



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГИИТ СССР

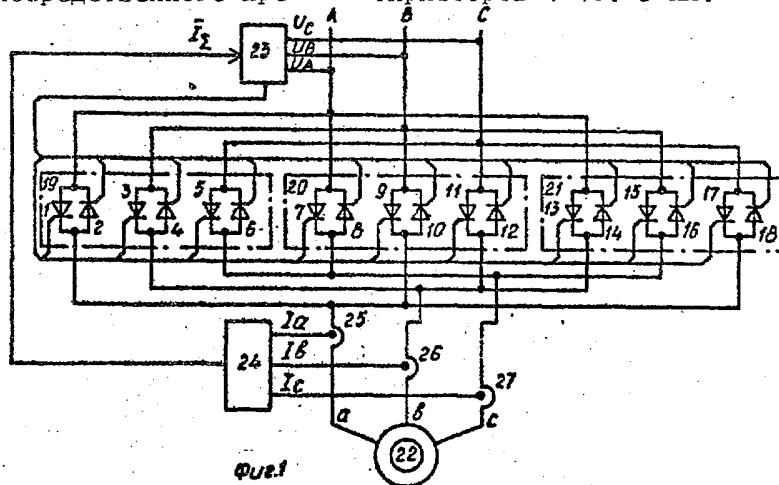
ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 4207280/24-07
(22) 06.03.87
(46) 07.04.89. Бюл. № 13
(71) Белорусский политехнический институт
(72) А.А. Семченко, С.Ю. Должников и Б.И. Фираго
(53) 621.313.333.072.9(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1223323, кл. Н 02 Р 7/42, 1983.
Авторское свидетельство СССР № 1339864, кл. Н 02 Р 7/42, 1986.

(54) СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ
ВРАЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО
ТОКА

(57) Изобретение относится к электро-
технике и может быть использовано в
общепромышленных механизмах. Целью
изобретения является расширение диа-
пазона регулирования частоты враще-
ния электродвигателя переменного то-
ка. С этой целью в способе регулиро-
вания частоты вращения электродвига-
теля переменного тока с помощью ти-
ристоров 1-18 непосредственного пре-

образователя частоты осуществляют
циклическую подачу напряжения питаю-
щей сети к фазам статорной обмотки
электродвигателя 22 переменного тока
через равные интервалы времени с по-
следовательным сдвигом фазы подводи-
мого напряжения на каждом интервале
на угол $2\pi/3$. Контролируют с помо-
щью датчиков тока 25-27 токи в фазах
статорной обмотки электродвигателя
22, определяют с помощью формирова-
теля 24 сигнала отсутствия тока момент
равенства тока по всех фазах нулю
и осуществляют под действием сигнала
с системы управления 23 одновре-
менную подачу напряжения сети во все
фазы статорной обмотки с прямым чере-
дованием фаз питающей сети в диапа-
зоне частот вращения от 0 до $\omega_{он}$ и с
обратным чередованием фаз питающей
сети в диапазоне частот вращения от
 $\omega_{он}$ до $2\omega_{он}$, где $\omega_{он}$ - частота враще-
ния холостого хода. Регулирование
величины питающего напряжения осу-
ществляют изменением угла отпирания
тиристоров 1-18. 5 ил.



Изобретение относится к электротехнике, а именно к области частотно-управления электродвигателями переменного тока, и может быть использовано в электроприводе общепромышленных механизмов.

Цель изобретения - расширение диапазона регулирования частоты вращения электродвигателя переменного тока.

На фиг. 1 приведена схема электропривода с 18-ти вентильным преобразователем ($m = 3$); на фиг. 2 - схема системы управления электроприводом; на фиг. 3 - вариант исполнения устройства формирования сигнала отсутствия тока в фазах статорной обмотки электродвигателя; на фиг. 4 и 5 - временные диаграммы напряжений и сигналов, иллюстрирующие способ регулирования частоты вращения электродвигателя переменного тока, а также работу устройства, реализующего этот способ.

Устройство, реализующее способ регулирования частоты вращения электродвигателя переменного тока, содержит непосредственный преобразователь частоты, составленный из встречно-параллельно соединенных пар тиристоров 1-18, которые объединены в три группы 19-21 таким образом, что при одновременном включении всех тиристоров одной группы обеспечивается прямое подключение статора двигателя 22 к питающей сети, напряжением фаз которой сдвинуты между собой последовательно на угол $2\pi/3$. Управляющие электроды тиристоров подключены к выходам системы 23 управления, первые три входа которой соединены с фазами питающей сети, а четвертый - с выходом формирователя 24 сигнала отсутствия тока в статорной обмотке двигателя 22. Входы формирователя 24 подключены к датчикам 25-27 фазных токов электродвигателя 22.

Система 23 управления содержит систему импульсно-фазового управления (СИФУ) 28-30 (фиг. 2), блок 31 задания напряжения, блок 32 задания частоты вращения, преобразователь 33 напряжение-частота, кольцевой регистр 34 сдвига, логические элементы И 2 35 и 36, логические элементы ЗАПРЕТ 37 и 38, логические элементы ИЛИ 2 39 и 40, RS-триггер 41, логические элементы И 3 42-59, усили-

тели-формирователи 60-77, элемент 78 задержки.

При этом первые входы СИФУ 28-30 соединены соответственно с фазами А, В и С питающей сети, а вторые входы подключены к выходу блока 31 задания напряжения. Первый выход СИФУ 28 соединен с первыми входами элементов И 3 42, 48 и 54, второй выход СИФУ 28 соединен с первыми входами элементов И 3 43, 49 и 55. Первый выход СИФУ 29 соединен с первыми входами элементов И 3 44, 50 и 56, а второй выход СИФУ 29 соединен с первыми входами элементов И 3 45, 51 и 57. Первый выход СИФУ 30 соединен с первыми входами элементов И 3, 46, 52 и 58, а второй выход СИФУ 30 соединен с первыми входами элементов И 3 47, 53 и 59. Первый выход блока 32 задания частоты подключен к входу преобразователя 33 напряжение - частота, выход которого соединен с входом кольцевого регистра 34 сдвига и с R-входом RS-триггера 41, S-вход которого подключен через элемент 78 задержки к выходу формирователя 24. Первый выход кольцевого регистра 34 сдвига соединен с вторыми входами элементов И 3 42-47. Второй выход кольцевого регистра 34 сдвига соединен с первым входом элемента И 2 35 и прямым входом элемента ЗАПРЕТ 37. Третий выход регистра 34 соединен с первым входом элемента И 2 36 и прямым входом элемента ЗАПРЕТ 38. Вторые входы элементов И 2 35 и 36, а также инверсные входы элементов ЗАПРЕТ 37 и 38 соединены между собой и подключены к второму выходу блока 32 задания частоты. Выходы логических элементов 35 и 37 подключены соответственно к первому и второму входам элемента ИЛИ 2 39, выход которого соединен с вторыми входами логических элементов И 3 48-53. Выходы логических элементов 36 и 38 подключены соответственно к первому и второму входам элемента ИЛИ 2 40, выход которого соединен с вторыми входами элементов И 3 54-59. Третьи входы логических элементов И 3 42-59 подключены к прямому выходу RS-триггера 41. Выходы элементов И 3 42-59 соединены соответственно с входами усилителей-формирователей 60-77, выходы которых со-

ответственно подключены к управляющим электродам тиристоров 1-18.

Формирователь 24 сигнала отсутствия тока содержит формирователи-ограничители 79-81 (фиг. 3), входы которых соединены с выходами датчиков 25-27 тока, а выходы подключены соответственно с входами двухполупериодных выпрямителей 82-84, выходы которых соединены с входами логического элемента ИЛИ-НЕ 3 85. Выход элемента 85 является выходом формирователя 24 сигнала отсутствия тока.

На фиг. 1-4 обозначены: U_A, U_B, U_C - напряжения фаз питающей сети; А, В, С - фазы питающей сети; а, б, с - фазы статора двигателя 22; \bar{I}_Σ - сигнал отсутствия тока в фазах двигателя; I_a, I_b, I_c - выходные сигналы датчиков 25-27 тока; X_d - логический сигнал задания диапазона регулирования скорости электропривода; U_ω - потенциальный сигнал задания скорости электропривода; Q_1 - выходной сигнал преобразователя 33 напряжение-частота; Q_2, Q_3, Q_4 - выходные сигналы кольцевого регистра 34 сдвига; Q_5, Q_6 - выходные сигналы соответственно логических элементов ИЛИ 2. 39 и 40; Q_7 - сигнал на прямом выходе R-S-триггера 41; U_a, U_b, U_c - напряжения на фазах двигателя 22; Q_8 - сигнал на выходе элемента 78 задержки; τ - продолжительность единичных значений сигналов $Q_2 \dots Q_6$.

Способ осуществляется следующим образом.

Напряжения U_A, U_B, U_C питающей сети поступают на входы СИФУ 28-30, которые формируют широкие импульсы управления тиристорами, длящиеся от момента открывания тиристора до момента перехода синусоиды напряжения данной входной фазы через ноль. Передний фронт этих импульсов сдвигают относительно сетевого напряжения с помощью потенциального сигнала, поступающего с блока 31 задания напряжения на вторые входы СИФУ 28-30. Сигналы на первых выходах СИФУ 28-30 соответствуют положительным полуволнам сетевых напряжений и через соответствующие элементы И 3 и усилители-формирователи поступают на управляющие электроды тиристоров, подключенных анодами к фазам питающей сети. Сигналы на вторых выходах

СИФУ 28-30 соответствуют отрицательным полуволнам сетевых напряжений и через соответствующие элементы И 3 и усилители-формирователи поступают на управляющие электроды тиристоров, подключенных катодами к фазам сети.

На вход кольцевого регистра 34 сдвига поступают с выхода преобразователя 33 напряжение-частота импульсы, частота которых определяется аналоговым выходным сигналом блока 32 задания частоты. Регистр 34 сдвига предварительно устанавливают в состояние, которому соответствуют потенциальные сигналы логического нуля на втором и третьем его выходах. Сигналы логической единицы на первом выходе регистра 34 сдвига разрешают при этом работу шестерки группы 19 тиристоров. Сигнал X_d на втором выходе блока 32 задания частоты может принимать значение логической единицы, соответствующей диапазону регулирования скорости $0 < \omega_0 < \omega_{0н}$ и значение логического нуля, соответствующее диапазону регулирования скорости $\omega_{0н} < \omega_0 < 2\omega_{0н}$. Рассмотрим работу устройства при $X_d = 1$ (фиг. 4). В этом случае $Q_3 = Q_5$ и $Q_4 = Q_6$ с поступлением очередного импульса Q_1 в момент времени t_1 состояние кольцевого регистра 34 сдвига изменяется и единичный потенциал переходит на второй выход, проходит через элементы 35 и 39 и поступает на вторые входы элементов 48-53, что соответствует включенному состоянию тиристорной группы 20. Одновременно с переключением регистра 34 сдвига выходной импульс блока 33 устанавливает в нулевое состояние RS-триггер 41, находившийся до этого момента в единичном состоянии. Сигнал Q_7 на прямом выходе триггера 41 принимает нулевое значение и запрещает прохождение управляющих импульсов на тиристоры 1-18. Однако ток, протекающий по фазам статора двигателя 22 в течение интервала времени $t_1 - t_2$, удерживает соответствующие тиристоры группы 19 в открытом состоянии. Для упрощения временных диаграмм, иллюстрирующих работу устройства, электродвигатель заменен активно-индуктивной нагрузкой, угол α открывания вентилей равен нулю. В момент времени t_2 ток во всех фазах двигателя 22

спадают до нуля и выходной сигнал \bar{I}_{Σ} блока 24 принимает единичное значение. Элемент 78 задержки сдвигает передний фронт сигнала \bar{I}_{Σ} таким образом, что на интервале t_2-t_3 обеспечивается бестоковая пауза, достаточная для восстановления запирающих свойств тиристоров. В момент времени t_3 выходной сигнал Q_3 элемента задержки принимает единичное значение и устанавливает RS-триггер 41 в единичное состояние. При этом сигнал Q_7 принимает единичное значение и разрешает поступление управляющих импульсов на тиристоры 1-18. В соответствии с единичным значением сигнала открываются тиристоры группы 20 и по фазам электродвигателя 22 начинает протекать ток. В результате сигналы \bar{I}_{Σ} и Q_3 принимают нулевые значения.

Формирователи-ограничители 79-81 служат для преобразования переменных несинусоидальных сигналов I_a, I_b, I_c в знакопеременные сигналы с нормированной амплитудой. Эти сигналы выпрямляются выпрямителями 82-84 и поступают на элемент ИЛИ-НЕ 3 85. Таким образом, выходной сигнал \bar{I}_{Σ} блока 24 принимает единичное значение только при условии $I_a = 0, I_b = 0, I_c = 0$.

В случае $X_g = 0$ (фиг. 5) обеспечивается изменение порядка переключения вентильных групп, так как справедливо $Q_5 = Q_4$ и $Q_6 = Q_3$. В остальном работа устройства не изменяется.

Таким образом, система 23 управления обеспечивает циклическое переключение шестерок тиристоров и осуществляет раздельное управление ими. Шестивентильные группы 19-21 осуществляют соответственно три варианта подключения фаз сети к фазам статора электродвигателя 22: 1) A_a, B_b, C_c ; 2) A_c, B_a, C_b ; 3) A_b, B_c, C_a . При $X_g = 1$ сигналы Q_2, Q_5 и Q_6 принимают единичные значения в последовательности $Q_2 - Q_5 - Q_6 - Q_2 - \dots$, что обеспечивает последовательность переключения групп тиристоров 19-20-21-19-... и, следовательно, прямой порядок чередования фаз питающей сети. При $X_g = 0$ сигналы Q_2, Q_5 и Q_6 принимают единичные значения в последовательности $Q_2 - Q_6 - Q_5 - Q_2 - \dots$, что обеспечивает последовательность переключения групп тиристоров 19-21-20-19-... и, следовательно, обратный

порядок чередования фаз питающей сети. Среднее значение напряжения на двигателе регулируют посредством изменения угла α открывания тиристоров в соответствии с потенциальным выходным сигналом блока 31 задания напряжения. Продолжительность τ работы одной тиристорной группы определяется частотой сигнала Q_1 .

При каждом очередном переключении тиристорных групп 19-21 фаза результирующего вектора напряжения на двигателе изменяется относительно фазы результирующего вектора напряжения питающей сети на $-2\pi/3$ при $X_g = 1$ и на $+2\pi/3$ при $X_g = 0$.

После трех переключений тиристорных групп за интервал времени 3τ этот фазовый сдвиг составит -2π при $X_g = 1$ и $+2\pi$ при $X_g = 0$. Частота вращения холостого хода электродвигателя определяется частотой ω_2 основной гармонической составляющей напряжения на статоре электродвигателя в соответствии с выражением

$$\omega_0 = \frac{\omega_2}{P_n} = \frac{\Delta\varphi_2}{P_n \Delta T}, \quad (1)$$

где $\Delta\varphi_2$ - фазовый угол, на который поворачивается результирующий вектор выходного напряжения за интервал времени ΔT .

В случае электропривода, представленного на фиг. 1, интервалу времени $\Delta T = 3\tau$ соответствует угол $\Delta\varphi_2 = 3\tau \cdot \omega_1 \neq 2\pi$, где ω_1 - частота питающей сети, знак - соответствует $X_g = 1$, знак + - $X_g = 0$. Тогда справедливо

$$\omega_0 = \frac{\omega_1}{P_n} \mp \frac{2\pi}{3\tau P_n} = \omega_{0н} \mp \frac{2\pi}{3\tau P_n} \quad (2)$$

В общем случае для произвольного числа m эквивалентных фаз сети, подключаемых к одной фазе статора трехфазного двигателя, силовой вентильный блок электропривода должен содержать $6m$ тиристоров, функционально объединенных в m вентильных групп по шесть тиристоров в каждой. Тогда при очередном переключении вентильных групп будет происходить фазовый сдвиг результирующего вектора напряжения на двигателе на $+2\pi/m$, где знак - соответствует $0 < \omega_0 < \omega_{0н}$, а знак + соответствует $\omega_{0н} < \omega_0 < 2\omega_{0н}$. В соответствии с (1) и по аналогии с (2)

$$\omega_0 = \omega_{0н} \mp \frac{2\pi}{P_n \cdot m \cdot \tau} \quad (3)$$

Если номинальное значение напряжения питания двигателя совпадает с напряжением сети, то при регулировании частоты вращения выше $\omega_{он}$ перегрузочная способность быстро падает. Поэтому данный электропривод целесообразно использовать в тех механизмах, где требуется значительная скорость быстрых перемещений при малом моменте нагрузки (например, в грузоподъемных механизмах при перемещении порожнего крюка).

Таким образом, предлагаемый способ позволяет расширить диапазон регулирования частоты вращения электродвигателя переменного тока с непосредственным преобразователем частоты при естественной коммутации вентилей и частоты питающей сети, равной номинальной частоте питания электродвигателя, за счет изменения порядка чередования фаз при циклическом подключении фаз сети к фазам статора двигателя.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ регулирования частоты вращения электродвигателя переменного тока с трехфазным непосредственным преобразователем частоты с естественной коммутацией в цепи статорной обмотки, при котором к фазам статорной обмотки электродвигателя циклически через равные интервалы времени подают напряжение питания, сдвигая

его на каждом интервале последовательно на угол $2\pi/3$, изменяют углы открывания вентилей непосредственно преобразователя частоты, регулируя величину подводимого к фазам статорной обмотки напряжения, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона регулирования частоты вращения, контролируют токи в фазах статорной обмотки и в момент равенства токов во всех фазах нулю осуществляют одновременную подачу питающего напряжения на все фазы статорной обмотки, при этом в диапазоне частот вращения от нуля до $\omega_{он}$ питающее напряжение подают с прямым чередованием его фаз относительно фаз статорной обмотки, а в диапазоне частот вращения от $\omega_{он}$ до $2\omega_{он}$ изменяют порядок чередования фаз питающего напряжения относительно фаз статорной обмотки на обратное, где $\omega_{он}$ - частота вращения холостого хода, определяемая из выражения

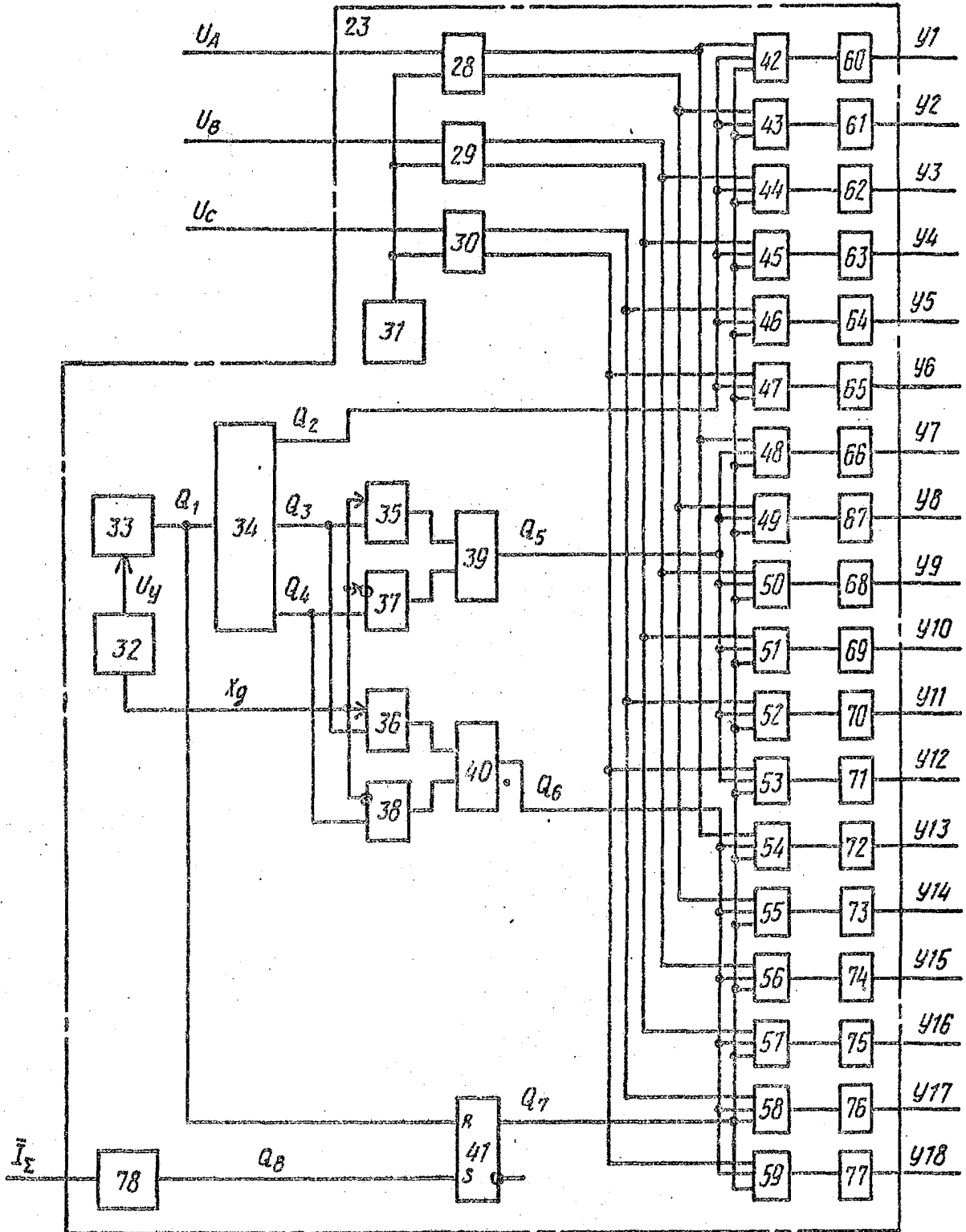
$$\omega_0 = \omega_{он} \mp \frac{2\pi}{P_n \cdot m \cdot \tau}$$

где ω_0 - частота вращения электродвигателя;

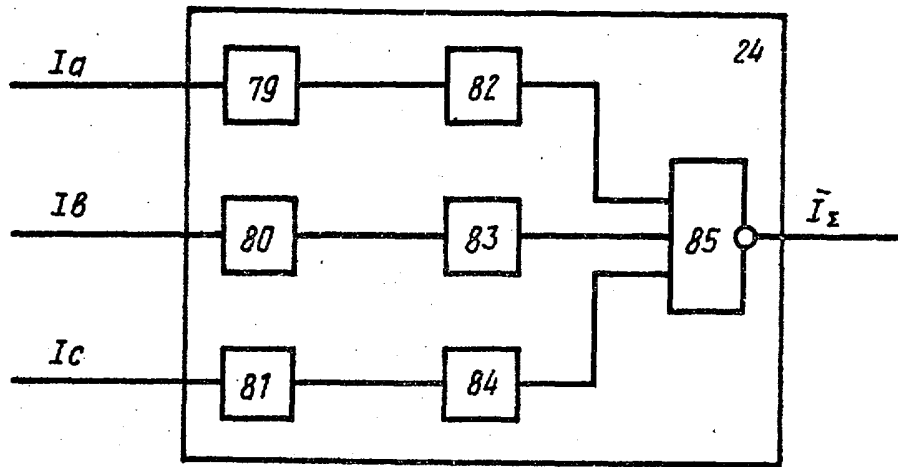
τ - средняя продолжительность интервала подводимого к одной из фаз статорной обмотки напряжения;

m - число эквивалентных фаз сети;

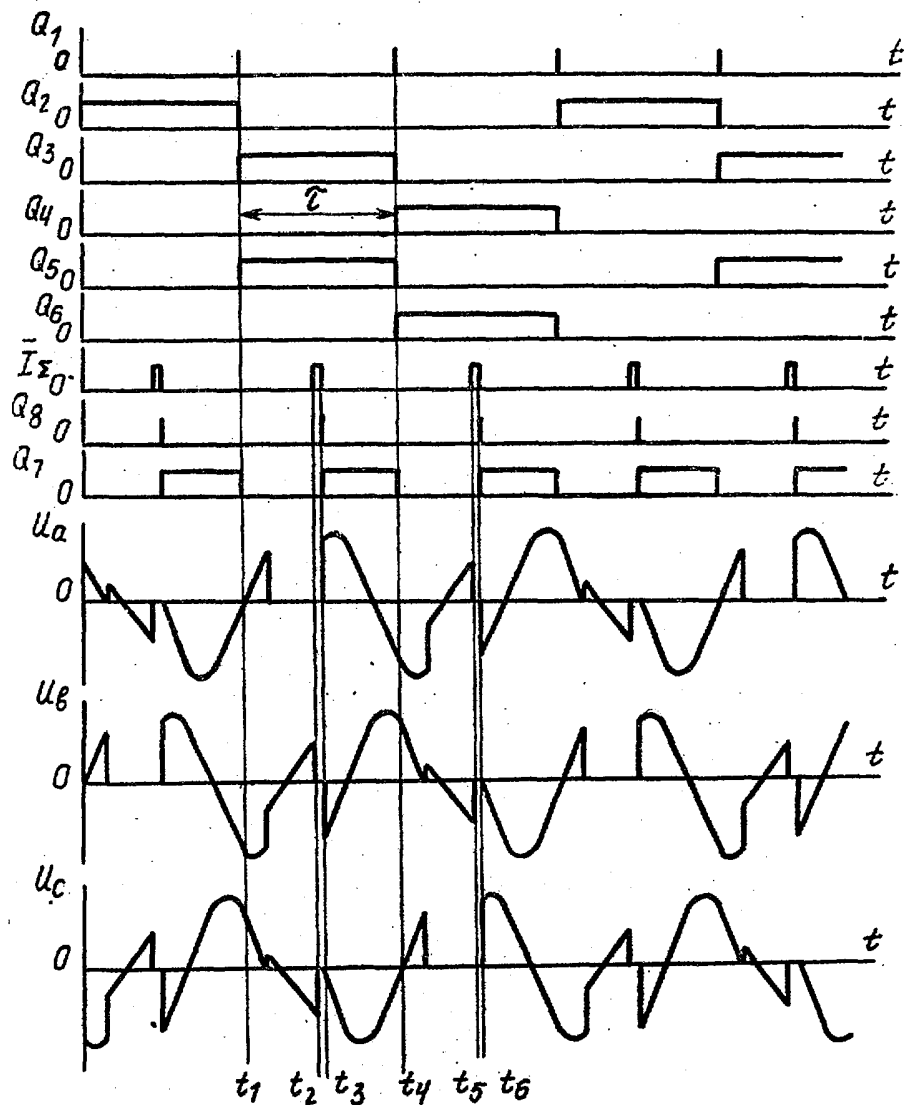
P_n - число пар полюсов электродвигателя переменного тока.



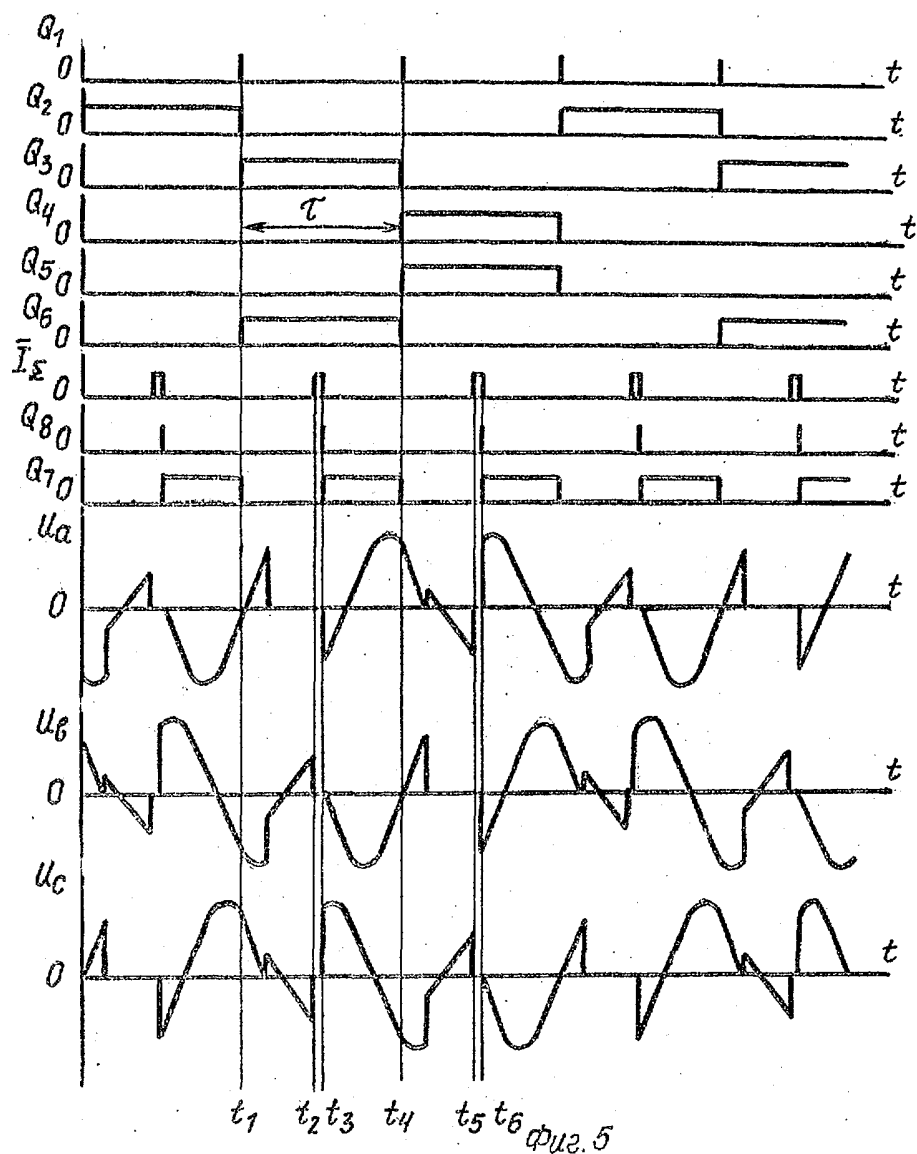
CUZ.2



Фиг. 3



Фиг. 4



Составитель В. Тарасов

Редактор Г. Гербер

Техред Л. Олейник

Корректор И. Муска

Заказ 1616/54

Тираж 548

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР,
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101