

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2626325

СПОСОБ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Шонин Олег Борисович (RU), Новожилов Никита Геннадьевич (RU), Крыльцов Сергей Борисович (RU)*

Заявка № 2016139893

Приоритет изобретения 10 октября 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 26 июля 2017 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 10 октября 2036 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев



(51) МПК
 H02P 23/00 (2006.01)
 H02P 25/02 (2006.01)
 H02P 27/04 (2006.01)
 H02P 27/06 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016139893, 10.10.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 10.10.2016

Дата регистрации:
 26.07.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.10.2016

(45) Опубликовано: 26.07.2017 Бюл. № 21

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
 университет", отдел интеллектуальной
 собственности и трансфера технологий (отдел
 ИС и ТТ)

(72) Автор(ы):

Шонин Олег Борисович (RU),
 Новожилов Никита Геннадьевич (RU),
 Крыльцов Сергей Борисович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Санкт-Петербургский горный
 университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2402865 C1, 27.10.2010. RU
 2402147 C1, 20.10.2010. RU 2402866 C2,
 27.10.2010. GB 2323984 A, 07.10.1998. DE
 3752600 C2, 19.08.1982. US 8183816 B2,
 22.05.2013. EP 0198372 A3, 20.01.1988. WO
 2011080792 A1, 07.07.2011.

(54) СПОСОБ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в системах управления асинхронных электроприводов (АЭП), в которых прямое измерение скорости вращения ротора двигателя, ввиду особенностей объекта регулирования, невозможно. Техническим результатом является повышение надежности и расширение области применения. Способ частотного управления асинхронным электроприводом, содержащий выпрямитель напряжения, емкостной фильтр и автономный инвертор напряжения, амплитуда и частота выходного напряжения которого формируются в соответствии с заданной частотой вращения двигателя, что реализуется в системе управления, замкнутой по частоте вращения через регулятор скорости, входным сигналом которого является рассогласование сигналов задания и обратной связи, для получения которого используют датчик скорости, установленный на валу электродвигателя. Сигнал обратной связи, пропорциональный частоте вращения двигателя, формируют в системе управления путем сложения сигналов синхронной частоты и частоты

скольжения, взятого со знаком минус, для формирования которого в систему управления дополнительно вводят вычислительный блок, на вход которого подают сигналы, пропорциональные среднему значению тока на входе инвертора, максимальному значению тока на входе инвертора и коэффициенту модуляции. Сигнал, соответствующий текущей частоте скольжения, определяют из выражения

$$\omega_r = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}} \cdot \left(I_{ax} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m}$$

где I_{sanom} - значение активной составляющей тока статора в номинальном режиме работы,

ω_{rnom} - частота скольжения в номинальном режиме работы,

I_{ax} - сигнал, пропорциональный среднему значению тока на входе инвертора,

I_m - сигнал, пропорциональный максимальному току инвертора,

R_s - активное сопротивление фазы обмотки



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02P 23/00 (2006.01)
H02P 25/02 (2006.01)
H02P 27/04 (2006.01)
H02P 27/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2016139893, 10.10.2016**

(24) Effective date for property rights:
10.10.2016

Registration date:
26.07.2017

Priority:

(22) Date of filing: **10.10.2016**

(45) Date of publication: **26.07.2017** Bull. № 21

Mail address:

199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2, FGBOU VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", otdel intellektualnoj sobstvennosti i transfera tekhnologij (otdel IS i TT)

(72) Inventor(s):

**Shonin Oleg Borisovich (RU),
Novozhilov Nikita Gennadevich (RU),
Kryltsov Sergej Borisovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet" (RU)

(54) **FREQUENCY CONTROL METHOD OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: frequency control method of asynchronous electric motor, containing the voltage rectifier, the capacitor filter and the self-contained voltage inverter, the amplitude and output voltage frequency of which are formed in accordance with the specified motor speed, which is realized in the control system, closed at rotation speed through the speed controller, the input signal of which is the discrepancy of the assignment and the feedback signals, which is obtained by the speed sensor, mounted on the motor shaft. The feedback signal proportional to the motor speed is generated in the control system by adding the synchronous and slip frequency signals, taken with the minus sign, to form which the control unit is added to the control system, the input of which is supplied with the signals proportional to the average value of the inverter input current, the maximum value of the inverter input current and the modulation factor. The

signal corresponding to the current slip frequency is determined from the expression

$$\omega_r = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}} \cdot \left(I_{ex} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m},$$

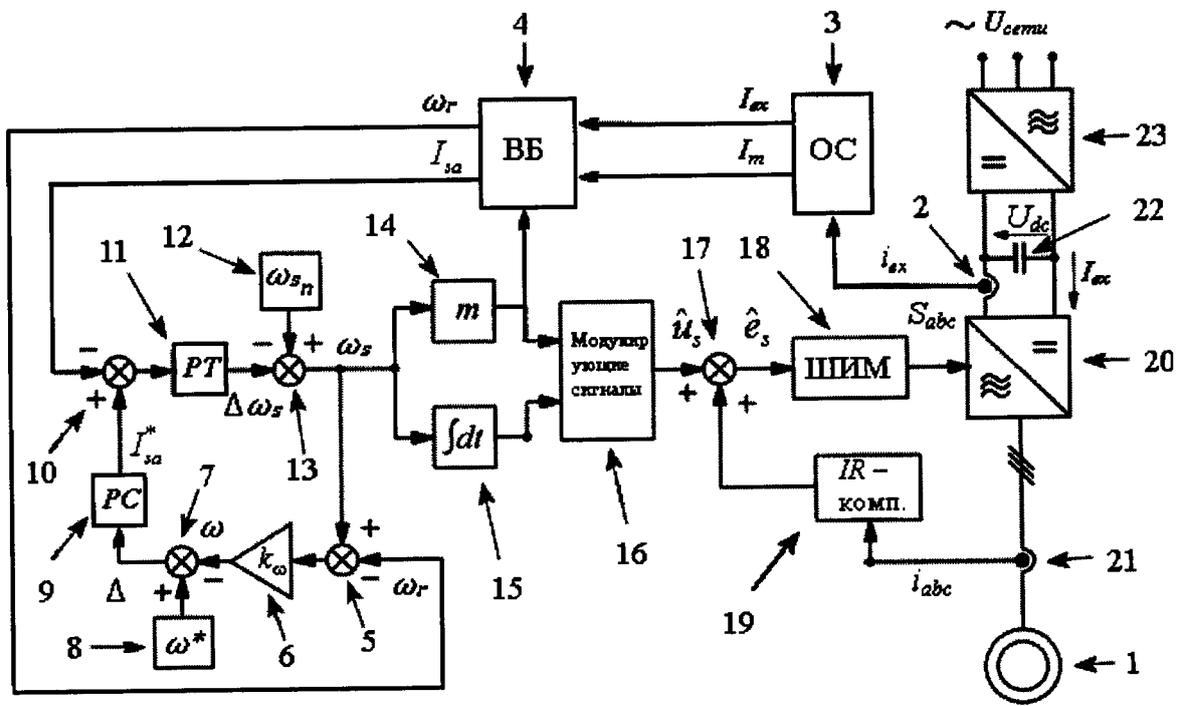
where I_{sanom} - the value of the stator current active component in the nominal operating mode, ω_{rnom} - slip frequency in the nominal operating mode, I_{in} - the signal proportional to the average value of the inverter input current, I_m - the signal proportional to the maximum inverter current, R_s - active resistance of the stator winding phase AD, U_{dc} - average value of the capacitor voltage in the intermediate link of the frequency converter, m - modulation factor.

EFFECT: reliability increase and expansion of the application field.

3 dwg

RU 2 626 325 C1

RU 2 626 325 C1



Фиг. 1

Изобретение относится к электротехнике, в частности к частотно-регулируемым электроприводам, и может быть использовано в системах управления асинхронных электроприводов (АЭП) с автономным инвертором напряжения (АИН).

Известен способ частотного управления АЭП (Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский. - М.: Академия, 2006. - С. 176-181), который характеризуется формированием амплитуды и частоты выходного напряжения автономного инвертора, питающего асинхронный двигатель, в соответствии с требуемой частотой вращения двигателя, задаваемой в системе управления. Система управления, реализующая этот способ, замкнута по частоте вращения через регулятор скорости (РС), который формирует управляющий сигнал, в зависимости от сигнала рассогласования. Сигнал рассогласования формируется при сравнении сигнала задания и сигнала обратной связи, пропорционального частоте вращения. В качестве сигнала обратной связи используется сигнал датчика скорости (ДС), установленного на валу двигателя. Для сохранения постоянства перегрузочной способности при регулировании частоты вращения, изменение амплитуды и частоты формируемого напряжения, осуществляется в соответствии с законом постоянства потокосцепления статора, для чего используется функциональный преобразователь в канале задания напряжения.

Недостатком является сложность настройки функционального преобразователя в канале управления напряжением статора, а также необходимость в использовании датчика скорости вращения вала электродвигателя для создания замкнутого контура регулирования частоты вращения АЭП.

Известен способ частотного управления АЭП (патент РФ №2402865, опубл. 27.10.2010 г.), характеризующийся тем, что при управлении асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором, питаемым от силового преобразователя, частота скольжения при частотном управлении не является постоянной или изменяющейся пропорционально электромагнитному моменту, а изменяется таким образом, чтобы обеспечить минимальные потери в двигателе, или условный минимум потерь при данных уровнях ограничения напряжения и тока, или максимально реализуемый электромагнитный момент, если заданный момент не реализуем при данных уровнях ограничения напряжения и тока.

Недостатками данного способа являются низкая надежность и ограниченная область применения, что связано с использованием в составе системы управления, которая его реализует, датчика скорости служащего для формирования сигнала обратной связи.

Известен способ частотного управления АЭП (патент РФ 95118545/09, опубл. 10.07.1998 г.), характеризующийся жесткой связью между частотой и напряжением питания асинхронного двигателя посредством введения в канал регулирования напряжения функционального преобразователя, настраиваемого на требуемый закон изменения напряжения на асинхронном двигателе в функции частоты, отличающийся тем, что предварительно снимают характеристику изменения тока статора асинхронного двигателя, управляемого от преобразователя частоты на холостом ходу работы, затем в функциональном преобразователе настраивают начальную точку характеристики на достижение минимального тока статора, а коэффициент усиления канала регулирования напряжения выбирают в соответствии с требуемой жесткостью нагрузочной характеристики электропривода.

Недостатками являются уменьшение надежности и ограничение области применения АЭП, система управления которого реализует предложенный способ, так как в качестве источника сигнала обратной связи используется датчик скорости вращения.

Известен способ частотного управления АЭП (Толочко О.И. Скалярное частотное управление асинхронным электроприводом с улучшенными динамическими характеристиками. / О.И. Толочко, Г.С. Чекавский, П.И. Розкаряка // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. - 2012. - Т. 19, №3. - С. 309-312). Этот способ реализуется системой управления электроприводом, который состоит из асинхронного двигателя (АДКЗР), питающегося от автономного инвертора напряжения (АИН). АИН служит источником трехфазного напряжения, которое формируется при помощи широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Амплитуда и частота модулируемого напряжения задается системой управления. Система управления замкнута по скорости через ПИ - регулятор скорости (РС). На вход РС подается сигнал рассогласования между заданной и действительной частотой вращения, формирующийся при сравнении сигнала задания и сигнала текущей скорости. Для получения сигнала соответствующего текущей частоте вращения используется датчик скорости, установленный на роторе двигателя. РС формирует задание для внутреннего контура регулирования электромагнитного момента, замкнутого через регулятор момента (РМ). На вход РМ подается сигнал рассогласования, формируемый при сравнении сигнала задания от РС и вычисленного значения момента на валу двигателя. Выходом РМ является задание по частоте модулируемого напряжения. Закон постоянства потокосцепления статора реализуется за счет формирования амплитуды модулируемого напряжения, с учетом сигнала РМ и сигналов регулятора потока (РП). РП замкнуты по вычисленному значению проекций вектора потокосцепления и формируют корректирующий сигнал, позволяющий поддерживать значение потокосцепления статора постоянным и равным заданному.

Недостатком рассматриваемого способа является то, что при реализации данного способа, снижается надежность и ограничивается область применения АЭП, что связано с необходимостью установки на валу электродвигателя датчика скорости, который служит для формирования сигнала обратной связи.

Известен способ частотного управления АЭП с автономным инвертором напряжения. (Емельянов А.П. Скалярное управление асинхронным короткозамкнутым двигателем по активной составляющей тока статора / А.П. Емельянов, Б.А. Чуркин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. - 2014. - Т. 14. №3 - С. 85-90.), принятый за прототип. Способ управления характеризуется формированием амплитуды и частоты выходного напряжения автономного инвертора, питающего асинхронный двигатель, в соответствии с требуемой частотой вращения двигателя, задаваемой в системе управления. Система управления замкнута по скорости через регулятор скорости (РС). На вход РС подается сигнал рассогласования между заданной и действительной частотой вращения, формирующийся при сравнении сигнала задания и сигнала текущей скорости. Для получения сигнала соответствующего текущей частоте вращения используется датчик скорости, установленный на валу двигателя. РС формирует задание для внутреннего контура регулирования, замкнутого через активной составляющей тока статора (РТ). На вход РТ подается сигнал рассогласования, формируемый при сравнении сигнала задания от РС и измеренного значения активной составляющей тока. Выходом РТ является задание по частоте и амплитуде модулируемого напряжения. Достоинством данного способа является стабилизация электромагнитного момента двигателя при регулировании частоты вращения, что достигается применением дополнительного контура регулирования активной составляющей тока статора, которая прямо пропорциональна величине электромагнитного момента асинхронного двигателя.

Недостатками данного способа являются низкая надежность и ограниченная область применения АЭП, что вызвано использованием в составе системы управления датчика

скорости для формирования сигнала обратной связи.

Техническим результатом изобретения является повышение надежности и расширение области применения АЭП.

Технический результат достигается тем, что сигнал обратной связи пропорциональный частоте вращения двигателя, формируют в системе управления путем сложения сигналов синхронной частоты и частоты скольжения, взятого со знаком минус, для формирования которого в систему управления дополнительно вводят вычислительный блок, на вход которого подают сигналы, пропорциональные среднему значению тока на входе инвертора, максимальному значению тока на входе инвертора и коэффициенту модуляции, при этом сигнал, соответствующий текущей частоте

скольжения определяют из выражения
$$\omega_r = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}} \cdot \left(I_{ex} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m},$$

где I_{sanom} - значение активной составляющей тока статора в номинальном режиме работы,

ω_{rnom} - частота скольжения в номинальном режиме работы,

$I_{вх}$ – сигнал, пропорциональный среднему значению тока на входе инвертора,

I_m – сигнал, пропорциональный максимальному току инвертора,

R_s - активное сопротивление фазы обмотки статора АД,

U_{dc} - среднее значение напряжения конденсатора в промежуточном звене

преобразователя частоты,

m - коэффициент модуляции.

Способ частотного управления асинхронным электроприводом поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - схема структуры системы управления

фиг. 2 - график изменение частоты вращения ротора асинхронного электродвигателя при изменении задания

фиг. 3 - график относительная ошибка определения частоты вращения ротора АД при регулировании

1 - асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

2 - датчик входного тока автономного инвертора напряжений;

3 - блок обработки сигнала;

4 - блок вычисления активной составляющей тока статора и частоты скольжения;

5 - блок сложения сигналов частоты скольжения и частоты модуляции;

6 - блок вычисления частоты вращения ротора;

7 - блок сложения сигналов текущей и заданной частоты вращения;

8 - блок задания частоты вращения;

9 - пропорционально-интегральный регулятор скорости вращения;

10 - блок сложения сигналов текущей и заданной активной составляющей тока статора;

11 - пропорционально - интегральный регулятор тока;

12 - блок задания номинальной частоты напряжения статора;

13 - блок сложения сигналов требуемого отклонения и заданной частоты модуляции;

14 - блок вычисления коэффициента модуляции;

15 - блок вычисления угла обобщенного вектора напряжения;

16 - блок формирования опорных сигналов широтно-импульсной модуляции;

- 17 - блок сложения сигналов модулирующих напряжений и сигналов компенсации падения напряжения на активном сопротивлении статора;
 18 - блок формирования сигналов управления автономным инвертором напряжения;
 19 - блок вычисления нормированного значения падения напряжения на активном
 5 сопротивлении статора;
 20 - автономный инвертор напряжения;
 21 - датчики тока фаз статора;
 22 - емкостной фильтр;
 23 - трехфазный выпрямитель напряжения.

10 Способ частотного управления электроприводом, реализуется системой управления и осуществляется следующим образом. Для управления асинхронным двигателем 1 используют преобразователь частоты, который состоит из выпрямителя напряжения 23, емкостного фильтра 22 и автономный инвертор напряжения 20, на выходе которого формируют напряжение, амплитуда и частота которого соответствуют требуемой
 15 частоте вращения электродвигателя. Требуемое напряжения формируют при помощи системы управления, которая осуществляет управление силовыми ключами инвертора в зависимости от заданной частоты вращения. Для регулирования частоты вращения в широком диапазоне значений и обеспечения необходимой точности регулирования в системе управления используют контур регулирования, содержащий пропорционально-
 20 интегральный регулятор скорости 9 и блок сложения сигналов текущей и заданной частоты вращения 7. Контур регулирования скорости замкнут по сигналу обратной связи. В качестве сигнала обратной связи используют сигнал пропорциональный текущей частоте вращения вала электродвигателя. Для формирования сигнала обратной связи используют сигнал пропорциональный входному току инвертора ($i_{вх}$), который
 25 получают при помощи датчика входного тока автономного инвертора напряжений 2. Вычисляют среднее ($I_{вх}$) и максимальное (I_m) значение входного тока, для чего в систему управления вводят блок обработки сигнала 3. Затем вычисляют текущее значение активной составляющей тока статора, в соответствии с выражением:

$$30 \quad I_{sa} = \left(I_{ex} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m}, \text{ где } R_s - \text{ активное сопротивление фазы обмотки статора}$$

АД, U_{dc} - среднее значение напряжения блок вычисления угла обобщенного вектора напряжения 15 в номинальном режиме, m - коэффициент модуляции. По полученному
 35 значению I_{sa} определяют текущую частоту скольжения ω_r как

$$\omega_r = k_a \cdot \left(I_{ex} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m}, \text{ где } k_a - \text{ коэффициент пропорциональности.}$$

40 Коэффициент пропорциональности рассчитывают как $k_a = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}}$, где I_{sanom} - значение активной составляющей тока статора в номинальном режиме работы, ω_{rnom} - частота скольжения в номинальном режиме работы. Для вычисления I_{sa} и ω_r
 45 используют блок вычисления активной составляющей тока статора и частоты скольжения 4, на вход которого подают сигналы ($I_{вх}$, I_m). Выходной сигнал блока вычисления активной составляющей тока статора и частоты скольжения 4, который соответствует текущей частоте скольжения, подают на отрицательный вход блока,

сложения сигналов частоты скольжения и частоты модуляции 5, суммируют с сигналом соответствующим синхронной частоте поля статора и вычисляют текущую частоту вращения ротора электродвигателя при помощи блока вычисления частоты вращения

5 ротора 6 в соответствии с выражением: $\omega = (\omega_s - \omega_r) \cdot k_\omega$, где $k_\omega = \frac{1}{Z_p}$ - коэффициент; Z_p

- число пар полюсов электродвигателя. Затем получают сигнал рассогласования $\Delta\omega$, сравнивая сигнал текущей частоты вращения с заданным в блоке задания частоты

10 вращения 8 значением ω^* , используя для этого блок сложения сигналов текущей и заданной частоты вращения 7. Сигнал рассогласования подают на вход пропорционально - интегрального регулятора скорости вращения 9, на выходе которого

получают сигнал задания по активной составляющей тока статора I_{sa}^* , который

15 складывают помощи блока сложения сигналов текущей и заданной активной составляющей тока статора 10 с выходным сигналом I_{sa} блока вычисления активной

составляющей тока статора и частоты скольжения 4, пропорциональным текущему значению этой величины. Полученный сигнал рассогласования подают на вход

20 пропорционально-интегрального регулятора тока 11. На выходе пропорционально-интегрального регулятора тока 11 получают сигнал $\pm\Delta\omega_s$, который соответствует

требуемому отклонению частоты напряжения от номинального значения. Требуемое для заданной частоты вращения значение частоты модуляции напряжения формируют

25 путем сложения сигнала отклонения и заданного в блоке задания номинальной частоты напряжения статора 12 номинального значения в виде $\omega_s = \omega_{s_{ном}} - \Delta\omega_s$, для чего

используют блок сложения сигналов требуемого отклонения и заданной частоты модуляции 13. Сигнал пропорциональный частоте ω_s используют для формирования

угла θ (блок вычисления угла обобщенного вектора напряжения 15) и коэффициента модуляции m (блок вычисления коэффициента модуляции 14). Угол θ получают путем

30 интегрирования входного сигнала $\theta(t) = \int \omega_s(t) dt$. Коэффициент модуляции определяют как отношение частот $m = \omega_s / \omega_{s_{ном}}$. Выходные сигналы блоков вычисления

коэффициента модуляции 14 и вычисления угла обобщенного вектора напряжения 15

35 подают на вход блока формирования опорных сигналов широтно-импульсной модуляции 16 и получают сигналы, которые соответствуют фазному напряжению

двигателя $(u_a = m \cdot \sin(\theta); u_b = m \cdot \sin(\theta + 2\pi/3); u_c = m \cdot \sin(\theta - 2\pi/3))$. Затем

40 складывают сигналы (u_a, u_b, u_c) , при помощи блока сложения сигналов модулирующих напряжении и сигналов компенсации падения напряжения на активном сопротивлении

статора 17, с сигналами пропорциональными падению напряжения на активном сопротивлении статора, которые формируют на выходе блока вычисления

нормированного значения падения напряжения на активном сопротивлении статора 19, подавая на вход этого блока сигналы датчиков тока фаз статора 21. Полученные

45 сигналы (e_a, e_b, e_c) в виде опорного напряжения подают на блок формирования сигналов управления автономным инвертором напряжения 18 и формируют сигналы управления

ключами инвертора (S_a, S_b, S_c) , для чего используют широтно-импульсную модуляцию. Подавая управляющие сигналы на ключи автономного инвертора напряжения 20,

формируют фазное напряжение электродвигателя, которое соответствует заданной частоте вращения.

Способ управления позволяет повысить надежность и увеличить область применения асинхронного электропривода, что достигается за счет системы управления, в которую введены блок вычисления частоты скольжения и сумматор, позволяющие вычислять частоту вращения ротора и осуществлять ее регулирование без датчика скорости. Для реализации способа не требуется знания точных параметров электродвигателя, что существенно упрощает настройку системы управления. Областью применения данного способа являются системы управления электроприводами вентиляторов проветривания шахт и аппаратов воздушного охлаждения.

Способ поясняется следующими примерами. Проверка работоспособности способа частотного управления электроприводом производилась в среде визуального моделирования Matlab/Simulink. При моделировании использовались параметры электродвигателя 4А200М2УЗ, момент сопротивления механизма задавался в виде зависимости:

$$M_c = \frac{P_{\text{мех}}}{\omega_{\text{ном}}} \cdot \omega^2 \quad (7)$$

где ω - частота вращения двигателя (рад/с); $P_{\text{мех}}$ - механическая мощность нагрузки (Вт); $\omega_{\text{ном}}$ - номинальная частота вращения электродвигателя (рад/с.)

При моделировании были приняты следующие значения $P_{\text{мех}}=25$ кВт, $\omega_{\text{ном}}=314$ рад/с. Приведенный момент инерции электропривода составил $J_{\text{пр}}=0.8$ кг·м.

В процессе моделирования в системе управления задавалось ступенчатое изменение скорости вращения электродвигателя с шагом $0,1 \cdot \omega_{\text{ном}}$, при этом фиксировалась относительная ошибка определения скорости вращения:

$$W_{\omega} = \frac{\omega^{\text{выч}} - \omega^{\text{изм}}}{\omega^{\text{изм}}} \cdot 100\% \quad (8)$$

где $\omega^{\text{выч}}$ - частота вращения вала электродвигателя вычисляемая в системе управления (рад/с); $\omega^{\text{изм}}$ - измеренная частота вращения вала электродвигателя (рад/с.)

Для получения значения $\omega^{\text{изм}}$ использовался стандартный наблюдатель координат электропривода из библиотеки Matlab/Simulink.

Результаты моделирования представлены на фиг. 2 и 3

Из результатов моделирования следует, что способ частотного управления электроприводом, который реализуется в системе управления, основанный на изменении частоты и амплитуды модулируемого автономным инвертором напряжения, для задания которого используется сигнал обратной связи по частоте вращения, вычисляемой в системе управления по сигналу, пропорциональному значению активной составляющей тока статора, позволяет регулировать частоту вращения электропривода и поддерживать ее на заданном уровне (фиг. 2). При этом ошибка определения частоты вращения по линеаризованной зависимости частоты скольжения от активной составляющей тока статора не превышает 1% в диапазоне регулирования скорости (1:10) (фиг. 3).

(57) Формула изобретения

Способ частотного управления асинхронным электроприводом, содержащий выпрямитель напряжения, емкостной фильтр и автономный инвертор напряжения,

амплитуда и частота выходного напряжения которого формируются в соответствии с заданной частотой вращения двигателя, что реализуется в системе управления, замкнутой по частоте вращения через регулятор скорости, входным сигналом которого является рассогласование сигналов задания и обратной связи, для получения которого
 5 используют датчик скорости, установленный на валу электродвигателя, отличающийся тем, что сигнал обратной связи, пропорциональный частоте вращения двигателя, формируют в системе управления путем сложения сигналов синхронной частоты и частоты скольжения, взятого со знаком минус, для формирования которого в систему управления дополнительно вводят вычислительный блок, на вход которого подают
 10 сигналы, пропорциональные среднему значению тока на входе инвертора, максимальному значению тока на входе инвертора и коэффициенту модуляции, при этом сигнал, соответствующий текущей частоте скольжения, определяют из выражения

$$15 \quad \omega_r = \frac{\omega_{rnom}}{I_{sanom}} \cdot \left(I_{\omega x} - \frac{3 \cdot I_m^2 \cdot R_s}{U_{dc}} \right) \cdot \frac{4}{3m},$$

где I_{sanom} - значение активной составляющей тока статора в номинальном режиме работы,

ω_{rnom} - частота скольжения в номинальном режиме работы,

20 $I_{\omega x}$ - сигнал, пропорциональный среднему значению тока на входе инвертора,

I_m - сигнал, пропорциональный максимальному току инвертора,

R_s - активное сопротивление фазы обмотки статора АД,

U_{dc} - среднее значение напряжения конденсатора в промежуточном звене

25 преобразователя частоты,

m - коэффициент модуляции.

30

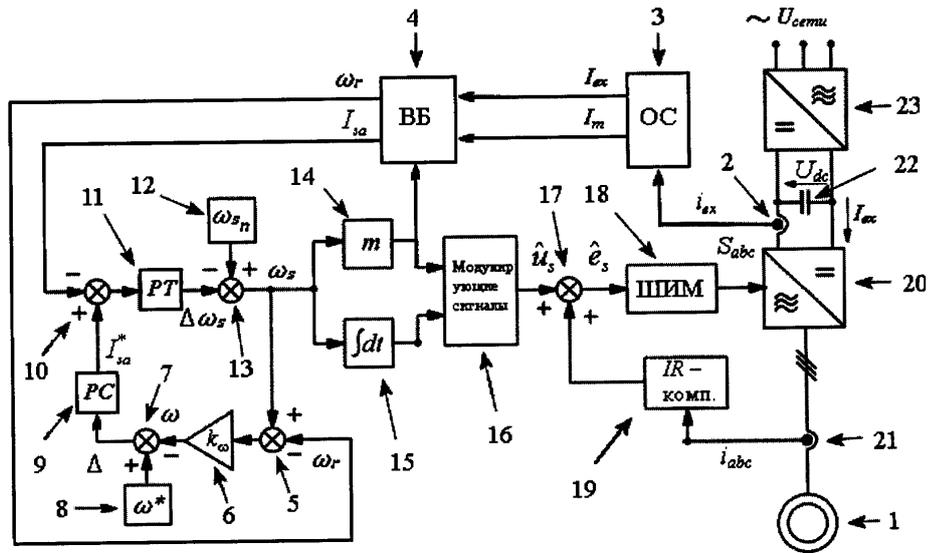
35

40

45

1

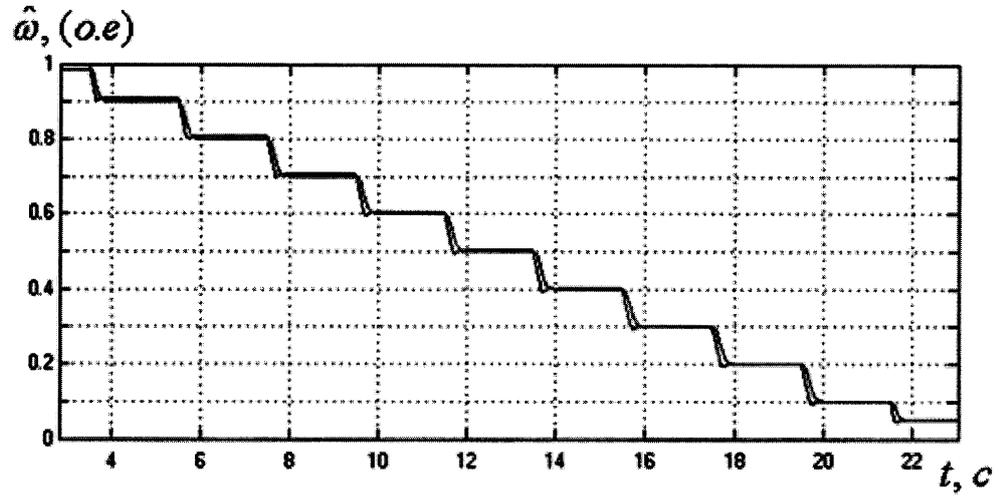
**СПОСОБ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ
АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ**



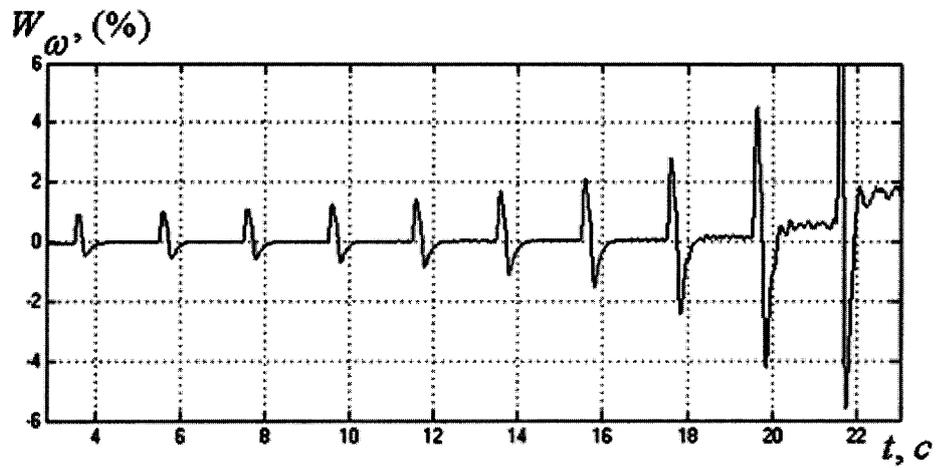
Фиг. 1

2

СПОСОБ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ
АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ



Фиг. 2



Фиг. 3