

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2726943

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ В ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

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

Авторы: *Лаврик Александр Юрьевич (RU), Жуковский Юрий Леонидович (RU)*

Заявка № 2020100842

Приоритет изобретения 09 января 2020 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 17 июля 2020 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 09 января 2040 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ившин





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02J 9/08 (2020.02); H02P 9/00 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2020100842, 09.01.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.01.2020

Дата регистрации:
17.07.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 09.01.2020

(45) Опубликовано: 17.07.2020 Бюл. № 20

Адрес для переписки:
199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):
Лаврик Александр Юрьевич (RU),
Жуковский Юрий Леонидович (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 2282733 C1, 27.08.2006. RU
2262790 C1, 20.10.2005. US 2004139943 A1,
22.07.2004.

(54) СПОСОБ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫМИ УСТАНОВКАМИ В ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

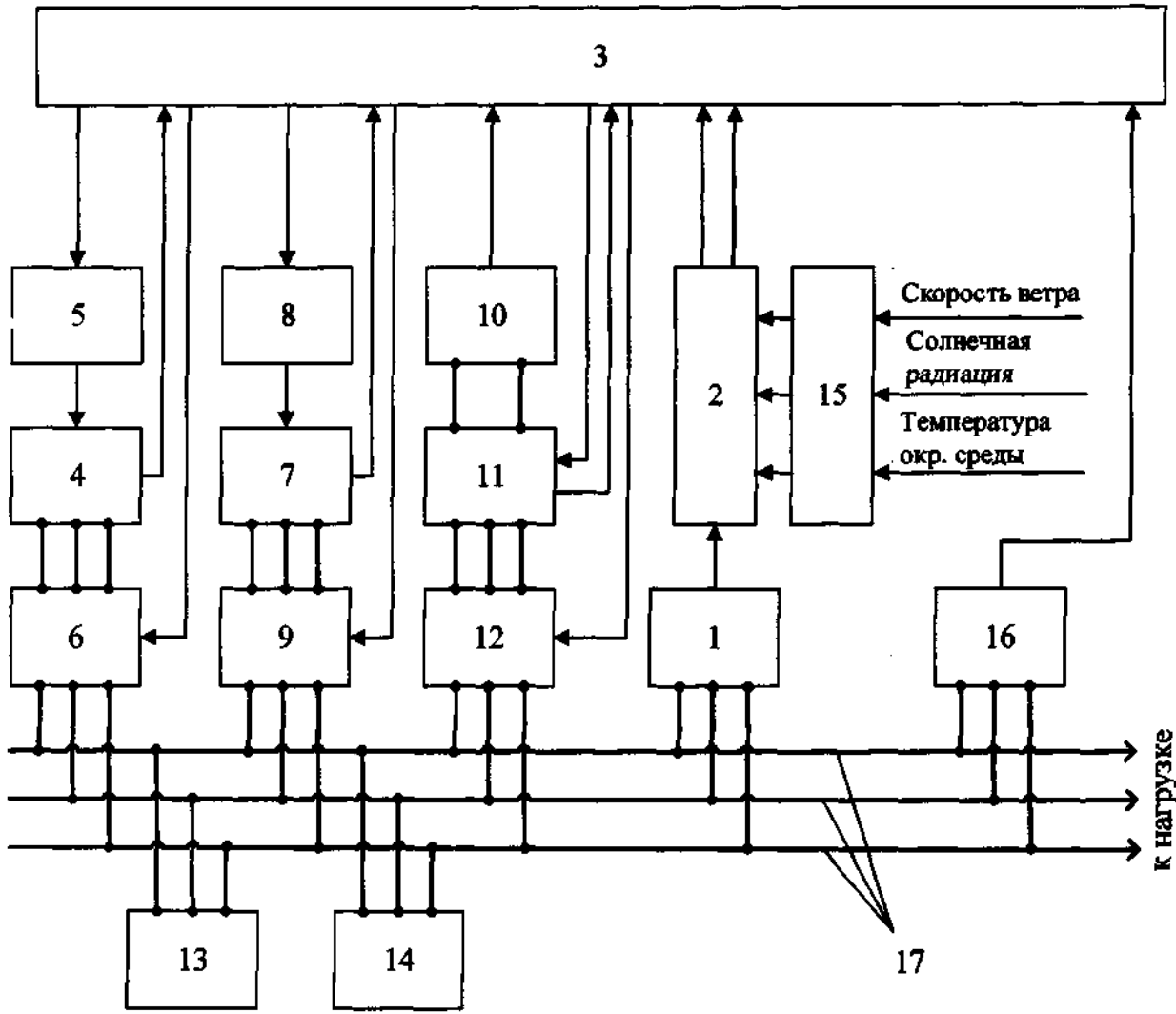
(57) Реферат:

Изобретение относится к области управления режимами работы автономных гибридных комплексов с комбинированной генерацией электроэнергии, включающих дизельную электростанцию с одной или несколькими ДГУ, а также один или несколько видов ВИЭ. Способ заключается в том, что на основе получаемых из внешнего источника прогнозных метеорологических данных блок прогнозирования рассчитывает прогнозируемую выработку электроэнергии ВИЭ, а также с использованием данных от измерителя мощности в сети - прогнозируемое потребление электроэнергии. При возникновении в сети

дефицита активной мощности, определяемого по величине отклонения и скорости изменения частоты тока, а также при превышении оптимального уровня загрузки работающих ДГУ вместо включения очередной ДГУ контроллер на основе данных, поступающих с блока прогнозирования, и информации об уровне заряда аккумуляторных батарей оценивает целесообразность подключения аккумуляторных батарей. За счет уменьшения числа пусков и краткосрочных интервалов работы ДГУ на малую нагрузку обеспечивается снижение расхода топлива и увеличение срока службы ДГУ. 4 ил.

RU 2 7 2 6 9 4 3 C 1

RU 2 7 2 6 9 4 3 C 1



Фиг. 1

RU 2726943 C1

RU 2726943 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02J 9/08 (2006.01)
H02P 9/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02J 9/08 (2020.02); H02P 9/00 (2020.02)

(21)(22) Application: **2020100842, 09.01.2020**

(24) Effective date for property rights:
09.01.2020

Registration date:
17.07.2020

Priority:

(22) Date of filing: **09.01.2020**

(45) Date of publication: **17.07.2020 Bull. № 20**

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, V.O., 21 liniya, 2,
federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gornyj
universitet", Patentno-litsenziornyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Lavrik Aleksandr Yurevich (RU),
Zhukovskij Yuriy Leonidovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD OF REDUCING FUEL CONSUMPTION BY DIESEL-GENERATOR UNITS IN HYBRID POWER PLANT WITH RENEWABLE ENERGY RESOURCES**

(57) Abstract:

FIELD: power engineering.

SUBSTANCE: invention relates to control of modes of operation of self-contained hybrid complexes with combined generation of electric energy, which include diesel power plant with one or several DGU, as well as one or several types of RER. Method consists in that based on obtained from external source predicted meteorological data prediction unit calculates predicted power generation RER, as well as using data from power meter in network – predicted power consumption. In case of occurrence of active power deficiency in the

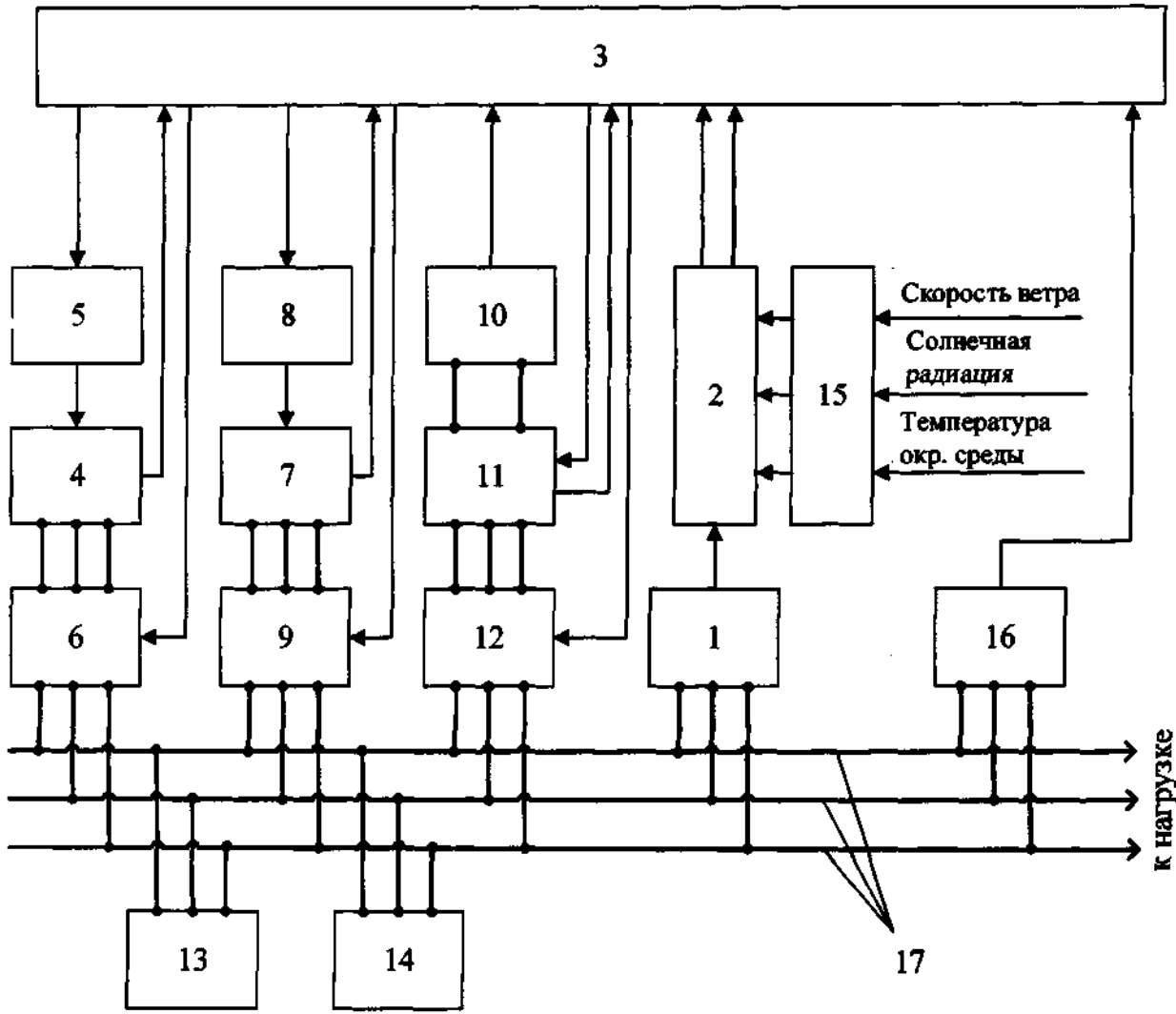
network, determined from deviation and rate of change of current frequency, as well as when the optimal level of loading of the operating DGU is exceeded, instead of switching on the next DGU controller based on the data coming from the prediction unit and information on the level of charge of the accumulator batteries, evaluates the expediency of connecting storage batteries.

EFFECT: due to reduced number of starts and short-term intervals of DGU operation at low load, reduced fuel consumption and longer service life of DGU.

1 cl, 4 dwg

RU 2 726 943 C1

RU 2 726 943 C1



Фиг. 1

RU 2726943 C1

RU 2726943 C1

Изобретение относится к области управления режимами работы автономных гибридных комплексов с комбинированной генерацией электроэнергии, включающих дизельную электростанцию (ДЭС) с одной или несколькими дизель-генераторными установками (ДГУ), а также один или несколько видов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), а именно к способам управления ДГУ, осуществляемым с учетом прогнозируемой электрической нагрузки и прогнозируемой выработки электроэнергии ВИЭ.

Известен способ управления различными источниками генерации (Лапшин С.А., Харченко В.В. Система электроснабжения потребителей в сетях низкого напряжения с использованием различных источников энергии и управлением генерацией электроэнергии/ Вестник аграрной науки Дона, т. 4, №32, 2015, с. 52-57), относящимися к возобновляемым и невозобновляемым источникам энергии и функционирующими в составе локальной системы электроснабжения потребителей, заключающийся в том, что на основании информации от датчиков окружающей среды и информации о фактической нагрузке стационарная система управления осуществляет управление работой источников генерации таким образом, чтобы, с учетом требований к качеству электроэнергии, себестоимость вырабатываемой электроэнергии была минимальной. При этом приоритет выработки электроэнергии имеют ВИЭ, а приоритет включения в работу остальных источников определяется путем сравнения удельной стоимости топлива (газовая генерация имеет преимущество перед дизельной, дизельная генерация - перед бензиновой и т.д.).

Недостатком способа является то, что не определен процесс выбора предпочтительного источника генерации при необходимости работы нескольких однотипных источников, например - нескольких ДГУ. Кроме того, поскольку управление работой источников генерации осуществляется по величине мощности в распределительной сети, а потребление электроэнергии и выработка электроэнергии ВИЭ имеют резкопеременный характер, возможна работа ДГУ в граничных режимах с частыми включениями и отключениями, что приводит к сокращению срока службы и увеличению расхода топлива.

Известен способ управления ДЭС (Лукутин Б.В., Шандарова Е.Б. Способы снижения расхода топлива дизельных электростанций/ Современные проблемы науки и образования, №2, 2013), обслуживающей автономные энергосистемы, имеющей ДГУ разной мощности, заключающийся в пуске или останове различных ДГУ на основе информации, поступающей от блока прогнозирования электрической нагрузки по температуре окружающей среды, к входу которого подключен датчик температуры, а к выходу - микроконтроллер.

Недостатком данного способа является то, что включение и отключение ДГУ осуществляется по прогнозируемой по температуре величине потребляемой мощности без учета ее текущей величины, ввиду чего не может быть гарантировано включение ДГУ при резком увеличении потребляемой мощности или отключение ДГУ при ее резком уменьшении, и, как следствие, оптимальность режимов ее работы. Кроме того, не учитываются нетемпературные факторы изменения нагрузки, например, подключение новых электропотребителей.

Известен способ управления ДЭС (H. Shayeghi, S. Asefi, E. Shahryari, R. Dadkhah Dolatabad. (2018). Optimal management of renewable energy sources considering split-diesel and dump energy. International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering", 34 (1), 34-40), функционирующей в составе автономного генерирующего комплекса с ВИЭ и состоящей из нескольких ДГУ одинаковой мощности, заключающийся в том,

что при возникновении дефицита мощности в распределительной сети происходит включение в работу очередной ДГУ, а при возникновении избытка мощности - отключение очередной ДГУ, при этом не требуется смена работающей ДГУ, поскольку все ДГУ имеют одинаковую мощность.

5 Недостатками способа является возможность возникновения граничных режимов работы ДГУ с частыми пусками и остановами. Кроме того, сезонное изменение электропотребления может привести к существенному увеличению времени
одновременной работы двух и более ДГУ в месяцы с наибольшей потребляемой
10 мощностью, в то время как более предпочтительным с точки зрения экономии ресурсов является использование ДГУ большой мощности.

Известен способ снижения расхода топлива в дизельных электростанциях (патент РФ 2282733, опубл. 27.08.2006), принятый за прототип, обслуживающих автономные энергосистемы, имеющих ДГУ разной мощности, в которых пуск или останов различных ДГУ осуществляется по текущему значению потребляемой мощности исходя из условия
15 минимизации расхода топлива. Сигналы переменного тока с помощью преобразователя активной мощности трехфазного тока, подключенного к шине ДЭС, преобразуются в сигналы постоянного тока, пропорциональные нагрузке ДЭС, а затем поступают на аналоговый вход микроконтроллера. С выхода микроконтроллера преобразованные
20 сигналы поступают на один из блоков управления ДГУ, осуществляющих пуск и останов ДГУ. С блока управления сигналы поступают на ДГУ, с выхода которой сигналы поступают на вход микроконтроллера, а с выхода микроконтроллера сигналы
25 поступают на выключатель, соединяющий ДГУ с шиной ДЭС. При этом, если мощность нагрузки не превышает значение мощности, при котором удельные расходы топлива ДГУ равны, подключается ДГУ меньшей мощности, если мощность нагрузки превышает
30 значение мощности, при котором удельные расходы топлива ДГУ равны, подключается ДГУ большей мощности, а ДГУ меньшей мощности отключается, если же мощность нагрузки превышает значение мощности, при котором расход топлива ДЭС одинаков при работе одной ДГУ большей мощности или двух ДГУ, то одновременно с ДГУ
35 большей мощности подключается ДГУ меньшей мощности и нагрузка распределяется между ними.

Недостатком способа является то, что, поскольку управление работой ДЭС осуществляется по текущему значению мощности, возможен граничный режим работы ДГУ с частыми включениями и отключениями, что приводит к сокращению срока
40 службы и увеличению расхода топлива ДГУ. Использование данного способа управления ДЭС в комплексах с ВИЭ возможно, однако вышеприведенный недостаток ввиду стохастичности выработки электроэнергии ВИЭ оказывается еще более выражен.

Техническим результатом способа является снижение расхода дизельного топлива и увеличение срока службы ДГУ.

Технический результат достигается тем, что осуществляют прием информации о
40 скорости ветра, солнечной радиации и температуре воздуха из внешних источников в блок приема метеоданных, после чего данные передают в блок прогнозирования, где на основе данных и сигнала, который поступает в блок прогнозирования от измерителя мощности в сети, проводят расчет прогнозируемой выработки электроэнергии возобновляемыми источниками энергии и прогнозируемого электропотребления, затем
45 осуществляют передачу прогнозной информации в контроллер, куда также поступает информация от аккумуляторных батарей об уровне их заряда, а также информация о величине дефицита активной мощности с блока вычисления дефицита активной мощности, в контроллере производят расчет индекса целесообразности включения

аккумуляторных батарей, при этом, если на вход контроллера поступает сигнал с блока вычисления дефицита активной мощности о дефиците мощности, или сигнал с работающих дизель-генераторных установок о превышении рационального уровня загрузки установок, и рассчитанный индекс целесообразности включения аккумуляторов больше или равен 0,5, контроллер подает сигнал на запуск инвертора и срабатывание автоматического выключателя, происходит подключение аккумуляторных батарей к распределительной сети, при снижении индекса целесообразности включения аккумуляторных батарей ниже 0,5, или разряде аккумуляторных батарей, или неустранении дефицита мощности после их подключения, или снижении загрузки работающих дизель-генераторных установок, производят отключение аккумуляторных батарей.

Способ поясняется следующей фигурой:

фиг. 1 - структурная схема ДЭС в составе автономной гибридной электростанции;

фиг. 2 - алгоритм переключения ДГУ разной мощности и подключения

аккумуляторных батарей;

фиг. 3 - формирование контроллером решения о подключении аккумуляторных батарей с помощью методов нечеткой логики;

фиг. 4. - результат моделирования работы ДГУ при реализации предлагаемого способа управления, где:

1 - измеритель мощности;

2 - блок прогнозирования;

3 - контроллер;

4 - дизель-генераторная установка меньшей мощности (малая ДГУ);

5 - блок управления малой ДГУ;

6 - автоматический выключатель малой ДГУ;

7 - дизель-генераторная установка большей мощности (большая ДГУ);

8 - блок управления большой ДГУ;

9 - автоматический выключатель большой ДГУ;

10 - аккумуляторные батареи (АБ);

11 - инвертор;

12 - автоматический выключатель;

13 - фотоэлектрическая электростанция;

14 - ветряная электростанция;

15 - блок приема метеоданных;

16 - блок вычисления дефицита активной мощности;

17 - шина переменного тока.

Способ реализуется следующим образом. В состав гибридной электростанции входит ДЭС, фотоэлектрическая электростанция 13 и ветряная электростанция 14 (фиг. 1). На ДЭС установлены малая ДГУ 4 и большая ДГУ 7, подключенные через автоматический выключатель малой ДГУ 6 и автоматический выключатель большой ДГУ 9 к шинам переменного тока 17. Также к шинам переменного тока 17 подключены через инвертор 11 и автоматический выключатель 12 аккумуляторные батареи 10. Для определения текущего электропотребления к шинам переменного тока 17 подключен трехфазный измеритель мощности 1. Для определения текущего дефицита активной мощности в сети к шинам переменного тока 17 подключен блок вычисления дефицита активной мощности 16.

Если потребляемая мощность нагрузки не превышает мощности, вырабатываемой ВИЭ, то малая ДГУ 4 и большая ДГУ 7 не работают (фиг. 2).

На вход блока приема метеоданных 15 с внешних источников поступает информация о прогнозируемых скорости ветра, солнечной радиации и температуре окружающей среды. С выхода блока приема метеоданных 15 данные поступают на входы блока прогнозирования 2. На вход блока прогнозирования 2, соединенный с измерителем мощности 1, поступает информация о текущем уровне электропотребления.

В качестве блока прогнозирования 2 используется интеллектуальное устройство краткосрочного прогнозирования электропотребления на основе многослойной нейронной сети. Во время обучения нейронной сети используется выборка данных, которая содержит ретроспективную информацию: на входы блока прогнозирования 2 подаются данные об электропотреблении, а также скорости ветра, солнечной радиации и температуре окружающей среды через определенные промежутки времени, но не более 1 часа (фиг. 1). В процессе эксплуатации информация о текущем электропотреблении необходима для корреляции прогнозных данных с текущим уровнем потребления электроэнергии.

С выходов блока прогнозирования 2, соединенных с входами контроллера 3, на контроллер 3 поступает информация о прогнозируемых электропотреблении и выработке электроэнергии ВИЭ. На вход контроллера 3, соединенный с выходом аккумуляторных батарей 10, поступает информация о текущем заряде аккумуляторных батарей 10. На основе информации, поступающей по данным каналам связи, контроллер 3 вычисляет индекс целесообразности включения аккумуляторов (ИЦВА), находящийся в диапазоне $[0...1]$, причем возможны два условия:

$0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$ - использование аккумуляторных батарей 10 вместо включения ДГУ не целесообразно;

$0,5 \leq \text{ИЦВА} \leq 1$ - использование аккумуляторных батарей 10 вместо включения ДГУ целесообразно.

При превышении потребляемой мощности нагрузки мощности, вырабатываемой ВИЭ, происходит снижение частоты в сети переменного тока. По величине отклонения и скорости изменения частоты от 50 Гц блок вычисления дефицита активной мощности 16 определяет величину возникшего дефицита, и передает пропорциональный сигнал постоянного тока на вход контроллера 3.

Если выполняется условие $0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$ и величина дефицита активной мощности не превышает значения мощности, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, то контроллер 3 вырабатывает сигнал на выход, соединенный со входом блока управления малой ДГУ 5, после чего малая ДГУ 4 запускается. После запуска малой ДГУ 4 сигнал с нее подается на вход контроллера 3, который подает сигнал на включение автоматического выключателя малой ДГУ 6.

Если выполняется условие $0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$ и величина дефицита активной мощности превышает значение мощности, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, но не превышает значение мощности, при котором расход топлива ДЭС одинаков при работе большой ДГУ 7 или работе большой ДГУ 7 и малой ДГУ 4 одновременно, то контроллер 3 вырабатывает сигнал на выход, соединенный со входом блока управления большой ДГУ 8, после чего большая ДГУ 7 запускается. После запуска большой ДГУ 7 сигнал с нее подается на вход контроллера 3, который подает сигнал на включение автоматического выключателя большой ДГУ 9.

Если выполняется условие $0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$ и величина дефицита активной мощности превышает значение мощности, при котором расход топлива ДЭС одинаков при работе большой ДГУ 7 или работе большой ДГУ 7 и малой ДГУ 4 одновременно, то контроллер

3 вырабатывает сигнал на выходы, соединенные со входами блоков управления ДГУ 5 и 8, после чего малая ДГУ 4 и большая ДГУ 7 запускаются для одновременной работы. После запуска обеих ДГУ контроллер 3 аналогичным образом вырабатывает сигналы на включение автоматического выключателя малой ДГУ 6 и автоматического выключателя большой ДГУ 9.

Если при появлении на входе контроллера 3, соединенном с выходом блока вычисления дефицита активной мощности 16, сигнала выполняется условие $0,5 \leq \text{ИЦВА} \leq 1$, контроллер 3 формирует на выходе, соединенном со входом инвертора 11, сигнал для включения инвертора 11. После запуска инвертора 11 сигнал с него поступает на вход контроллера 3, который формирует на выходе, соединенном со входом автоматического выключателя 12, сигнал для включения автоматического выключателя 12, подключающего аккумуляторные батареи 10 к шинам переменного тока 17. Происходит разряд аккумуляторных батарей 10 и увеличение мощности в сети переменного тока. При этом контроллер 3 не формирует сигнал на включение малой ДГУ 4 и большой ДГУ 7 с момента поступления сигнала на вход контроллера 3, соединенный с выходом блока вычисления дефицита активной мощности 16, в течение времени, необходимого для подключения аккумуляторных батарей 10 к сети переменного тока. По прошествии этого времени, при неустраненном дефиците мощности в сети переменного тока, сигнал формируется, в зависимости от величины сигнала, поступающего на вход контроллера 3 с выхода блока вычисления дефицита активной мощности 16, либо на выход контроллера 3, соединенный с блоком управления малой ДГУ 5, либо на выход контроллера 3, соединенный с блоком управления большой ДГУ 8, либо на оба этих выхода одновременно, что обеспечивает включение либо малой ДГУ 4, либо большой ДГУ 7, либо обеих ДГУ одновременно, в том числе при подключенных аккумуляторных батареях 10, которые в этом случае отключаются.

При малой нагрузке ДЭС в работе находится малая ДГУ 4, большая ДГУ 7 не работает. При увеличении мощности нагрузки, а также при снижении выработки электроэнергии ВИЭ, величина мощности нагрузки малой ДГУ 4 может превысить значение мощности, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны. Сигнал постоянного тока, пропорциональный мощности нагрузки малой ДГУ 4, поступает с выхода малой ДГУ 4 на вход контроллера 3.

Если сумма сигнала с выхода малой ДГУ 4, соединенного со входом контроллера 3, пропорционального мощности нагрузки малой ДГУ 4, и сигнала с выхода блока вычисления дефицита активной мощности 16, соединенного со входом контроллера 3, пропорционального дефициту активной мощности, больше значения, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, но не превышает значения мощности, при котором расход топлива ДЭС одинаков при работе большой ДГУ 7 или работе большой ДГУ 7 и малой ДГУ 4 одновременно, и выполняется условие $0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$, то контроллер 3 формирует на выходе, соединенном с блоком управления большой ДГУ 8, сигнал на включение большой ДГУ 7, после чего большая ДГУ 7 запускается. После запуска большой ДГУ 7 сигнал с нее подается на вход контроллера 3, который подает сигнал на включение автоматического выключателя большой ДГУ 9 и отключение автоматического выключателя малой ДГУ 6 и малой ДГУ 4. При этом на нагрузку работает большая ДГУ 7.

Если сумма сигнала с выхода малой ДГУ 4, соединенного со входом контроллера 3, пропорционального мощности нагрузки малой ДГУ 4, и сигнала с выхода блока вычисления дефицита активной мощности 16, соединенного со входом контроллера 3, пропорционального дефициту активной мощности больше значения, при котором

расход топлива ДЭС одинаков при работе большой ДГУ 7 или работе большой ДГУ 7 и малой ДГУ 4 одновременно, и выполняется условие $0 \leq \text{ИЦВА} < 0,5$, то контроллер 3 формирует на выходе, соединенном с блоком управления большой ДГУ 8, сигнал на включение большой ДГУ 7, после чего большая ДГУ 7 аналогичным образом
5 запускается. При этом на нагрузку работают обе ДГУ.

Если на вход контроллера 3, соединенный с выходом малой ДГУ 4, поступает сигнал о превышении мощности нагрузки малой ДГУ 4 значения, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, и выполняется
10 условие $0,5 \leq \text{ИЦВА} \leq 1$, то контроллер 3 аналогичным образом формирует команду на подключение аккумуляторных батарей 10, а подключение большой ДГУ 7 не осуществляется.

При средней нагрузке ДЭС в работе находится большая ДГУ 7, малая ДГУ 4 не работает. Аналогично при дальнейшем увеличении нагрузки с учетом ИЦВА контроллером 3 принимается решение о подключении аккумуляторных батарей 10
15 вместо включения малой ДГУ 4, либо включение малой ДГУ 4. В последнем случае на нагрузку начинают работать обе ДГУ.

При большой нагрузке ДЭС в работе находятся малая ДГУ 4 и большая ДГУ 7. При снижении электропотребления в сети переменного тока, а также при увеличении выработки электроэнергии ВИЭ, суммарная величина мощности нагрузки малой ДГУ
20 4 и большой ДГУ 7, информация о которых поступает с малой ДГУ 4 и большой ДГУ 7 на входы контроллера 3, может стать меньше значения мощности, при котором расход топлива ДЭС одинаков при работе большой ДГУ 7 или работе большой ДГУ 7 и малой ДГУ 4 одновременно, но больше значения, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны. В таком случае контроллер 3
25 вырабатывает на выход, соединенный с автоматическим выключателем малой ДГУ 6, сигнал для отключения автоматического выключателя малой ДГУ 6, после чего вырабатывает на выход, соединенный с блоком управления малой ДГУ 5, сигнал на отключение малой ДГУ 4. На нагрузку продолжает работать только большая ДГУ 7.

Если при одновременной работе двух ДГУ суммарная величина мощности нагрузки малой ДГУ 4 и большой ДГУ 7 становится меньше значения, при котором удельные
30 расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, то аналогичным образом осуществляют отключение большой ДГУ 7. При этом на нагрузку продолжает работать только малая ДГУ 4.

Если при работе только большой ДГУ 7 величина мощности нагрузки большой ДГУ
35 7 становится меньше значения, при котором удельные расходы топлива при работе малой ДГУ 4 или большой ДГУ 7 равны, то аналогичным образом осуществляют последовательное включение малой ДГУ 4 и отключение большой ДГУ 7. На всю нагрузку продолжает работать только малая ДГУ 4.

При уменьшении электропотребления в сети переменного тока, а также при
40 увеличении выработки электроэнергии ВИЭ, суммарная величина мощности нагрузки находящихся в работе ДГУ может стать равной нулю. В таком случае происходит отключение находящихся в работе ДГУ.

Отключение аккумуляторных батарей 10 осуществляется при снижении ИЦВА меньше 0,5, при разряде аккумуляторных батарей 10, при неустранении дефицита
45 мощности после подключения аккумуляторных батарей 10, а также при снижении загрузки работающих ДГУ на величину, позволяющую произвести отключение аккумуляторных батарей 10 без возникновения дефицита мощности в сети. Заряд аккумуляторных батарей 10 осуществляется от сети переменного тока через

двунаправленный инвертор 11 в моменты времени, когда не осуществляется разряд аккумуляторных батарей 10, при этом реализуемо два способа: может использоваться электроэнергия, полученная при неработающей ДЭС и избытке мощности от фотоэлектрической электростанции 13 и ветряной электростанции 14, либо

5 электроэнергия, вырабатываемая работающими ДГУ при условии наличия резерва по мощности их нагрузки.

Способ поясняется следующим примером. В программном пакете MATLAB Simulink построена модель автономной комбинированной электростанции, содержащей ДЭС, ветряную и фотоэлектрическую электростанции, накопители электроэнергии, а также

10 аккумуляторные батареи для уменьшения числа пусков и остановов ДГУ с устройством управления. Принятие контроллером 3 решения о включении аккумуляторных батарей 10 основано на методах нечеткой логики. Для функционирования нечеткого регулятора были составлены правила в формате:

ЕСЛИ прогноз потребления (HE) очень негативный / негативный / позитивный /

15 очень позитивный

И/ИЛИ прогнозная скорость ветра (HE) очень низкая / низкая / высокая / очень высокая

И/ИЛИ прогнозная солнечная радиация (HE) низкая / средняя / высокая

ТОГДА решение = отрицательное / положительное.

20 Работа базы правил нечеткого регулятора показана на фиг. 3. При прогнозируемом снижении потребления на 2 кВт (первый столбец), скорости ветра 6,2 м/с (второй столбец) и солнечной радиации 0 кВт/м² (третий столбец), расчетное значение ИЦВА составило 0,586 (четвертый столбец), что соответствует решению о подключении блока

25 аккумуляторных батарей к сети переменного тока для устранения возникшего дефицита мощности. Погрешность прогнозирования электропотребления в модели задана равной 15%.

Результат моделирования работы одной из ДГУ в автономном комплексе с ветро-солнечно-дизельной электростанцией с предлагаемым способом управления приведен на фиг.4. На верхней диаграмме показан статус работы ДГУ большей мощности при

30 отсутствии реализации предлагаемого способа, причем 0 соответствует выключенному состоянию ДГУ, а 1 - включенному. На средней диаграмме показан статус работы ДГУ большей мощности, но с реализованным алгоритмом, основанным на прогнозировании электропотребления и выработки ветряной и фотоэлектрической электростанции. На нижней диаграмме показаны вычисляемые регулятором значения ИЦВА.

35 Из фиг. 4 видно, что в период между 3750-ым и 3760-ым часом ДГУ большей мощности осуществляла не менее двух включений и двух отключений с продолжительностью не более 1 часа. В результате реализация предлагаемого способа позволила исключить данные пуски и остановки, уменьшив расход дизельного топлива и продлив срок службы ДГУ.

40

(57) Формула изобретения

Способ увеличения ресурса дизель-генераторных установок в гибридной электростанции с возобновляемыми источниками энергии, включающий преобразование

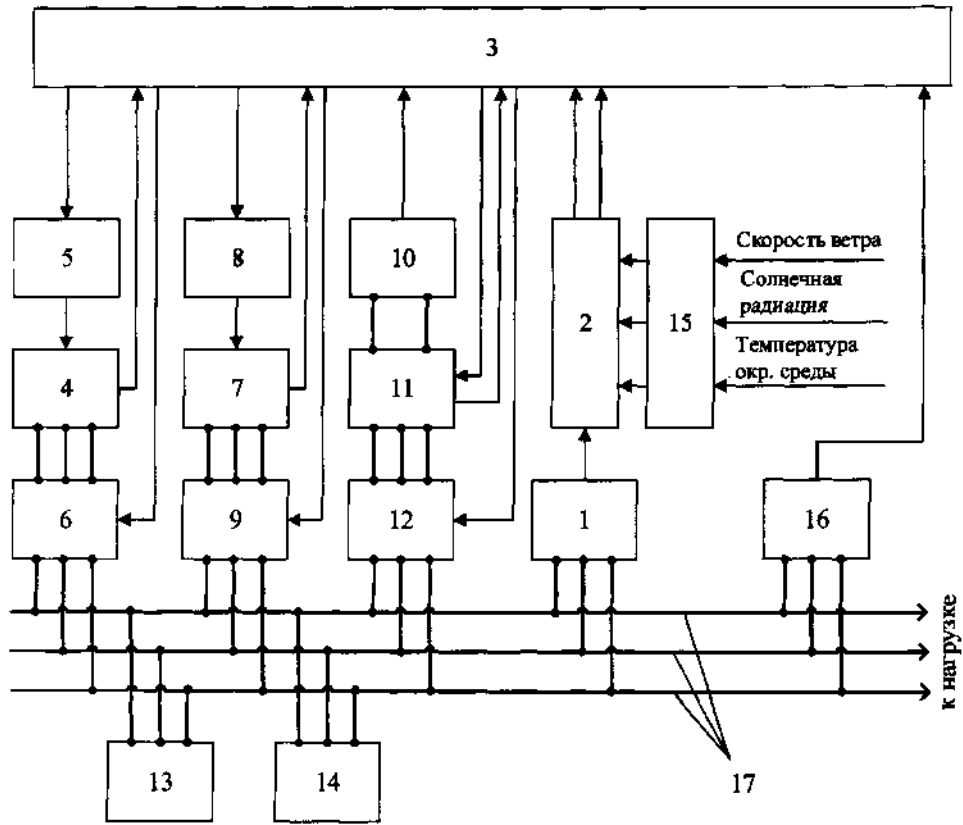
45 сигналов переменного тока с помощью преобразователя активной мощности трехфазного тока, подключенного к шине электростанции, в сигналы постоянного тока, которые поступают на аналоговый вход контроллера, с выхода которого преобразованные сигналы поступают на один или несколько блоков управления дизель-генераторными установками, осуществляющих пуск и останов дизель-генераторных

установок, с блоков управления сигналы поступают на вход контроллера, а с выхода контроллера сигналы поступают на автоматические выключатели, соединяющие дизель-генераторные установки с шиной электростанции, при этом останов или пуск конкретной дизель-генераторной установки производится по текущему значению потребляемой мощности исходя из условия минимизации расхода топлива, при этом, если разность потребляемой мощности и мощности, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии не превышает значение мощности, при котором удельные расходы топлива дизель-генераторных установок равны, подключается дизель-генераторная установка меньшей мощности, если разность потребляемой мощности и мощности, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии превышает значение мощности, при котором удельные расходы топлива дизель-генераторных установок равны, подключается дизель-генераторная установка большей мощности, если же разность потребляемой мощности и мощности, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии превышает значение мощности, при котором расход топлива одинаков при работе дизель-генераторной установки большей мощности или одновременной работе дизель-генераторных установок, то подключаются обе дизель-генераторные установки, отличающийся тем, что осуществляют прием информации о скорости ветра, солнечной радиации и температуре воздуха из внешних источников в блок приема метеоданных, после чего данные передают в блок прогнозирования, где на основе данных и сигнала, который поступает в блок прогнозирования от измерителя мощности в сети, проводят расчет прогнозируемой выработки электроэнергии возобновляемыми источниками энергии и прогнозируемого электропотребления, затем осуществляют передачу прогнозной информации в контроллер, куда также поступает информация от аккумуляторных батарей об уровне их заряда, а также информация о величине дефицита активной мощности с блока вычисления дефицита активной мощности, в контроллере производят расчет индекса целесообразности включения аккумуляторных батарей, при этом, если на вход контроллера поступает сигнал с блока вычисления дефицита активной мощности о дефиците мощности, или сигнал с работающих дизель-генераторных установок о превышении рационального уровня загрузки установок, и рассчитанный индекс целесообразности включения аккумуляторов больше или равен 0,5, контроллер подает сигнал на запуск инвертора и срабатывание автоматического выключателя, происходит подключение аккумуляторных батарей к распределительной сети, при снижении индекса целесообразности включения аккумуляторных батарей ниже 0,5, или разряде аккумуляторных батарей, или неустранении дефицита мощности после их подключения, или снижении загрузки работающих дизель-генераторных установок, производят отключение аккумуляторных батарей.

40

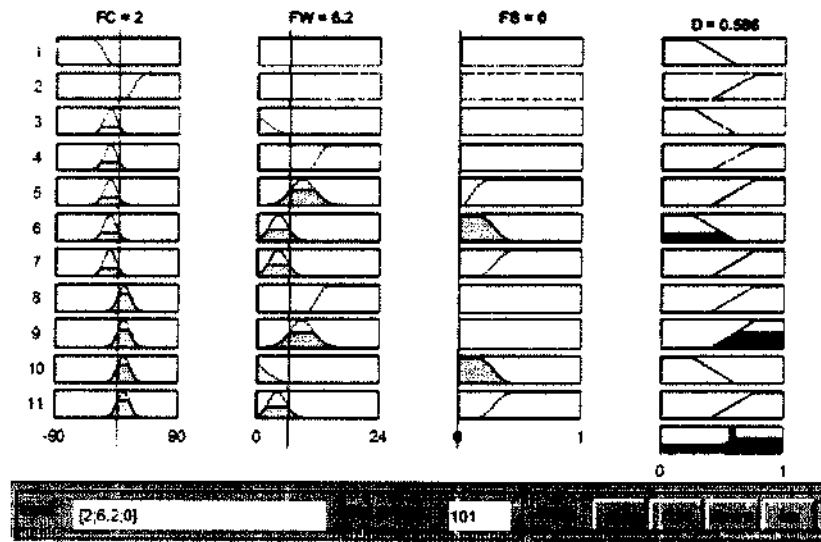
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 3



Фиг. 4