

БЛОКИ УПРАВЛЕНИЯ ТИРИСТОРНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ В СИСТЕМЕ ВЕКТОРНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В.В.АЛЕКСЕЕВ, В.А.ДАРТАУ,
Ю.П.ПАВЛОВ, В.В.РУДАКОВ

Блок управления силовыми тиристорами инвертора БУИ должен обеспечивать управление частотой и фазой выходного напряжения автономного инвертора тиристорного преобразователя частоты ТПЧ с помощью двух входных трехфазных систем напряжений. Для этого на выходе блока должны формироваться длинные импульсы управления тиристорами инвертора, необходимые для устойчивого и надежного пуска привода [1].

На рис.1 представлена схема блока, формирующего из входной трехфазной системы напряжений синусоидальной формы систему прямоугольных импульсов длительностью 180 эл.град., сдвинутых по фазе на 60 эл.град., следующих с частотой входного сигнала и заполненных высокой несущей частотой. При необходимости длину выходных импульсов можно плавно регулировать в диапазоне (60-180) эл.град. Блок управления имеет три входа и шесть выходов, с которых снимаются импульсы, соответствующие трем положительным и трем отрицательным полуволнам фаз А, В, С входного напряжения. Для обеспечения гальванической развязки системы векторного управления и блока управления тиристорами инвертора с силовой частью ТПЧ сформированные электронной схемой импульсы подаются на управляющие электроды тириستоров через импульсные трансформаторы.

Блок содержит следующие узлы: 1) усилители - формирователи на микросхемах У1-У6; 2) модуляторы - формирователи на микросхемах У7-У12; 3) генератор модулирующего прямоугольного напряжения несущей частоты 15-20 кГц; 4) усилители мощности выходных импульсов на транзисторах Т1-Т12 и выходные трансформаторы Тр1-Тр6. Так как блок состоит из трех одинаковых каналов (фаз), целесообразно рассмотреть узлы блока на примере канала фазы А.

1. Усилители-формирователи реализуются на операционных усилителях У1, У2. Усилители формируют прямоугольные положительные импульсы длительностью 180 эл.град. из входного синусоидального напряжения при отсутствии сдвигающего напряжения с выхода делителя R36-R37. Усилитель У1 формирует импульсы из положительной полуволны входного напряжения фазы. Для этого сигнал подается на его неинвертирующий вход.

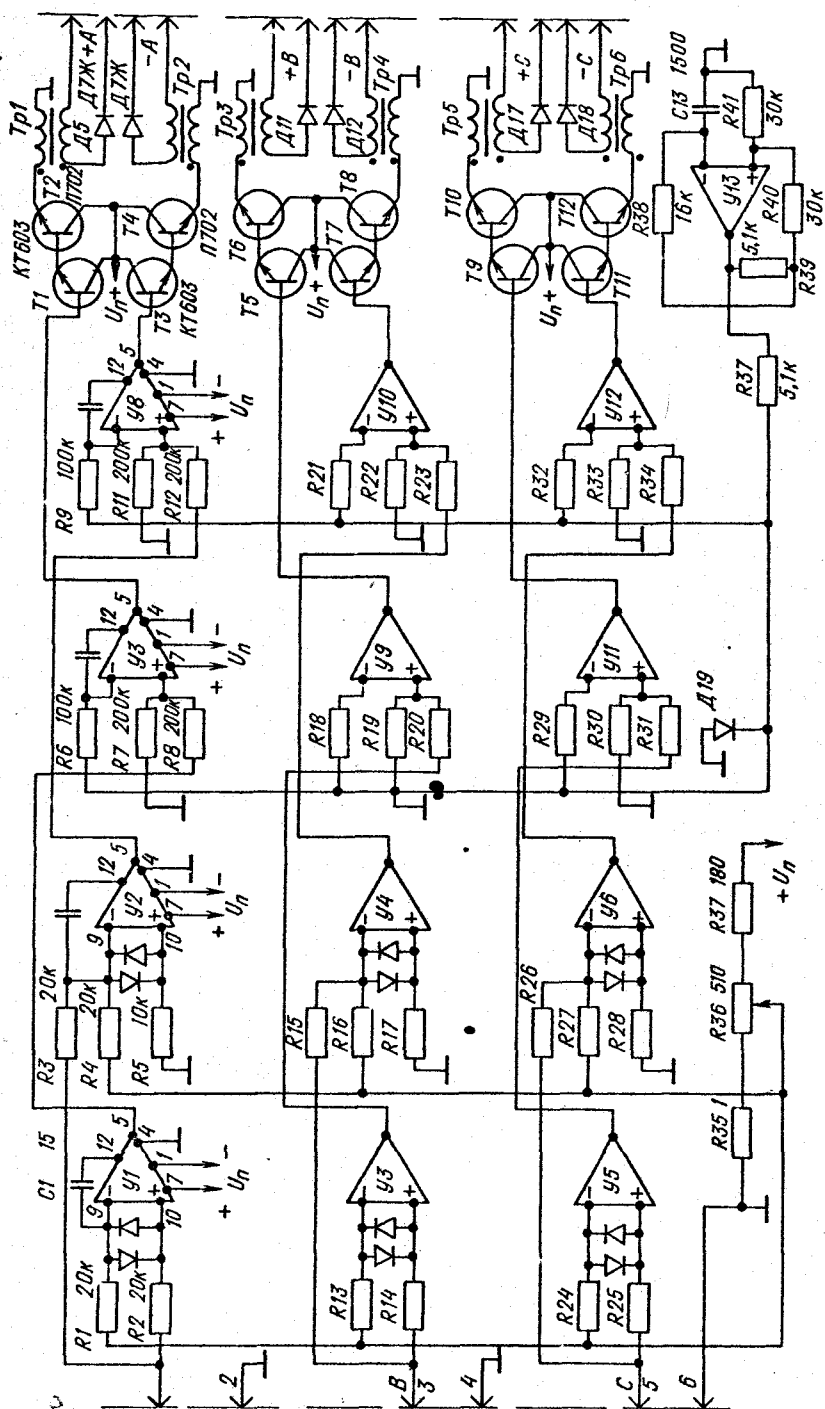


Рис.1. Принципиальная схема блока управления силовыми тиристорами инвертора ТПЧ

Усилитель У2 формирует положительные импульсы из отрицательных полуволн входного напряжения, поэтому входной сигнал подается на его инвертирующий вход. Резистор $R35$ обеспечивает устойчивое отрицательное напряжение на выходе усилителей У1, У2, соответствующее нулевому выходному напряжению блока при отсутствии входных сигналов.

Для расширения функциональных возможностей блока напряжением смещения с делителя $R36-R37$ на $R1, R4$ можно регулировать длительность импульса в пределах (60-180) эл.град. Так, например, при напряжении смещения 5 В и амплитуде входного напряжения У1, У2, равной 10 В, длительность импульсов составит 120 эл.град.

Диоды Д1-Д4 служат для защиты входов усилителей У1, У2 от больших входных сигналов.

2. Модуляторы-формирователи, реализованные на усилителях У7, У8, предназначены для увеличения крутизны фронтов импульсов и заполнения их колебаниями высокой несущей частоты. Для этого на неинвертирующие входы этих усилителей подаются импульсы положительной полярности с выходов усилителей У1, У2, а на инвертирующие входы - положительные импульсы, следующие с частотой 15-20 кГц, от генератора на усилителе У13. При наличии на неинвертирующих входах У7, У8 положительного сигнала на их выходах появляется последовательность положительных импульсов высокой частоты. Длительность пакета этих импульсов определяется длительностью импульсов, следующих с входной частотой и поступающих с усилителей У1, У2.

Модулятор У7 формирует импульсы, соответствующие положительной входной полуволне, У8 - отрицательной.

3. Генератор модулирующего напряжения несущей частоты выполнен в виде генератора прямоугольных импульсов на микросхеме У13 за счет положительной обратной связи через мостовой времязадающий элемент, состоящий из делителя $R40, R41$ и цепочки $R38, C13$. Период колебаний генератора T определяется из приближенного выражения

$$T = 2R38 \cdot C13 \cdot \ln \frac{1+K}{1-K}, \quad K = \frac{R41}{R40+R41}.$$

С помощью диода Д19 на входы модуляторов У7, У8 подаются положительные полуволны колебаний несущей частоты.

4. Усилители мощности выходных импульсов построены по схемам эмиттерных повторителей на составных транзисторах Т1-Т4 (типа КТ603 и П702). Транзисторы могут работать на частотах до 5 МГц и не ограничивают быстродействия схемы.

В качестве выходных можно использовать импульсные трансформаторы ГХ4.720.002 или другие, имеющие следующие данные: магнитопровод - ШИ2 Х12; первичная обмотка - 115 витков, диаметр провода 0,25 мм; вторичная обмотка - 320 витков, диаметр провода 0,55 мм.

Точность формирования импульсов длительностью 180 эл.град. в данной схеме определяется в основном несущей частотой и параметрами микросхем. Так как несущая частота составляет 15-20 кГц, то средняя ошибка формирования импульса на частоте 100 Гц при однополупериодном выпрямлении выход-

ного напряжения трансформаторов ТрI-Трб с помощью диодов Д5, Д6, ДII, ДI2, ДI7, ДI8 будет $-0,5\%$.

При минимальном коэффициенте усиления микросхем (УI, У7 для канала фазы А), равном 10^5 , задержка переднего фронта импульса на частоте 200 Гц составит 500 нс, а на частоте 1 Гц соответственно 660 нс, т.е. не более 0,05% полупериода.

Точность формирования импульсов длительностью 60-120 эл.град. зависит от стабильности амплитуды и формы входных напряжений, поступающих с блока преобразователя фаз. Так, при формировании импульсов длительностью 120 эл.град. из входных напряжений со стабильностью амплитуды $\pm 1\%$ изменение длительности выходных импульсов составит $\pm 0,55\%$.

Основные технические данные блока управления инвертором ТПЧ следующие:

Амплитуда входного синусоидального напряжения, В	$10 \pm 0,5\%$
Диапазон частот, Гц	0-200
Уровень напряжения выходных импульсов, В	5-10
Длительность пачек импульсов, эл.град.	60-180
Мощность, потребляемая блоком, Вт	25
Напряжения питания, В	$\pm 12,6$
Стабильность напряжения питания	$\pm 0,5\%$

Блок выполнен на операционных интегральных усилителях типа КI40УДIБ, которые при коррекции с помощью конденсатора (I0-I1) пФ с вывода 9 на вы-

вод I2 обеспечивают скорость нарастания выходного сигнала 10 В/мкс [2]. Для реализации блока можно применить усилители КI53УД2, при этом изменяется лишь цепь коррекции. Конденсатор 33 пФ устанавливается между выводами 8 и I этой микросхемы. Блок рассчитан на стандартные тиристоры с током управления не более 300 мА. При превышении этой величины составной транзистор дополняется еще одним (третьим) транзистором типа КТ808А, а трансформаторы рассчитываются на необходимый ток.

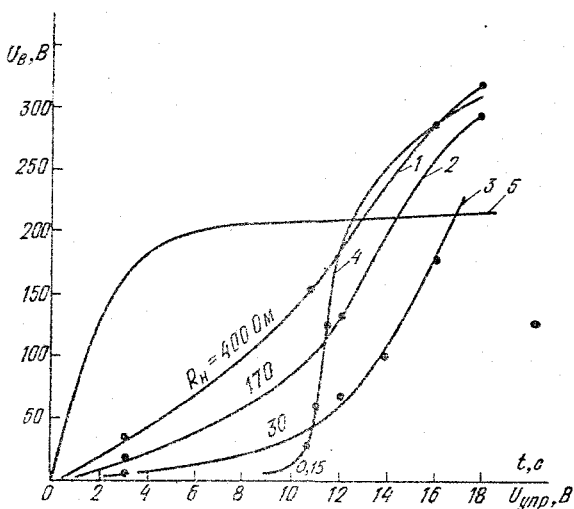


Рис.2. Характеристики управляемого выпрямителя ТПЧ:

1-3 - зависимость выходного напряжения выпрямителя U_b от управляющего напряжения $U_{упр}$ при различных сопротивлениях нагрузки R_n ; 4 - зависимость $U_b = f(U_{упр})$ при работе ТПЧ на двигатель в системе векторного регулирования; 5 - изменение U_b во времени t при скачкообразном увеличении $U_{упр}$ до 12 В

Для обеспечения необходимой динамики привода требуются специальные меры по снижению инерционности управляемого выпрямителя ТПЧ и линеаризации его характеристики. Как

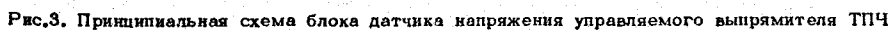


Рис.3. Принципиальная схема блока датчика напряжения управляемого выпрямителя ТПЧ

показали исследования на преобразователе ТПЧ-15, регулировочная характеристика выпрямителя тиристорного преобразователя частоты обладает заметной нелинейностью (в зоне больших углов управления), сильно зависящей от нагрузки.

На рис.2 приведены регулировочные характеристики выпрямителя тиристорного преобразователя частоты ТПЧ-15 (с силовым трансформатором Т1А-А) и реакция управляемого выпрямителя на скачок управляющего напряжения U_2 В.

В системе векторного управления частотным приводом использован замкнутый контур управления напряжением выпрямителя. Для этого разработан малоинерционный датчик напряжения управляемого выпрямителя ТПЧ-15, обеспечивающий гальваническую развязку системы векторного управления и блока управления выпрямителем с силовой частью ТПЧ.

На рис.3 представлена схема датчика напряжения, выполненная с использованием множителя М1 на базе К159НТ1Б [3] и операционных усилителей У1-У3 (К140УД1Б).

В схеме напряжением выпрямителя, подаваемым через делитель $R_{17}-R_{19}$ на вход 2 множителя М1, осуществляется амплитудная модуляция колебаний генератора прямоугольного напряжения У1, поступающих на вход 1 множителя. Модулированное по амплитуде прямоугольное напряжение, усиленное по мощности усилителем Т1-Т2, через трансформатор Тр1 поступает на вход точного двухполупериодного выпрямителя ($У2, У3$), с выхода которого снимается аналоговый сигнал, пропорциональный напряжению выпрямителя ТПЧ.

Генератор прямоугольного напряжения У1 собран по схеме, аналогичной генератору блока управления инвертором ТПЧ (см.рис.1, У13). Цепочка R_6-C_2 служит для обеспечения стабильной скважности выходного напряжения У1. Генератор работает на частоте 10-15 кГц, определяемой приведенным выше уравнением.

Усилитель мощности на транзисторах П306А и П701А обеспечивает полосу пропускания неискаженного сигнала максимальной амплитуды 8-10 В до 15 кГц. При этом напряжение с выхода множителя М1 подается на базы транзисторов Т1, Т2, а клемма 9 множителя М1 [3] соединяется с эмиттерами Т1, Т2. Таким образом отрицательной обратной связью охватывается и усилитель мощности. Для защиты выходного усилителя множителя М1 от перегрузки по току между ним и усилителем мощности устанавливается ограничительный резистор R_2 .

Для реализации гальванической развязки используется импульсный трансформатор ГХ4.720.002.

Схема двухполупериодного выпрямителя на двух операционных усилителях, в которой диод используется как нелинейный элемент в цепи отрицательной обратной связи усилителя У2, позволяет получить значение порога открывания выпрямителя примерно на уровне 1-2 мВ.

Основные технические данные датчика напряжения:

Входное напряжение, В	0-380
Выходное напряжение, В	0-10
Точность датчика не хуже	0,5%

Питание от двух гальванически развязанных источников напряжений, В	$\pm 12,8$
Стабильность напряжений	$\pm 0,1\%$
Датчик может быть выполнен на микросхемах К153УД2.	

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.В., Дартау В.А., Павлов Ю.П. и др. Элементы системы управления частотным приводом с подчиненным векторным регулированием. - В кн.: Вентильные автоматизированные электроприводы и преобразователи с улучшенными характеристиками, Л., изд. НТОЭ и ЭП, 1978.
2. Липман А.А., Мордкович А.Г., Чуприков В.С. Динамика интегральных операционных усилителей с простой коррекцией в режиме большого сигнала. - В кн.: Электронная техника в автоматике. Вып. 9, М., Сов.радио, 1977.
3. Алексеев В.В. Блоки систем векторного управления частотно-регулируемым приводом на микромодулях, Л., изд. ЛДНТП, 1979.