

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044673**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.09.21**

(21) Номер заявки  
**202200160**

(22) Дата подачи заявки  
**2022.12.21**

(51) Int. Cl. **H02P 21/00** (2016.01)  
**H02P 21/06** (2016.01)  
**H02P 21/22** (2016.01)

---

(54) **УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ**

---

(43) **2023.09.20**

(96) **2022000131 (RU) 2022.12.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ  
ТЕХНИКИ" (RU)**

(56) US-A1-20220337183  
EP-A4-3959810  
CN-A-108880358  
JP-B2-6637185

(72) Изобретатель:

**Переверзев Алексей Леонидович,  
Лялин Константин Сергеевич,  
Глущенко Александр Станиславович  
(RU)**

(57) Изобретение относится к устройствам управления, в частности к устройствам векторного управления электромоторами с применением обратных связей. Достижимым техническим результатом является снижение перегрузок двигателя при включении и изменении режимов работы за счет введения блока контроля перегрузок, дифференциальных датчиков тока, блока плавной регуляции скорости, который, получая внешние команды на установку необходимой скорости и контролируя текущую скорость, вырабатывает управляющие воздействия для вращения двигателя путем регулирования частоты и скважности управляющих ШИМ сигналов, при этом получает сигнал обратной связи с блока контроля перегрузок, обеспечивающего сравнение заданного уровня предельного значения крутящего момента с сигналами дифференциальных датчиков тока, определяющих скорость изменения управляющего воздействия на двигатель. Тем самым исключаются броски по току и ступенчатые воздействия на двигатель, обеспечивается устойчивость и надежность работы двигателя. Минимальные шаг и скорость перестройки частоты вращения определяются допустимым временем набора требуемой частоты вращения и допустимой перегрузкой.

**B1**

**044673**

**044673**

**B1**

Изобретение относится к устройствам управления, в частности к устройствам векторного управления электромоторами с применением обратных связей.

Известно устройство управления синхронным двигателем /1/. Устройство предназначено для управления синхронными двигателями постоянного тока посредством генератора ШИМ и генератора прямоугольных импульсов. Представляет собой микроконтроллер, управляющий генератором ШИМ или генератором прямоугольных импульсов в зависимости от поступающих от датчика скорости вращения данных. Для разгона двигателя используется ШИМ, а для поддержания скорости применяется генератор прямоугольных импульсов. Переключение между типами генераторов осуществляется посредством сравнения с заданным заранее значением порога частоты вращения. Недостатком устройства является появление ударных воздействий в момент включения и перехода через порог заданной скорости вращения двигателя.

Известен способ и устройство управления высокомоощным двигателем переменного тока с компенсацией смещения нейтральной точки посредством подключения конденсаторной батареи /2/. Рассматриваемый способ и устройство представляют собой преобразователь тока привода двигателя большой мощности, содержащий: трехуровневый каскад преобразования выходной мощности с фиксированной нейтральной точкой (NPC), включающий в себя переключатели для подачи питания на приводной двигатель переменного тока; конденсаторную батарею постоянного тока с последовательным соединением, соединенную параллельно с каскадом преобразования выходной мощности NPC; и контроллер для выбора положения переключателя для управления каскадом преобразования выходной мощности NPC и компенсации дисбаланса напряжения в нейтральной точке конденсаторной батареи постоянного тока путем регулирования амплитуд несущих напряжений в соответствии с величиной дисбаланса напряжения в разделенной последовательно соединенной конденсаторной батарее постоянного тока, при этом контроллер выполнен с возможностью регулировки амплитуд с использованием соотношения напряжений постоянного тока на конденсаторной батарее постоянного тока. Недостатком данного способа является наличие порогового эффекта при подключении батареи, сопровождающегося перегрузкой двигателя.

Прототипом предлагаемого решения является устройство управления электродвигателем, формирующее ток возбуждения и ток крутящего момента, посредством управляющего микроконтроллера, обрабатывающего к записанной в памяти микроконтроллера таблице на основании команды, содержащей частоту вращения, и величины крутящего момента, поступающей по обратной связи. /3/. В таблице хранится отношение управляющего тока возбуждения и частоты вращения к крутящему моменту и отношение тока крутящего момента и частоты вращения к крутящему моменту. Недостатком метода является конечное количество режимов скоростей, определяемых таблицей, и наличие ударных перегрузок при переключении табличных значений скоростей вращения.

Задачей изобретения является снижение перегрузок двигателя при включении и изменении режимов работы за счет плавной (бесступенчатой) регулировки скорости вращения.

#### Описание изобретения

Система (см. чертёж) состоит из устройства управления двигателем (1), усилителя (7), двигателя (8), источника питания (либо аккумулятора) (12), датчика тока (13), датчика положения ротора (14). Устройство управления двигателем (1) состоит из микроконтроллера формирования управляющих команд (2), включающего блок плавной регуляции скорости (10), контроллера тока по оси  $q$  (3), контроллера тока по оси  $d$  (4), преобразователя 2-х фаз в 3 фазы (5), ШИМ-контроллера (6), блока вычисления фазы (15), преобразователя 3-х фаз в 2 фазы (9), блока контроля перегрузок (11), дифференциальных датчиков тока (16).

Контроллер тока по оси  $q$  (3) соединен с микроконтроллером (2). Контроллер тока по оси  $q$  (3) получает управляющий ток  $I_q^*$  команды крутящего момента и фактическое значение  $I_q$  тока крутящего момента, которое возвращается обратно от преобразователя 3-х фаз в 2 фазы (9). В результате, контроллер тока по оси  $q$  (3) генерирует управляющее напряжение  $V_q^*$  по оси  $q$  на основании тока  $I_q^*$  команды по крутящему моменту и фактического тока  $I_q$  по крутящему моменту и выводит сгенерированное напряжение  $V_q^*$  по оси  $q$  в преобразователь 2-х фаз в 3 фазы (5).

Контроллер тока по оси  $d$  (4) соединен с микроконтроллером (2). Контроллер тока по оси  $d$  получает управляющий ток  $I_d^*$  возбуждения и фактическое значение  $I_d$  тока возбуждения, возвращаемое обратно от преобразователя 3-х фаз в 2 фазы (9), и генерирует управляющее напряжение  $V_d^*$  по оси  $d$ . на основе управляющего тока возбуждения  $I_d^*$  и фактического значения тока возбуждения  $I_d$ . Управляющее напряжение  $V_d^*$  по оси  $d$  выводится на преобразователь 2-х фаз в 3 фазы (5).

Преобразователь 2-х фаз в 3 фазы (5) соединен с контроллером тока по оси  $q$  (3) и контроллером тока по оси  $d$  (4). Преобразователь 2-х фаз в 3 фазы (5) преобразует управляющее напряжение  $V_q^*$  по оси  $q$  и напряжение  $V_d^*$  по оси  $d$  в 3-фазные управляющие напряжения, которые выводятся на ШИМ-контроллер (6).

ШИМ-контроллер (6) подключен к преобразователю 2-х фаз в 3 фазы (5). ШИМ-контроллер (6) управляет усилителем (7) на основе трехфазных управляющих напряжений.

Усилитель (7) соединен с источником питания (12). Усилитель 7 пропускает силовой ток от источника питания (12) к двигателю (8) на основе трехфазных управляющих напряжений для управления дви-

гателем (8). Таким образом, создается крутящий момент для двигателя (8). Усилитель (7) представляет собой инвертор. Двигатель 8 имеет датчик положения ротора (14). Датчик положения ротора (14) выдает частоту вращения двигателя (8) в блок вычисления фазы (15). Двигатель (8) представляет собой асинхронный двигатель.

Блок вычисления фазы (15) генерирует фазу  $\theta$  на основании частоты вращения, поступающей от датчик положения ротора (14), тока команды управления крутящим моментом  $I_q^*$  и тока команды возбуждения  $I_d^*$ , подаваемых из микроконтроллера (2). Блок вычисления фазы (15) выводит фазу  $\theta$  на преобразователь 2-х фаз в 3 фазы (5) и преобразователь 3-х фаз в 2 фазы (9).

Преобразователь 3-х фаз в 2 фазы (9) преобразует токи  $I_u$  и  $I_v$ , подаваемые от усилителя (7) к двигателю (8) и определяемые датчиком тока (13) и ток  $I_w$ , вычисленный на основе обнаруженных токов  $I_u$  и  $I_v$ , в ток фактического крутящего момента  $I_q$  и фактический ток возбуждения  $I_d$  на основе фазы  $\theta$ . Фактический ток крутящего момента  $I_q$  и фактический ток возбуждения  $I_d$  выводятся на контроллер тока по оси  $q$  (3) и контроллер тока по оси  $d$  (4) соответственно.

Сигналы от дифференциальных датчиков тока (16), определяющие скорость изменения управляющего воздействия на двигатель и, следовательно, мгновенную нагрузку по крутящему моменту поступают на блок контроля перегрузок (11), где сравниваются с заданным значением крутящего момента и пороговым значением ограничения крутящего момента. Выходной сигнал блока контроля перегрузок (11) поступает на вход блока плавной регуляции скорости (10), входящий в состав микроконтроллера (2). В случае возрастания нагрузки (изменения скорости управляющего тока на обмотках двигателя) выше допустимой нормы происходит снижение управляющих воздействий: тока команды управления крутящим моментом  $I_q^*$  и тока команды возбуждения  $I_d^*$ . Таким образом, осуществляется постоянная обратная связь по управляющему воздействию. Минимальные шаг и скорость перестройки частоты вращения являются переменными параметрами и определяются допустимым временем набора требуемой частоты вращения и допустимой перегрузкой (предельным значением крутящего момента) задаваемыми внешним сигналом управления системой. Сам момент на валу обеспечивается путем подачи дифференциального ШИМ-сигнала на силовые полумосты. Для обеспечения плавного пуска, остановки и смены направления вращения производится автоматическая настройка разгона/торможения, что обеспечивает уменьшение износа и отсутствие бросков тока и, как следствие, устойчивость и надежность работы двигателя.

Представленное устройство, в отличие от рассмотренных аналогов и прототипа, позволяет осуществлять плавный переход к любой скорости вращения, в том числе к изменению направления вращения с заданным предельным усилием без перегрузок и позволяет увеличить ресурс двигателя.

#### Источники информации

1. Патент США № 11,296,625
2. Патент США № 6,534,949
3. Патент США № 7,443,127

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство управления электродвигателями, включающее микроконтроллер, формирующий ток возбуждения и ток крутящего момента на основе внешней команды, команды величины крутящего момента и предельного значения крутящего момента, выход команды тока крутящего момента которого соединен со входом контроллера тока по оси  $q$ , а выход команды тока возбуждения с контроллером тока по оси  $d$ , выходы контроллеров тока по оси  $q$  и по оси  $d$ , поступают на входы преобразователя 2-х фаз в 3 фазы, выходы которого являются 3-х фазным управляющим напряжением и соединены со входами ШИМ-контроллера, выходы которого подключены ко входам усилителя, к силовому входу которого подключен источник силового питания либо аккумулятор, выходы усилителя подключены к 3-х фазному асинхронному двигателю, имеющему датчик положения ротора, который соединен со входом блока вычисления фазы, другие входы которого соединены с выходом тока крутящего момента и выходом тока возбуждения микроконтроллера, а выходы блока вычисления фазы являются входами преобразователя 3-х фаз в 2 фазы и преобразователя 2-х фаз в 3 фазы, со входами преобразователя 3-х фаз в 2 фазы соединены выходы усилителя, а выходы преобразователя 3-х фаз в 2 фазы соединены со вторыми входами контроллера тока по оси  $q$  и контроллера тока по оси  $d$ , отличающееся тем, что введены блок плавной регуляции скорости, дифференциальные датчики тока, блок контроля перегрузок, входы которого соединены с дифференциальными датчиками тока, подключенными к выходам усилителя, управляющий вход соединен с входной командой предельного значения крутящего момента, а его выход подключен к блоку плавной регуляции скорости, который является составной частью микроконтроллера.

