



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02N 10/00 (2021.08); H01L 35/30 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021125189, 25.08.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.08.2021

Дата регистрации:
20.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.08.2021

(45) Опубликовано: 20.12.2021 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.
Победы, 85, НИУ "БелГУ", ОИС, Токтаревой
Т.М.

(72) Автор(ы):

Кузичкин Олег Рудольфович (RU),
Васильев Глеб Сергеевич (RU),
Суржик Дмитрий Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2639408 C2, 21.12.2017. RU
2542711 C1, 27.02.2015. US 9306144 B2,
05.04.2016. EP 1174996 B1, 22.07.2009.

(54) Термоэлектрическая система утилизации тепловой энергии на предприятиях агропромышленного комплекса

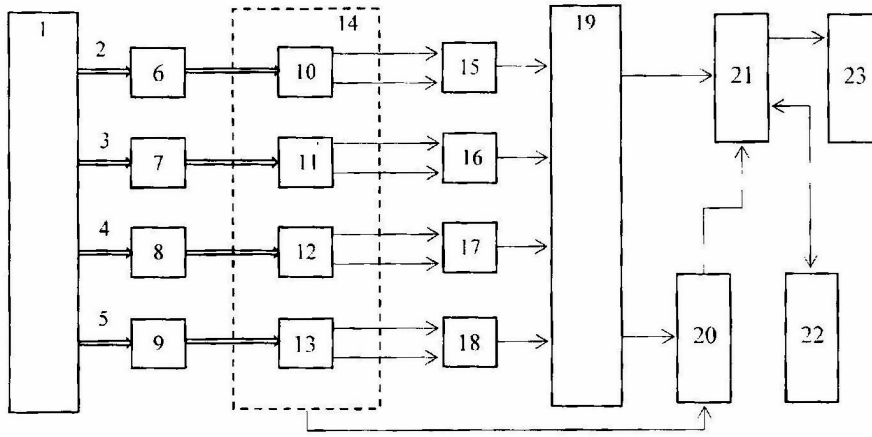
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, в частности к термоэлектрическим системам утилизации тепловой энергии. Технический результат заключается в утилизации сбросной тепловой энергии. Достигается тем, что утилизируемые тепловые потоки технологического сбросового тепла с помощью тепловых мостиков транспортируются в соответствующие термоэлектрические модули, объединенные в один термоэлектрический генератор. Причем утилизируемые тепловые потоки каждого источника технологического сбросового тепла, тепловые мостики и термоэлектрические модули объединены в технологические группы, в каждую технологическую группу введены датчики

температуры. Данные о температурном режиме термоэлектрического модуля каждой группы поступают в блок управления. По сигналам блока управления стабилизирующее буферное устройство обеспечивает соответствующие оптимальные выходные токи по каждой технологической группе термоэлектрических модулей и вырабатывает стабилизированное выходное напряжение, которое поступает на балансный преобразователь, который служит для преобразования стабилизированного выходного напряжения стабилизирующего буферного устройства до уровня, который обеспечивает баланс токов зарядки буферного аккумулятора и потребителей электроэнергии на основе условия баланса мощностей. 1 ил.

RU 2 762 380 C1

RU 2 762 380 C1



Фиг. 1

RU 27629280 C1

RU 2762380 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02N 10/00 (2006.01)
H01L 35/30 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H02N 10/00 (2021.08); H01L 35/30 (2021.08)

(21)(22) Application: **2021125189, 25.08.2021**

(24) Effective date for property rights:
25.08.2021

Registration date:
20.12.2021

Priority:

(22) Date of filing: **25.08.2021**

(45) Date of publication: **20.12.2021 Bull. № 35**

Mail address:

308015, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU", OIS, Toktarevoj T.M.

(72) Inventor(s):

**Kuzichkin Oleg Rudolfovich (RU),
Vasilev Gleb Sergeevich (RU),
Surzhik Dmitrij Igorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU "BelGU") (RU)

(54) **THERMOELECTRIC SYSTEM FOR UTILIZATION OF THERMAL ENERGY AT THE ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the field of electrical engineering, in particular to thermoelectric systems for the utilization of thermal energy. The effect is achieved by the fact that the utilized heat fluxes of technological waste heat are transported by means of thermal bridges to the corresponding thermoelectric modules, combined into one thermoelectric generator. Wherein the utilized heat flows of each source of technological waste heat, thermal bridges and thermoelectric modules are combined into technological groups, temperature sensors are introduced into each technological group. The data on the temperature regime

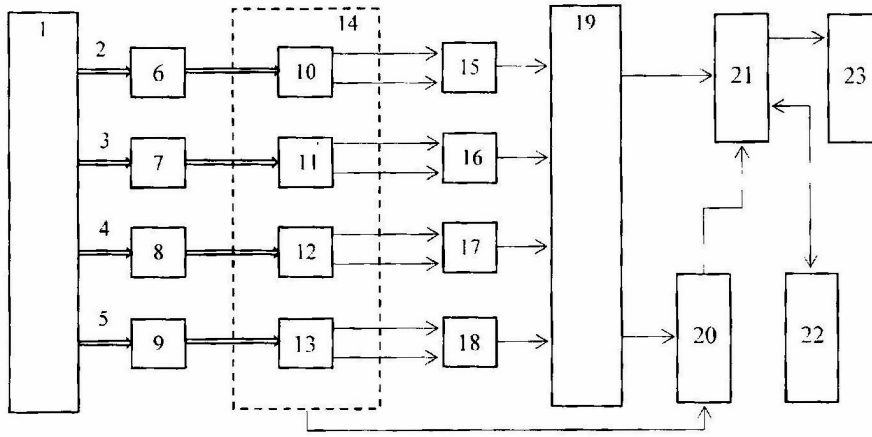
of the thermoelectric module of each group are sent to the control unit. According to the control unit signals, the stabilizing buffer device provides the appropriate optimal output currents for each technological group of thermoelectric modules and generates a stabilized output voltage, which is fed to a balanced converter, which serves to convert the stabilized output voltage of the stabilizing buffer device to a level that provides a balance between the charging currents of the buffer battery and electricity consumers based on the power balance condition.

EFFECT: utilization of waste heat energy.

1 cl, 1 dwg

RU 2 762 380 C1

RU 2 762 380 C1



Фиг. 1

RU 27629280 C1

RU 2762380 C1

Изобретение относится к области прямого преобразования тепловой энергии в электрическую и может быть использовано для утилизации сбросной тепловой энергии и преобразования ее в электрическую энергию на предприятиях агропромышленного комплекса (АПК).

5 Среди множества способов снижения энергоемкости производства сельхозпродукции, важное место принадлежит использованию известных возобновляемых источников теплоты, таких как: энергия солнца, ветра, геотермальных источников и т.д. Кроме того немаловажным моментом является использование технологического сбросового тепла, вырабатываемого на различных этапах производства продукции АПК.

10 Из существующего уровня техники известно, что в основе преобразования тепловой энергии в электрическую энергию лежит эффект Зеебека или термоэлектрический эффект, заключающийся в том, что при нагреве спая двух разнородных металлов или полупроводников (термопары) возникает термоЭДС. Для увеличения отдаваемой электрической мощности применяется метод каскадирования термопар
15 (термоэлементов). Каскадная термоэлектрическая батарея представляет собой последовательное соединение термопар (каскадов), при котором горячий спай предыдущего каскада стыкуется (и охлаждается) с холодным спаем последующего каскада, при этом они образуют термоэлектрический модуль, работающий в режиме электрогенератора или источника холода [Шаповалов, П.А. Термоэлектрические
20 источники альтернативного электропитания / П.А. Шаповалов // Компоненты и технологии. – 2010. -№12].

Известны источники сбрасываемой (отходящей) тепловой энергии, использованной в различных процессах на животноводческих фермах и которую можно утилизировать с помощью термоэлектрических модулей, превращая ее в электрическую энергию
25 [Методические рекомендации по расчету и применению систем электротеплоснабжения молочных ферм и комплексов. М.:ВИЭСХ. – 1982.]. Использование термогенераторов экономически целесообразно, учитывая количество теряемой тепловой энергии в производстве сельхозпродукции на предприятиях АПК.

На современных сельскохозяйственных предприятиях АПК затрачивается большое
30 количество тепловой энергии на различные технологические процессы (отопление и вентиляция, первичная обработка продукции и т.д.). Недостатком применяемого при этом технологического оборудования является его высокая энергоемкость и крайне ограниченная утилизация сбросной тепловой энергии (например, с помощью теплоутилизаторов вентиляционных систем) [Рекомендации по расчету и
35 проектированию систем обеспечения микроклимата животноводческих помещений с утилизацией теплоты выбросного воздуха. Гипронисельхоз, МИМСХ. - М. - 1987. - 77 с.]. Причем очевидно, что затраты энергии на различные процессы на современных высокотехнологичных производствах АПК можно снизить за счет утилизации сбросной тепловой энергии, заключенной в дымовых газах котельной, удаляемом вентиляционном
40 воздухе помещений фермы, охлаждении продукции, горячей воде после ее использования на хозяйстве и др.

Известны термоэлектрические генераторы, работающие за счет утилизации тепловой энергии различных теплоносителей. Эти устройства используются в качестве индивидуальных источников электропитания: светодиодных светильников, средств
45 связи, устройств оповещения и сигнализации, счетчиков горячей воды и т.п. [Патент на изобретение №2305347 от 27 августа 2007 г.].

Однако известные термоэлектрические генераторы имеют недостатки, которые заключаются в том, что конструкции последних не позволяют объединить их в

термоэлектрическую систему электроснабжения технологических процессов на объектах производства сельскохозяйственной продукции АПК.

Наиболее близкой по технической сущности к данному предложению, выбранной за прототип, является термоэлектрическая система утилизации тепловой энергии на животноводческих фермах [Патент на изобретение № 2639408 от 21.12.2017]. В данном изобретении рассматривается термоэлектрическая система генерации электроэнергии за счет утилизации сбросной тепловой энергии в технологических процессах производства животноводческой продукции, т.е. рассматривается вопрос прямого преобразования сбросной тепловой энергии, являющейся отходами в различных технологических процессах на животноводческих фермах и превращение ее в электрическую энергию.

Техническим результатом использования рассмотренного изобретения является то, что сбросная тепловая энергия, затраченная на различные технологические процессы на современной высокотехнологичной животноводческой ферме по производству молока, будет утилизирована и возвращена в виде электрической энергии. Для этого применена термоэлектрическая система, в которой сбросный поток тепловой энергии от всех технологических процессов утилизируется и превращается в электрическую энергию. Выработанная термоэлектрическим генератором электрическая энергия спомощью блока управления и стабилизатора напряжения накапливается в буферном аккумуляторе, а затем используется потребителем (например, для освещения помещений фермы, питания контрольно-измерительной аппаратуры, средств диспетчерской связи и т.п.)

Описанная термоэлектрическая система утилизации тепловой энергии на животноводческих фермах, содержащая термоэлектрический генератор, стабилизатор напряжения, аккумулятор и блок управления, содержит индивидуальные для каждого процесса тепловые мостики с присоединенными к ним соответствующими термоэлектрическими модулями, буферный аккумулятор, при этом образовавшиеся на животноводческом объекте утилизируемые тепловые потоки по индивидуальным тепловым мостикам передают эту тепловую энергию термоэлектрическим модулям, объединенным в единую электрическую схему и образующим термоэлектрический генератор, электроэнергия которого с помощью стабилизатора напряжения, буферного аккумулятора и блока управления передается потребителю, при этом термоэлектрический генератор соединен со стабилизатором напряжения, который соединен с блоком управления и аккумулятором, а также с потребителем электроэнергии.

Недостатком прототипа является то, что при таком включении термоэлектрические модули будут постоянно работать в несбалансированном режиме энергопотребления и заряда аккумулятора вследствие неустойчивого выделения сбросового тепла, как ввиду технологических особенностей производства сельскохозяйственной продукции, так и ввиду непостоянной потребности энергопотребления со стороны потребителей. При этом применение в системе стабилизатора не решает данную проблему.

Известно, что для термоэлектрических модулей на основе термоэлектрических элементов Зеебека наиболее энергетически эффективный режим определяется на основании следующих соотношений

$$\begin{cases} W = RI^2, \\ I = \frac{E_T}{R+R_0}, \\ E_T = (\alpha_p - \alpha_n)(T_h - T_c), \\ R_0 = (\rho_n/S_n + \rho_p/S_p)l, \end{cases} \quad (1)$$

где R - электрическое сопротивление термоэлектрического элемента; I - ток, протекающий через термоэлектрический элемент; E_T - термоЭДС; R_0 - сопротивление нагрузки термоэлектрического элемента; α_p - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала р-типа; α_n - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала п-типа; T_h - температура горячего спая; T_c - температура холодного спая; ρ_n - удельное сопротивление полупроводникового материала п-типа; ρ_p - удельное сопротивление полупроводникового материала р-типа; S_n - площадь поперечного сечения полупроводникового материала п-типа; S_p - площадь поперечного сечения полупроводникового материала р-типа; l - размер термоэлектрического элемента.

Очевидно, что максимальная эффективность работы термоэлектрических элементов Зеебека достигается при сопротивлении нагрузки, равной внутреннему сопротивлению термоэлектрического элемента

$$R_0 = R. (2)$$

Задача настоящего изобретения заключается в расширении арсенала устройств прямого преобразования сбросовой тепловой энергии, являющейся отходами различных технологических процессов на предприятиях АПК, например, дымовых газов, вентиляционного воздуха, избыточной теплоты готовой продукции, горячей воды и др.

Технический результат изобретения заключается в повышении энергетической эффективности работы всех технологических групп предложенной распределенной термоэлектрической системы утилизации сбросовой тепловой энергии за счет обеспечения сбалансированности режима энергопотребления и заряда аккумулятора.

Технический результат изобретения достигается за счет введения в каждую технологическую группу, включающую утилизируемый тепловой поток, тепловой мостик и термоэлектрический модуль, датчиков температуры для измерения температурного режима термоэлектрических модулей, причем информация о текущем температурном режиме в каждой технологической группе поступает в блок управления, который посредством контроля токов термоэлектрических модулей в каждой технологической группе обеспечивает соответствующие оптимальные выходные токи по каждой технологической группе термоэлектрических модулей и вырабатывает стабилизированное выходное напряжение; а также за счет согласования нагрузки термоэлектрических модулей с их внутренним сопротивлением в соответствии с условием равенства сопротивления нагрузки внутреннему сопротивлению термоэлектрического элемента (2).

Термоэлектрическая система включает в себя объект АПК с исходящими утилизируемыми тепловыми потоками, выделяемыми на различных технологических этапах производства продукции, например, тепловыми потоками дымовых газов, вентиляционного воздуха, избыточной теплоты готовой продукции и горячей воды, которые с помощью индивидуальных для каждого из технологических процессов тепловых мостиков транспортируются в соответствующие термоэлектрические модули, которые снабжены датчиками температуры для соответствующих технологических процессов. Электрически термоэлектрические модули объединяются в один термоэлектрический генератор. При этом соответствующие утилизируемые тепловые

потоки, тепловые мостики, термоэлектрические модули и датчики температуры образуют i -ые технологические группы. В систему также входит блок управления, стабилизирующее буферное устройство, балансный преобразователь, буферный аккумулятор, а также потребители электроэнергии.

5 Для каждой i -ой технологической группы термоэлектрических модулей определяют температурный режим по разнице температур их спаев с помощью датчиков температуры

$$\Delta T_i = (T_{hi} - T_{ci}), \quad (3)$$

10 где T_{hi} - температура горячего спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, T_{ci} - температура холодного спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, i -порядковый номер технологической группы.

Полученные данные о температурных режимах термоэлектрических модулей поступают в блок управления, который в соответствии с условиями максимальной энергетической эффективности работы термоэлектрических модулей (1) программно
15 вычисляет условия баланса мощностей и оптимальные выходные токи по каждой технологической группе термоэлектрических модулей с номером i

$$I_i = \frac{(\alpha_p - \alpha_n)}{2R_{0i}} n_i (T_{hi} - T_{ci}), \quad (4)$$

20 где I_i - ток, протекающий через термоэлектрические модули i -й технологической группы, α_p - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала p -типа; α_n - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала n -типа; R_{0i} - сопротивление
25 нагрузки термоэлектрического модуля i -й технологической группы, n_i - общее количество термоэлектрических модулей в i -й технологической группе, T_{hi} - температура горячего спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, T_{ci} - температура холодного спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, i - порядковый номер технологической группы.

30 По сигналам блока управления стабилизирующее буферное устройство обеспечивает соответствующие оптимальные выходные токи по каждой технологической группе термоэлектрических модулей и вырабатывает стабилизированное выходное напряжение, которое поступает на балансный преобразователь, который служит для преобразования
35 стабилизированного выходного напряжения стабилизирующего буферного устройства до уровня, который обеспечивает баланс токов зарядки буферного аккумулятора и потребителей электроэнергии на основе условия баланса мощностей

$$W = W_p + W_z = \sum \frac{(\alpha_p - \alpha_n)^2}{4R_{0i}^2} n_i^2 (T_{hi} - T_{ci})^2, \quad (5)$$

40 где W_p - мощность потребителей электроэнергии, W_z - мощность заряда буферного аккумулятора, α_p - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала p -типа; α_n - коэффициент Зеебека для полупроводникового материала n -типа; R_{0i} - сопротивление нагрузки термоэлектрического модуля i -й технологической группы,
45 n_i - общее количество термоэлектрических модулей в i -й технологической группе, T_{hi} - температура горячего спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, T_{ci} - температура холодного спая термоэлектрического модуля i -й

технологической группы, i - порядковый номер технологической группы.

В данном случае обеспечивается баланс между вырабатываемой термоэлектрической системой энергетической мощностью в оптимальном режиме и энергией, направленной на зарядку буферного аккумулятора и на питание потребителей.

5 Сущность предлагаемого изобретения поясняется на фиг. 1, на которой представлена общая схема термоэлектрической системы утилизации тепловой энергии на объекте производства сельскохозяйственной продукции АПК по примеру 1.

Работает термоэлектрическая система следующим образом.

Пример 1. Объект АПК - животноводческая ферма.

10 На объекте АПК 1 в ходе технологических процессов получения готовой продукции выделяется сбросная тепловая энергия, заключенная в тепловом потоке 2 дымовых газов котельной, тепловом потоке 3 удаляемого вентиляционного воздуха, тепловом потоке 4 полученном при охлаждении готовой продукции и тепловом потоке 5 от горячей воды после ее использования на хозяйственные нужды. Эти тепловые потоки

15 с помощью соответствующих каждому тепловому потоку тепловых мостиков 6, 7, 8 и 9 передаются термоэлектрическим модулям 10, 11, 12 и 13 соответственно, которые утилизируют тепловые потоки, превращая их в электроэнергию. При этом утилизируемый тепловой поток 2 дымового газа, соответствующие ему тепловой мостик 6 и термоэлектрический модуль 10 образуют технологическую группу, где i равен 1.

20 Утилизируемый тепловой поток 3 вентиляционного воздуха, соответствующие ему тепловой мостик 7 и термоэлектрический модуль 11 образуют технологическую группу, где i равен 2. Утилизируемый тепловой поток 4 тепла, полученного при охлаждении готовой продукции, соответствующие ему тепловой мостик 8 и термоэлектрический модуль 12 образуют технологическую группу, где i равен 3. Утилизируемый тепловой

25 поток 5 от горячей воды после ее использования на хозяйственные нужды, соответствующие ему тепловой мостик 9 и термоэлектрический модуль 12 образуют технологическую группу, где i равен 4. Все термоэлектрические модули 10, 11, 12 и 13 объединены в единую электрическую схему и образуют термоэлектрический генератор 14. Причем в каждой технологической группе термоэлектрические модули 10, 11, 12 и

30 13 снабжены датчиками температуры 15, 16, 17 и 18 соответственно для определения в них температурных режимов. В соответствии с условиями максимальной энергетической эффективности работы термоэлектрических модулей (1), полученные данные о температурных режимах поступают в блок управления 19, где осуществляется программное вычисление условия баланса мощностей и величины оптимальных

35 выходных токов по каждой технологической группе термоэлектрических модулей (4). Полученные результаты блок управления 19 передает в стабилизирующее буферное устройство 20, для формирования соответствующих каждой технологической группе оптимальных выходных токов от термоэлектрических модулей 10, 11, 12 и 13 и выработки стабилизированного выходного напряжения, которое поступает на

40 балансный преобразователь 21, где производится преобразование стабилизированного выходного напряжения стабилизирующего буферного устройства 20 до уровня, который обеспечивает баланс токов зарядки буферного аккумулятора 22 и потребителей электроэнергии 23 на основе условия баланса мощностей (5). В результате обеспечивается баланс между вырабатываемой термоэлектрической системой энергетической мощностью в оптимальном режиме и энергией, направленной на зарядку буферного аккумулятора 22 и на питание потребителей 23.

Пример 2. Объект АПК - теплица.

В данном варианте реализации заявленного изобретения система состоит из трех

технологических групп. Одна технологическая группа с номером i равным 1 включает сбросовой тепловой поток солнечной энергии, соответствующие ему тепловой мостик и термоэлектрический модуль. Вторая технологическая группа с номером i равным 2 включает тепловой поток, полученный от дымовых газов котельной, соответствующие ему тепловой мостик и термоэлектрический модуль. Третья технологическая группа с номером i равным 3 включает тепловой поток от сбросовой тепловой энергии в виде вентиляционного воздуха с различной температурой, соответствующие ему тепловой мостик и термоэлектрический модуль. Причем для повышения эффективности термоэлектрического преобразования тепла в электричество в процессе сгорания топлива в котельной во второй технологической группе использовано каскадное включение пяти термоэлектрических модулей. Следовательно в формуле (5) общее количество термоэлектрических модулей n_2 во 2-й технологической группе будет равно 5.

В результате обеспечивается баланс между вырабатываемой термоэлектрической системой энергетической мощностью в оптимальном режиме и энергией, направленной на зарядку буферного аккумулятора и на питание потребителей.

Пример 3. Объект АПК - животноводческая ферма.

В данном варианте реализация заявленного изобретения соответствует примеру 1, но система содержит 4 точечных источника сбросовой тепловой энергии в виде вентиляционного воздуха с различной температурой, являющейся отходом технологического процесса конвекционного обмена предприятия АПК. В этом случае в электрическую энергию преобразуют тепловые потоки дополнительные три технологические группы, т.е. система будет включать 7 технологических групп в формуле (5) i будет равно 7.

В результате обеспечивается баланс между вырабатываемой термоэлектрической системой энергетической мощностью в оптимальном режиме и энергией, направленной на зарядку буферного аккумулятора и на питание потребителей.

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет достигнуть заявленный технический результат, который заключается в повышении энергетической эффективности работы всех технологических групп предложенной распределенной термоэлектрической системы утилизации сбросовой тепловой энергии за счет обеспечения сбалансированности режима энергопотребления и заряда аккумулятора.

(57) Формула изобретения

Термоэлектрическая система утилизации тепловой энергии на предприятиях агропромышленного комплекса, содержащая объект агропромышленного комплекса с исходящими от него утилизируемыми тепловыми потоками технологического сбросового тепла, которые с помощью индивидуальных для каждого из технологических процессов тепловых мостиков транспортируются в соответствующие термоэлектрические модули, объединенные в один термоэлектрический генератор, электроэнергия которого передается потребителю, в систему также входит блок управления, аккумулятор, стабилизатор напряжения,

отличающаяся тем, что в систему введен балансный преобразователь, а в качестве стабилизатора напряжения использовано стабилизирующее буферное устройство, причем утилизируемые тепловые потоки каждого источника технологического сбросового тепла, тепловые мостики и термоэлектрические модули объединены в технологические группы, в каждую технологическую группу для измерения температурного режима термоэлектрического модуля данной группы введены датчики

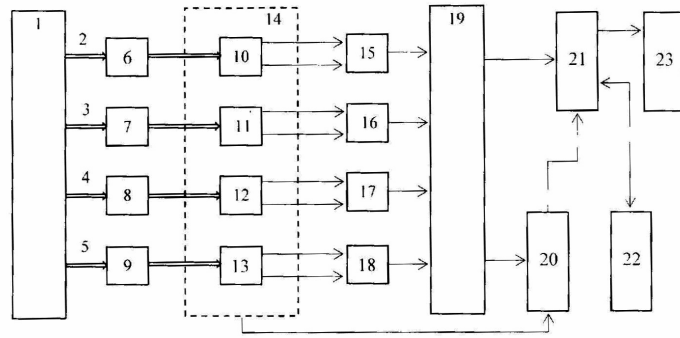
температуры, выходные данные с которых поступают на блок управления, выходные сигналы с блока управления поступают на первый вход балансного преобразователя и первый вход стабилизирующего буферного устройства, на второй вход которого поступает электроэнергия от термоэлектрического генератора, далее преобразованная для каждой технологической группы в соответствии с формулой

$$I_i = \frac{(\alpha_p - \alpha_n)}{2R_{0i}} n_i (T_{hi} - T_{ci}),$$

где I_i – ток, протекающий через термоэлектрические модули i -й технологической группы, α_p – коэффициент Зеебека для полупроводникового материала p -типа; α_n – коэффициент Зеебека для полупроводникового материала n -типа; R_{0i} – сопротивление нагрузки термоэлектрического модуля i -й технологической группы, n_i – общее количество термоэлектрических модулей в i -й технологической группе, T_{hi} – температура горячего спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, T_{ci} – температура холодного спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, i – порядковый номер технологической группы, далее выходная электроэнергия от стабилизирующего буферного устройства подается на второй вход балансного преобразователя, осуществляющего подачу электроэнергии буферному аккумулятору и потребителям электроэнергии в соответствии с условием баланса мощностей:

$$W = W_p + W_z = \sum \frac{(\alpha_p - \alpha_n)^2}{4R_{0i}^2} n_i^2 (T_{hi} - T_{ci})^2,$$

где W_p – мощность потребителей электроэнергии, W_z – мощность заряда буферного аккумулятора, α_p – коэффициент Зеебека для полупроводникового материала p -типа; α_n – коэффициент Зеебека для полупроводникового материала n -типа; R_{0i} – сопротивление нагрузки термоэлектрического модуля i -й технологической группы, n_i – общее количество термоэлектрических модулей в i -й технологической группе, T_{hi} – температура горячего спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, T_{ci} – температура холодного спая термоэлектрического модуля i -й технологической группы, i – порядковый номер технологической группы.



Фигура 1