

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА , ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности

Международное бюро

(43) Дата международной публикации
21 июня 2018 (21.06.2018)



W I P O | P C T



(10) Номер международной публикации
WO 2018/111128 A1

(51) Международная патентная классификация :
F03D 7/04 (2006.01) *H 02K 21/00* (2006.01)
F03D 9/25 (2016.01)

(21) Номер международной заявки : PCT/RU20 16/000868

(22) Дата международной подачи :
13 декабря 2016 (13.12.2016)

(25) Язык подачи : Русский

(26) Язык публикации : Русский

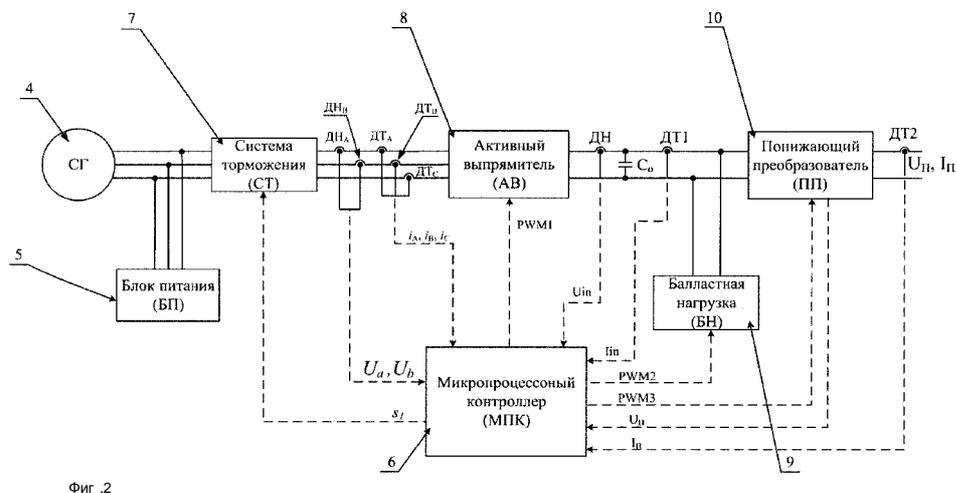
(71) Заявитель : ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕН -
НОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ВДМ -ТЕХНИ -
КА " (OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOJ
OTVETSTVENNOSTYU "VDM-TEKHNIKA")

[RU/RU]; ул.Долгоруковская , 23а, стр.1 Москва ,
127006, Moscow (RU).

(72) Изобретатели : МАСОЛОВ , Владимир Геннадьевич
(MASOLOV, Vladimir Gennadevich); Каширское шос -
се, 55, кор .3, кв.745 Москва , 115211, Moscow (RU).
БЕРЕЗИН , Валерий Сергеевич (BEREZIN, Valerij
Sergeevich); пос. Шушары Детскосельский , 9, кв.67
Санкт -Петербург , 196608, St.Petersburg (RU). ЛОГИ -
НОВ , Анатолий Леонидович (LOGINOV, Anatolij
Leonidovich); Ярославский проспект , 66, корп .1, кв.73
Санкт -Петербург , 194214, St.Petersburg (RU). ПО -
ЛЕТАЕВ , Иван Георгиевич (POLETAEV, Ivan
Georgievich); Королева проспект , 29, корп .1, кв.123
Санкт -Петербург , 197349, St.Petersburg (RU). МА -
СОЛОВ , Андрей Геннадьевич (MASOLOV, Andrej
Gennadevich); Каширское шоссе , 90, кор .3, кв.204

(54) Title: METHOD OF ADJUSTING WIND TURBINE POWER TAKE-OFF

(54) Название изобретения : СПОСОБ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТБОРА МОЩНОСТИ ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ



Фиг. 2

- 4 Synchronous generator
- 5 Power supply
- 6 Microprocessor controller
- 7 Braking system
- 8 Active rectifier
- 9 Ballast
- 10 Down converter
- ДН Phase voltage sensor
- ДТ Phase current sensor

(57) Abstract: The invention relates to the field of wind power and can be used for creating and modifying wind energy installations such as to operate more efficiently in a wide range of wind conditions, including at low annual average wind speeds (3-6 m/s). A wind energy installation is controlled with the aid of an adjustable wind turbine power take-off system consisting of: a permanent magnet synchronous generator; an active rectifier with a microprocessor controller; a power supply; a braking system; a ballast; and a down converter. An adjustment method for a wind energy installation of this type is proposed which increases the power coefficient across the entire range of working speeds and stabilizes the electromagnetic torque on the generator shaft when the wind speed is higher than a projected speed corresponding to a nominal power value. The adjustment method is based on controlling the rotation frequency of the



WO 2018/111128 A1

Москва , 115551, Moscow (RU). ФАДЕЕВ , Иван Алек - сандрович (**FADEEV, Ivan Aleksandrovich**); ул. Вер - ности , 6, корп . 1, кв. 483 Санкт -Петербург , 195256, St.Petersburg (RU). ХУДОНОГОВ , Андрей Викто ро - вич (**KHUDONOGOV, Andrej Viktor ovich**); Ленин - ский проспект , 123, кв.182 Москва , 117513, Moscow (RU).

(74) Агент : КОТЛОВ , Дмитрий Владимирович (**KOTLOV, Dmitry Vladimirovich**); ООО "ЦИС "Скол - ково ", Территория инновационного центра "Сколково ", дом 4, оф.402.1 Москва , 143026, Moscow (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны) : A E, AG, AL, AM, A O, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована :

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

wind turbine in accordance with a rotation frequency optimization algorithm which evaluates the change in energy generated across a set period of time and establishes a new rotation frequency value.

(57) Реферат : Изобретение относится к ветроэнергетике и может быть использовано для создания и модификации ветроэнер - гетических установок с целью повышения эффективности их работы в широком диапазоне ветровых режимов , в том числе при низких значениях среднегодовой скорости ветра (3-6 м/с). Управление ветроэнергетической установкой осуществляется при помощи регулируемой системы отбора мощности ветродвигателя , состоящей из синхронного электрического генератора на постоянных магнитах , активного выпрямителя с микропроцессорным контроллером , блока питания , системы торможения , балластной нагрузки и понижающего преобразователя . Для данной структуры ВЭУ реализован способ регулирования , обес - печивающий повышение коэффициента преобразования энергии ветра во всем диапазоне рабочих скоростей и стабилизиру - ющий электромагнитный момент на валу генератора при скорости ветра выше расчетной , соответствующей номинальному значению мощности . Способ регулирования основан на управлении частотой вращения ветродвигателя в соответствии с ал - горитмом поиска оптимальной частоты вращения , который оценивает изменение вырабатываемой энергии на заданном ин - тервале времени и производит задание нового значения частоты вращения .

Способ регулирования отбора мощности ветродвигателя

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к ветроэнергетике и может быть использовано для создания и модификации ветроэнергетических установок (ВЭУ) с целью
5 повышения эффективности их работы.

Уровень техники

В документе US4525633 представлен метод управления и устройство его реализующее. В основе метода лежит выход на оптимальное соотношение частоты вращения и скорости ветра при помощи датчика скорости ветра и
10 системы преобразования энергии ветровой установки. Недостатком данной конструкции является необходимость применения датчика скорости ветра, который либо не обладает достаточной точностью, либо имеет высокую стоимость, при этом является дополнительным источником возможных неисправностей.

В документе US4695736 представлен метод управления и реализующая его структура ВЭУ. В основе метода лежит регулирование крутящего момента в соответствии с графиком, определяющим скорость генератора по отношению к измеренной генерируемой мощности, с целью повышения эффективности ветровой установки. Таким образом, если оптимальная частота вращения лежит
20 ниже фактической, то частота, соответствующая мощности, будет ниже фактической и формируется задание по току (моменту) в сторону снижения частоты вращения. При оптимальной частоте выше фактической, мощность будет соответствовать большей частоте вращения, и ветродвигатель будет разгоняться. Недостатком данного метода является необходимость
25 использования предварительно заданного графика, априори отличающегося от фактической характеристики работы ветровой установки.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является патент US8242620, который описывает структуру ветроэнергетической установки, предусматривающей использование активного выпрямителя с возможностью
30 регулирования частоты вращения в заданном диапазоне за счёт формирования задания по току. Это позволяет стабилизировать частоту вращения и обеспечить эффективную работу ВЭУ при определенных скоростях ветра, соответствующих

частоте вращения ветродвигателя . Недостатком прототипа является низкая эффективность работы ВЭУ в широком диапазоне ветровых режимов .

Сущность изобретения

5 Задачей данного изобретения является повышение эффективности работы ВЭУ в широком диапазоне ветровых режимов , в том числе при низких значениях среднегодовой скорости ветра (3-6 м/с).

Технический результат заявленного изобретения заключается в повышении коэффициента преобразования энергии ветра во всем диапазоне рабочих скоростей ВЭУ .

10 Технический результат заявленного изобретения достигается за счет того , что способ регулирования отбора мощности ветродвигателя , включающий управление частотой вращения ветродвигателя во всем диапазоне рабочих скоростей ветра в соответствии с алгоритмом поиска оптимальной частоты вращения , который оценивает изменение вырабатываемой энергии на заданном
15 интервале времени при изменении частоты вращения и производит задание нового значения частоты вращения на основе полученных значений , а при скорости ветра выше расчетной , соответствующей номинальному значению мощности , обеспечивает стабилизацию электромагнитного момента на валу синхронного электрического генератора , при этом управление частотой
20 вращения во всем диапазоне рабочих скоростей ветра осуществляют системой отбора мощности ветродвигателя , состоящей из синхронного электрического генератора на постоянных магнитах , установленного на одном валу с ветродвигателем ; собственного блока питания электронных устройств , подключённого непосредственно к выходу электрической машины ; активного
25 выпрямителя с бездатчиковым векторным управлением , реализуемым микропроцессорным программируемым контроллером , обеспечивающих возможность задания электромагнитного момента путем формирования синусоидальных синфазных с ЭДС токов заданной амплитуды в фазных обмотках генератора и преобразующих их на выходе активного выпрямителя в
30 ток зарядки конденсатора звена постоянного тока с значением напряжения , превышающим заданное потребителем значение выходного напряжения , при этом стабилизация напряжения в заданном диапазоне значений обеспечивается понижающим преобразователем под управлением микропроцессорного

контроллера при полном отборе выходной мощности потребителем , а при невозможности полного отбора мощности потребителем обеспечивается совместной работой понижающего преобразователя и балластной нагрузки под управлением микропроцессорного контроллера ; работающего под управлением микропроцессорного контроллера понижающего преобразователя , поддерживающего напряжение в звене постоянного тока между активным выпрямителем и понижающим преобразователем в заданном диапазоне значений , а также понижающего выходное напряжение до требуемого потребителем уровня и ограничивающего максимальную величину тока для защиты от короткого замыкания ; балластной нагрузки для отвода избытка электроэнергии под управлением микропроцессорного контроллера ; системы торможения , связанной с обмотками синхронного электрического генератора , которая под управлением микропроцессорного контроллера производит ступенчатое торможение синхронного электрического генератора или аварийную остановку ВЭУ .

В частном случае реализации заявленного способа регулирования отбора мощности ветродвигателя предусмотрена балластная нагрузка с ШИМ коммутацией , что позволяет плавно регулировать мощность , снимаемую БН и уменьшать напряжение на конденсаторе до допустимого уровня , не прерывая работу ПП и передачу энергии на потребителя .

В частном случае реализации заявленного способа регулирования отбора мощности ветродвигателя синхронный электрический генератор (4) имеет дисковую конструкцию с постоянными магнитами с осевой намагниченностью , состоящую из ротора с двумя соосными дисками , расположенными по обе стороны статора и жестко связанными между собой , что позволяет лучше использовать активный объем тороидального статора , уменьшить реакцию якоря и пути магнитного потока , тем самым снизить удельные потери , а также повысить технологичность исполнения синхронного электрического генератора , упростить стыковку с ветродвигателем , при этом использование беспазового кольцевого магнитопровода статора позволяет снизить момент статического сопротивления синхронного электрического генератора и снизить момент страгивания ВЭУ .

Использование регулируемой системы отбора мощности ветродвигателя , состоящей из синхронного электрического генератора на постоянных магнитах , активного выпрямителя с микропроцессорным контроллером , блока питания , системы торможения , балластной нагрузки и понижающего преобразователя .

5 Для данной структуры ВЭУ реализован способ регулирования , обеспечивающий повышение коэффициента преобразования энергии ветра во всем диапазоне рабочих скоростей и стабилизирующий электромагнитный момент на валу генератора при скорости ветра выше расчетной , соответствующей номинальному значению мощности . Способ регулирования основан на
10 управлении частотой вращения ветродвигателя в соответствии с алгоритмом поиска оптимальной частоты вращения , который оценивает изменение вырабатываемой энергии на заданном интервале времени и производит задание нового значения частоты вращения .

Краткое описание чертежей

15 Детали , признаки , а также преимущества настоящего изобретения следуют из нижеследующего описания вариантов реализации заявленного способа регулирования отбора мощности ветродвигателя с использованием чертежей , на которых показано :

Фиг.1 - Общая структура ВЭУ

20 Фиг.2 - Структура системы отбора мощности ветродвигателя

Фиг.3 - Алгоритм поиска оптимальной частоты вращения ветродвигателя

Фиг.4 - Функциональная схема регулятора частоты вращения

Фиг.5 - Функциональная схема управления активным выпрямителем

На фигурах цифрами обозначены следующие позиции :

25 1 - ветродвигатель ; 2 - система отбора мощности ; 3 - потребитель вырабатываемой электроэнергии ; 4 - синхронный электрический генератор ; 5 - блок питания ; 6 - микропроцессорный контроллер ; 7 - система торможения ; 8 - активный выпрямитель ; 9 - балластная нагрузка ; 10 - понижающий преобразователь ; позициями 11-19 обозначены блоки алгоритма работы
30 системы регулирования отбора мощности ветродвигателя ; позициями 20 -

22 - блоки функциональной схемы регулятора частоты вращения ; позициями
23-29 - блоки функциональной схемы управления активным выпрямителем .

Раскрытие изобретения

На фиг.1 представлена общая структура ветроэнергетической установки ,
5 состоящей из ветродвигателя (1), соединённого с системой регулирования отбора мощности (2), передающей вырабатываемую электроэнергию потребителю (3).

Ветродвигатель (1) создаёт крутящий момент M_v на валу в соответствии со
своими характеристиками и характеристиками ветрового потока . Система отбора
10 мощности ветродвигателя (2) генерирует на валу электромагнитный момент $M_э$, преобразуя механическую энергию ветродвигателя (1) в электроэнергию требуемого для потребителя (3) напряжения U_n и тока I_n . В качестве потребителя (3) может рассматриваться аккумуляторная батарея заданного напряжения или сетевой инвертор .

На фиг.2 представлена структура системы отбора мощности
ветродвигателя (ВД), состоящей из синхронного электрического генератора (СГ)
(4), установленного на одном валу с ВД с подсоединённым на выходе СГ блоком
питания (БП) (5). Микропроцессорный контроллер (МПК) (6) управляет работой
соединённой с обмотками СГ системы торможения (СТ) (7); работой активного
20 выпрямителя (АВ) (8) с подключёнными на входе датчиками фазных токов $ЦТ_A$,
 $ДТ_B$, $ДТ_C$, датчиками фазного напряжения $ДН_A$, $ДН_B$ и подключёнными на
выходе датчиком напряжения $ДН$, конденсатором C_0 , датчиком тока $ДТ1$;
работой балластной нагрузки (БН) (9) и понижающего преобразователя (ПП) (10)
с датчиком тока $ДТ2$ на выходе .

Система отбора мощности ветродвигателя включает в себе силовые ,
измерительные и управляющие устройства , основным назначением которых
является управление частотой вращения ветродвигателя в соответствии с
алгоритмом поиска оптимальной частоты вращения , который оценивает
изменение вырабатываемой энергии и производит задание нового значения
30 частоты вращения .

Решение задачи повышения коэффициента преобразования энергии ветра для широкого диапазона значений скоростей ветра обеспечивается возможностью :

- 5 - задавать электромагнитный момент M_{Σ} на валу синхронного электрического генератора , пропорциональный линейному значению величины тока синхронного электрического генератора , определяемому фазными токами i_A, i_B, i_C , формируемыми активным выпрямителем с векторным управлением от микропроцессорного программируемого контроллера в соответствии с разработанными алгоритмами ;
- 10 - задавать в обмотках синхронного электрического генератора токи i_A, i_B, i_C -синусоидальной формы , совпадающие по фазе с ЭДС генератора , без дополнительных гармонических составляющих , тем самым повышать КПД во всем диапазоне рабочих частот вращения ;
 - реализовывать активным выпрямителем функции повышающего
- 15 конвертора , работающего совместно с понижающим преобразователем , обеспечивая при этом величину напряжения U_{in} больше U_n и требуемые значения U_n и I_n . Таким образом , появляется возможность применять синхронный электрический генератор с большим значением КПД .
- 20 Микропроцессорный программируемый контроллер реализует векторное управление активным выпрямителем , формируя широтно -импульсно модулируемые (ШИМ) сигналы PWM1 в соответствии со значением угла поворота α ротора синхронного электрического генератора . Значение угла поворота ротора α определяется в блоке расчёта угла поворота ротора (30), представленном на фиг . 5.
- 25 Применение бездатчикового векторного управления позволяет отказаться непосредственно от самого датчика положения ротора и линии связи с МПК , что упрощает конструкцию ВЭУ .
- Обратная связь по контуру тока организована с применением датчиков тока DT_A, DT_B, DT_C .
- 30 Блок питания , подключённый непосредственно к выходу синхронного электрического генератора , обеспечивает низковольтное питание электронных устройств .

Система торможения производит ступенчатую остановку синхронного электрического генератора по команде микропроцессорного программируемого контроллера при превышении порогового значения напряжения U_m или аварийную остановку ВЭУ в случае выхода из строя одного из устройств системы отбора мощности ВД.

Понижающий преобразователь поддерживает напряжение в звене постоянного тока на конденсаторе C_0 между активным выпрямителем и понижающим преобразователем в заданном диапазоне значений U_{in} по показаниям датчика напряжения ДН за счёт регулирования тока I_{in} по показаниям датчика тока ДТ1 и тока $I_{п}$ по показаниям датчика тока ДТ2 сигналами PWM3 и PWM2 микропроцессорного программируемого контроллера. Понижающий преобразователь понижает напряжение до требуемого уровня U_n и позволяет ограничить максимальную величину тока $I_{п}$, чем обеспечивает защиту от короткого замыкания.

Балластная нагрузка, мощностью не меньше номинальной мощности синхронного электрического генератора, под управлением микропроцессорного программируемого контроллера отводит избыток электроэнергии в случае превышения заданного значения U_{in} .

Заявленный способ регулирования отбора мощности ветродвигателя, обеспечивает повышение коэффициента преобразования энергии ветра во всем диапазоне рабочих скоростей ВЭУ и стабилизирует электромагнитный момент на валу генератора при скорости ветра выше расчетной, соответствующей номинальному значению мощности. Способ регулирования основан на управлении частотой вращения ветродвигателя в соответствии с алгоритмом поиска оптимальной частоты вращения, который оценивает изменение вырабатываемой энергии на заданном интервале времени и производит задание нового значения частоты вращения.

Система отбора мощности реализует три основных режима работы:

1. Режим работы в диапазоне значений скорости ветра от минимальной рабочей до расчётной, при которой СГ вырабатывает номинальную мощность.

В диапазоне частот вращения от минимальной рабочей до номинальной при поступлении ШИМ сигналов PWM1 на АВ с МПК производится коммутация

обмоток СГ. При этом формируются синусоидальные синфазные с ЭДС токи заданной амплитуды в фазах генератора I_A, I_B, I_C , что обеспечивает минимизацию потерь в обмотках СГ и формирование оптимальной частоты вращения на валу СГ в соответствии с разработанным алгоритмом .

5 Синфазность и синусоидальность токов обеспечивается векторным управлением . Активный выпрямитель преобразует ЭДС СГ и переменные фазные токи I_A, I_B, I_C в постоянный выходной ток I_{in} с напряжением U_{in} на конденсаторе C_0 .

10 При полном отборе выходной мощности потребителем стабилизация напряжения U_{in} на конденсаторе C_0 в заданном диапазоне значений обеспечивается ПП за счёт регулирования тока I_H по показаниям ДТ2 модулированным ШИМ сигналом PWM3 МПК .

15 При невозможности полного отбора мощности потребителем (I_H ограничен потребителем) стабилизация напряжения U_{in} на конденсаторе C_0 в заданном диапазоне значений обеспечивается совместной работой ПП и БН. Регулирование тока I_H по показаниям ДТ2 производится модулированными ШИМ сигналами PWM3 и PWM2 с МПК с подключением БН.

2. Режим работы в диапазоне значений скорости ветра , превышающих расчётную .

20 При значении скорости ветра , превышающей расчётную величину скорости ветра ВЭУ , ВД создаёт крутящий момент на валу M_B , превышающий номинальное значение электромагнитного момента M_3 синхронного электрического генератора . Частота вращения СГ становится выше номинальной и АВ начинает работать в режиме диодного моста . В этом случае величина электрической мощности , поступающей с выхода АВ, превышает номинальное значение и ПП не способен стабилизировать напряжение U_{in} на конденсаторе C_0 . При достижении на конденсаторе C_0 порогового значения напряжения U_{in} с МПК формируется ШИМ сигнал PWM2, который подключает балластную нагрузку и по показаниям ДТ1 формирует ток I_{in} на выходе АВ, чем создает
25 номинальный электромагнитный момент M_3 - В случае , если созданный момент M_3 превышает M_B , действующий на валу СГ и ВД, частота вращения снижается и ВЭУ переходит в режим работы 1.

В случае , если созданного момента M_{ω} недостаточно для торможения СГ, частота вращения СГ увеличивается , возрастает ЭДС СГ и по показаниям ДН МПК передает сигнал s_1 на СТ, после чего СТ производит ступенчатое торможение СГ и ВД. В процессе срабатывания СТ прекращается формирование токов АВ и зарядка конденсатора C_0 , при этом ПП продолжает выработку электроэнергии , что приводит к снижению напряжения $U_{\text{н}}$ на ДН ниже заданного значения . После срабатывания СТ обмотки синхронного генератора остаются закороченными до тех пор , пока напряжение не понизится ниже заданного значения , после чего ВЭУ переходит в режим работы 2 с балластной нагрузкой .

3. Аварийный режим работы ВЭУ в случае выхода из строя одного из устройств системы отбора мощности ВД. В этом случае СТ производит остановку ВЭУ .

На фиг.3 представлен алгоритм поиска оптимальной частоты вращения ветродвигателя . Алгоритм основан на поиске оптимальной частоты вращения по изменению усреднённого значения вырабатываемой энергии на заданном интервале времени . Блок (11) задаёт начальные параметры : $E_{\text{п}}$ - суммарная «энергия » , полученная на прошлой итерации цикла , $\omega_{\text{п}-1}$ - задаваемая частота вращения на прошлой итерации цикла , ω_{req} - задаваемая частота вращения на данной итерации цикла , k - число проходов цикла . В блоке (12) сравнивается число проходов с заданным предельным значением . Блок (13) задает задержку времени на цикл . Блок (14) выдаёт значения q составляющих по напряжению U_q и току I_q . Блок (15) добавляет к значению суммарной «энергии » $E_{\text{п}}$ значение на данной итерации цикла . Понятие «энергия » в данном случае применяется с оговоркой , так как суммируются мгновенные значения мощности для амплитудных значений тока и напряжения одной фазы и суммарная величина , не равная реальной выработанной энергии генератора , но всегда пропорциональная ей с одинаковым коэффициентом . Таким образом , полученные значения «энергии » можно корректно сравнивать между собой , что и применяется в данном алгоритме . Блок (16) увеличивает счётчик проходов и при достижении предельного значения выполняется блок (17), сравнивающий произведение изменения «энергии » и частоты вращения между прошлой и нынешней итерацией с нулём . Значение больше нуля означает , что частота вращения повысилась и значение «энергии » возросло , либо частота вращения

снизилась и значение «энергии» также снизилась, следовательно, требуется повысить частоту вращения, что выполняется блоком (18). Значение меньше нуля означает, что частота вращения снизилась, а значение «энергии» возросло, либо частота вращения повысилась, а значение «энергии» снизилось, следовательно, требуется снизить частоту вращения ветродвигателя, что выполняет блок (19).

На фиг. 4 приведена функциональная схема регулятора частоты вращения. Реализована схема векторного управления. Сумматор (20) вычисляет разность заданного значения частоты вращения w_{req} и фактического w_{rot} , значение разности поступает на блок (21), являющийся ПИ-регулятором. Блок (22) обеспечивает ограничение задания тока I_{q_req} в пределах от нуля до номинального значения электрической машины, чтобы избежать перевода её в двигательный режим и не превысить допустимое значение тока.

На фиг. 5 приведена функциональная схема управления активным выпрямителем. Значения измеренных фазных токов поступают на блок (23), реализующий преобразование Парка-Кларка. Полученные значения d - q составляющих поступают на блоки (24) и (25), в которых из фактических значений вычитаются заданные и преобразуются ПИД регуляторами (26) и (27). В блоке (28) восстанавливаются значения задания по каждой фазе и на их основе в блоке (29) формируются управляющие импульсы, поступающие на активный выпрямитель.

В момент включения векторного управления (генератор вращается на холостом ходу) по показаниям датчиков напряжения $ДН_A$ и $ДН_B$ производится определение значений фазных напряжений U_A и U_B , которые поступают на блок расчёта угла поворота ротора (30). Значение угла поступает на интегратор (31) и задаётся как исходное значение угла поворота ротора, на основе которого производятся преобразования в блоках (23) и (28). Когда фактическое значение угла поворота ротора отличается от исходного, возникает рассогласование по d -составляющей тока, на выходе ПИ-регулятора (32) появляется значение, отличное от нуля, которое, поступая на интегратор (31), изменяет значение угла, реализуя динамическое определение фактического угла поворота ротора. Введение корректирующего коэффициента K_1 (33), позволяет внести компенсацию по d -составляющей тока и определить положение вектора ЭДС.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регулирования отбора мощности ветродвигателя ,
включающий управление частотой вращения ветродвигателя во всем диапазоне
рабочих скоростей ветра в соответствии с алгоритмом поиска оптимальной
5 частоты вращения , который оценивает изменение вырабатываемой энергии на
заданном интервале времени при изменении частоты вращения и производит
задание нового значения частоты вращения на основе полученных значений , а
при скорости ветра выше расчетной , соответствующей номинальному значению
мощности , обеспечивает стабилизацию электромагнитного момента на валу
10 синхронного электрического генератора ,
при этом управление частотой вращения во всем диапазоне рабочих
скоростей ветра осуществляют системой отбора мощности ветродвигателя ,
состоящей из:
синхронного электрического генератора на постоянных магнитах ,
15 установленного на одном валу с ветродвигателем ;
собственного блока питания электронных устройств , подключённого
непосредственно к выходу электрической машины ;
активного выпрямителя с подключенными на входе датчиками фазных
токов $D T_A$, $D T_B$, $D T_C$, датчиками фазного напряжения $D H_d$, $D H_B$ и
20 подключенными на выходе датчиком напряжения $D H$, конденсатором C_0 ,
датчиком тока $D T_1$, при этом активный выпрямитель выполнен с векторным
управлением , реализуемым микропроцессорным программируемым
контроллером ,
обеспечивающих возможность задания электромагнитного момента
25 путем формирования синусоидальных синфазных с ЭДС токов заданной
амплитуды в фазных обмотках генератора и преобразующих их на выходе
активного выпрямителя в ток зарядки конденсатора звена постоянного тока с
значением напряжения , превышающим заданное потребителем значение
выходного напряжения , при этом стабилизация напряжения в заданном
30 диапазоне значений обеспечивается понижающим преобразователем под
управлением микропроцессорного контроллера при полном отборе выходной
мощности потребителем , а при невозможности полного отбора мощности
потребителем обеспечивается совместной работой понижающего

преобразователя и балластной нагрузки под управлением микропроцессорного контроллера ;

5 понижающего преобразователя , работающего под управлением микропроцессорного контроллера , поддерживающего напряжение в звене постоянного тока между активным выпрямителем и понижающим преобразователем в заданном диапазоне значений , а также понижающего выходное напряжение до требуемого потребителем уровня и ограничивающего максимальную величину тока для защиты от короткого замыкания ;

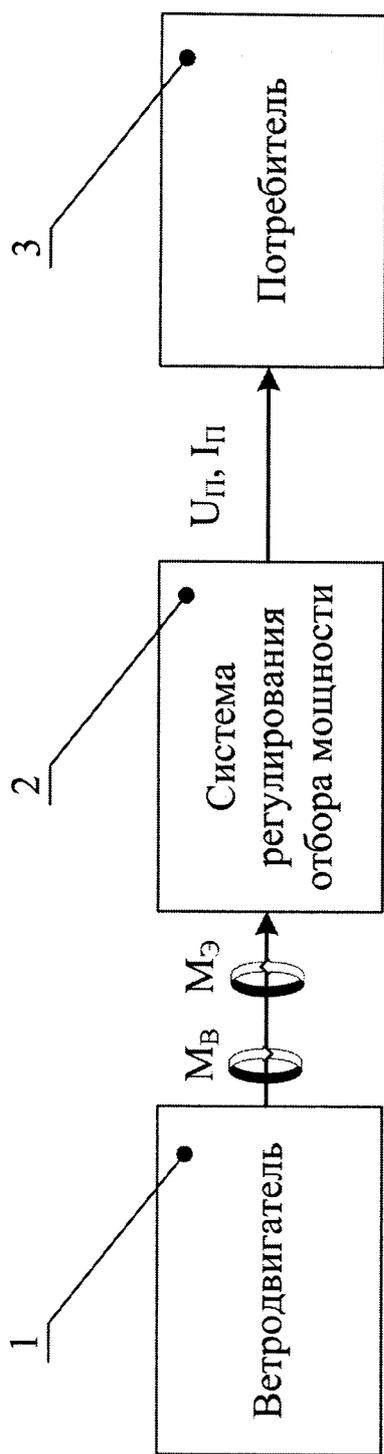
10 балластной нагрузки для отвода избытка электроэнергии под управлением микропроцессорного контроллера ;

системы торможения , связанной с обмотками синхронного электрического генератора , которая под управлением микропроцессорного контроллера производит ступенчатое торможение синхронного электрического генератора или аварийную остановку ВЭУ ,

15 при этом в момент включения векторного управления и вращения генератора на холостом ходу по показаниям датчиков напряжения $D N_A$ и $D N_B$ производят определение значений фазных напряжений U_A и U_B , которые поступают на блок расчёта угла поворота ротора , значение угла поступает на интегратор и задаётся как начальное значение угла поворота ротора , на основе
20 которого производятся преобразования в блоках , при фактическом значении угла поворота ротора отличным от исходного , возникает рассогласование по f - составляющей тока , на выходе ПИ-регулятора получают значение , отличное от нуля , которое , поступает на интегратор , изменяет значение угла , реализует динамическое определение фактического угла поворота ротора , определяют
25 положение вектора ЭДС и вводят компенсацию по d - составляющей тока .

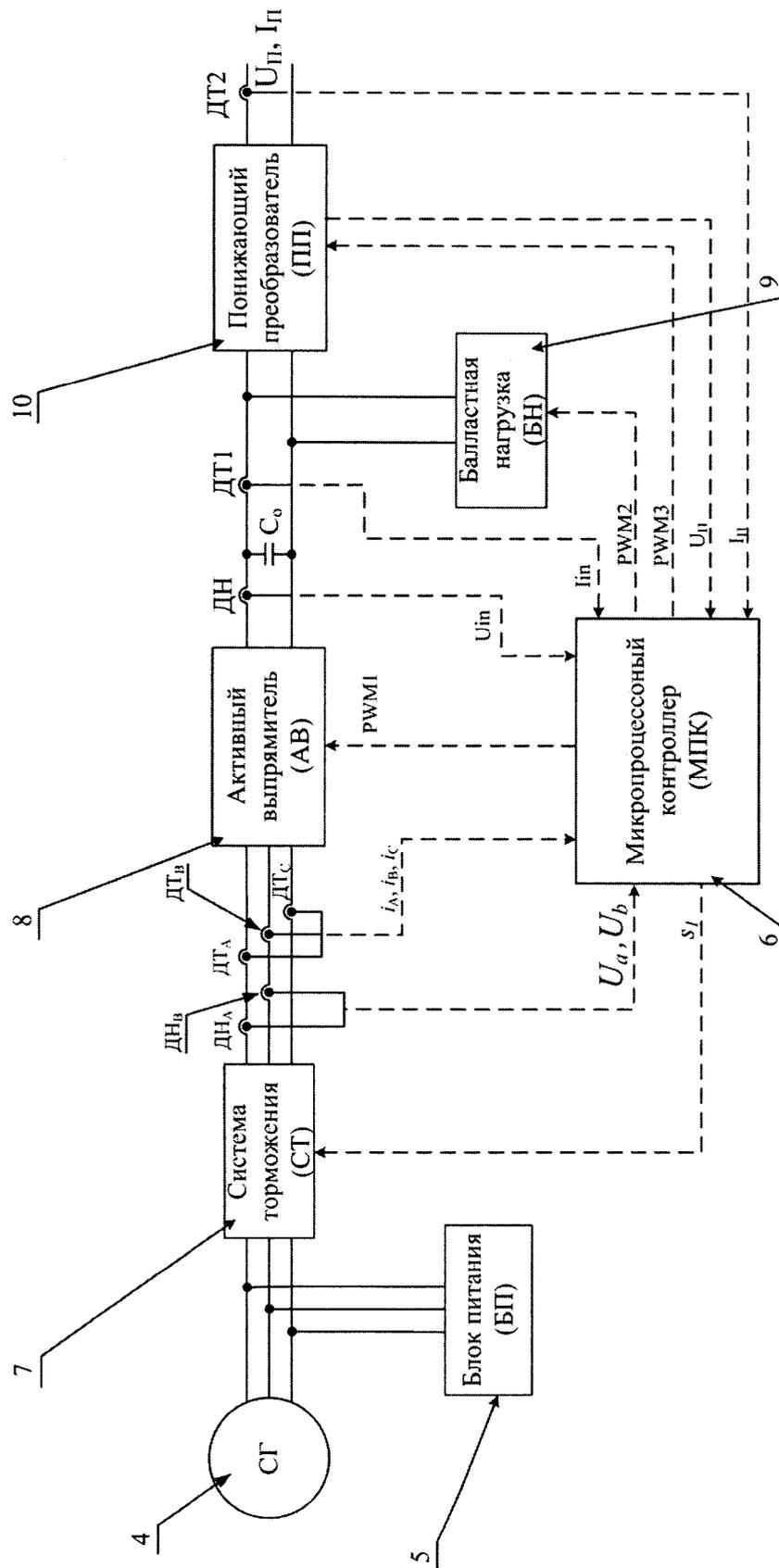
2. Способ регулирования отбора мощности ветродвигателя по п.1 отличающийся тем , что система дополнительно содержит балластную нагрузку с широтно -импульсно модулируемой коммутацией .

3. Способ регулирования отбора мощности ветродвигателя по п.1
30 отличающийся тем , что синхронный электрический генератор (4) выполнен дисковой конструкцией с постоянными магнитами с осевой намагниченностью , состоящей из ротора с двумя соосными дисками , расположенными по обе стороны статора и жестко связанными между собой .

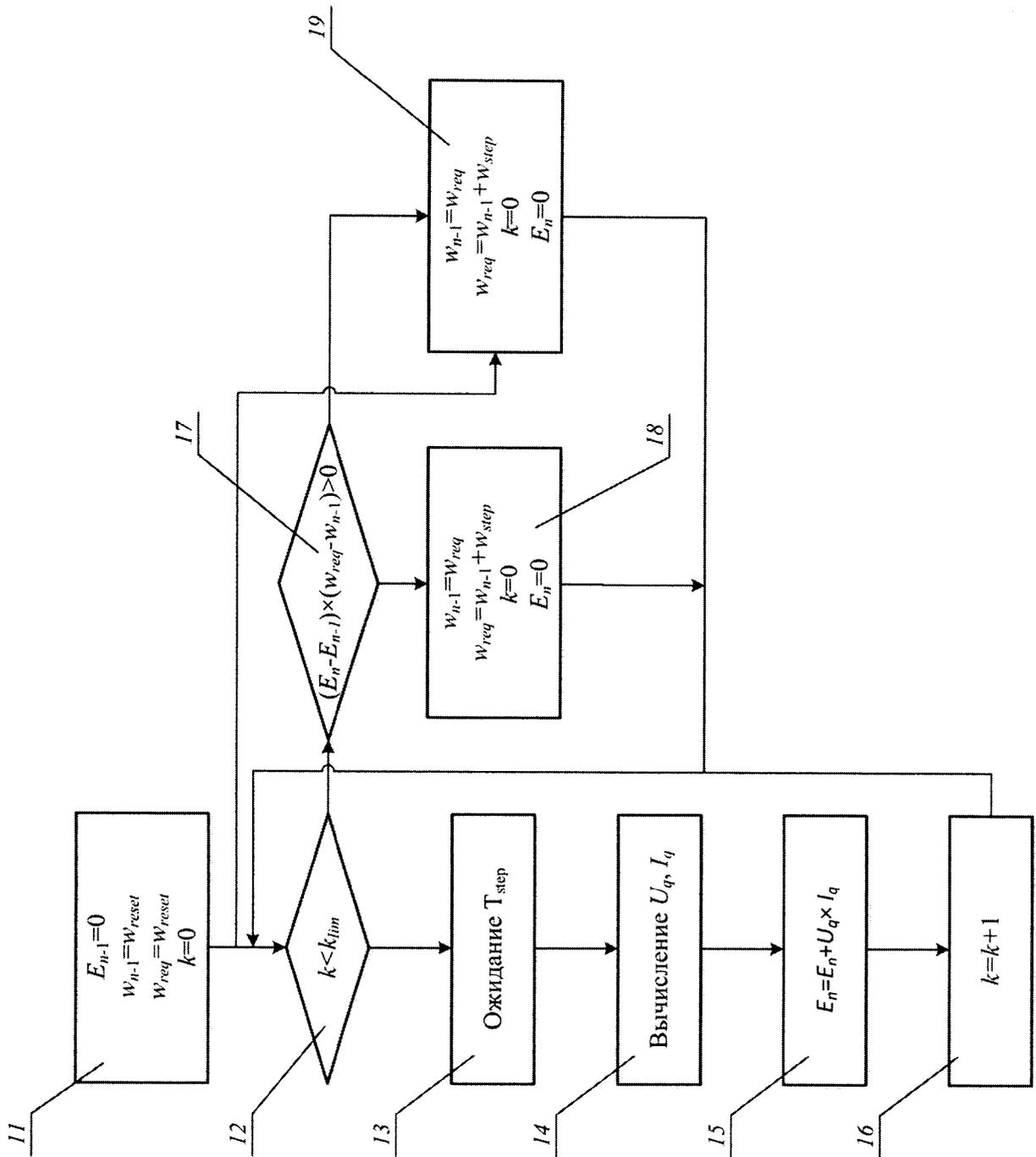


Фиг.1

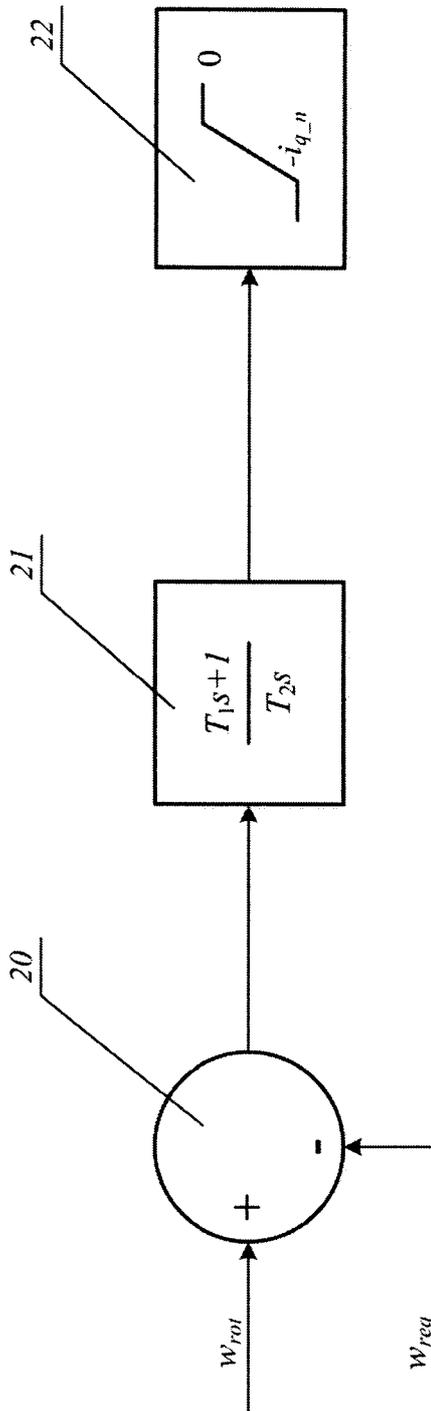
Фиг.1



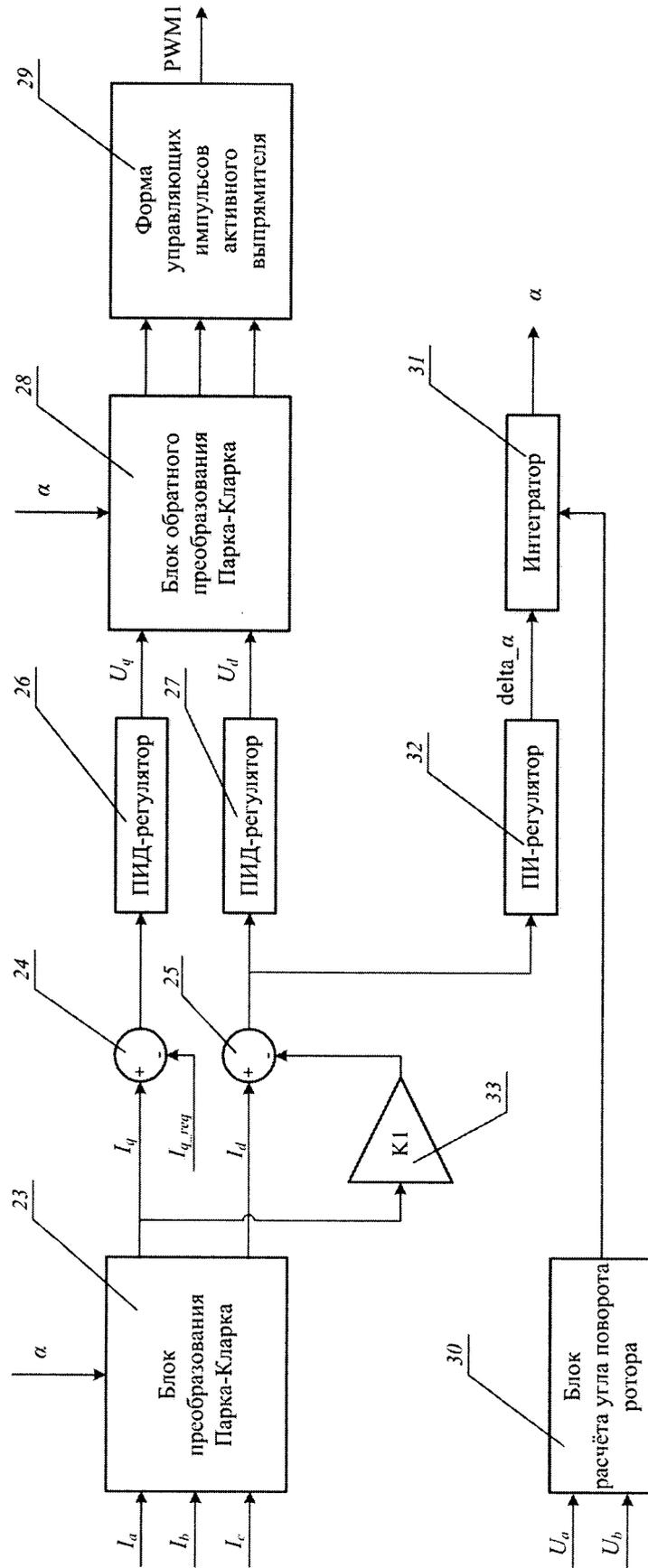
Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International application No.
 PCT/RU 2016/000868

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F03D 7/04 (2006.01) F03D 9/25 (2016.01) H02K 21/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F03D 7/00-7/06, 9/00, 9/25, H02K 21/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | EP 1340910 A 1 (ENEL GREEN POWER S.p.A.) 03.09.2003 | 1-3 |
| A | US 2010/0283252 A 1 (RICHARD B. FRADELLA) 11.11.2010 | 1-3 |
| A | RU 2430463 C2 (SAUTVEST VINDPAUER, INK.) 27.02.2010 | 1-3 |
| II Further documents are listed in the continuation of Box C. D See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search | | Date of mailing of the international search report |
| 08 August 2017 (08.08.2017) | | 17 August 2017 (17.08.2017) |
| Name and mailing address of the ISA/ | | Authorized officer |
| Facsimile No. | | Telephone No. |

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 9/25 (2016.01)
 и *02к 21/00 (2006.01)*

Согласно Международной патентной классификации МПК

В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)
 F03D 7/00-7/06, 9/00, 9/25, и 02к 21/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
 PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ :

| Категория * | Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей | Относится к пункту № |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| A | EP 1340910 A 1 (ENEL GREEN POWER S.p.A.) 03.09.2003 | 1-3 |
| A | US 2010/0283252 A1 (RICHARD B. FRADELLA) 11.11.2010 | 1-3 |
| A | RU 2430463 C2 (САУТВЕСТ ВИНДПАУЭР, ИНК.) 27.02.2010 | 1-3 |

D последующие документы указаны в продолжении графы С. данные о патентах -аналогах указаны в приложении

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Особые категории ссылочных документов : | "T" более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение |
| "A" документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным | "X" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности |
| "E" более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее | "Y" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста |
| "L" документ, подвергающий сомнению притязание (я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано) | "&" документ, являющийся патенте м-аналогом |
| "O" документ, относящийся к ступню раскрытию, использованию, экспонированию и т.д. | |
| "P" документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета | |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Дата действительного завершения международного поиска 08 августа 2017 (08.08.2017) | Дата отправки настоящего отчета о международном поиске 17 августа 2017 (17.08.2017) |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП -3, Россия, 125993 Факс : (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37 | Уполномоченное лицо : Головина А.Г. Телефон № 8 499 240 25 9 1 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|