



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4068505/24-07

(22) 07.04.86

(46) 07.02.88. Бюл. № 5

(71) Белорусский политехнический институт

(72) А.А.Семченко, С.Ю.Должников,  
Б.И.Фираго и Е.Г.Подобедов

(53) 621.316.27(088.8)

(56) Крогерис А.Ф. и др. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии. - Рига. Зинатне, 1969, с. 376.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1116519, кл. Н 02 М 5/27, 1982.

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

(57) Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в преобразователях частоты. Цель изобретения - повышение плавности дискретности регулирования выходной частоты и расширение области применения преобразователя. За счет введения задержки на  $2\pi/3$  подключения очередной тройки фаз сети к фазам нагрузки и в случае, если ток в нагрузке не успевает затухнуть, осуществление задержки подключения дополнительно на время, равное времени полного затухания тока во всех фазах нагрузки, обеспечивает реализацию способа при соединении нагрузки по схеме без нулевого провода. 3 ил.

Изобретение относится к электро-технике, в частности к области преобразовательной техники, и может быть использовано в частотно-регулируемом электроприводе вентиляторов и насосов с дискретными ступенями изменения частоты выходного напряжения вплоть до значений, равных частоте сети, при естественной коммутации тиристоров.

Цель изобретения - повышение плавности дискретного регулирования выходной частоты и расширение области применения преобразователя за счет обеспечения возможности реализации способа при соединении нагрузки по схеме без нулевого провода.

На фиг.1 приведена схема преобразователя; на фиг.2 - схема системы управления преобразователем; на фиг.3 - временные диаграммы напряжений и сигналов, иллюстрирующие способ управления непосредственным преобразователем частоты, а также работу устройства, реализующего этот способ.

Устройство, реализующее предлагаемый способ управления непосредственным преобразователем частоты, содержит (фиг.1) встречно-параллельно соединенные пары тиристоров 1-18, которые объединены в три группы 19-21 (по шесть тиристоров в каждой) таким образом, что при одновременном включении всех тиристоров одной группы обеспечивается прямое подключение нагрузки к питающей сети, напряжения фаз которой сдвинуты между собой последовательно на угол  $2\pi/3$ . Управляющие электроды тиристоров подключены к выходам системы 22 управления преобразователем, первые три входа которой соединены с фазами питающей сети, а четвертый - с выходом формирователя 23 сигнала отсутствия тока в фазах нагрузки 24. Входы формирователя 23 соединены с датчиками 25-27 тока, установленными в выходных фазах преобразователя, подключенных к фазам нагрузки 24.

Система 22 управления преобразователем (фиг.2) содержит формирователи 28-30 синхроимпульсов, фазосдвигающие устройства 31-33, блок 34 задания напряжения, блок 35 задания частоты, элемент 3 или 36, управляемый делитель 37 частоты, кольцевой регистр 38 сдвига, одновибратор 39, RS-триггер 40, элемент ЗАПРЕТ 41, эле-

менты 3 и 42-59, усилители-формирователи 60-77.

Входы формирователей 28-30 синхроимпульсов соединены соответственно с фазами А, В, С питающей сети, а выходы их подключены соответственно к первым входам фазосдвигающих устройств 31-33, вторые входы которых соединены с выходом блока 34 задания напряжения. Первый выход фазосдвигающего устройства 31 соединен с первыми входами элементов 3 и 42, 48 и 54, второй выход фазосдвигающего устройства 31 соединен с первыми входами элементов 3 и 43, 49 и 55. Первый выход фазосдвигающего устройства 32 соединен с первыми входами элементов 3 и 44, 50, 56, а второй выход соединен с первыми входами элементов 3 и 45, 51, 57. У фазосдвигающего устройства 33 первый выход подключен к первым входам элементов 3 и 46, 52, 58, а второй выход соединен с первыми входами элементов 3 и 47, 53, 59. Выходы формирователей 28-30 подключены также к входам элемента 3 или 36, выход которого соединен с первым входом управляемого делителя 37 частоты, второй вход которого подключен к выходу блока 35 задания частоты. Выход управляемого делителя 37 соединен с входом кольцевого регистра 38 сдвига и входом одновибратора 39, выход которого соединен с R-входом RS-триггера 40 и с инверсным входом элемента ЗАПРЕТ 41. Второй вход элемента ЗАПРЕТ 41 соединен с выходом формирователя 23 сигнала отсутствия тока в фазах нагрузки. Первый выход кольцевого регистра 38 сдвига соединен с вторыми входами логических элементов 3 и 42-47, второй выход регистра 38 сдвига соединен с вторыми входами элементов 3 и 48-53, а третий его выход подключен к вторым входам элементов 3 и 54-59. Прямой выход RS-триггера 40 соединен с третьими входами логических элементов 3 и 42-59. Выходы элементов 3 и 42-59 соединены соответственно с входами усилителей-формирователей 60-77, выходы которых соответственно подключены к управляющим электродам тиристоров 1-18.

На фиг.1-3 обозначены:  $U_1, U_2, U_3$  - напряжения фаз питающей сети; А, В, С - фазы питающей сети; а, б, с - фазы нагрузки 24;  $\bar{I}_\Sigma$  - сигнал отсутствия тока в фазах нагрузки;  $Q_1, Q_2,$

$Q_3$  - выходные сигналы кольцевого регистра сдвига 38;  $Q_4$  - выходной сигнал одновибратора 39;  $Q_5$  - сигнал на прямом выходе RS-триггера 40; У1-У18 5  
сигналы включения тиристоров с индексами, соответствующими номерам тиристоров 1-18;  $U_a, U_b, U_c$  - напряжения на фазах нагрузки 24;  $\tau$  - интервал времени между переключениями тиристорных 10  
групп;  $f_g$  - выходной сигнал управляемого делителя частоты 37;  $T_n$  - интервал времени, равный  $3\tau$ .

Устройство, реализующее способ, работает следующим образом.

Напряжения питающей сети  $U_a, U_b, U_c$  поступают на входы формирователей 28-30, каждый из которых вырабатывает последовательность импульсов частотой  $2f_1$ , соответствующих моментам 20  
перехода через ноль напряжений соответствующих фаз питающей сети. Фазосдвигающие устройства 31-33, синхронизированные с сетью с помощью соответствующих формирователей синхроимпульсов 28-30, вырабатывают широкие импульсы управления тиристорами, делящиеся от момента открывания тиристора до момента перехода синусоиды 30  
напряжения данной входной фазы через ноль. Передний фронт этих импульсов сдвигают относительно сетевого напряжения с помощью потенциального сигнала, поступающего с блока 34 задания напряжения на вторые входы блоков 31-33. Сигналы на первых выходах 35  
фазосдвигающих устройств 31-33 соответствуют положительным полуволнам сетевых напряжений и через соответствующие элементы 3 И и усилители-формирователи поступают на управляющие электроды тиристоров, подключенных анодами к фазам питающей сети. Сигналы на вторых входах фазосдвигающих устройств 31-33 соответствуют 45  
отрицательным полуволнам сетевых напряжений и через соответствующие элементы 3 И и усилители-формирователи поступают на управляющие электроды тиристоров, подключенных катодами к фазам сети.

Импульсы с частотой  $6f_1$  с выхода элемента 3 ИЛИ 36 поступают на первый вход управляемого делителя 37, который формирует выходной импульсный сигнал  $f_g$  с частотой, в  $N$  раз меньшей частоты выходных импульсов (фиг.3). Коэффициент деления  $N$  определяется кодом, поступающим с блока 35 зада-

ния частоты на второй вход управляемого делителя 37. Выходные импульсы управляемого делителя 37, имеющие частоты  $6f_1/N$ , поступают на вход кольцевого регистра 38 сдвига, предварительно устанавливаемого в состояние, которому соответствуют потенциальные сигналы логического нуля на втором и третьем его выходах. Сигнал логической единицы на первом выходе регистра 38 сдвига разрешает работу шестерки тиристоров 19. С поступлением очередного импульса  $f_g$  в момент времени  $t_1$  (фиг.3) состояние кольцевого регистра 38 сдвига изменяется и единичный потенциал переходит на второй выход, что соответствует включенному состоянию тиристорной группы 20. Одновременно с переключением регистра 38 сдвига выходной импульс делителя 37 частоты запускает одновибратор 39, выходной сигнал которого  $Q_4$  (фиг.3) устанавливает в нулевое состояние RS-триггер 40, находившийся до этого момента в единичном состоянии. Сигнал  $Q_5$  на прямом выходе триггера 40 принимает нулевое значение и запрещает прохождение управляющих импульсов на тиристоры 1-18. Элемент ЗАПРЕТ 41 служит для исключения попадания сигналов логической единицы одновременно на оба входа RS-триггера 40. При отсутствии элемента ЗАПРЕТ 41 это возможно в случаях, когда индуктивность в цепи нагрузки 24 невелика и ток во всех ее фазах успевает затухнуть до окончания выходного сигнала  $Q_4$  одновибратора 39, продолжительностью  $T_1/3$ . На фиг.3 рассматривается случай, когда индуктивность достаточно велика и ток во всех фазах нагрузки 24 не успевает полностью затухнуть за время  $T_1/3$ . Тогда в момент времени  $t_2$  выходной сигнал  $Q_4$  одновибратора принимает нулевое значение, но RS-триггер 40 сохраняет свое прежнее состояние.

Выходной сигнал  $\bar{I}_\Sigma$  формирователя 23 может принимать единичное значение только при отсутствии тока во всех выходных фазах преобразователя и полном восстановлении запирающих свойств тиристорами, в остальное время сигнал  $\bar{I}_\Sigma$  имеет значение логического нуля. В момент времени  $t_3$  (фиг.3) сигнал  $\bar{I}_\Sigma$  принимает единичное значение и, пройдя через элемент ЗАПРЕТ 41, переводит RS-триггер 40 в единичное

состояние. При этом сигнал  $Q_5$  на прямом выходе триггера 40 принимает значение логической единицы и разрешает прохождение импульсов управления на тиристоры 1-18.

Таким образом, система 22 управления преобразователем обеспечивает циклическое переключение шестерок тиристоров и осуществляет раздельное управление ими. Шестивентильные группы 19-21 осуществляют следующие три варианта подключения фаз питающей сети к фазам нагрузки: I -  $A_a, B_b, C_c$ ; II -  $A_c, B_a, C_b$ ; III -  $A_b, B_c, C_a$ . При формировании единичных значений выходных сигналов  $Q_1, Q_2, Q_3$  (фиг.3) кольцевого регистра 38 сдвига в последовательности  $Q_1 - Q_2 - Q_3$  обеспечивается последовательность переключения групп тиристоров 19-20-21-19 и, следовательно, прямой порядок чередования фаз питающей сети, подключаемых в каждой фазе нагрузки. Среднее значение выходного напряжения регулируют посредством изменения угла открывания тиристоров в соответствии с потенциальным выходным сигналом блока 34 задания напряжения.

Введение задержки на  $2\pi/3$  при включении очередной группы тиристоров позволяет улучшить форму выходного напряжения преобразователя за счет уменьшения постоянной составляющей.

При каждом очередном переключении тиристорных групп 19-21 фаза результирующего вектора напряжения на нагрузке изменяется относительно фазы результирующего вектора напряжения питающей сети на  $2\pi/3 = \omega T_1/3$ , где  $\omega_1$  - угловая частота результирующего вектора напряжения сети,  $\omega_1 = 2\pi f_1$ . После трех переключений тиристорных групп за интервал времени  $3\tau$  этот фазовый сдвиг составит  $2\pi = \omega_1 T_1$ .

Выходная частота преобразователя определяется выражением

$$\omega_2 = \Delta\varphi_2 / T_n, \quad (1)$$

где  $\Delta\varphi_2$  - угол поворота вектора выходного напряжения;

$T_n$  - интервал времени, в течение которого вектор выходного напряжения поворачивается на угол  $\Delta\varphi_2$ .

Время  $T_n$ , равное сумме трех интервалов  $\tau$ , при условии  $\tau = T_1 N/6$  определяется выражением

$$T_n = 3\tau = T_1 \cdot N/2. \quad (2)$$

За время  $T_n$  угол  $\Delta\varphi_2$  принимает значение

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_2 &= 3\left(\frac{\omega_1 T_1 N}{6} - \frac{\omega_1 T_1}{3}\right) = \omega_1 T_1 \frac{N-2}{2} = \\ &= \omega_2 T_n. \end{aligned} \quad (3)$$

Подставив (2) и (3), получим

$$\omega_2 = \omega_1 \frac{N-2}{N} \dots \quad (4)$$

Преобразовав (4), получаем

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{N-2}{N}. \quad (5)$$

Повышенная плавность регулирования выходной частоты позволяет улучшить энергетические и регулировочные характеристики вентиляторов и насосов. Особенности конструкции большинства серийных асинхронных двигателей, применяемых в этих механизмах, не позволяют включать их по схеме с нулевым проводом. Поэтому способ позволяет расширить область применения непосредственных преобразователей частоты в электроприводах турбомеханизмов.

### 35 Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ управления трехфазным непосредственным преобразователем частоты с естественной коммутацией вентиля, состоящий в том, что циклически подключают фазы сети к фазам нагрузки через равные интервалы времени, причем на интервалах подключения напряжения фаз сети в трех фазах нагрузки сдвинуты между собой последовательно на угол  $2\pi/3$ , и в каждой фазе нагрузки обеспечивают прямое чередование фаз сети, при этом среднюю величину напряжения на выходе преобразователя регулируют посредством изменения угла открывания вентиля преобразователя; о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения плавности дискретного регулирования выходной частоты и расширения области использования преобразователя, измеряют ток нагрузки, а подключение фаз сети производят одновременно ко

всем фазам нагрузки, причем подключение каждой очередной тройки фаз сети к фазам нагрузки задерживают на  $2\pi/3$ , а если за это время ток в нагрузке не успевает затухнуть, то подключение очередной тройки фаз сети задерживают дополнительно на время, равное времени полного затухания тока во всех фазах нагрузки, при этом продолжительности  $\hat{C}$  интервалов времени между моментами подключения фаз сети к фазам нагрузки задают кратными шестой части периода напряжения

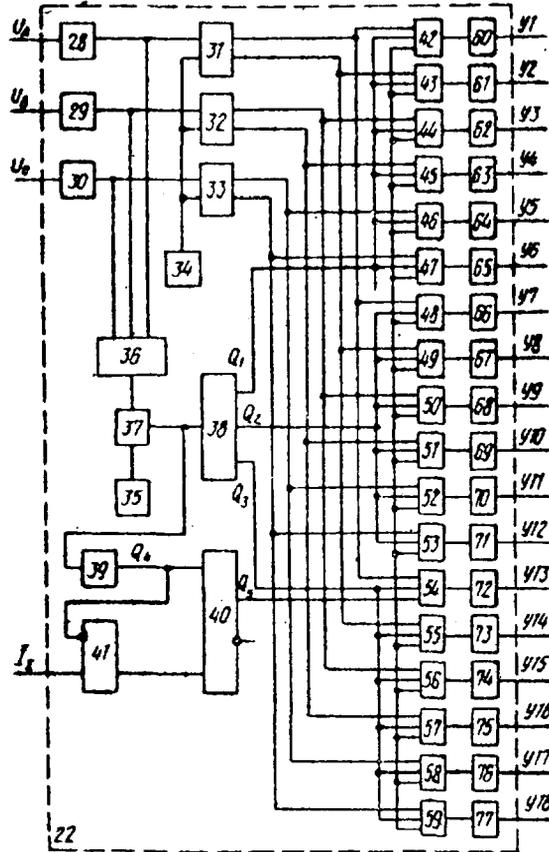
питающей сети в соответствии с выражением

$$\hat{C} = T_1 \cdot N/6,$$

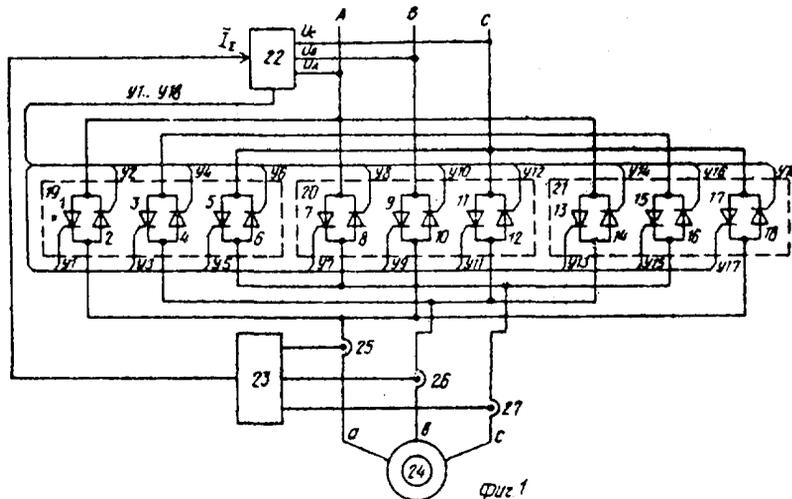
где  $T_1$  - период напряжения питающей сети,  $N = 1, 2, \dots$ , а выходная частота  $f_2$  преобразователя связана с продолжительностью интервала между подключениями выражением

$$f_2/f_1 = (N-2)/N,$$

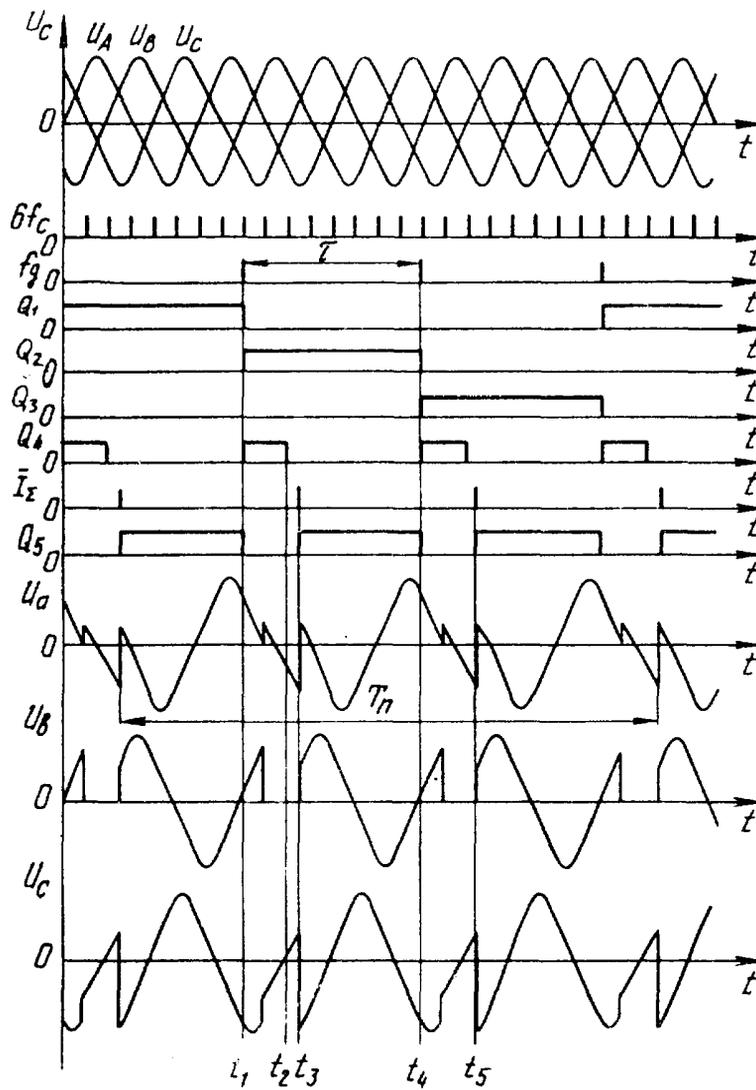
где  $f_1$  - частота напряжения питающей сети.



Щит 2



Щит 1



Фиг. 3

Составитель В.Бунаков

Редактор С.Пекарь

Техред А.Кравчук

Корректор М.Пожо

Заказ 496/52

Тираж 665

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий

113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4