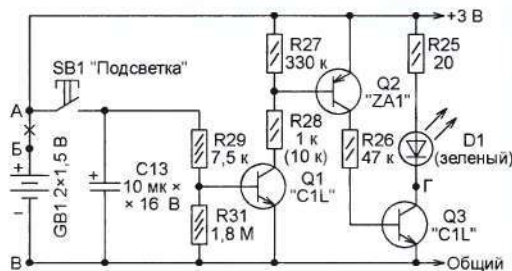


Рис. 2

при напряжении питания 2,8 В яркость подсветки падает практически до нуля.

Ток светодиода, определённый по падению напряжения на резисторе R25, около 6,5 мА. Куда же уходят остальные 2...2,5 мА? Оказалось, что это ток базы транзистора Q2. Увеличив сопротивление резистора R28 с 1 до 10 кОм, удалось заметно уменьшить ток, потребля-

работу звукового генератора. В головке BA1 звучит усиленный транзистором VT6 сигнал тревоги.

Импульсы с выхода элемента DD1.4 через диод VD20 и резистор R29 заряжают конденсатор C13 до напряжения, достаточного для замыкания электронного ключа DD2.4, через который импульсы с выхода элемента DD1.2 поступают на управляющий вход электронного ключа DD2.3. С его помощью два-три раза в секунду имитируются нажатия на кнопку "Вызов" сотового телефона.

Так будет продолжаться приблизительно 1 мин 30 с, пока импульсы с выхода работающего звукового генератора через диод VD21 и резистор R31 не зарядят конденсаторы C8, C9, C12, C15 сложной цепи задержки. Как только напряжение на её конденсаторе C9 достигнет достаточного значения, электронный ключ DD2.2, замкнувшись, установит низкий уровень на входе 6 элемента DD1.3, чем прекратит работу звукового генератора и "нажатия" на кнопку сотового телефона. Но приблизительно через 5 мин конденсаторы разрядятся, а работа звукового генератора на 10 с возобновится, после чего станет возобновляться на это время каждые 5 мин.

Печатная плата сигнализатора изображена на рис. 4. На ней имеются пять проволочных перемычек, которые необходимо установить до монтажа других деталей. Выводы анодов диодов VD20 и VD21 монтируют в одно и то же отверстие. Резисторы R14, R17, R22 и R30 устанавливают перпендикулярно поверхности платы. А для одного из выводов конденсаторов C3 и C4 предусмотрено по два отверстия, что позволяет устанавливать здесь конденсаторы с разными расстояниями между выводами.

Микросхему K561ЛА7 можно заменить на K561ТЛ1. Функциональные аналоги микросхем из серии K176 применять не следует. Транзисторы KT315Б, KT361Б можно заменять другими тех же серий, а также серий KT3102, KT3107 с учётом структуры (p-n-p или p-n-p). При подборе замены транзистору KT829Г следует учитывать, что этот транзистор — составной и имеет минимальный коэффициент передачи тока базы 750. Динамическую головку ЗГДШ-1 (BA1) можно заменить другой с сопротивлением звуковой катушки 8 Ом и мощностью не менее 1 Вт.

Подборкой экземпляров и типов диодов VD10—VD13 (возможно, и их числа) следует установить на выходе интегрального стабилизатора DA1 напряжение 13,7...13,8 В. Это должно обеспечить надёжное переключение на питание от аккумуляторной батареи GB1 при отключении сети.

Чтобы проверить работу звукового генератора и связанных с ним узлов, можно временно не устанавливать на плату диод VD20 или отпаять один из его выводов, если диод уже установлен. При проверке сигнализатора в целом можно имитировать исправный шлейф любым диодом, подключённым к предназначенным для шлейфа контактным площадкам платы. Нарушение шлейфа имитируют, отсоединяя или замыкая этот диод.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров. Недорого и эффективно.

Вы научитесь разрабатывать программы на ассемблере и С.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи по разработке устройства. Консультации проводит опытный преподаватель—практик, канд. техн. наук.

Принимаются заявки от частных лиц и предприятий для подготовки своих сотрудников.

<http://www.electroniclab.ru/courses.htm>

Т. +7-912-619-5167

* * *

Предлагаем универсальный программатор WizardProg-77USB.

Краткий перечень поддерживаемых типов микросхем:

EPROM: 2716-27C080;
EEPROM/FLASH: серии 28, 29, 39, 49, 50 разных производителей, электрически стираемые 27CXXX Winbond, Firmware/Hub; MCU фирм Intel, Atmel, Philips, Winbond, Microchip;
EEPROM: 24Cxxx, 93Cxx, 25LCxx;
GAL/Логические матрицы: 16v8x, 20v8x, 22v10A.

Все микросхемы в корпусе DIP программируются в единой розетке ZIF-40 ARIES без применения адаптеров. Программатор питается от линии USB, не нужен блок питания.

Цена — 3300 руб.

Новинка:

программатор Xeltek SuperPro-500P.

Поддержка 25000 наименований микросхем от 160 производителей. Регулярное добавление новых микросхем. Поддержка внутрисхемного программирования.

Цена — 9900 руб.

www.wizardprog.com

Тел. (351) 265-46-96.

* * *

Новости EKITS:

В продаже появились вольтметры и амперметры с ультраяркими индикаторами красного и зелёного цветов!

www.ekits.ru

Т/факс. (836) 457-20-99.

* * *

РАДИОДЕТАЛИ — ПОЧТОЙ ПО ВСЕЙ РОССИИ!

Самый широкий выбор радиодеталей, запчастей для ремонта, радиолюбительских наборов и гаджетов.

107113, г. Москва, а/я 10.

Тел. (495) 543-47-96, многоканальный бесплатный номер

8-800-200-09-34.

Интернет-магазин:

WWW.DESSY.RU,

e-mail: zakaz@dessy.ru

* * *

Спутниковый Интернет. Бесплатный тест при наличии оборудования.

sat.irk.ru

Микросхема DA1 (IR2131, [6, 7]) представляет собой драйвер шести полевых транзисторов с изолированным затвором или IGBT. В ней имеются три канала, в каждом из которых есть узлы управления "нижним" и "верхним" транзисторами полумоста. Узел управления "верхним" транзистором отличается тем, что формирует подаваемый на его затвор сигнал на фоне плавающего относительно минуса источника питания потенциала источника или эмиттера, значение которого может достигать 600 В. Каналы управления логическими сигналами, поступающими с разъёма XS1 на входы HIN1—HIN3, LIN1—LIN3 соответственно для "верхних" и "нижних" ключей.

На вход ITRIP микросхемы DA1 подано через подстроечный резистор R8 напряжение с датчика тока — резистора R9, включённого в общую минусовую цепь инвертора. При превышении тока и этим напряжением порогового значения (около 0,5 В на входе ITRIP) микросхема DA1 немедленно закрывает все IGBT VT1—VT6 и устанавливает низкий уровень на своём выходе FAULT и соединённом с ним контакте 8 разъёма XS1. Из этого состояния инвертор можно вывести только логическим сигналом низкого уровня, поданным на вход CLR микросхемы DA1 (контакт 7 разъёма XS1).

Диоды VD16—VD19 образуют мостовой выпрямитель, питающий силовую часть преобразователя. Сетевое напряжение на этот мост поступает через не показанный на схеме автоматический выключатель ИЭК ВА47-29 с характеристикой срабатывания С и номинальным током 5 А. Конденсаторы C8—C10 и резистор R10 — фильтр выпрямленного напряжения. Этот резистор ограничивает и броски зарядного тока конденсаторов.

Трансформатор тока Т1 представляет собой кольцо типоразмера К25×14×10 из феррита 2000НМ, надеваемое на один из проводов, соединяющих инвертор с двигателем. Вторичная обмотка трансформатора — 300 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,2 мм, намотанных на это кольцо.

Диоды выпрямительного моста установлены на плате модуля без теплоотводов, а шесть IGBT — на общем теплоотводе размерами 90×40×17 мм через изолирующие прокладки.

Подстроечный резистор R8 — многооборотный.

Модуль управления, схема которого показана на рис. 8, построен на двух микроконтроллерах (DD1 и DD3). Программы для них написаны на языке С и откомпилированы в системе HI-TECH PICC 8.05.

Хотя в каждом из этих микроконтроллеров имеются аппаратные широтно-импульсные модуляторы, но их числа недостаточно для формирования необходимых для инвертора шести управляющих сигналов. Поэтому нужные импульсы формирует программно микроконтроллер DD3 (PIC16F628, [8]). Он же реализует необходимый порядок

Окончание.

Начало см. в "Радио", 2012, № 1

Преобразователь напряжения с регулируемой частотой для трёхфазного асинхронного электродвигателя

В. ЮРЗИН, г. Апатиты Мурманской обл.

переключения IGBT в инверторе, реагирует на сигнал аварии (FAULT), формируемый находящейся в модуле инвертора микросхемой IR2131. Программа для этого микроконтроллера INV628.C и её загрузочный файл INV628.hex приложены к статье.

HG3 (через преобразователь кода DD2), генерирует сигналы управления микроконтроллером DD3.

К разъёму XP1 подключён находящийся в модуле инвертора трансформатор тока. Выпрямленный диодным мостом VD1 ток его вторичной обмотки

тор T1 и мостовой выпрямитель на диодах VD2—VD5. Выпрямленное напряжение около 24 В используется непосредственно лишь для сигнального светодиода HL1 "Сеть" и для питания узла на транзисторе VT1. По сигналу микроконтроллера DD1, разрешающему работу инвертора, в этом узле срабатывает реле K1 (833H-1C-C-24VDC или аналогичное). Замыкание его контактов может использоваться каким-либо внешним устройством как сигнал о том, что подключённый к инвертору двигатель (M1 на рис. 7) включён. Одновременно включается светодиод HL2 "Работа". Включение светодиода HL3 "Авария" свидетельствует о том, что в модуле инвертора сформирован сигнал FAULT.

С помощью интегрального стабилизатора DA1 получено поступающее на

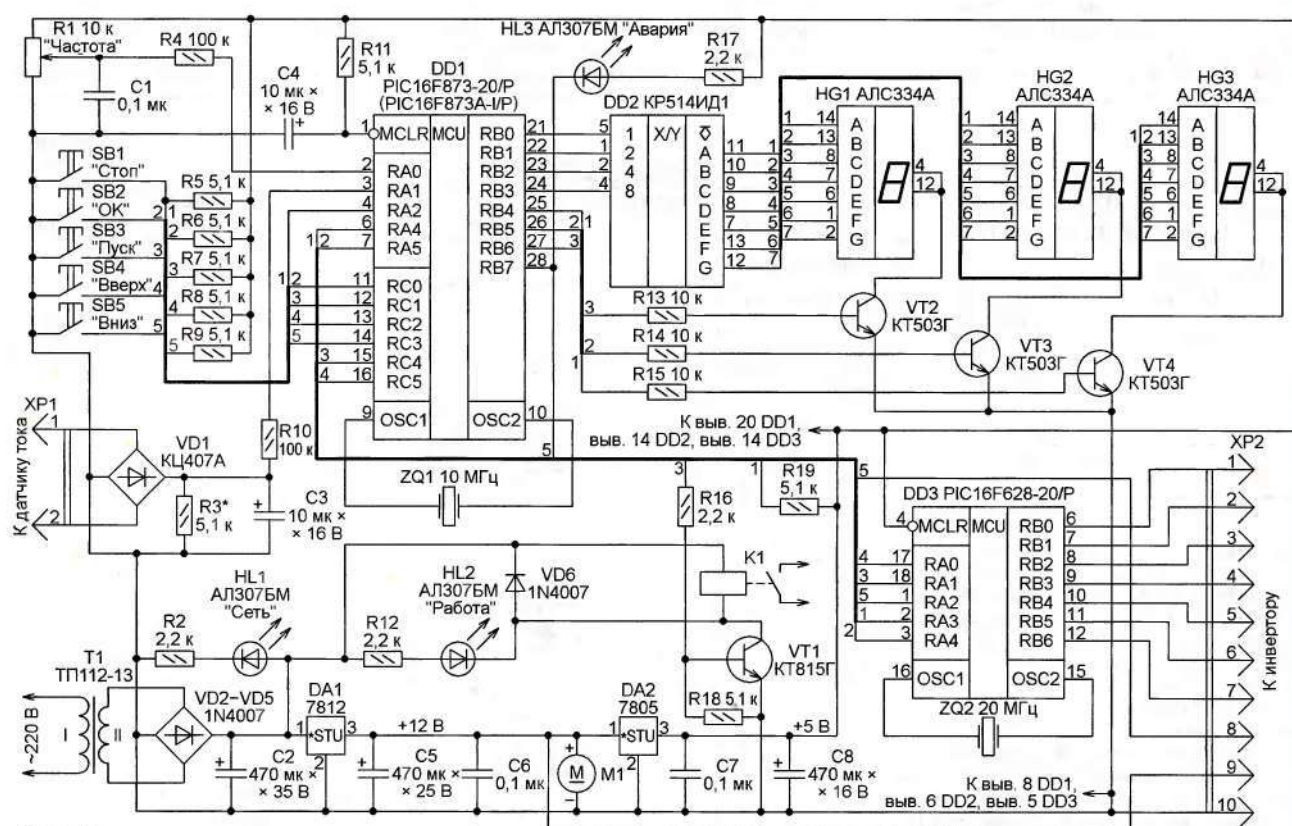


Рис. 8

Микроконтроллер DD1 PIC16F873 [9] работает по программе INV873.C. К статье приложены два варианта загрузочного файла: INV873.hex для PIC16F873 и INV873A.hex для PIC16F873A. Они содержат одинаковый программный код, различаясь лишь записанной в них информацией о конфигурации микроконтроллеров.

Здесь формируется пользовательское меню, преобразуются в цифровые коды и обрабатываются аналоговые сигналы установки частоты и контроля тока. Кроме того, микроконтроллер DD1 следит за состоянием кнопок SB1—SB5, выполняя подаваемые ими команды, выводит необходимую информацию на светодиодные индикаторы HG1—

создаёт на резисторе R3 падение напряжения, пропорциональное току одной из фаз питаемого от преобразователя двигателя. Через резистор R10 оно поступает на вход RA1 (вывод 3) микроконтроллера DD1, где его значение преобразуется в цифровую форму. В такую же форму микроконтроллер преобразует и использует для установки заданной частоты напряжение, поступающее на его вход RA0 (вывод 2) с движка переменного резистора R1.

Сформированные модулем управления сигналы поступают на его разъём XP2, к которому должен быть подключён разъём XS1 модуля инвертора (см. рис. 7).

Модуль управления питается от сети 220 В через понижающий трансформа-

конт 9 разъёма XP2 напряжение +12 В для питания микросхемы IR2131 в модуле инвертора. Этим же напряжением питается двигатель M1 охлаждающего преобразователя компьютерного вентилятора. Интегральный стабилизатор DA2 понижает напряжение до 5 В. Оно питает цифровые узлы модуля управления.

Переменный резистор установки частоты R1 и кнопки SB1—SB5 вынесены с платы модуля на отдельный пульт. Нажав на кнопку SB3 "Пуск", запускают питающийся от инвертора трёхфазный электродвигатель. За установленное пользователем время частота генерируемого трёхфазного напряжения плавно нарастает от нуля до заданного

значения. Если включено управление частотой с помощью переменного резистора R1, то при изменении положения его движка во время разгона соответственно изменится и конечное значение частоты, до которого будет происходить разгон.

При нажатии на кнопку SB1 "Стоп" происходит обратное — плавное снижение частоты генерируемого трёхфазного напряжения до нулевой, затем с двигателя снимается напряжение. Во время торможения переменный резистор R1 не действует.

Нажатиями на кнопку SB2 "OK" переключают страницы пользовательского меню (табл. 2). Нажимая на SB4 "Вверх" и SB5 "Вниз", перемещаются по пунктам выбранной страницы. Находясь на странице "Настройка", можно кратковременным нажатием на кнопку SB4 включить режим просмотра параметров. Номера пунктов меню на индикаторе HG1 и их значения на индикаторах HG2, HG3 станут сменяться с интервалом 1...2 с. Дождавшись пункта с параметром, который нужно изменить, сле-

дует нажать на кнопку SB1. Значение устанавливаются нажатиями на SB4 и SB5. Для сохранения нового значения в энергонезависимой памяти микроконтроллера и выхода из режима установки необходимо нажать и удерживать в течение 3 с кнопку SB2.

Следует иметь в виду, что при работающем двигателе страница "Настройка" недоступна. Имеется одно исключение: если разрешена установка частоты кнопками SB4 и SB5, то за её заданным значением можно следить, выбрав на той странице пункт 1. Чтобы воспользоваться другими её пунктами, двигатель необходимо остановить.

Налаживание преобразователя

После сборки и проверки монтажа преобразователя подключают модуль управления к сети 220 В, не подавая пока сетевого напряжения на модуль инвертора (на его диодный мост VD16—VD19).

Проверяют наличие питающих напряжений +5, +12 В на соответствующих выводах микросхем. С помощью осциллографа убеждаются в наличии управляющих импульсов на затворах IGBT.

Чтобы установить порог срабатывания токовой защиты, предусмотренной

в микросхеме IR2131, устанавливают движок подстроечного резистора R8 в нижнее (по схеме рис. 7) положение и от какого-либо достаточно мощного источника постоянного тока пропускают через резистор R9 ток, равный желаемому порогу срабатывания токовой защиты. Перемещая движок подстроечного резистора R8, добиваются фактического срабатывания этой защиты — об этом сигнализирует включившийся светодиод HL3.

Теперь можно временно подключить к зажимам XT1—XT3 преобразователя нагрузку из трёх одинаковых ламп накаливания на 220 В, 40...60 Вт, соединённых "звездой", а на выпрямительный мост подать через трансформатор сетевое напряжение, пониженное до 40...50 В.

Наблюдая осциллограммы напряжения на зажимах XT1—XT3 относительно средней точки "звезды", можно проверить работу кнопок "Пуск" и "Стоп". При пуске скважность выходных импульсов первоначально должна быть высокой, а с ростом частоты уменьшаться. При

мультиметром APPA 82R. Именно такие законы регулирования, подобранные экспериментально, заложены в программу. При частоте выше 46...47 Гц происходит отключение ШИМ для повышения КПД привода при большой частоте вращения.

Завершающий этап налаживания преобразователя — калибровка канала измерения тока фазы. Её производят с реальной нагрузкой (трёхфазным электродвигателем). В тот же провод, на котором установлено кольцо трансформатора тока T1 (см. рис. 7), включают образцовый амперметр переменного тока. Это могут быть, например, "токовые клещи". Желательно, чтобы в амперметре был предусмотрен режим true RMS, т. е. правильное измерение эффективного значения переменного тока сложной формы. Подбирая резистор R3 (см. рис. 8), добейтесь совпадения значения тока на индикаторе преобразователя с тем, что показывает образцовый амперметр.

Основные проблемы, с которыми приходилось сталкиваться при налажи-

Таблица 2

Номер пункта	Страница меню					
	Двигатель		Настройка		Аварии	
	Параметр	Значения	Параметр	Значения	Параметр	Значения
0	Частота, Гц	1—60	Максимальная частота, Гц	1—60	Превышение максимального тока	11
1	Ток фазы, А×10	00—99	Заданная частота, Гц	1—60	Сигнал FAULT с IR2131	33
2	Напряжение, В	220 (измерение не реализовано)	Максимальный ток, А×10	1—99	Счетчик превышений максимального тока	0—50
3	Отсутствует		Длительность разгона или торможения, с	5—99	Счётчик сигналов FAULT	0—50
4	Отсутствует		Способ установки частоты	0 — переменным резистором, 1 — кнопками	Отсутствует	
5	Отсутствует		Направление вращения	0 — вперёд, 1 — назад	Отсутствует	
6	Отсутствует		Мощность двигателя, кВт	0 — 0.5, 1 — 1	Отсутствует	

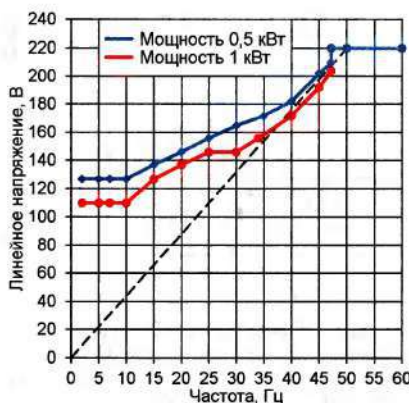


Рис. 9

остановке скважность постепенно увеличивается. Если работа программы управления не вызывает сомнений, можно повысить напряжение питания инвертора до номинальных 220 В.

Эффективное значение линейного напряжения (измеренного между зажимами XT1 и XT2, XT2 и XT3 или XT1 и XT3 преобразователя) должно изменяться в зависимости от частоты согласно графикам, изображенным на рис. 9. Измерения производились цифровым

вани преобразователя, были связаны с импульсными помехами, возникающими при коммутации на индуктивной нагрузке. Для уменьшения влияния коммутационных помех были увеличены до 5,1 кОм номиналы резисторов R1—R6 в цепях затворов IGBT VT1—VT6.

ЛИТЕРАТУРА

- Обухов Д., Стенин С., Струнин Д. Модуль управления электроприводом на микроконтроллере PIC16C62 и драйвере IR2131. — http://aes.at.ua/publ/modul_upravlenija_ehлектроприводом/33-1-0-201.
- 3 High Side and 3 Low Side Driver IR2131. — www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2131.pdf.
- PIC16F62X FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontroller. — ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/40300c.pdf.
- PIC16F87X 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers. — ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf.

От редакции. Программы микроконтроллеров преобразователя имеются на нашем ftp-сервере по адресу <ftp://ftp.radio.ru/pub/2012/02/invertor.zip>.