



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

09 SU (11) 1119155 A

3 (SU) Н 02 Р 7/42

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3616913/24-07

(22) 08.07.83

(46) 15.10.84. Бюл. № 38

(72) А.Ю. Бару и И.И. Эшштейн

(71) Научно-исследовательский электротехнический институт Производственного объединения "ХЭМЗ"

(53) 621.316.718.5(088.8)

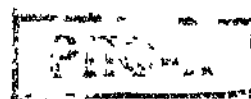
(56) 1. Патент Франции № 2060101, кл. Н 02 Р 7/00, 1971.

2. Авторское свидетельство СССР по заявке № 3362054/07, кл. Н 02 Р 7/42, 1981.

(54)(57) 1. ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, содержащий асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к преобразователю частоты, составленному из последовательно соединенных управляемого выпрямителя, дросселя и автономного инвертора тока, систему управления инвертором, снабженную двумя группами входов и подключенную выходами к входам управления автономного инвертора тока, датчики фазных токов и напряжений статора, выходы которых подключены к блоку определения ЭДС двигателя, снабженного амплитудным и фазными выходами, блок определения потока двигателя, снабженный амплитудным и фазными выходами и подключенный входами к фазным выходам блока определения ЭДС двигателя, блок задания составляющих тока статора, выходы которого подключены к входам блока задания амплитуды тока статора и к первой группе входов блока преобразования координат, вторая группа входов кото-

рого связана с выходами датчиков фазных токов статора, а выходы подключены к первой группе входов системы управления инвертором, вторая группа входов которой подключена к фазным выходам блока определения потока двигателя, при этом выход блока задания амплитуды тока статора подключен к входу регулятора амплитуды тока статора, соединенного с входом управления управляемого выпрямителя, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения надежности электропривода, в него введен генератор пилообразных сигналов, снабженный управляющим входом и входами коммутации, блок импульсного измерения угла запаздывания инвертора, снабженный двумя группами фазных входов, два функциональных преобразователя с синусной и косинусной характеристиками соответственно и блок деления, входы которого подключены к амплитудным выходам блока определения ЭДС двигателя и блока определения потока двигателя, а выход соединен с управляющим входом генератора пилообразных сигналов, входы коммутации которого подключены к выходам системы управления инвертором, при этом первая группа фазных входов блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора подключена к выходам генератора пилообразных сигналов, вторая группа фазных входов - к выходам датчиков фазных токов статора, а выход - к объединенным между собой входам функциональных преобразователей с синусной и косинусной характеристиками, выходы которых подключены

09 SU (11) 1119155 A



к второй группе входов блока преобразования координат.

2. Электропривод по п.1, отличающийся тем, что генератор пилообразных сигналов содержит три интегратора, каждый из которых зашунтирован управляемым ключом, при этом объединенные между собой входы интеграторов образуют управляющий вход генератора пилообразных сигналов, а управляющие входы управляемых ключей и выходы интеграторов образуют соответственно входы коммутации и выходы генератора пилообразных сигналов.

3. Электропривод по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что блок импульсного угла запаздывания инвертора содержит элемент запоми-

нания коротких сигналов, вход которого подключен к объединенным между собой первым выводам трех управляемых ключей, управляющий вход каждого из которых подключен к выходу соответствующего элемента дифференцирования, соединенного входом с выходом соответствующего нуля органа, при этом вторые выводы управляемых ключей подключены к соответствующим резисторам, другие выходы которых образуют первую группу фазных входов блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора, вторая группа фазных входов которого и выход образованы соответственно входами нуля-органов и выходом элемента запоминания коротких сигналов.

1

2

Изобретение относится к электротехнике, в частности к системам автоматического управления частотно-регулируемыми электроприводами, выполненными на основе асинхронного короткозамкнутого двигателя и тиристорного преобразователя частоты с автономным инвертором тока, и может быть использовано в механизмах общепромышленного назначения с высокими требованиями по качеству регулирования скорости вращения.

Известен частотно-регулируемый асинхронный электропривод, содержащий асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к преобразователю частоты, составленному из последовательно соединенных управляемого выпрямителя, дросселя и автономного инвертора тока, систему управления инвертором, подключенную выходами к входам управления автономного инвертора тока, а первыми входами через блок определения фазных потокосцеплений — к выходам датчиков фазных токов и напряжений статора, блок задания составляющих тока статора, выходы которого через формирователь задания амплитуды тока статора и регулятор амплитуды тока статора подключены к входам управ-

ления управляемого выпрямителя, при этом вторые входы системы управления инвертором связаны с выходами блока задания составляющих тока статора, а выходы блока определения фазных потокосцеплений подключены к блоку нормирования, связанному с системой управления инвертором [1].

Недостатком известного электропривода является наличие запаздывания в канале коррекции фазы, определяемого конечной скоростью изменения выходного сигнала интегратора фазовой погрешности. Это приводит к тому, что задаваемые блоком задания проекций тока статора значения момента и потока двигателя в динамике воспроизводятся с искажениями, что, в свою очередь, приводит к затяжке и ухудшению качества переходных процессов в приводе.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является частотно-регулируемый асинхронный электропривод, содержащий асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к преобразователю частоты, составленному из последовательно соединенных управляемого выпрямителя, дросселя и автономного инвертора тока, систему управления

инвертором, снабженную двумя группами входов и подключенную выходами к входам управления автономного инвертора тока, датчики фазных токов и напряжений статора, выходы которых подключены к блоку определения ЭДС двигателя, снабженного амплитудным и фазными выходами, блок определения потока двигателя, снабженный амплитудным и фазными выходами и подключенный входами к фазным выходам блока определения ЭДС двигателя, блок задания составляющих тока статора, выходы которого подключены к входам блока задания амплитуды тока статора и к первой группе входов блока преобразования координат, вторая группа входов которого связана с выходами датчиков фазных токов статора, а выходы подключены к первой группе входов системы управления инвертором, вторая группа входов которой подключена к фазным выходам блока определения потока двигателя, при этом выход блока задания амплитуды тока статора подключен к входу регулятора амплитуды тока статора, соединенного с входом управления управляемого выпрямителя. В известном электроприводе производится учет запаздывания, вносимого автономным инвертором тока [2].

Недостатками этого электропривода являются сложность схемного решения и низкая надежность.

Цель изобретения — повышение надежности частотно-регулируемого асинхронного электропривода путем упрощения схемы и сокращения количества элементов.

Указанная цель достигается тем, что в частотно-регулируемый асинхронный электропривод, содержащий асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к преобразователю частоты, составленному из последовательно соединенных управляемого выпрямителя, дросселя и автономного инвертора тока, систему управления инвертором, снабженную двумя группами входов и подключенную выходами к входам управления автономного инвертора тока, датчики фазных токов и напряжений статора, выходы которых подключены к блоку определения ЭДС двигателя, снабженного амплитудным и фазными выходами, блок определения потока двигателя, снаб-

женный амплитудным и фазными выходами и подключенный входами к фазным выходам блока определения ЭДС двигателя, блок задания составляющих тока статора, выходы которого подключены к входам блока задания амплитуды тока статора и к первой группе входов блока преобразования координат, вторая группа входов которого связана с выходами датчиков фазных токов статора, а выходы подключены к первой группе входов системы управления инвертором, вторая группа входов которой подключена к фазным выходам блока определения потока двигателя, при этом выход блока задания амплитуды тока статора подключен к входу регулятора амплитуды тока статора, соединенного с входом управления управляемого выпрямителя, введены генератор пилообразных сигналов, снабженный управляющим входом и входами коммутации, блок импульсного измерения угла запаздывания инвертора, снабженный двумя группами фазных входов, два функциональных преобразователя с синусной и косинусной характеристиками соответственно и блок деления, входы которого подключены к амплитудным выходам блока определения ЭДС двигателя и блока определения потока двигателя, а выход соединен с управляющим входом генератора пилообразных сигналов, входы коммутации которого подключены к выходам системы управления инвертором, при этом первая группа фазных входов блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора подключена к выходам генератора пилообразных сигналов, вторая группа фазных входов — к выходам датчиков фазных токов статора, а выход — к объединенным между собой входам функциональных преобразователей с синусной и косинусной характеристиками, выходы которых подключены к второй группе входов блока преобразования координат.

При этом генератор пилообразных сигналов содержит три интегратора, каждый из которых зашунтирован управляемым ключом, при этом объединенные между собой входы интеграторов образуют управляющий вход генератора пилообразных сигналов, а управляющие входы управляемых ключей и выходы интеграторов образуют соот-

ветственно входы коммутации и выходы генератора пилообразных сигналов.

Кроме того, блок импульсного измерения угла запаздывания инвертора содержит элемент запоминания коротких сигналов, вход которого подключен к объединенным между собой первым выводам трех управляемых ключей, управляющий вход каждого из которых подключен к выходу соответствующего элемента дифференцирования, соединенного входом с выходом соответствующего нуля-органа, при этом вторые выводы управляемых ключей подключены к соответствующим резисторам, другие выводы которых образуют первую группу фазных входов блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора, вторая группа фазных входов которого и выход образованы соответственно входами нуля-органов и выходом элемента запоминания коротких сигналов.

На фиг. 1 представлена структурная схема предлагаемого частотно-регулируемого асинхронного электропривода; на фиг. 2 - структурная схема блока задания составляющих тока статора; на фиг. 3 - структурная схема блока определения ЭДС двигателя; на фиг. 4 - структурная схема блока определения потока двигателя; на фиг. 5 - структурная схема блока преобразования координат; на фиг. 6 - структурная схема системы управления инвертором; на фиг. 7 - структурная схема генератора пилообразных сигналов; на фиг. 8 - структурная схема блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора.

Частотно-регулируемый асинхронный электропривод содержит асинхронный двигатель 1 (фиг. 1) с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого подключены к преобразователю 2 частоты, составленному из последовательно соединенных управляемого выпрямителя 3, дросселя 4 и автономного инвертора 5 тока, системе 6 управления инвертором, снабженную двумя группами входов и подключенную выходами к входам управления автономного инвертора 5 тока, датчики 7 фазных токов статора и датчики 8 фазных напряжений статора, выходы которых подключены к блоку 9 определения ЭДС двигателя, снабженного амплитудным выходом 10 и фаз-

ными выходами 11, блок 12 определения потока двигателя, снабженный амплитудным выходом 13 и фазными выходами 14 и подключенный входами к фазным выходам 11 блока 9 определения ЭДС двигателя, блок 15 задания составляющих тока статора, выходы которого подключены к входам блока 16 задания амплитуды тока статора и к первой группе входов 17 блока 18 преобразования координат, вторая группа входов 19 которого связана с выходами датчиков 7 фазных токов статора, а выходы подключены к первой группе входов 20 системы 6 управления инвертором, вторая группа входов которой подключена к фазным выходам 14 блока 12 определения потока двигателя, при этом выход блока 16 задания амплитуды тока статора подключен к входу регулятора 21 амплитуды тока статора, соединенного с входом управления управляемого выпрямителя 3.

В частотно-регулируемый асинхронный электропривод введены генератор 22 пилообразных сигналов, снабженный управляющим входом 23 и входами 24 коммутации, блок 25 импульсного измерения угла запаздывания инвертора, снабженный двумя группами фазных входов, два функциональных преобразователя 26 и 27 с синусной и косинусной характеристиками соответственно и блок 28 деления, входы которого подключены к амплитудному выходу 10 блока 9 определения ЭДС двигателя и к амплитудному выходу 13 блока 12 определения потока двигателя, а выход соединен с управляющим входом 23 генератора пилообразных сигналов 22, входы 24 коммутации которого подключены к выходам системы 6 управления инвертором, при этом первая группа фазных входов 25 импульсного измерения угла запаздывания инвертора подключена к выходам генератора 22 пилообразных сигналов, вторая группа фазных входов - к выходам датчиков 7 фазных токов статора, а выход - к объединенным между собой входам функциональных преобразователей 26 и 27 с синусной и косинусной характеристиками, выходы которых подключены к второй группе входов 19 блока 18 преобразования координат.

Блок 15 задания составляющих тока статора содержит регулятор 29

скорости и регулятор 30 потока, связанные с входами делителя 31. Выходы делителя 31 и регулятора 30 потока образуют выходы блока 15 задания составляющих тока статора.

Блок 9 определения ЭДС двигателя содержит фазные суммирующие усилители 32 (фиг. 3), выходы которых подключены к входам блока 33 выделения амплитуды ЭДС, выход которого и выходы суммирующих усилителей 32 образуют соответственно амплитудный выход 10 и фазные выходы 11 блока 9 определения ЭДС двигателя.

Блок 12 определения потока двигателя содержит фазные интеграторы 34 (фиг. 4), выходы которых подключены к входам блока 35 выделения амплитуды потока двигателя, выход которого и выходы интеграторов 34 образуют соответственно амплитудный выход 13 и фазные выходы 14 блока 12 определения потока двигателя.

Блок 18 преобразования координат содержит умножители 36-39 (фиг. 5), входы которых образуют две группы входов 17 и 19 блока 18 преобразования координат, и сумматоры 40 и 41, выходы которых образуют выходы блока 18 преобразования координат.

Система 6 управления инвертором содержит блок 42 определения составляющих сигнала задания тока в неподвижной системе координат (фиг. 6), выходы которого соединены с входами нуль-органов 43-45, подключенных выходами к входам блоков 46-48 дифференцирования, выходы которых образуют выходы системы 6 управления инвертором.

Генератор 22 пилообразных сигналов содержит фазные интеграторы 49 (фиг. 7), каждый из которых зашунтирован управляемым ключом 50, при этом объединенные между собой входы интеграторов 49 образуют управляющий вход 23 генератора 22 пилообразных сигналов, а входы управления управляемых ключей 50 и выходы интеграторов 49 образуют соответственно входы 24 коммутации и выходы генератора 22 пилообразных сигналов.

Блок 25 импульсного измерения угла запаздывания инвертора содержит элемент 51 запоминания коротких сигналов (фиг. 8), вход которого подключен к объединенным между собой первым выводам трех управляемых ключей 52-54, управляющий вход каж-

дого из которых подключен к выходу соответствующего элемента 55 дифференцирования, соединенного входом с выходом соответствующего нуль-органа 56, при этом вторые выводы управляемых ключей 52-54 подключены к соответствующим резисторам 57-59, вторые выходы которых образуют первую группу фазных входов блока 25 импульсного измерения угла запаздывания инвертора, вторая группа фазных входов которого и выход образованы соответственно входами нуль-органов 56 и выходом элемента 51 запоминания коротких сигналов.

Частотно-регулируемый асинхронный электропривод работает следующим образом.

В блоке 15 задания составляющих тока статора на входе регулятора скорости 29 (фиг. 2) сравниваются сигналы задания Ω_z и фактической скорости Ω вращения, а на входе регулятора 30 потока сравниваются сигналы задания ψ_z амплитуды потока и амплитуды фактического потока ψ (цепи для сигналов Ω и ψ с выходов блоков 28 и 12 соответственно на фиг. 1 не показаны). Выходной сигнал регулятора 29 скорости делится на сигнал ψ с помощью делителя 31, выходной сигнал которого является заданием i_{zq} проекции вектора тока статора на мнимую ось q , а выходной сигнал регулятора 30 потока является заданием i_{zd} проекции вектора тока статора на вещественную ось d системы координат, ориентированной по потоку двигателя 1.

В блоке 9 определения ЭДС двигателя на вход суммирующего усилителя 32 (фиг. 3), установленного в фазе А, поступают сигналы фазного напряжения U_A , фазного тока I_A и производной фазного тока \dot{I}_A . На выходе суммирующего усилителя 32 формируется сигнал фазной ЭДС E_A (аналогичные операции выполняются и в других фазах В, С).

Сигналы фазных ЭДС E_A , E_B , E_C поступают на входы блока 33 выделения амплитуды ЭДС, на выходе которого получают сигнал амплитуды ЭДС E .

В блоке 12 определения потока сигнал фазной ЭДС E_A интегрируется с помощью интегратора 34, на выходе которого получают сигнал фазного потока ψ_A (аналогично и в других фазах В, С). Сигналы фазных потоков

$\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ поступают на входы блока 35 выделения амплитуды потока двигателя, на выходе которого получают сигнал амплитуды потока φ .

С помощью блока 28 деления производится деление сигнала E на φ , в результате чего получают сигнал текущей скорости вращения ω .

В блоке 16 задания амплитуды тока статора по составляющим заданного тока статора i_{3q}, i_{3d} формируется задание амплитуды i_3 тока статора по выражению

$$i_3 = \sqrt{i_{3q}^2 + i_{3d}^2}.$$

Указанное задание i_3 амплитуды тока статора обрабатывается с помощью регулятора 21 амплитуды тока статора, связанного с входом управления управляемого выпрямителя 3.

Для формирования управляющих импульсов автономного инвертора 5 точка необходимо полученный сигнал задания i_3 вектора тока статора (с составляющими i_{3q}, i_{3d}) в системе координат, связанной с вектором потока φ , преобразовать к неподвижной системе координат.

Для этого, во-первых, осуществляется сдвиг задания i_3 вектора тока статора в сторону опережения на угол θ с помощью блока 18 преобразования координат, т.е.

$$\bar{i}_3^+ = i_3 \cdot e^{+j\theta},$$

где θ — угол запаздывания обработки фазы тока на выходе автономного инвертора 5 тока по сравнению с фазой управляющих импульсов.

Далее полученный сигнал \bar{i}_3^+ преобразуется к неподвижной системе координат с помощью блока 42 определения составляющих сигнала задания тока в неподвижной системе координат (фиг. 6), в котором формируется вектор $\bar{i}_2^+ \varphi$.

В моменты фиксированной фазы указанного вектора формируются импульсы управления для автономного инвертора 5 тока.

На входы нуль-органов 43-45 поступает три сдвинутых на 120 эл.град. сигнала, соответствующие сигналу задания тока в неподвижной системе координат, которые затем преобразуются с помощью блоков 46-48 дифферен-

цирования в импульсы управления $\pm U_A, \pm U_B, \pm U_C$.

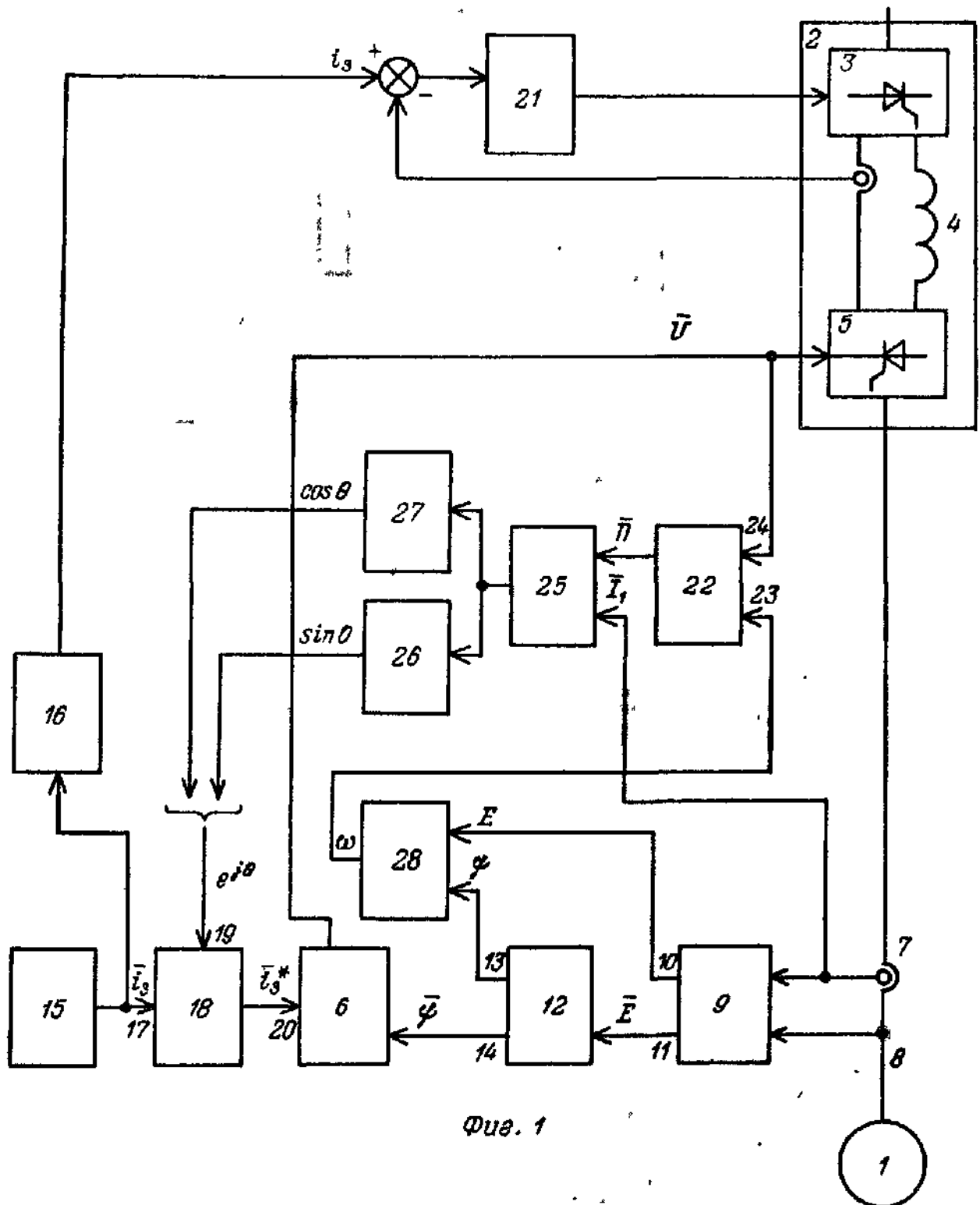
В генераторе 22 пилообразных сигналов выполняется интегрирование сигнала ω с помощью трех интеграторов 49 (фиг. 7), шунтированных управляемыми ключами 50. На каждый ключ поступают управляющие импульсы одной фазы с выхода системы 6 управления инвертором. В результате получают сигналы Π_A, Π_B, Π_C пилообразной формы, при этом значение пила в каждой точке соответствует фазовому углу от момента поступления управляющего импульса инвертора (в угловых единицах частоты вектора φ в неподвижной системе координат).

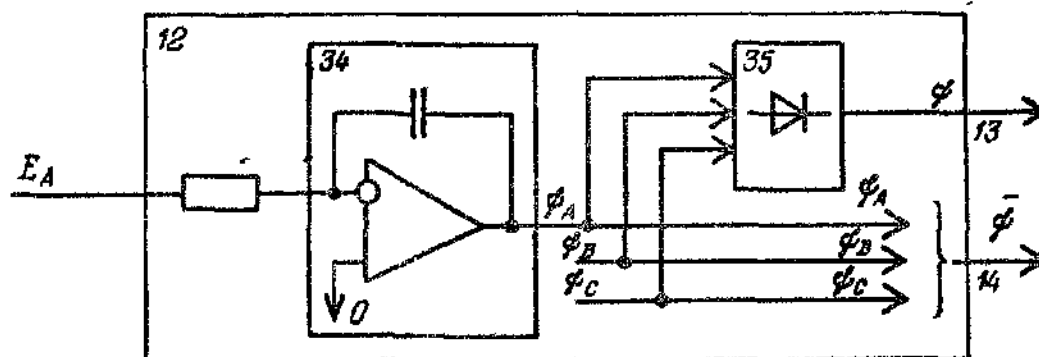
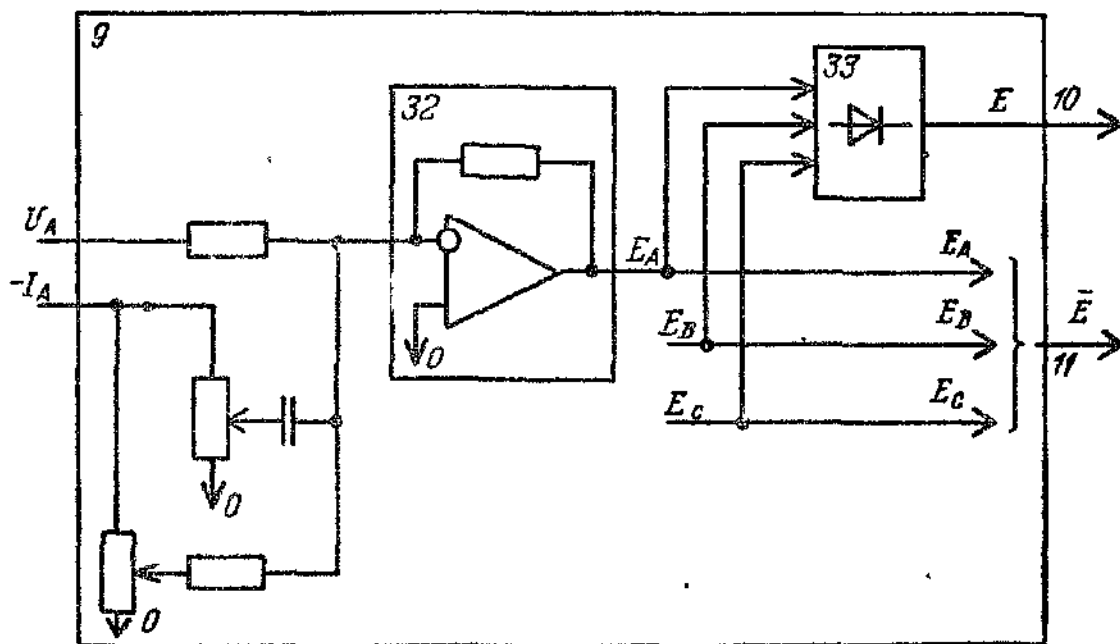
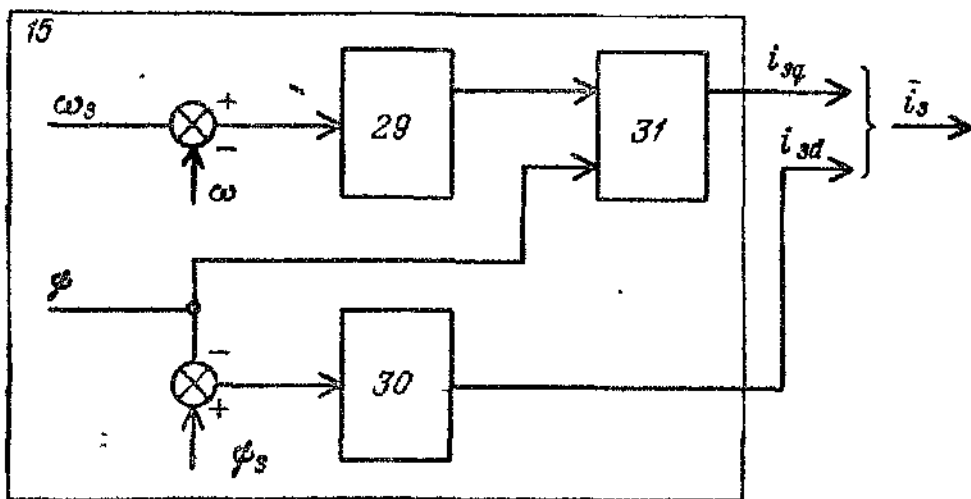
Три пилообразных сигнала Π_A, Π_B, Π_C поступает на выводы ключей 52-54 (фиг. 8) в блоке 25 импульсного измерения угла запаздывания инвертора. Указанные ключи коммутируются импульсами в моменты равенства токов коммутирующих фаз.

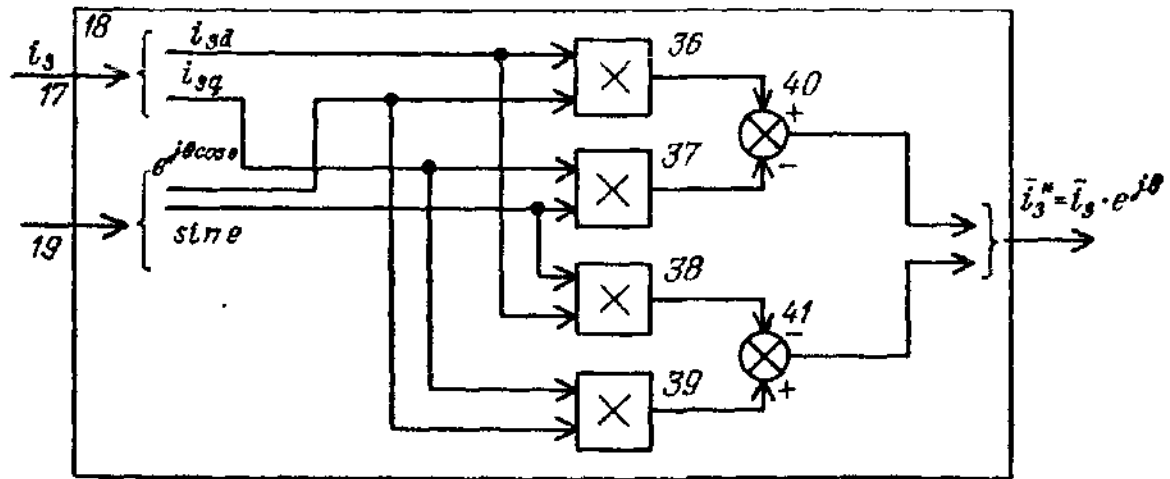
Импульсы, например Π_{TA} , поступают на выходы элемента 55 дифференцирования, на вход которого поступает сигнал с нуль-органа 56. На входы нуль-органа 56 поступают сигналы фазных токов i_A и i_C . На момент прохождения импульса Π_{TA} ключ 52 замыкается, и сигнал Π_A запоминается с помощью элемента 51 запоминания коротких сигналов, т.е. тем самым измеряется угол между управляющим импульсом инвертора и моментом коммутации тока — угол θ .

С помощью функциональных преобразователей 26 и 27 полученный угол θ преобразуется в гармонические функции $\sin \theta, \cos \theta$, поступающие в блок 18 преобразования координат.

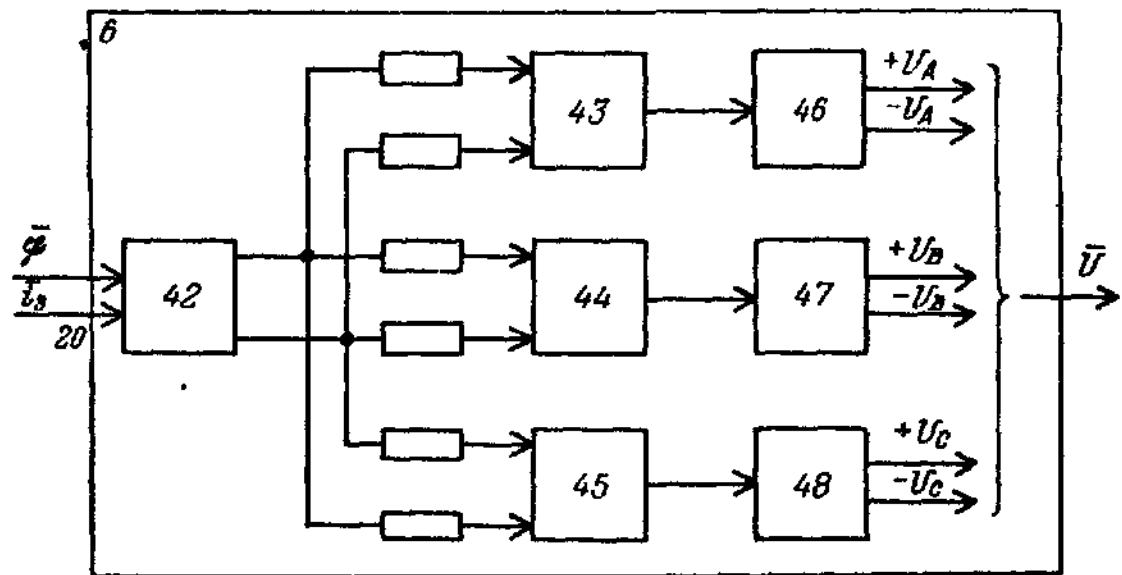
Таким образом, введение в частотно управляемый асинхронный электропривод генератора пилообразных сигналов, блока импульсного измерения угла запаздывания инвертора, двух функциональных преобразователей с синусной и косинусной характеристиками соответственно и блока деления обеспечивают измерение угла запаздывания θ при обработке тока инвертором и соответствующую с этим углом коррекцию управляющих импульсов автономного инвертора тока более простыми техническими средствами в сравнении с известными устройствами, благодаря чему повышается надежность.



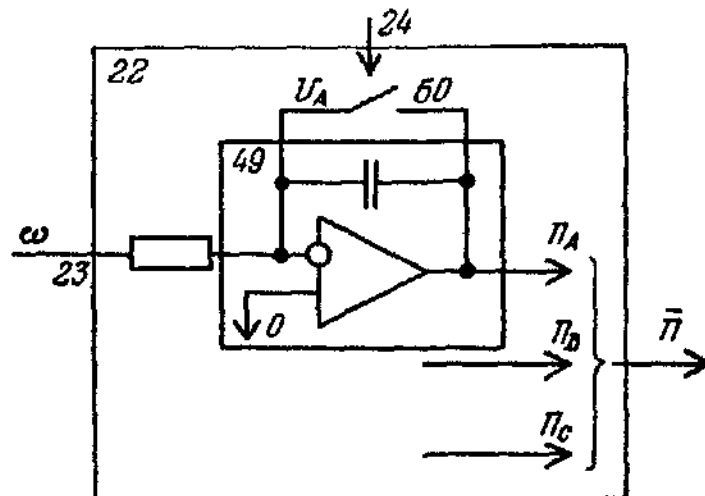




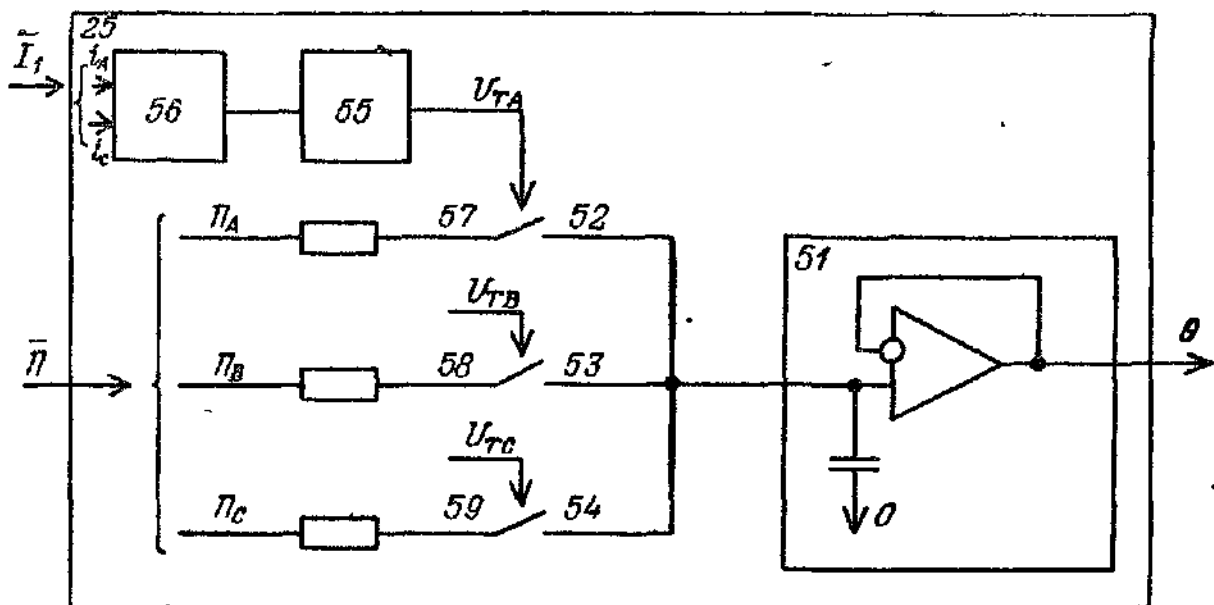
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8

Редактор Л. Алексеев	Составитель А. Жилин Техред Т. Фанта	Корректор Е. Сирохман
Заказ 7470/43	Тираж 666	Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5		

Филиал ИПИ "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4