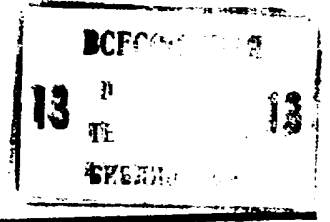




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

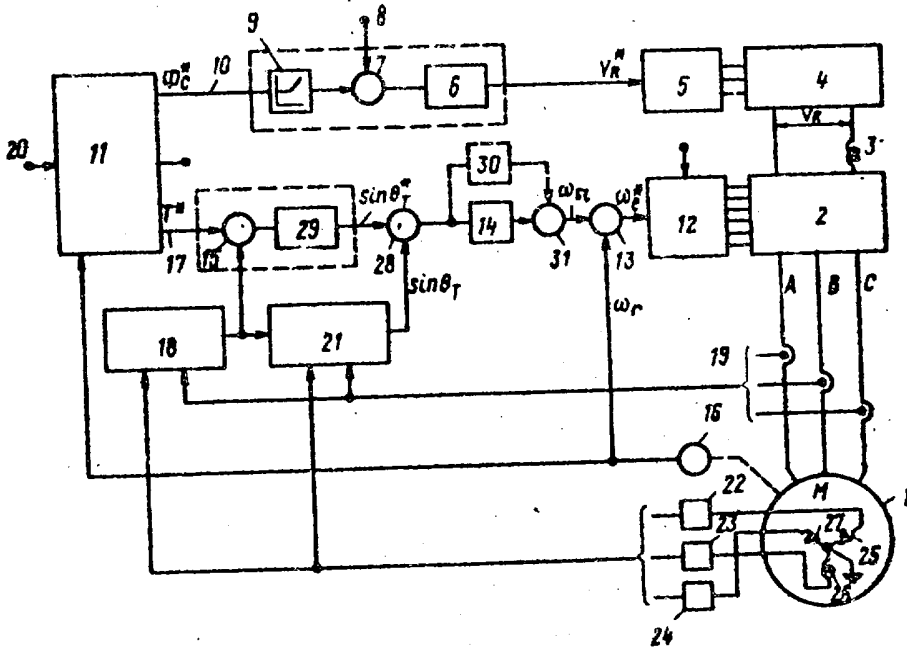


- (21) 2533349/24-07
- (22) 03.10.77
- (31) 729042
- (32) 04.10.76
- (33) US
- (46) 30.01.88. Бюл. № 4
- (71) Джeneral Электрик Компани (US)
- (72) Джон Дуглас Д'Атре, Томас Энто-
ни Лайпо и Аллан Барр Планкетт (US)
- (53) 621.313.39.013.8.001.5(088.8)
- (56) Патент Японии № 54-31562,
кл. Н 02 Р 7/62, 1979.

Патент ФРГ № 2234681,
кл. Н 02 Р 5/36, 1974.

(54) ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
(57) Изобретение относится к электро-
технике. Цель изобретения - повыше-
ние стабилизации частоты вращения в
широком диапазоне изменения частоты

вращения, нагрузки и температуры.
Указанная цель достигается тем, что
в электропривод переменного тока
введены блок 21 вычисления угла между
векторами тока и потока, блоки 22,
23, 24 интегрирования и измеритель-
ные катушки 25, 26, 27. В канал регули-
рования частоты введены блок сравне-
ния 28, входами связанный с блоком
сравнения 15 и блоком 21, а выхо-
дом - с блоком сравнения 13. В элект-
роприводе обеспечивается стабилиза-
ция частоты вращения путем регулиро-
вания частоты возбуждения двигателя
в функции угла, предотвращается воз-
никновение в двигателе 1 незатухаю-
щих колебаний в установившемся ре-
жипе, обеспечивается самосинхрониза-
ция. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



(19) **SU** (11) **1371513** **A3**

Изобретение относится к электро-технике, а именно к управлению электроприводами на базе асинхронного двигателя.

Цель изобретения - повышение стабильности частоты вращения в широком диапазоне изменения частоты вращения, нагрузки и температуры.

На чертеже приведена структурная схема электропривода переменного тока.

Электропривод переменного тока содержит асинхронный двигатель 1, подключенный к выходу инвертора 2 тока, вход которого через дроссель 3 соединен с регулятором 4 напряжения, канал регулирования напряжения, составленный из последовательно соединенных блока 5 управления регулятором 4 напряжения, пропорционально-интегрального регулятора 6 тока, блока 7 сравнения, один вход которого соединен с датчиком 8 тока асинхронного двигателя, а другой - с задатчиком 9 тока, вход которого соединен с выходом 10 задания потока блока 11 формирования задания момента и потока. Канал регулирования частоты электропривода переменного тока состоит из блока 12 управления инвертором, блока 13 суммирования, регулятора 14 частоты скольжения, блока 15 сравнения, при этом выход блока 12 управления инвертором соединен с инвертором 2 тока, а вход подключен к блоку 13 суммирования, первый вход которого соединен с тахогенератором 16, а второй вход связан с регулятором частоты скольжения. Первый вход блока 15 сравнения канала регулирования частоты соединен с выходом 17 задания момента блока 11 формирования задания момента и потока, а второй вход - с выходом блока 18 вычисления момента, один вход которого соединен с датчиками 19 фазных токов двигателя, выход тахогенератора 16 соединен с входом блока 11 формирования задания момента и потока, к которому подключен выход блока 20 задания частоты вращения.

В электропривод введены блок 21 вычисления угла между векторами тока и потока с тремя входами, блоки 22-24 интегрирования, в воздушном зазоре двигателя расположены измерительные катушки 25-27, в канал регулирования частоты дополнительно введен

второй блок 28 сравнения, задатчик 29 угла между векторами тока и потока, при этом второй вход блока 18 вычисления момента соединен с первым входом блока 21 вычисления угла между векторами тока и потока и выходами блоков 22-23 интегрирования, входы которых соединены с выходами катушек 25-27, выход блока 18 вычисления момента соединен с вторым входом блока 21 вычисления угла между векторами тока и потока, третий вход которого подключен к датчикам 19 фазных токов, а выход соединен с первым входом второго блока 28 сравнения канала регулирования частоты, второй вход которого через задатчик 19 угла между векторами тока и потока соединен с выходом первого блока 15 сравнения канала регулирования частоты. Выход второго блока сравнения этого канала регулирования через регулятор 14 частоты скольжения соединен с первым входом блока 13 суммирования.

В другом варианте электропривода переменного тока в канал регулирования частоты введены интегральный усилитель 30 и третий блок 31 сравнения, при этом вход интегрального усилителя 30 подключен к выходу второго блока 28 сравнения, а выход - к первому входу третьего блока 31 сравнения указанного канала регулирования, второй вход третьего блока сравнения соединен с регулятором 14 частоты скольжения, а выход подключен к первому входу блока 13 суммирования.

Блоки 5-9 составляют контур регулирования напряжения, который изменяет возбуждение статора двигателя 1 регулированием средней величины напряжения V_R , которая, в свою очередь, определяет величину тока в дросселе 3, а следовательно, амплитуду основного тока в обмотках статора, что снижает ошибку между сигналом задания возбуждения, поданным с датчика 8, и переменным командным сигналом с задатчика 9 тока. Этот контур представляет собой цепь управления, в которой сигнал обратной связи и командный сигнал сравниваются в блоке 7 суммирования с выдачей на линии сигнала ошибки, отражающего рассогласование между ними. Сигнал ошибки обрабатывается в регуляторе 6 тока, имеющем интегральную и пропорциональную

переходные характеристики, что обеспечивает получение нулевой статистической ошибки. Из регулятора 6 тока получают скомпенсированный сигнал V_R и подают на соответствующие входы блока 5 управления регулятором 4 напряжения. Таким образом, контур регулирования напряжения реагирует на любую ошибку между сигналом обратной связи по величине возбуждения с обеспечением изменения V_R в смысле корректировки, что обеспечивает увеличение или уменьшение основной амплитуды тока в обмотках статора и снижение величины ошибки до нуля. Сигнал обратной связи по величине возбуждения служит для выражения действительного уровня возбуждения в статоре двигателя 1. Так, он может служить мерой средней величины действительно магнитного потока, наведенного в зазоре между статором и ротором двигателя 1 при его возбуждении и при этом такой сигнал обратной связи предпочтительно получают из сигналов обратной связи по магнитному потоку. Командный сигнал задатчика 9 тока получают из сигнала управления Φ_c^* , представляющего требуемую величину возбуждения статора, как она определяется блоком 11 формирования момента и потока.

Второй наружный контур регулирует крутящий момент двигателя путем регулирования основной частоты коммутации инвертора 2 тока. Эта частота определяет основную частоту тока в обмотках статора, что снижает до минимума рассогласование между сигналом обратной связи T по крутящему моменту блока 18 и переменным командным сигналом T^* (представляющим крутящий момент двигателя) с выхода 17 блока 11. Этот контур содержит блок 15 сравнения, в котором сигнал обратной связи и командный сигнал сравниваются с выдачей сигнала ошибки, который отражает рассогласование между ними. Сигнал ошибки обрабатывается в задатчике 29, имеющем интегральную и пропорциональную переходные характеристики, что обеспечивает нулевую статистическую ошибку. Задатчик 29 обеспечивает на выходе командный сигнал $\sin \theta_T^*$ для внутреннего стабилизирующего контура. Этот сигнал изменяется как функция сигнала управления с обеспечением уменьшения ве-

личины ошибки между T^* и T до нуля. Этот сигнал суммируется в блоке 13 суммирования с сигналом обратной связи по скорости ω_r для выдачи сигнала управления частотой возбуждения ω_c^* , представляя их алгебраическую сумму. Сигнал обратной связи по скорости ω_r выдается соответствующими средствами, например тахогенератором 16, для восприятия действительной угловой скорости ротора двигателя 1. Сигнал управления частотой возбуждения ω_c^* подается на соответствующие входы блока 12 управления инвертором 2 тока.

Поскольку величина ω_c^* соответствует частоте возбуждения статора, а величина ω_r соответствует эквивалентной частоте действительной скорости двигателя, сигнал на входе блока 13 суммирования представляет частоту скольжения двигателя ω_{sl} .

Таким образом, внешний регулирующий контур чувствителен к любому рассогласованию между сигналом обратной связи T по крутящему моменту, определяемому блоком 18, и сигналом управления T^* на выходе 17 блока 11 для обеспечения изменения частоты коммутации переключающих элементов инвертора в поправочном смысле и увеличения или уменьшения частоты возбуждения статора для уменьшения величины рассогласования до нуля.

Сигнал управления T обеспечивается блоком 11 формирования задания момента и потока и его значение определяется в соответствии с расчетной программой, которая обеспечивает в двигателе требуемые характеристики по скорости и крутящему моменту (обычно блок 11 предназначен для согласования значения управления сигнала θ_c^* со значением сигнала управления T^*). Сигнал обратной связи по крутящему моменту T блока 18 служит для представления действительной величины и относительного направления крутящего момента ротора двигателя 1 при возбуждении. Его можно получить от двигателя любыми средствами, например многовитковыми измерительными катушками 25, 26 и 27, располагаемыми вблизи и чувствительными к действительному магнитному потоку, наведенному в зазоре между статором и ротором двигателя 1 при возбуждении статора, в результате чего каждая катуш-

ка имеет индуцированные в ней сигналы напряжения, пропорциональные скорости изменения магнитного потока на смежном участке зазора между статором и ротором. Кроме того, предусматриваются интегрирующие схемы 22, 23 и 24 соответственно, подсоединенные к указанным чувствительным катушкам для выдачи сигналов обратной связи, которые являются интегральными во времени индуцированных сигналов напряжения, чем обеспечивается правильное представление сигналами обратной связи по потоку как величины, так и фазы действительного магнитного потока в зазоре между статором и ротором. Предпочтительно катушки 25, 26, 27 располагать вокруг зазора между ротором и статором в совмещении с центрами зон потока, относящихся к основным катушкам соответствующих фаз А В и С обмоток статора. При таком расположении сигналы обратной связи по потоку, выдаваемые интеграторами 22, 23, 24, чувствительны к действительному магнитному потоку, представлены как $\psi_{ма}$, $\psi_{мв}$ и $\psi_{мс}$. Каждый из этих сигналов является переменной величиной, имеющей форму волны (синусоидальную), и частоту, которая равна основной частоте магнитодвижущей силы (МДС).

Сигналы $\psi_{ма}$, $\psi_{мв}$, $\psi_{мс}$ интеграторов 22, 23 и 24 и сигналы фазных токов с датчиков 19 фазных токов преобразуются по известным выражениям в векторные величины с вычислением момента в блоке 18.

Стабильность системы возбуждения двигателя в условиях изменяющейся нагрузки повышается. Для повышения качества переходного процесса предусмотрен интегральный усилитель 30 и блок 31 сравнения, которые используются для регулирования возбуждения двигателя в функции действительно угла θ между осями магнитных полей статора и ротора в машине в переходном режиме. Под углом θ подразумевается фазовый угол между двумя векторами, которые представляют соответственно магнитный поток и токи, которые взаимодействуют в двигателе для создания выходного крутящего момента. Этот угол положительный в двигательном режиме в прямом направлении и отрицательный в режиме торможения в обратном направлении.

Таким образом, величина сигнала частоты скольжения ω_{se} является функцией рассогласования между командным сигналом по углу и сигналом обратной связи. Частота тока, возбуждающего обмотки статора двигателя, определяется основной частотой коммутации ключей в инверторе 2, и изменения в этой частоте будут переходом сдвигать интервалы токопроводимости статора, а следовательно, относительное фазовое положение вектора тока \hat{I}_s . Когда частота возбуждения увеличивается, вектор напряжения статора перемещается в фазе (т.е. угол этого вектора увеличивается относительно заданного исходного положения). Допустим, что величина сигнала управления по требуемому крутящему моменту резко снизилась на заданную величину от точки установившегося двигательного режима с расчетной нагрузкой. Это вызывает резкое уменьшение величины командного сигнала $\sin\theta T^*$ по углу и соответствующее приращению в сигнале ошибки по углу в блоке 28, которая, в свою очередь, отражается пропорциональным снижением величины сигнала ω_{se} по частоте скольжения на входе блока 13, и соответственно ступенчатым уменьшением величины сигнала управления ω_e^* по частоте возбуждения. Блок 12 управления запуском инвертора 2 реагирует на указанное уменьшение путем снижения частоты коммутации инвертора, в результате чего основная частота возбуждения статора уменьшается. Этим снижается частота скольжения двигателя, что задерживает угловое положение вектора тока статора относительно вектора магнитного потока в зазоре между статором и ротором (т.е. уменьшает угол θ). В результате как сигнал обратной связи по крутящему моменту в блоке 18, так и сигнал обратной связи по углу блока 21 уменьшается по величине и основная частота возбуждения статора быстро достигает равновесия в новой рабочей точке, где между сигналом обратной связи по действительному крутящему моменту и величиной крутящего момента, установленного уменьшенным командным сигналом T^* во внешнем контуре регулирования крутящего момента, имеет место равенство и где между действительным сигналом обратной

связи по углу и новой величиной командного сигнала по углу во внутреннем стабилизирующем контуре имеется не более чем минимальное рассогласование.

Для ступенчатого изменения в командной величине угла θ внутренний контур реагирует на случайные изменения действительного сигнала обратной связи по углу (в результате аномалий или возмущений различного типа в двигателе или в его нагрузке) путем вызова корректировочных изменений в возбуждении статора, чем обеспечивается немедленное восстановление правильного угла. Этим предотвращается возникновение в двигателе незатухающих колебаний относительно рабочей точки в установившемся состоянии. Таким образом, действительное угловое положение вектора тока статора самопроизвольно заставляет следовать командный сигнал по требуемому углу $\sin \theta^*$, система становится самосинхронизирующейся. Эффект регулирования угла θ внутренним контуром может синхронизировать пусковые сигналы инвертора (т.е. действительные моменты коммутации тока) по магнитному потоку в зазоре между статором и ротором и, следовательно, по противоэлектродвижущей силе, что исключает неустойчивость качающегося типа.

Поскольку описанная система стабилизации стабилизируется путем регулирования частоты возбуждения двигателя в функции угла, упрощаются требования в отношении регулируемого источника 4 питания постоянного тока, который используется только для регулирования установившейся величины возбуждения. Кроме того, регулирование угла выражается в менее неупорядоченном потоке тока в цепи питания переменного тока инвертора 2, в результате чего можно уменьшить размеры сглаживающего фильтра 3 и затраты на него при значительно пониженных требованиях к регулированию тока в цепи. Влияния коммутационной задержки инвертора ослабляются усилением в контуре регулирования угла, в результате чего устраняются возможные ненормальные условия коммутации инвертора.

Тахогенератор 16 не является необходимым для удовлетворительной работы системы стабилизации и его мож-

но не использовать. Тахогенератор включен с целью регулирования скорости двигателя системой управления в случае первоначального приложения электроэнергии на обмотки статора при движении ротора или если оператор предусматривает изменения скорости, однако если сигнал обратной связи по действительной скорости двигателя отсутствует, регулирующий угол контура будет выдавать командный сигнал по частоте возбуждения, требуемый для уменьшения до минимума ошибки между действительной и требуемой величинами угла θ .

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Электропривод переменного тока, содержащий асинхронный двигатель, подключенный к выходу инвертора тока, вход которого через дроссель соединен с регулятором напряжения, канал регулирования напряжения, составленный из последовательно соединенных блока управления регулятором напряжения, пропорционально-интегрального регулятора тока, блока сравнения, один вход которого соединен с датчиком тока асинхронного двигателя, а другой - с задатчиком тока, вход которого соединен с выходом задания потока, блок формирования задания момента и потока, канал регулирования частоты, составленный из блока управления инвертором, блока суммирования, регулятора частоты скольжения, блока сравнения, при этом выход блока управления инвертором соединен с инвертором тока, вход подключен к блоку суммирования, первый вход которого соединен с тахогенератором, а второй связан с регулятором частоты скольжения, первый вход блока сравнения канала регулирования частоты соединен с выходом задания момента блока формирования задания момента и потока, а второй вход - с выходом блока вычисления момента, один вход которого соединен с датчиками фазных токов двигателя, выход тахогенератора соединен с входом блока формирования задания момента и потока, к которому подключен выход блока задания частоты вращения, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения стабилизации частоты вращения в широком диапазоне изменения

частоты вращения, нагрузки и температуры, введены блок вычисления угла между векторами тока и потока с тремя входами, блоки интегрирования, измерительные катушки, расположенные в воздушном зазоре асинхронного двигателя, в канал регулирования частоты дополнительно введен второй блок сравнения, задатчик угла между векторами тока и потока, при этом второй вход блока вычисления момента соединен с первым входом блока вычисления угла между векторами тока и потока и выходами блоков интегрирования, входы которых соединены с выводами измерительных катушек, выход блока вычисления момента соединен с вторым входом блока вычисления угла между векторами тока и потока, третий вход которого подключен к датчикам фазных токов, а выход соединен с первым входом второго блока сравнения канала

регулирования частоты, второй вход которого через задатчик угла между векторами тока и потока соединен с выходом первого блока сравнения канала регулирования частоты, выход второго блока сравнения этого канала регулирования через регулятор частоты скольжения соединен с первым входом блока суммирования.

2. Электропривод по п. 1, отличающийся тем, что в канал регулирования частоты введены интегральный усилитель и третий блок сравнения, при этом вход интегрального усилителя подключен к выходу второго блока сравнения, а выход - к первому входу третьего блока сравнения указанного канала регулирования, второй вход третьего блока сравнения соединен с регулятором частоты скольжения, а выход - с первым входом блока суммирования.

Редактор А. Лежнина Составитель А. Головченко
 Техред М. Моргентал Корректор М. Шароши

Заказ 434/59 Тираж 583 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