



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H02M 5/16 (2019.08)*

(21)(22) Заявка: 2019116159, 24.05.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.05.2019

Дата регистрации:  
16.12.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.05.2019

(45) Опубликовано: 16.12.2019 Бюл. № 35

Адрес для переписки:  
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,  
патентно-информационный отдел, Карнышев  
В.И.

(72) Автор(ы):

Сухоруков Максим Петрович (RU),  
Торгаева Дарья Сергеевна (RU),  
Шаляпина Наталия Андреевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Томский государственный  
университет систем управления и  
радиоэлектроники", ТУСУР (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 162787 U1, 27.06.2016. RU 166814  
U1, 10.12.2016. RU 162513 U1, 10.06.2016. US  
6958550 B2, 25.10.2005.

## (54) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШТАНГОВЫМ ГЛУБИННЫМ НАСОСОМ

(57) Реферат:

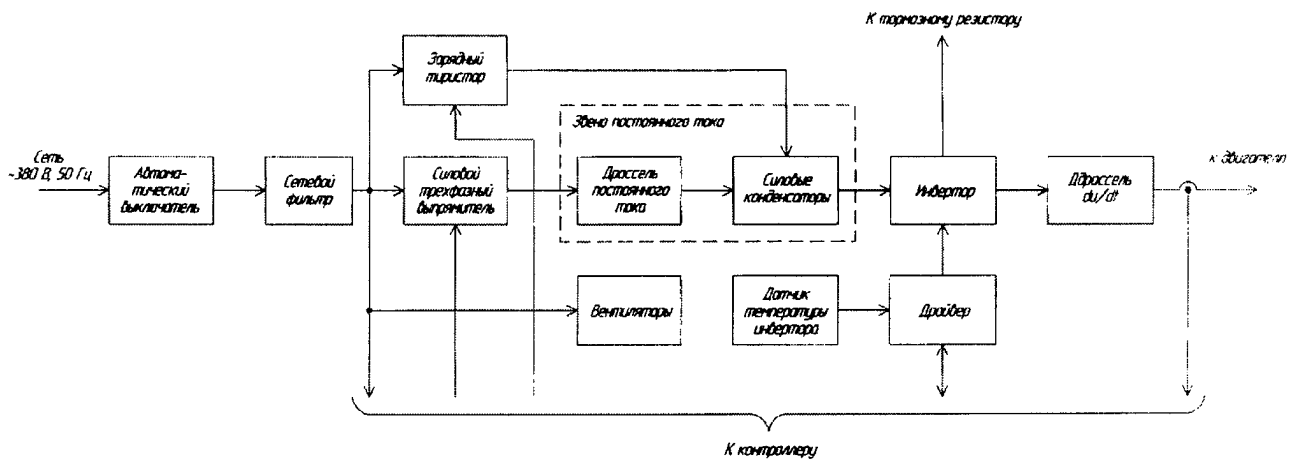
Полезная модель относится к области электротехники и может найти применение в системах управления трехфазным асинхронным электродвигателем, обеспечивая плавный пуск и регулирование частоты вращения электродвигателя, а также защиту управляемого электродвигателя от работы в аварийных режимах.

Техническим результатом полезной модели является уменьшение коммутационных потерь мощности и повышение надежности. Указанный

результат обеспечивается благодаря тому, что в преобразователе частоты с явно выраженным звеном постоянного тока, содержащем трехфазный полууправляемый диодно-оптотиристорный выпрямитель, блок конденсаторов, плату драйверов, трехфазный мостовой инвертор напряжения на IGBT-транзисторах, дополнительно в узел инвертора введены тормозной IGBT-транзистор, тормозной резистор с пиковой рассеиваемой мощностью 10 кВт и датчик температуры. 1 ил.

RU 194561 U1

RU 194561 U1



Структурно-функциональная схема преобразователя частоты

RU 194561 U1

RU 194561 U1

Полезная модель относится к области электротехники и может найти применение в интеллектуальных системах управления штанговыми глубинными насосами.

Комплексное техническое оснащение нефтедобывающих скважин и работа в осложненных условиях эксплуатации требуют от современных систем управления обеспечение таких функций, как плавный пуск, регулирование частоты вращения электродвигателя, а также защиту управляемого электродвигателя от работы в аварийных режимах. Таким образом, возникает задача по разработке преобразователя частоты интеллектуальной системы управления штанговым глубинным насосом.

Известен преобразователь частоты [Пат. RU 105095. Устройство для управления асинхронным двигателем / О.Г. Аriskин, О.А. Захаржевский, А.И. Морев, К.А. Рожков; заявитель Открытое акционерное общество "Электровыпрямитель"; заявл. 24.12.2010, опубл. 27.05.2011], состоящий из: трехфазного инвертора напряжения, четырехквadrантного активного выпрямителя, содержащего однофазный полностью управляемый мост, где в качестве силовых ключей выпрямителя и инвертора использованы IGBT-модули с интегрированными обратными диодами.

Главным недостатком данного преобразователя является присутствие коммутационных потерь мощности, возникающих вследствие протекания токов восстановления через обратные диоды при приложении к ним обратного напряжения в моменты включения транзистора, а также через открывающийся транзистор.

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является преобразователь частоты [Пат. RU 74017. Преобразователь частоты с явно выраженным звеном постоянного тока / Е.М. Силкин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Силовая электроника»; заявл. 22.02.2008, опубл. 10.06.2008], в котором трехфазный инвертор напряжения выполнен на 6 IGBT-модулях, четырехквadrантный активный выпрямитель включает однофазный мост на четырех IGBT-модулях, а также четыре дополнительных диода и обмоток реактора. Здесь уменьшение коммутационных потерь происходит за счет того, что при каждой коммутации силового транзистора, напряжение за время обратного восстановления диодов, прикладывается к дополнительной обмотке, что в свою очередь приводит к снижению токов обратного восстановления диодов, протекающих через обратные диоды и транзисторы.

Однако в предложенном преобразователе отсутствуют устройства контроля температуры, что повышает риск непредвиденного выхода из строя устройства, а также не предусмотрена защита от выбросов напряжения, возникающих при переключении транзисторов.

Целью предлагаемой полезной модели является повышение надежности и энергоэффективности.

Поставленная цель достигается тем, что известный преобразователь частоты с явно выраженным звеном постоянного тока снабжен трехфазным полууправляемым диодно-тиристорным мостом в качестве выпрямителя. Дополнительно к шести IGBT-модулям в узле инвертора предусмотрен седьмой тормозной IGBT-транзистор и тормозной резистор с пиковой рассеиваемой мощностью 10 кВт. Для защиты от выбросов напряжения, возникающих при переключении транзисторов, на клеммы силового питания транзисторов установлены снабберные конденсаторы. Для повышения надежности и контроля температуры IGBT-модуля, в узел инвертора дополнительно включен датчик температуры.

Сущность полезной модели поясняется структурно-функциональной электрической схемой, представленной на фиг.

Преобразователь частоты (фиг.) состоит из следующих элементов: автоматический выключатель, сетевой фильтр, выпрямитель, зарядный тиристор, вентиляторы, дроссель постоянного тока, силовые конденсаторы, инвертор, драйвер, датчик температуры, дроссель  $du/dt$ .

5 В качестве выпрямителя используется трехфазный полууправляемый диодно-тиристорный мост. Дроссель постоянного тока вместе с блоком силовых конденсаторов образуют звено постоянного тока, для начальной зарядки которого используется маломощный управляемый оптотиристор с последовательно включенным токоограничительным зарядным резистором (не отображены на фиг.).

10 Выбор элементов звена постоянного тока определяется из следующих соображений:  
- диапазон рабочих температур интеллектуальной системы управления штанговым глубинным насосом от минус 60 до плюс 50°C без применения специальных мер не позволяет использовать электролитические силовые конденсаторы из-за критического падения эквивалентного последовательного сопротивления при температурах ниже  
15 минус 40°C;

- минимальная мощность асинхронного электродвигателя, управляемого интеллектуальной системой управления составляет 55 кВт;

Инвертор выполнен по трехфазной мостовой схеме на базе шести IGBT-транзисторов с управлением по методу ШИМ. Для отвода энергии рекуперации электродвигателя  
20 предусмотрен седьмой, так называемый тормозной IGBT-транзистор и тормозной резистор с пиковой рассеиваемой мощностью 10 кВт (не обозначены на фиг.). Драйверы обеспечивают управление IGBT-транзисторами и реализуют защиту преобразователя от короткого замыкания в нагрузке.

Система управления преобразователя состоит из следующих элементов: источник  
25 питания, управляющая часть, драйверы и датчик температуры радиатора силовых элементов преобразователя частоты.

Управляющая часть строится на базе современных микроконтроллеров и обеспечивает выполнение следующих функций:

- 30 1. прием управляющих воздействий от контроллера интеллектуальной системы управления штанговым глубинным насосом и передача ему измерительной и контрольной информации;
2. формирование сигналов управления тиристорами выпрямителя;
3. формирование ШИМ-сигналов управления драйверами транзисторов инвертора;
4. измерение напряжения звена постоянного тока и температуры радиатора;
- 35 5. реализация защиты преобразователя частоты.

Преобразователь частоты работает следующим образом: после подключения сети и установки автоматического выключателя в положение «Вкл», трехфазное напряжение ~380 В подается на выпрямитель. Напряжение ~220 В подается для питания контроллера и вентиляторов. По команде от контроллера включается зарядный оптотиристор и  
40 происходит заряд силовых конденсаторов. По окончании заряда, при получении напряжения на конденсаторах порядка 450 В, зарядный тиристор отключается и включается выпрямитель, обеспечивая питание IGBT-модуля напряжением постоянного тока. После получения команды от контроллера на включение двигателя, плата драйверов начинает формирование сигналов синусоидальной широтно-импульсной  
45 модуляции (ШИМ) и выдает их на управляющие входы IGBT-модуля. На выходе IGBT-модуля формируется трехфазное переменное напряжение, которое выдается на двигатель через дроссель. При этом частота выходного напряжения плавно изменяется от нуля до заданного значения, обеспечивая безударный разгон двигателя. Ток двигателя при

разгоне не превышает номинального значения, а напряжение, выдаваемое на двигатель, зависит от частоты и подчиняется закону скалярного управления  $\frac{U}{F} = const$ .

5 Положительный эффект от введения в узел инвертора дополнительного тормозного IGBT-транзистора и тормозного резистора заключается в возможности работы преобразователя при значительных отрицательных вращающих моментах электродвигателя (компрессоры, станки-качалки), за счет отвода энергии рекуперации электродвигателя. Надежность преобразователя обосновывается дополнительно  
10 установленными снабженными конденсаторами на клеммы силового питания, которые обеспечивают защиту от выбросов напряжения, возникающих при переключении транзисторов, а также датчиком температуры в узле инвертора, который контролирует температуру IGBT-модуля.

(57) Формула полезной модели

15 Преобразователь частоты интеллектуальной системы управления штанговым глубинным насосом, состоящий из трехфазного инвертора напряжения, блока конденсаторов, трехфазного полууправляемого диодно-оптотиристорного выпрямителя и платы драйверов, содержащий мост, образованный IGBT-модулем, отличающийся  
20 тем, что снабжен дополнительным тормозным IGBT-транзистором, тормозным резистором и датчиком температуры.

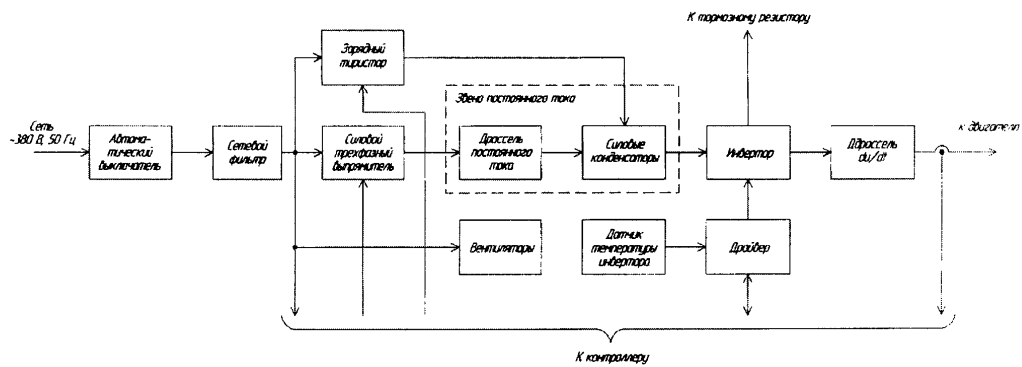
25

30

35

40

45



Структурно-функциональная схема преобразователя частоты