



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е И З О Б Р Е Т Е Н И Я

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 720662

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 03.01.78 (21) 2563862/24-07

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 05.03.80. Бюллетень № 9

Дата опубликования описания 15.03.80

(51) М. Кл²

H 02 P 13/16

(53) УДК 621.316.
.727 (088.8)

(72) Авторы
изобретения

Б. И. Фираго, В. Г. Сидоров и В. П. Беляев

(71) Заявитель

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНО-ТРЕХФАЗНЫМ ОДНОПОЛУПЕРИОДНЫМ ЦИКЛОКОНВЕРТОРОМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

1

Изобретение относится к электротехнике, в частности, к области управления трехфазно-трехфазными однополупериодными циклоконверторами, питающих частотно-регулируемые асинхронные электроприводы.

Известны способы управления трехфазно-трехфазным циклоконвертором, заключающиеся в том, что управляющие импульсы на тиристоры силовой схемы подаются так, чтобы трехфазное выходное напряжение преобразователя имело частоту, сниженную по сравнению с частотой питающей сети в любое целое число раз ν , причем порядок чередования фаз выходного и питающего трехфазных напряжений остается во всем диапазоне изменения ν постоянным [1].

Схема управления, реализующая такой способ, содержит блок синхронизации, выходы которого соединены с одним из входов нуль-органов, на вторые входы которых подаются сигналы уставки. Выходы нуль-органов одновременно соединены с сумматором и распределителем, ко второму входу которого подсоединяется выход кольцевого счетчика.

2

При таком способе управления возникает несимметрия выходного напряжения преобразователя, которая приводит к ухудшению работы асинхронного двигателя.

Известен также способ управления трехфазно-трехфазным циклоконвертором, заключающийся в том, что снимают входную частоту за счет подачи определенной последовательности импульсов на встречно-параллельные тиристоры, соединяющие фазы нагрузки с фазами питающей сети [2].

Устройство управления, реализующее такой способ состоит из формирователя — синхронизатора и трех блоков импульсно-фазового управления, подключенных к трехфазной сети, шести элементов запрета, три из которых соответственно подключены к прямым и инверсным выходам блоков импульсно-фазового управления, а выходы первых трех элементов запрета соединены с входами вторых трех элементов запрета, кольцевого распределителя с тремя прямыми и тремя инверсными выходами, один прямой и один инверсный выходы которого подключены к первому элементу запрета вто-

рых трех элементов запрета, выход которого подключен к первому из пяти выходных усилителей, подключенных к управляющим электродам тиристорov, целочисленного делителя частоты, первый и второй входы которого подключены соответственно к первому и второму выходам формирователя-синхронизатора, а выход целочисленного делителя частоты подключен к первому входу кольцевого распределителя, второй вход которого подключен ко второму выходу формирователя-синхронизатора, и блок редукции частоты, выход которого подключен к третьему входу целочисленного делителя частоты.

Недостатком способа управления циклоконвертором является значительная несимметричность выходного напряжения, которая существенно проявляется при малых значениях коэффициента редукции.

Целью изобретения являются исключение асимметрии в трехфазной системе выходного напряжения, улучшение энергетических показателей и регулировочных характеристик, а также уменьшение пульсаций момента и частоты вращения электропривода.

Указанная цель достигается тем, что в способе управления трехфазно-трехфазным однополупериодным циклоконвертором, питающим частотно-управляемый асинхронный электропривод, заключающийся в том, что снижают частоту входного напряжения кратно в целое число раз по отношению к входной частоте путем подачи последовательности управляющих импульсов на тиристоры циклоконвертора, изменяют последовательность подачи импульсов на тиристоры в зависимости от требуемого коэффициента снижения частоты ν , причем при $\nu = 3n + 1$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ подают управляющие импульсы на тиристоры циклоконвертора, которые формируют выходное напряжение с порядком чередования фаз, соответствующим порядку чередования фаз питающей сети, а при $\nu = 3n - 1$ подают управляющие импульсы на тиристоры циклоконвертора, которые формируют выходное напряжение с порядком чередования фаз, соответствующим обратному порядку чередования фаз питающей сети.

Такой способ может быть осуществлен устройством, которое в отличие от известного снабжено двумя формирователями двоичного кода коэффициентов снижения выходной частоты, двумя блоками сравнения кодов, каждый из которых состоит из четырех двухвходовых логических элементов И, двух четырехвходовых логических элементов ИЛИ, двух блоков задержки и четырех управляемых ключей, причем управляющие входы ключей попарно соединены с выходами блоков временной задержки, подключенных через четырехвходовые логические элементы ИЛИ к выходу каждого логическо-

го элемента И блоков сравнения кодов, первые входы которых соответственно подключены к формирователям двоичного кода коэффициентов снижения входной частоты, а вторые входы подключены к выходу блока редукции частоты, выходы второй и третьей пары прямого и инверсного выходов кольцевого распределителя через первый и второй ключи подключены к входам второго и третьего элементов запрета вторых трех элементов запрета, а выходы данных элементов запрета через третий и четвертый ключи подключены к входам четырех выходных усилителей.

На фиг. 1 — устройство для осуществления способа; на фиг. 2 — эпюры напряжений, характеризующие способ управления трехфазно-трехфазным однополупериодным циклоконвертором.

Устройство для управления циклоконвертором, состоящее из встречно-параллельно включенных тиристорov 1—5, соединяющих три фазы нагрузки 6 с тремя фазами питающей сети с частотой f_1 , содержит каналы управления, каждый из которых состоит из блоков 7, 8, 9 импульсно-фазового управления, соединенных через элементы 10—15 запрета с выходными усилителями 16—20, причем усилители 17—20 соединяются перекрестно с элементами 14—15 запрета через управляемые ключи 21—22. С питающей сетью соединен формирователь-синхронизатор 23, выход которого включен на целочисленный делитель 24 частоты и кольцевой распределитель 25, соединенный одним из выходов с выходом делителя 24. Кольцевой распределитель 25 имеет трехфазный выход, каждый из которых присоединен соответственно к входам элементов 13, 14, 15 запрета, причем с элементами 14—15 выходы распределителя 25 соединены перекрестно через управляемые ключи 26—27. Ключи 26 и 21 управляются с выхода элемента 28 задержки, а 27 и 22 с выхода элемента 29 задержки, входы которых присоединены к выходам логических элементов ИЛИ 30—31, чьи входы соответствующим образом включены на выходы элементов 32—33, фиксирующих совпадение кодов, вырабатываемых формирователями 34—35. Кроме этого, один из входов устройств 32 и 33 соединяется с выходом блока 36 редукции частоты и одним из входов целочисленного делителя 24 частоты. В целях упрощения связи между логическими элементами системы управления циклоконвертором в большинстве случаев выполнены в однолинейном исполнении.

Схема устройства работает следующим образом.

Блоки 7—9, синхронизированные с питающей сетью, вырабатывают импульсы управления, поступающие через элементы 10—15, управляемые ключи 21—22 и выходные

усилители 16—20 на управляющие электроды соответствующих тиристоров 1—5. Вырабатываемые блоками 7—9 импульсы можно сдвигать с помощью сигнала управления U_4 , осуществляя тем самым фазовое управление полусинусоид входного напряжения, из которых формируется выходное напряжение, что необходимо выполнять одновременно со снижением его частоты.

Циклическое переключение тиристоров 1—5 с частотой f_2 осуществляется благодаря подаче на запрещающие входы элементов 13—15 запрета тактового сигнала с выхода, распределителя 25, который представляет собой кольцевой делитель на 6, с выхода которого снимается три пары взаимноинверсных потенциальных логических тактовых сигналов. Каждая пара тактовых сигналов сдвинута во времени друг относительно друга на $1/3$ периода выходной частоты. Для того, чтобы выходная частота была в целое число раз меньше входной, на вход распределителя 25 подается сигнал с управляемого целочисленного делителя 24 частоты, на который поступает последовательность импульсов от формирователя-синхронизатора 23. Коэффициент снижения входной частоты задается в двоичном коде формирователем 34 и подается как на управляющий вход делителя 24, так и на один из входов каждой ячейки блоков 30 и 31. На второй вход каждой ячейки элемента 30 подается код, вырабатываемый элементом 32 и обеспечивающий симметричное управление при однонаправленном чередовании фаз входного и выходного напряжений. На второй вход каждой ячейки элемента 32 подается код, вырабатываемый элементом 33 и обеспечивающий симметричное управление при встречном чередовании фаз указанных напряжений. В зависимости от заданного ν имеет место совпадение кодов либо в элементе 30, либо в элементе 31, при этом появляется логическая единица на выходе элемента 28 задержки либо 29, что приводит к замыканию логической цепи соответственно управляемого ключа 26 либо 27. Такое построение схемы обеспечивает необходимое взаимное направление в чередовании соответствующих фаз входного и выходного напряжений.

Для того, чтобы при непосредственном переходе от одного значения ν к другому не происходило изменение порядка чередования фаз выходного напряжения, в схеме имеются ключи 21 и 22, управляемые одновременно с ключами 26 и 27 и позволяющие пропускать на тиристоры импульсы управления так, чтобы формировалось выходное напряжение того же порядка чередования фаз как и при предыдущем значении ν . Кроме этого при непосредственном переходе от одного значения ν к другому сигнал на управляемые ключи 21—22 и 26—27 подается

не сразу, а с определенной выдержкой времени, создаваемой элементами 28 и 29. Это необходимо для того, чтобы при переходе от одной группы работающих силовых вентилей 1—5 к другой не произошло короткое замыкание между фазами. Выдержка времени не должна быть менее одной четверти периода питающего напряжения.

Способ управления трехфазно-трехфазным однополупериодным циклоконвертором осуществляется следующим образом (см. фиг. 2).

На схеме: $U_1(t)$; $U_2(t)$; $U_3(t)$ мгновенные значения напряжения фаз питающей сети, $U_{\bar{1}}(t)$; $U_{\bar{2}}(t)$; $U_{\bar{3}}(t)$ — мгновенные значения напряжений фаз выходного напряжения, T_1 и T_2 — соответственно полупериоды выходного напряжения. Рассмотрим теоретическое обоснование предлагаемого способа управления. Для получения трехфазной системы выходного напряжения с частотой $f_{\text{вых}}$ необходимо сформировать трехфазный тактовый сигнал с частотой $f_{\text{вых}}$, который обеспечит циклическое подключение выходных фаз циклоконвертора к фазам питающей сети с соответствующим временным сдвигом. Полученная трехфазная система выходного напряжения будет симметрична, если мгновенные значения выходного напряжения будут равны между собой при сдвиге по оси времени на $T/3$ и $2T/3$ соответственно для второй и третьей выходных фаз:

$$U_{\bar{1}}(t) = U_{\bar{2}}(t + T/3) = U_{\bar{3}}(t + 2T/3). \quad (1)$$

Пусть фазы выходного напряжения циклоконвертора образуются из одноименных фаз питающей сети, т. е. трехфазный тактовый сигнал и трехфазное напряжение питающей сети имеют одинаковый порядок чередования фаз. Тогда на участках проводимости тиристоров имеем:

$$\begin{aligned} U_{\bar{1}}(t) &= U_1(t); & U_{\bar{2}}(t) &= U_2(t); \\ U_{\bar{3}}(t) &= U_3(t). \end{aligned} \quad (2)$$

Исходя из симметрии и периодичности напряжения питающей сети, можно записать:

$$\begin{aligned} U_1(t) &= U_2(t + T_1/3 + nT_1), \\ U_2(t) &= U_3(t + T_1/3 + nT_1), \\ U_3(t) &= U_1(t + T_1/3 + nT_1) \end{aligned} \quad (3)$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

или

$$U_1(t) = U_2(t + T_1/3 + nT_1) = U_3(t + T_1/3 + nT_1 + T_1/3 + nT_1). \quad (4)$$

Рассматривая равенства (1) и (4) с учетом (2), можно записать:

$$T_2/3 = nT_1 + T_1/3, \text{ откуда}$$

$$\nu = \frac{T_2}{T_1} = 3n + 1. \quad (5)$$

Если соблюдать условия (2) и (5), то при симметричной питающей сети трехфазная система получаемого выходного напряжения также симметрична.

Пусть порядок чередования фаз трехфазного тактового сигнала обратен порядку чередования трехфазного напряжения питающей сети. Тогда на участках проводимости тиристоров имеем:

$$\begin{aligned} U_{11}(t) &= U_1(t); U_{12}(t) = U_3(t); \\ U_{13}(t) &= U_2(t), \end{aligned} \quad (7)$$

а с учетом симметрии, периодичности и порядка чередования фаз напряжения питающей сети можно записать:

$$\begin{aligned} U_1(t) &= U_3(t - T_1/3 + nT_1), \\ U_2(t) &= U_2(t - T_1/3 + nT_1), \\ U_3(t) &= U_1(t - T_1/3 + nT_1), \end{aligned} \quad (8)$$

где $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

или

$$\begin{aligned} U_1(t) &= U_3(t - T_1/3 + nT_1) = \\ &= U_2(t - T_1/3 + nT_1 - T_1/3 + nT_1). \end{aligned} \quad (9)$$

Как и в предыдущем случае, можно получить $T_2/3 = -T_1/3 + nT_1$, откуда

$$\nu = \frac{T_2}{T_1} = 3n - 1. \quad (10)$$

Уравнения (7) и (9) дают условия, при которых трехфазная система выходного напряжения также симметрична.

Таким образом, если управление циклоконвертором осуществляется в соответствии с условиями (2), (5) или (7), (9), то его выходное напряжение будет симметрично. Кроме этого, уравнение (9) не изменится, если поменять порядок чередования фаз тактового сигнала, оставив неизменным порядок чередования фаз питающей сети. Однако при этом произойдет изменение порядка чередования фаз выходного напряжения и реверс асинхронного двигателя.

Рассмотрим формирование выходного напряжения при последовательном изменении коэффициента снижения входной частоты от $\nu = 3n - 1$ к $\nu = 3n + 1$ и обратно при $n = 1, 2, 3, \dots$. Из изложенного выше следует, что избежать изменения порядка чередования фаз выходного напряжения можно, если их формировать из напряжения фаз питающей сети с обратным порядком чередования (фиг. 1). При этом нельзя осуществить мгновенный переход во всех фазах от одного значения ν к другому. Это может привести к короткому замыканию двух фаз. Для того чтобы это не происходило, необходимо осуществлять переход с выдержкой времени не меньшей чем половина периода напряжения питающей сети T_2 .

Применение данного изобретения позволяет исключить асимметрию в трехфазной системе выходного напряжения, улучшает энергетические показатели и регулировочные характеристики, а также уменьшает пульсации момента и частоты вращения электропривода.

Формула изобретения

1. Способ управления трехфазно-трехфазным однополупериодным циклоконвер-

тором, питающим частотно-управляемый асинхронный электропривод, заключающийся в том, что снижают частоту входного напряжения кратно в целое число раз по отношению к входной частоте путем подачи последовательности управляющих импульсов на тиристоры циклоконвертора, отличающийся тем, что, с целью исключения асимметрии в трехфазной системе выходного напряжения, улучшения энергетических показателей и регулировочных характеристик, а также уменьшения пульсаций момента и частоты вращения электропривода, изменяют последовательность подачи импульсов на тиристоры в зависимости от требуемого коэффициента снижения частоты, причем при $\nu = 3n + 1$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ подают управляющие импульсы на тиристоры циклоконвертора, которые формируют выходное напряжение с порядком чередования фаз, соответствующим порядку чередования фаз питающей сети, а при $\nu = 3n - 1$ подают управляющие импульсы на тиристоры циклоконвертора, которые формируют выходное напряжение с порядком чередования фаз, соответствующим обратному порядку чередования фаз питающей сети.

2. Устройство для осуществления способа по п. 1, содержащее формирователь-синхронизатор и три блока импульсно-фазового управления, подключенные к трехфазной сети, шесть элементов запрета, три из которых соответственно подключены к прямым и инверсным выходам блоков импульсно-фазового управления, а выходы первых трех элементов запрета соединены с входами вторых трех элементов запрета, кольцевой распределитель с тремя прямыми и тремя инверсными выходами, один прямой и один инверсный выходы которого подключены к первому элементу запрета вторых трех элементов запрета, выход которого подключен к первому из пяти выходных усилителей, подключенных к управляющим электродам тиристоров, целочисленный делитель частоты, первый и второй входы которого подключены соответственно к первому и второму выходам формирователя-синхронизатора, а выход целочисленного делителя частоты подключен к первому входу кольцевого распределителя, второй вход которого подключен ко второму выходу формирователя-синхронизатора, и блок редукции частоты, выход которого подключен к третьему входу целочисленного делителя частоты, отличающееся тем, что оно снабжено двумя формирователями двоичного кода коэффициентов снижения выходной частоты, двумя блоками сравнения кодов, каждый из которых состоит из четырех двухвходовых логических элементов И, двух четырехвходовых логических элементов ИЛИ, двух блоков задержки и четырех управляемых ключей, причем управляющие входы

ключей попарно соединены с выходами блоков временной задержки, подключенных через четырехходовые логические элементы ИЛИ к выходу каждого логического элемента И блоков сравнения кодов, первые входы которых соответственно подключены к формирователям двоичного кода коэффициентов снижения входной частоты, а вторые входы подключены к выходу блока редукции частоты, выходы второй и третьей пары прямого и инверсного выходов кольцевого распределителя через первый и второй ключи подключены к входам второго и

третьего элементов запрета вторых трех элементов запрета, а выходы данных элементов запрета через третий и четвертый ключи подключены к входам четырех выходных усилителей.

5

Источники информации,

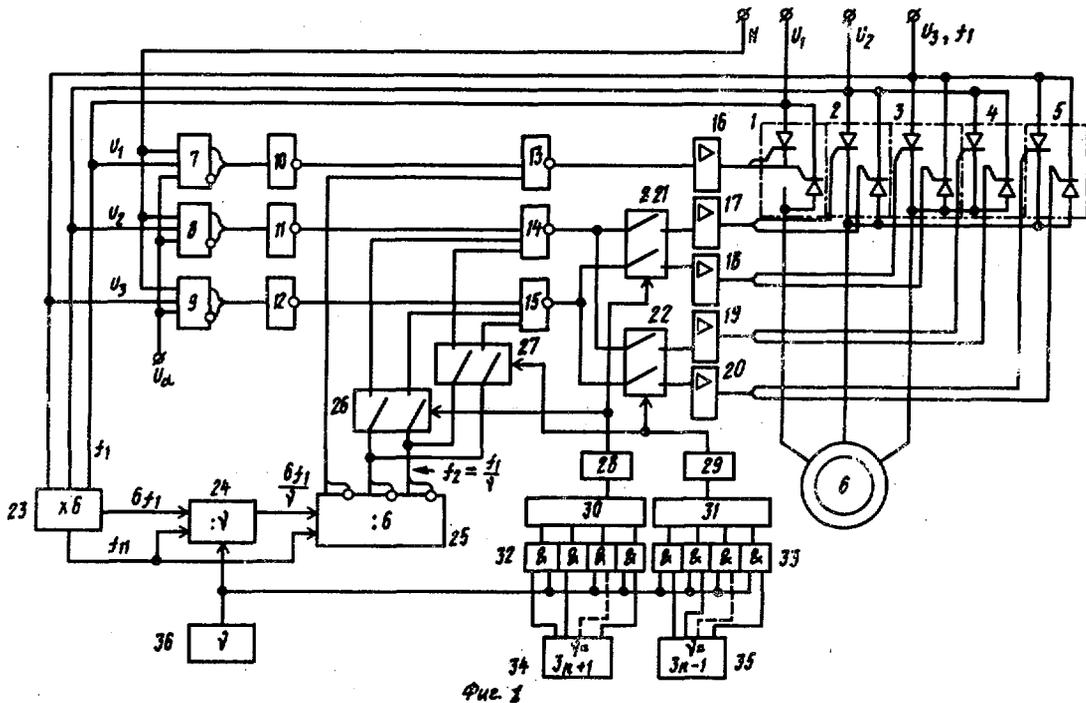
принятые во внимание при экспертизе

1. Патент США № 3958172,

кл. Н 02 М 5/27, 1976.

10

2. Сб. Новые методы исследования в теоретической электротехнике и инженерной электрофизике. Иваново, вып. 3, 1974, с.110—112 (прототип).



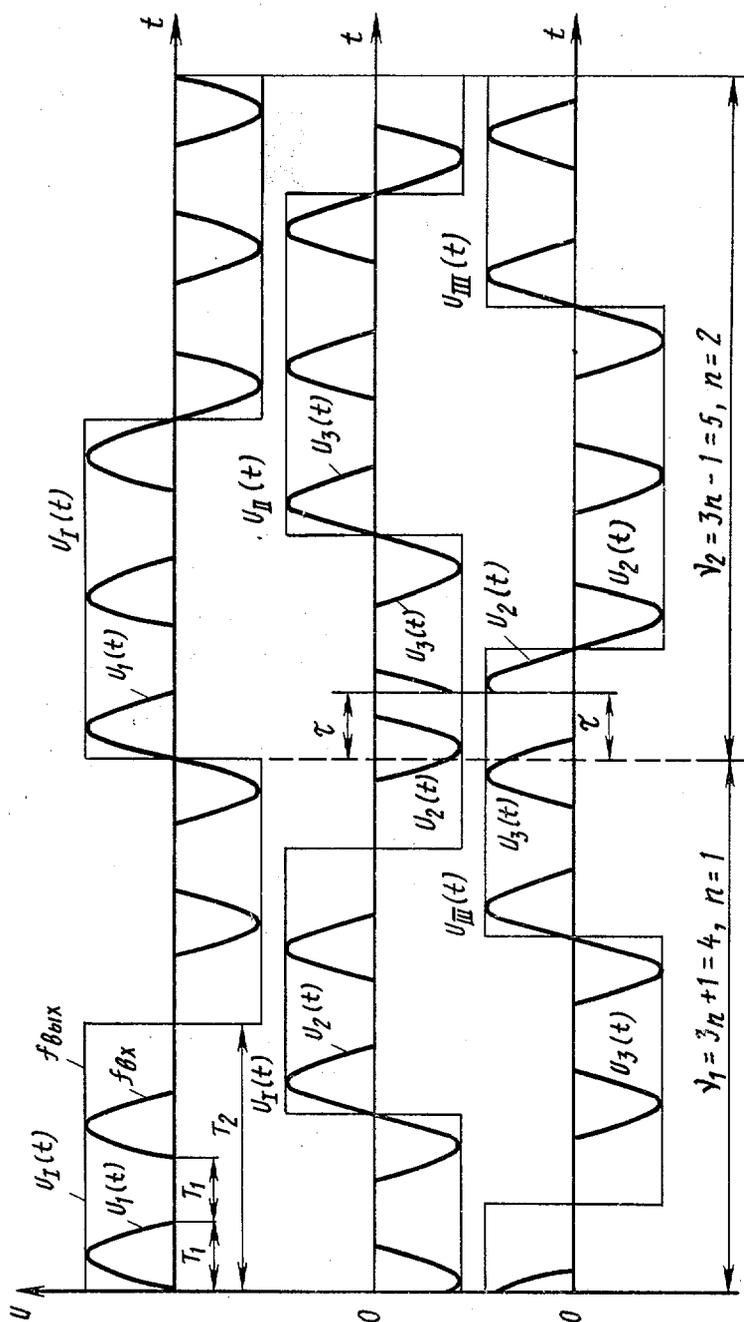


Fig. 2

Редактор Г. Челюканов
Заказ 10242/47

Составитель О. Наказная
Техред К. Шуфрич
Тираж 783

Корректор М. Демчик
Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
Филиал ППП «Патент», г. Ужгород, ул. Проектная, 4