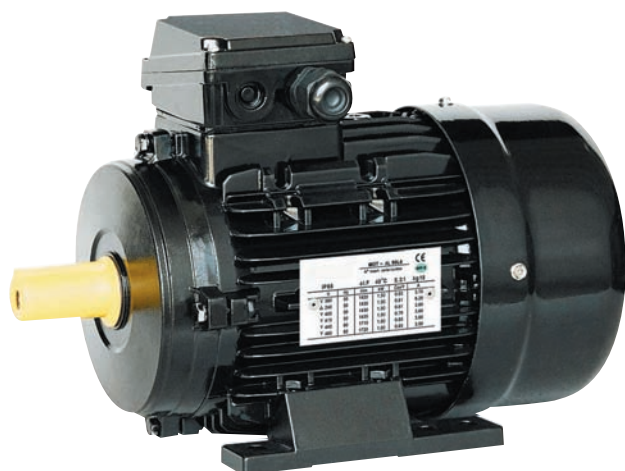


Преобразователь частоты для асинхронных двигателей CFM210

А. Шило, г. Днепропетровск



Преобразователи частоты (частотные преобразователи, или инверторы) – это электронные устройства преобразования однофазного (или трехфазного) напряжения постоянной частоты в трехфазное напряжение переменной частоты. Предназначены для плавного регулирования частоты вращения и реверсирования трехфазных асинхронных двигателей.

Данные преобразователи вначале 60-х...70-х гг. прошлого века строились на тиристорах и представляли собой громоздкие и сложные устройства. Современные преобразователи строятся на IGBT-транзисторах с применением микроконтроллеров. Применение микроконтроллеров существенно расширило функциональные возможности преобразователей, как в плане усложнения алгоритмов управления, так и в плане контроля за безопасностью работы. Современные преобразователи включают в себя: ПИД-регулятор, последовательный интерфейс (RS485), функции управления несколькими двигателями, блок PLC, интерфейс с инкрементальными датчиками перемещения и т.д. В результате некоторые преобразователи имеют сотни пунктов меню настройки, что, в свою очередь, усложняет их настройку. Зачастую для простых применений все эти излишества остаются невостребованными. В таких случаях применение недорогого, надежного и простого в управлении и настройке преобразователя было бы лучшим решением.

В этой статье рассмотрим устройство и работу преобразователя частоты с однофазным входом на примере продукции компании «АС Привод» – преобразователя модели CFM210. Преобразователи данной модели выпускаются мощностью на 1, 1,5 и 2 кВт.

Силовая часть

На входе устройства установлен фильтр подавления высокочастотных помех. Он подавляет помехи как от самого преобразователя в сеть, так и от сети в преобразователь. При больших потребляемых мощностях на входе также ставят дроссель, который сглаживает пики потребляемого тока, что положительно сказывается на работе диодного выпрямителя и накопительных конденсаторах шины постоянного тока. На выходе диодного моста включена цепь плавной зарядки конденсаторов. Данная цепь, при включении преобразователя в сеть, ограничивает зарядный ток конденсаторов резистором, а когда конденсаторы зарядятся до определенного уровня, резистор замыкается контактами реле и, до выключения от сети, не размыкается. Выпрямленное и сглаженное напряжение подается на силовые элементы (IGBT-транзисторы), которые и формируют трехфазное напряжение для двигателя. Управляются транзисторы ШИМ (широтно-импульсная модуляция) напряжением от микроконтроллера через драйвер IGBT-транзисторов. Драйвер может представлять собой специальные оптопары, если микроконтроллер гальванически развязан от сети. Если же микроконтроллер связан с сетью гальванически, то возможно применение силового модуля, совмещающего в себе выходные IGBT-транзисторы, драйвера, датчик температуры и в некоторых экземплярах еще и датчик тока.

На основе такого модуля (IRAMS10UP60A) и был создан рассматриваемый преобразователь частоты мощностью 1 кВт. В данном модуле фирмы INTERNATIONAL RECTIFIERS отсутствует датчик тока, поэтому он реализован на включенных параллельно SMD-резисторах R47, R50, R52, R55, R56, R58, R60, R62 (рис. 1). Один такой датчик тока соединяет эмиттеры выходных транзисторов (выводы 12–14 – VRU, VRV, VRW) с отрицательным полюсом напряжения питания, и сигнал с него используется для измерения потребляемого тока и быстродействующей защиты. Второй датчик тока (R20, R23, R26, R28, R29, R34, R36, R37) установлен на положительном полюсе питания и служит только для защиты от замыкания трехфазного напряжения на общий провод, если это замыкание произойдет, минуя первый датчик тока. Для развязывания высоковольтного напряжения со второго датчика тока служит транзистор VT2 – MPSA92, нагруженный на высокоомный делитель напряжения. Выход делителя напряжения суммируется с напряжением быстродействующей защиты. Для датчиков тока нельзя использовать проволочные резисторы, так как они обладают большой индуктивностью, что вносит существенные погрешности в измерения.

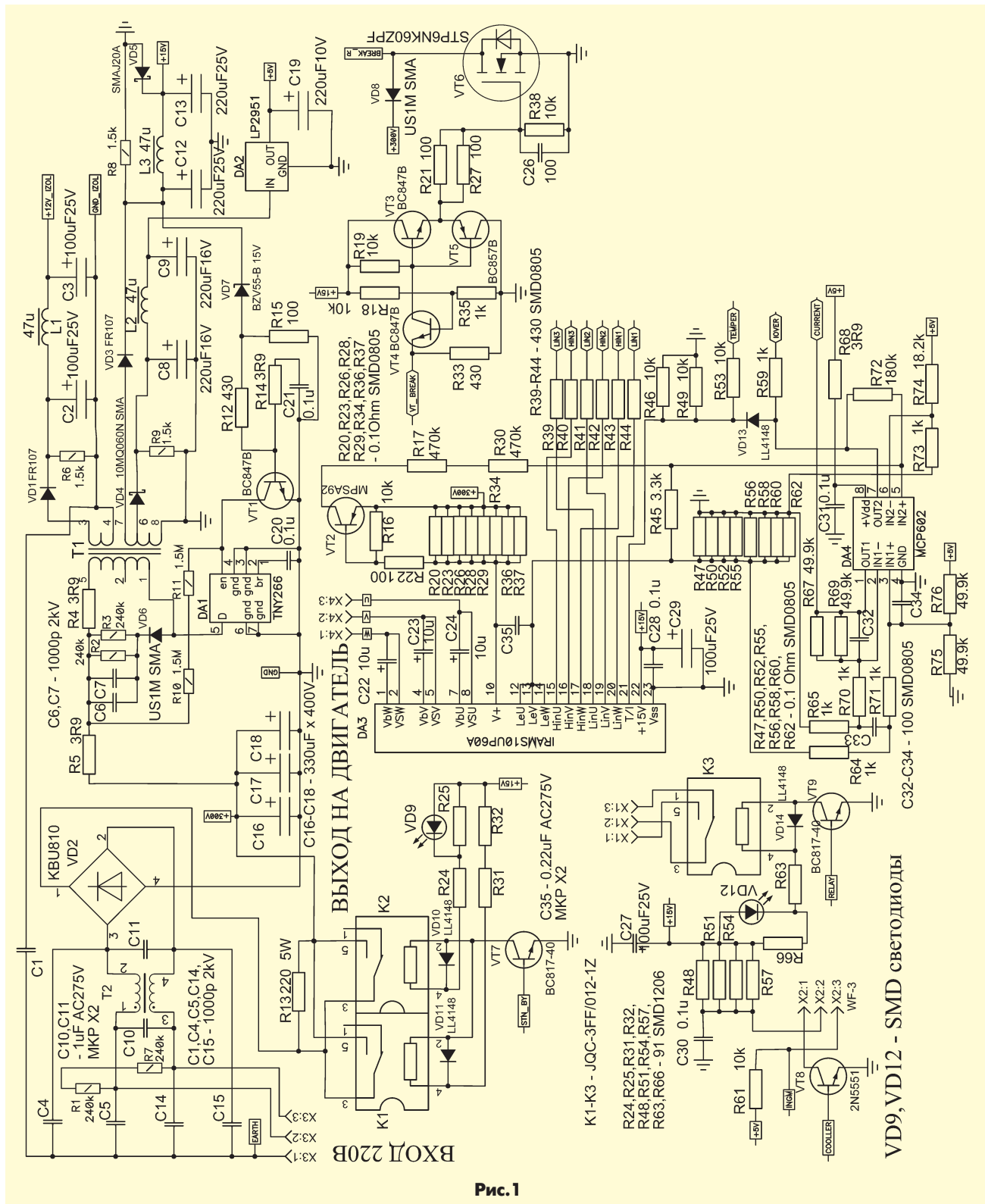


Рис.1

Быстросрабатывающая защита реализована на операционном усилителе DA4 в режиме компаратора. Выход компаратора через диод подается на вход отключения драйверов IGBT-транзисторов (вывод 21 – T_{trip}). Время срабатывания этой защиты не должно превышать 5 мкс, чтобы гарантировать безопасную работу модуля. Также сигнал данной защиты подается на микроконтроллер, который, в свою очередь, тоже отключит на время

перегрузки все управляющие сигналы на драйвер. Через время микроконтроллер снова попытается включить транзисторы. На этот же вход защиты подключен сигнал от датчика тока на положительном полюсе питания.

Датчик температуры интегрирован в силовой модуль, и его выход совмещен с входом отключения драйвера выходных транзисторов (вывод 21 – T_{trip}). При повышении температуры IGBT-транзисторов будет повышаться и на-

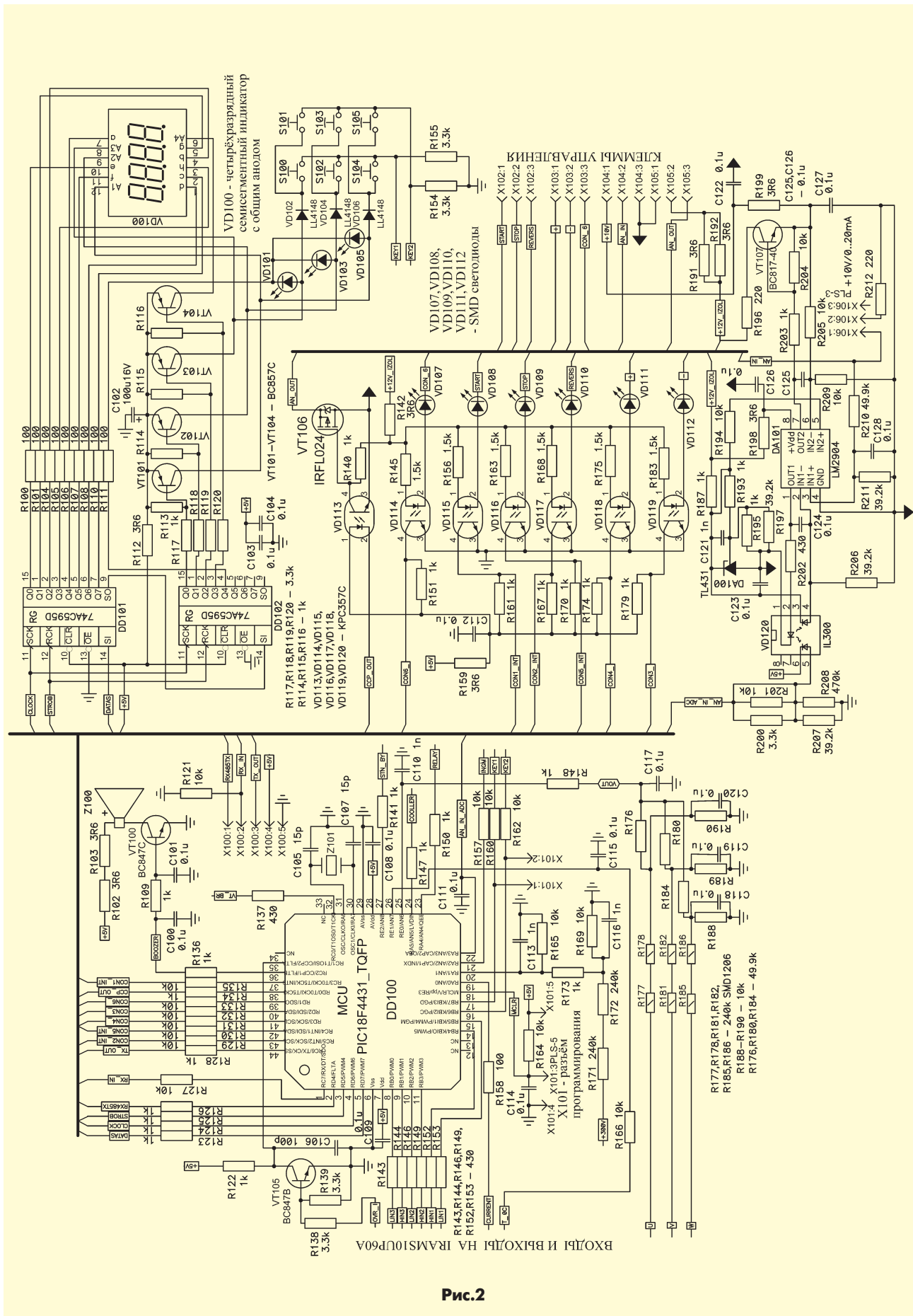


Рис.2

пряжение с датчика температуры, и при достижении 4,3 В драйвер отключит выходные силовые транзисторы. Но эта аппаратная защита не должна сработать, так как микроконтроллер измеряет и контролирует напряжение температуры силового модуля и заранее отключит все транзисторы, не допустив выход их из строя из-за перегрева.

Для питания верхних плечей силовых транзисторов используется бустерное питание с помощью встроенных в модуль быстродействующих диодов и внешних накопительных конденсаторов C22–C24. Особое внимание уделено подключению и качеству данных конденсаторов. Подключаться конденсаторы должны как можно ближе к соответствующим выводам модуля, а также обладать малым ESR. Конкретно в модели CFM210 применены танталовые конденсаторы 10 мкФ 25 В.

Питание всей управляющей схемы реализовано на микросхеме фирмы PowerIntegration – TNY266PN. На этой микросхеме (DA1) построен обратногоходовой преобразователь напряжения, который обеспечивает необходимую мощность питающих напряжений и обладает достаточными средствами самозащиты – от перегрева, превышения тока потребления и повышенного напряжения. Блок питания формирует три напряжения для работы преобразователя: +7 и +15 В, гальванически связанные с сетью, и +12 В для питания гальванически развязанных цепей управления. Стабилизация напряжения происходит от напряжения +15 В, а из напряжения +7 В с помощью LowDrop (с низким падением напряжения) стабилизатора формирует с напряжение +5 В для питания микроконтроллера.

Цепи управления

В конкретной модели CFM210 (рис.2) все управляющие сигналы можно условно разделить на гальванически связанные с сетью и развязанные. Так как микроконтроллер гальванически связан с сетью, это позволило отказаться от дорогих быстродействующих оптопар и множества аналоговых оптопар. Такое схемотехническое решение позволяет измерять и контролировать с минимальными затратами следующие параметры: потребляемый двигателем ток, напряжение на шине постоянного тока, температура силового модуля, выходное трехфазное напряжение. Напряжение на шине постоянного тока (+300 В) измеряется с помощью делителя напряжения (R171, R172, R169) и фильтрующих конденсаторов (C116, C113). Температура также измеряется непосредственно через резистор R166 на вход микроконтроллера.

Для контроля за выходным напряжением используют три идентичных делителя напряжения (R176–R190), выходы которых суммируются на одном конденсаторе C117. Принцип работы данной цепи основан на том, что если сложить три синусоидальных напряжения одинаковой амплитуды, сдвинутых на 120 град., то должно получиться постоянное напряжение. Таким образом, если выходное трехфазное напряжение искажено или отсутствует одна из фаз на выходе, то микроконтроллер зафиксирует непостоянное напряжение измерительной цепи, отключит силовой элемент и выдаст сообщение на индикатор о неисправности. Данная защита преобразователя

не позволит работать двигателю от двух фаз, если по каким-либо причинам пропадет одна фаза.

Совсем просто реализовано управление двумя реле (зарядной цепи и реле с «сухими контактами»), сигнальным пьезоизлучателем и вентилятором – с помощью транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером. Так как напряжение питания +15 В, а реле и вентилятор рассчитаны на 12 В, то в цепи их питания включены ограничивающие резисторы по 91 Ом.

Параллельное и последовательное их соединение обеспечивает необходимое напряжение на управляемом элементе. В цепи сигнального пьезоизлучателя для придания более синусоидальных форм управляющему напряжению RC-цепь C100R109C101 включена в базу транзистора VT100.

Цепь управления тормозным транзистором собрана на двухкаскадном драйвере. Первый каскад собран на транзисторе VT4 по схеме с общей базой. Такое решение позволяет усилить сигнал от контроллера с 5 до 15 В с минимальными временными задержками. Второй каскад реализован на комплементарной паре транзисторов VT3, VT5, включенных по схеме с общим эмиттером, что позволяет быстро заряжать и разряжать входную емкость тормозного транзистора.

Индикация преобразователя реализована на четырехразрядном семисегментном индикаторе VD100. Управление самим индикатором осуществляется через микросхемы 74HC595, которые преобразуют последовательный код от микроконтроллера в параллельный. Такое включение экономит выводы микроконтроллера и разгружает последний от большой токовой нагрузки. Две микросхемы 74HC595 управляются тремя сигналами – DATA, CLOCK и STROB, а на выходе, в параллельном виде, управляют восьмью сегментами и четырьмя разрядами индикатора, тремя светодиодами состояния (VD101, VD103, VD105) преобразователя и кнопками на передней панели. Через каждые 2 мс микроконтроллер загружает новой последовательностью микросхемы 74HC595, т.е. частота обновления индикации 125 Гц. Сканируются все шесть кнопок последовательно от линий включения разрядов индикатора, образуя матрицу 3x2. При этом каждые 2 мс сканируются две кнопки передней панели, и по результатам сканирования всех кнопок за 6 проходов принимается решение микроконтроллером о нажатии кнопок. Период сканирования кнопок – $8 \times 6 = 48$ мс, что достаточно для быстрого реагирования на нажатие кнопок и подавления дребезга контактов. От тех же разрядов индикатора с помощью трех светодиодов организовано отображение состояния преобразователя: зеленый – «Работа», желтый – «Ревверс» и красный – «Авария». Любое нажатие кнопки дублируется звуковой индикацией – коротким или длинным зумом.

(Продолжение следует)

Компания «АС Привод» г. Днепропетровск
 тел. 0 63 284 98 77
 тел. / факс 0 56 747 00 78
www.acprivod.com.ua
dnepr@acprivod.com.ua

Преобразователь частоты для асинхронных двигателей CFM210

А. Шило, г. Днепропетровск



(Окончание. Начало см Э 11/2009)

Опторазвязка цепей управления от силовой части

Рассмотрим схемотехнику гальванической опторазвязки управляющих сигналов. Питается вся изолированная часть схемы от +12 В и обеспечивает передачу к контроллеру шести дискретных сигналов, одного аналогового и одного ШИМ сигнала от МК. Шесть оптопар VD114–VD119 обеспечивают гальваническую развязку управляющих сигналов, а седьмая в обратном направлении (VD113 – от МК) управляет MOSFET-транзистором, включенном по схеме с открытым коллектором (исток). Данный транзистор может работать в режиме дискретного выхода с нагрузочной способностью до 2 А (при напряжении 24 В), либо в режиме аналогового выхода. В последнем режиме на транзистор подается ШИМ сигнал (источник сигнала задается в сервисном меню), а выход через внешний ограничивающий резистор подается на стрелочный миллиамперметр (измеритель). Второй вывод стрелочного измерителя подсоединяется к опорному напряжению +10 В.

Опорное напряжения +10 В формируется из стабилизированного напряжения +5 В с помощью операционного усилителя DA101 с коэффициентом усиления 2. На выходе данного усилителя установлен транзистор VT107 по схеме эмиттерного повторителя для повышения токовой нагрузки выхода +10 В. Стабилизированное напряжение +5 В формируется микросхемой DA100. Это напряжение +5 В используется как опорное для аналоговой оптопары VD120 (IL300).

Микросхема IL300 – это аналоговая оптопара, специально созданная для прецизионной гальванической развязки напряжения. Включена она по типовой схеме с опорным напряжением +5 В. На аналоговый вход преобразователя может подаваться напряжение +10 В,

которое после делителя напряжения подается на операционный усилитель. Этот усилитель формирует такой управляющий сигнал на светодиод оптопары, чтобы выровнять напряжение обратной связи с напряжением входного делителя R210R211. Выход оптопары (со стороны МК) восстанавливает напряжение от такого же опорного напряжения +5 В.

Программное обеспечение

За основу программного обеспечения (или прошивки) микроконтроллера был взят апноут фирмы MICROCHIP – AN955. Этот документ был существенно переработан и дополнен необходимыми функциями, в итоге, мало, чем напоминающий оригинал. Сразу надо упомянуть о том, что прошивка, доступная для скачивания, имеет усеченную версию функций настройки, защиты и функциональности. Полноценную версию прошивки можно приобрести только вместе с преобразователем частоты фирмы «АС Привод».

Далее будут вкратце описаны функции полноценной версии прошивки преобразователей.

Микроконтроллер PIC18F4431 хоть и обладает специальными «моторными» модулями, но их возможностей изначально не хватает для реализации полноценного векторного управления. Зато этих возможностей хватает для реализации модуляции трехфазного напряжения в режиме «изображающего вектора», что дает значительный выигрыш по сравнению со скалярным управлением.



Преобразователь имеет следующие защиты – от превышения тока (настраивается уровень и длительность), от превышения напряжения на шине постоянного тока, от перегрева силового элемента, от пропадания фазы на выходе. Регулируется жесткость характеристики $V \setminus f$, прямо пропорциональная, квадратичная (вентиляторная) и повышенная. Отдельно настраивается компенсация сопротивления статора двигателя, особенно заметная на малых оборотах вращения.

Для задания частоты вращения двигателя может использоваться как потенциометр, кнопки на передней панели, клеммы управления, так и любой источник напряжения до +10 В. Управление от аналогового входа можно настроить на любой уровень напряжения. Для задания частоты можно использовать дискретные входы с предустановленными частотами. Заданная частота может отображаться на индикаторе в Гц или в об/мин.

Управление запуском, остановом и реверсом также можно осуществлять от кнопок и/или от клемм управления. При этом можно запрограммировать преобразователь на работу с кнопками, как с фиксацией, так и без, как с нормально-замкнутыми контактами, так и нормально-разомкнутыми. Есть режим автоматического запуска при ненулевом задании аналогового напряжения. После останова вал двигателя может удерживаться за счет торможения постоянным током. Момент удержания и время задаются в меню настройки.

В преобразователе имеется возможность подключения к нему высокооборотистых двигателей, рассчитанных на номинальную частоту питания 200...800 Гц. Для этого надо лишь выставить в сервисном меню соответствующий параметр (**таблице**).

Выход реле с «сухими контактами» может быть запрограммирован на 10 различных режимов работы, а выход с открытым коллектором может отдельно выполнять те же функции.

Все эти параметры настраиваются в меню настройки, вход в которое осуществляется простым удержанием кнопки «МЕНЮ» в течение 2 с. Навигация по пунктам меню производится двумя клавишами без вложенных подменю. После настройки вход в меню может быть запаролен для ограничения доступа.

Надеюсь, что эта статья продвинет в понимании пользователей и установщиков электрооборудования то, что качественное изделие не всегда должно быть импортного производства и дорого стоить, а также что

№ меню	Назначение пункта меню	Единицы измерения	Миним. значение	Макс. значение
1	Номинальная скорость вращения двигателя	Об / мин	500	3000
2	Максимальная частота вращения двигателя	Гц	1	800
3	Минимальная частота вращения двигателя	Гц	1	120
4	Шаг перестройки частоты	Об / мин	1	200
5	Время разгона	0.1 с	1	9999
6	Стартовая частота	Гц	1	40
7	Время торможения	0,1 с	0	9999
8	Частота отпускания	Гц	1	40
9	Частота ШИМ модуляции	кГц	3	12
10	Задатчик частоты вращения		0	6
11	Отображение: обороты / мин - Герцы		1	10
12	Запрет звуковой индикации (бузера)		1	10
13	Инверсия сигнала МИНУС		1	10
14	Запрет реверса вращения		1	10
15	Инверсия сигнала СТОП		1	10
16	ПУСК / СТОП / РЕВЕРС		0	6
17	Напряжение коррекции на малых частотах вращения		1	50
18	Характеристика U / f		1	3
19	Номинальная частота работы двигателя, Гц		40	800
20	Коэффициент усиления аналог. канала		1	8000
21	Уровень защиты по току,	0.1 А	1	200
22	Задержка срабатывания защиты по току	0.1 с	1	250
23	Предел срабатываний защиты по току	раз	0	200
24	Время наработки преобразователя	ч / мин	0	9999
25	Режим управления реле		0	8
26	Предустановленные конфигурации		0	3
27	Время торможения постоянным током	0.1 с	0	100
28	Уровень постоянного тока при торможении		0	25
29	Коэффициент передачи ЦАП - выхода		1	5000
30	Выбор входного параметра ЦАП		0	14
31	Предустановленная частота 1	Гц	1	800
32	Предустановленная частота 2	Гц	1	800
33	Предустановленная частота 3	Гц	1	800
34	Шаг измерителя длины	0,01 мм	1	9999
35	Пароль на вход в сервисное меню		0	9999

платить можно и нужно только за используемые и нужные функции устройства.

Используемые материалы

1. AN955: VF Control of 3-Phase Induction Motor Using Space Vector Modulation, www.microchip.com
2. PIC18F2331/2431/4331/4431 Data Sheet, www.microchip.com
3. AN-1044: IPM Application Overview, www.irf.com
4. IRAMS10UP60A: Datasheet, www.irf.com
5. tny263_268.pdf: Datasheet, <http://www.powerint.com/en/products/product-archive/tinyswitch-ii>
6. DER-110 Dual: 7.3 W Output Non-Isolated Power Supply using TNY266P, <http://www.powerint.com>
7. IL300: Datasheet, <http://www.vishay.com/optocouplers/opto-linear/>

Компания «АС Привод»

г. Днепропетровск
 тел. 0 63 284 98 77
 тел. / факс 0 56 747 00 78
www.acprivod.com.ua
dnepr@acprivod.com.ua