



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H02J 3/06 (2020.05)*

(21)(22) Заявка: 2019143054, 18.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.12.2019

Дата регистрации:  
08.10.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.12.2019

(45) Опубликовано: 08.10.2020 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

424003, Рес. Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул.  
Зеленая, 24, Самойлову К.А.

(72) Автор(ы):

Самойлов Кирилл Андреевич (RU),  
Орлов Александр Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Самойлов Кирилл Андреевич (RU),  
Орлов Александр Игоревич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2210155 С2, 10.08.2003. RU 162639  
U1, 20.06.2016. US 7701090 В2, 20.04.2010.

(54) Устройство сглаживания пиков потребления электроэнергии

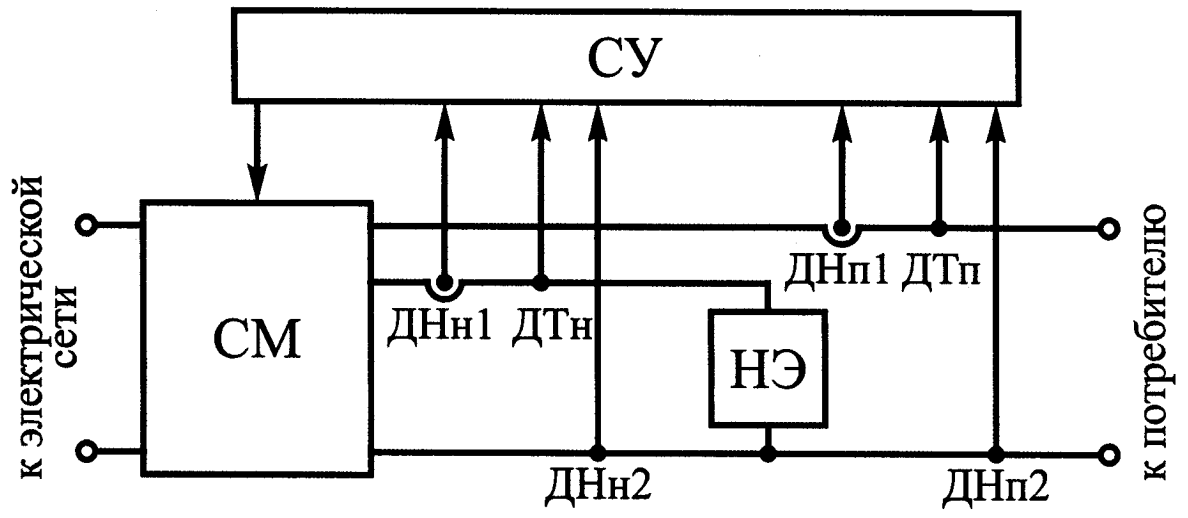
(57) Реферат:

Полезная модель устройства сглаживания пиков потребления электроэнергии относится к устройствам перераспределения мощности электрической нагрузки в течение суток. Технический результат заключается в сглаживании пиков потребления электроэнергии совокупности потребителя и устройства в течение суток. Устройство включает силовой модуль, накопитель электроэнергии, систему управления, датчики тока и напряжения электрической сети и накопителя электроэнергии. Если накопитель электроэнергии полностью или частично заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, то система управления и силовой модуль, обеспечивают передачу мощности от накопителя электроэнергии и электрической сети потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощности и доли запасенной электроэнергии в накопителе

электроэнергии. Если накопитель электроэнергии полностью заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, или накопитель электроэнергии полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, то система управления и силовой модуль обеспечивают передачу мощности от электрической сети потребителю без использования накопителя электроэнергии. Если накопитель электроэнергии частично заряжен или полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, то система управления и силовой модуль обеспечивают передачу мощности от электрической сети накопителю электроэнергии и потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощности. 1 ил.

RU 200180 U1

RU 200180 U1



Фиг. 1

Полезная модель устройства сглаживания пиков потребления электроэнергии относится к устройствам перераспределения мощности электрической нагрузки в течение суток. Полезная модель может быть использована в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении, других отраслях экономики или в социальной сфере, в которых используются потребители электроэнергии, подключаемые к однофазной или трехфазной электрической сети напряжением 220/380 В. Полезная модель предназначена для сглаживания пиков потребления электроэнергии в течение суток.

Неравномерное потребление электроэнергии потребителями в течение суток требует повышенных капитальных затрат на сооружение энергетической инфраструктуры и ее обслуживание. Стоимость электроэнергии отдельных категорий промышленных потребителей связаны с нагрузкой в контрольные часы, а также с пиковой нагрузкой. Такая зависимость обусловлена загрузкой энергосистемы. Перераспределение нагрузки в течение суток оказывает положительное влияние на загрузку энергосистемы и позволяет сократить стоимость электроэнергии для потребителя.

Аналогом предлагаемого устройства является «Система накопления для альтернативной энергетики» [1]. Данное устройство использует принцип накопления энергии из систем малой мощности, объединение и согласование работы накопителей осуществляется отдельной системой управления накопителя. В указанном устройстве существует возможность работы накопителя в режиме источника питания. Однако данное устройство не предназначено для сглаживания неравномерного потребления электроэнергии.

Известен «Способ жидкостного аккумулирования электроэнергии» [2], который заключается в перекачке жидкого рабочего тела из нижнего в верхний бьеф по трубопроводам со встроенными обратимыми гидроагрегатами в ночное время суток. Запасенную потенциальную энергию жидкости используют для сглаживания пиковых нагрузок в дневное время. В качестве жидкого рабочего тела используют взвесь металлической пульпы в масле. В качестве нижнего бьефа используют замкнутый подземный объем искусственного или естественного происхождения. Недостатком представленного способа является сложность автоматизации данной системы при необходимости многократного изменения режима работы в течение дня.

К наиболее близкому аналогу устройства, принятому за прототип, можно отнести систему, реализующую принцип, описанный в патенте [3]. Указанный способ сглаживания суточных пиковых нагрузок в энергосистемах больших городов заключается в использовании холодильных агрегатов, тепловые колебания температуры которых относительно невелики благодаря низким тепловым потерям. Сглаживание суточных пиковых нагрузок происходит за счет перераспределения в течение суток времени работы таких потребителей. Система управления промышленными и бытовыми холодильными агрегатами (холодильниками и морозильниками) обеспечивает нагрузку агрегатов, пропорциональную разности между текущим и номинальным коэффициентами загрузки энергосистемы.

Устройство сглаживания пиков потребления электроэнергии в однофазном исполнении включает силовой модуль СМ, накопитель электроэнергии НЭ, систему управления СУ, датчик тока электрической сети ДТс, датчики напряжения электрической сети ДНс1 и ДНс2, датчик тока накопителя электроэнергии ДТн, датчики напряжения накопителя электроэнергии ДНн1 и ДНн2, датчик тока потребителя ДТп, датчики напряжения потребителя ДНп1 и ДНп2.

Устройство может быть выполнено с возможностью присоединения к 1-фазной электрической сети, а также с возможностью присоединения к 1-фазной отходящей

линии с нагрузкой или с возможностью присоединения к 3-фазной электрической сети, а также с возможностью присоединения к 1- или 3-фазной отходящей линии с нагрузкой. Блок-схема устройства сглаживания пиков потребления электроэнергии в однофазном исполнении показана на фиг. 1.

5 Силовой модуль СМ подключен к электрической сети, накопителю электроэнергии НЭ и потребителю. Силовой модуль СМ предназначен для питания потребителя и/или накопителя электроэнергии НЭ от электрической сети за счет управления зарядом или разрядом накопителя электроэнергии НЭ по сигналам системы управления СУ.

10 Накопитель электроэнергии НЭ предназначен для аккумуляирования электроэнергии и передачи ее потребителю через силовой модуль СМ по сигналам системы управления СУ. В процессе разряда накопителя электроэнергии НЭ его энергия передается потребителю через силовой модуль СМ. В процессе заряда накопителя электроэнергии НЭ электроэнергия передается от электрической сети накопителю через силовой модуль СМ. Силовой модуль СМ может обеспечивать электропитание потребителя в процессе 15 заряда и разряда накопителя электроэнергии НЭ. Возможные режимы работы силового модуля СМ показаны на фиг. 2.

Система управления СУ получает информационные сигналы от датчика тока электрической сети ДТс, датчиков напряжения электрической сети ДНс1 и ДНс2, датчика 20 тока накопителя электроэнергии ДТн, датчиков напряжения накопителя электроэнергии ДНн1 и ДНн2, датчика тока потребителя ДТп, датчиков напряжения потребителя ДНп1 и ДНп2 и на их основе формирует сигналы управления режимом работы накопителя электроэнергии НЭ.

Датчик тока электрической сети ДТс, датчик тока накопителя электроэнергии ДТн, датчик тока потребителя ДТп предназначены для получения соответствующих 25 информационных сигналов тока электрической сети, тока накопителя электроэнергии и тока потребителя.

Датчики напряжения электрической сети ДНс1 и ДНс2, датчики напряжения накопителя электроэнергии ДНн1 и ДНн2, датчики напряжения потребителя ДНп1 и ДНп2 предназначены для получения соответствующих информационных сигналов 30 напряжения электрической сети, напряжения накопителя электроэнергии, напряжения потребителя.

Устройство сглаживания пиков потребления электроэнергии работает по принципу разряда накопителя электроэнергии в часы пиковых нагрузок и заряда накопителя при 35 минимальном потреблении из электрической сети. Определение пиковой или минимальной нагрузки выполняется путем сравнения фактического профиля мощности со сглаженным, полученным путем фильтрации.

Порядок работы устройства состоит в следующем. В каждый момент времени  $t$  система управления СУ на основании сигналов от датчиков напряжения потребителя ДНп1 и ДНп2 и датчика тока ДТп вычисляет мощность, передаваемую потребителю, 40 по формуле

$$P = \int_0^T u_{\text{п}} \cdot i_{\text{п}} \cdot dt ,$$

45 где  $u_{\text{п}} = \phi_{\text{ДНп1}} - \phi_{\text{ДНп2}}$  - мгновенное значение напряжения потребителя;  $\phi_{\text{ДНп1}}$  - мгновенное значение напряжения, снимаемого с датчика напряжения потребителя ДНп1;  $\phi_{\text{ДНп2}}$  - мгновенное значение напряжения, снимаемого с датчика напряжения потребителя ДНп2;  $i_{\text{п}}$  - мгновенное значение тока потребителя, снимаемое с датчика

тока потребителя ДТп.

Система управления СУ вычисляет сглаженное значение мощности  $P_{\phi}$  путем фильтрации с постоянной времени, зависящей от характера изменения мощности потребителя, но не менее 5 мин.

5 Система управления СУ вычисляет разницу фактической  $P$  и сглаженной мощности  $P_{\phi}$ :

$$P_d = P - P_{\phi}.$$

10 Система управления СУ вычисляет мощность, которую необходимо передать от накопителя на нагрузку, в момент времени  $t$ :

$$P_{НЭ} = f_c(P_t),$$

где

$$15 P_t = f_s(P_d \cdot W_{a*}^x), \text{ если } P_d > 0,$$

$$15 P_t = f_s(P_d), \text{ если } P_d \leq 0,$$

$$W_{a*} = \frac{W_a}{W_{a.e}} - \text{запасенная энергия накопителя, о.е.};$$

$W_a$  - запасенная энергия накопителя, кВт·ч;

20  $W_{a.e}$  - емкость накопителя, кВт·ч;

$x \in (0; 1)$  - показатель степени

$f_s$  - функция класса сигмоид;

$f_c$  - функция, учитывающая состояние накопителя.

25 Обозначив за  $t_h$  - шаг по времени в профиле мощности, функция  $f_c$  определяется следующим образом.

При достижении полного заряда  $W_a - P_t t_h \geq W_a$ :

$$P_{НЭ} = P_t, \text{ если } P_t \geq 0$$

$$30 P_{НЭ} = P_t - \frac{W_a}{t_h}, \text{ если } P_t \geq 0$$

При достижении минимума заряда  $W_a - P_t t_h \leq 0$ :

$$P_{НЭ} = \frac{W_a}{t_h}, \text{ если } P_t \geq 0,$$

$$35 P_{НЭ} = P_t, \text{ если } P_t \geq 0.$$

Запасенная энергия накопителя может быть вычислена как произведение мощности на время

$$W_a = P_{НЭ} \cdot t.$$

при этом мощность

$$40 P_{НЭ} = \int_0^T u_n \cdot i_n \cdot dt,$$

45  $u_n = \Phi_{ДНп1} - \Phi_{ДНп2}$  - мгновенное значение напряжения накопителя электроэнергии НЭ;  
 $\Phi_{ДНп1}$  - мгновенное значение напряжения, снимаемого с датчика напряжения накопителя электроэнергии ДНп1;  $\Phi_{ДНп2}$  - мгновенное значение напряжения, снимаемого с датчика напряжения накопителя электроэнергии ДНп2;  $i_n$  - мгновенное значение тока накопителя

электроэнергии, снимаемое с датчика тока накопителя электроэнергии ДТн.

Показатель степени  $x$  определяет мощность разряда накопителя в зависимости от запасенной в нем энергии: с уменьшением  $x$  мощность разряда увеличивается. Функция  $f_s$  необходима для ограничения мощности заряда или разряда накопителя и принадлежит к классу сигмоид. Примером функции  $f_s$  может быть гиперболический тангенс с заданными асимптотами, равными максимально допустимым мощностям заряда и разряда накопителя. Показатель степени  $x$  может быть принят равным 0,4.

Таким образом, если накопитель электроэнергии НЭ полностью или частично заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от накопителя электроэнергии НЭ и электрической сети потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощности и доли запасенной электроэнергии в накопителе электроэнергии НЭ.

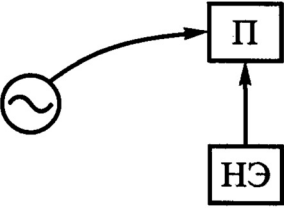
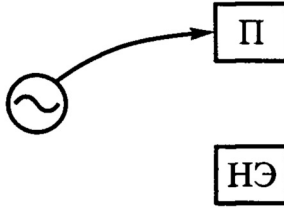
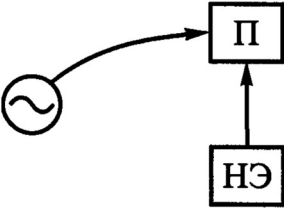
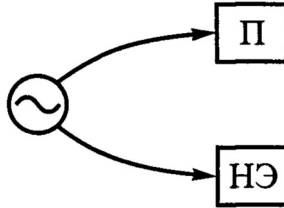
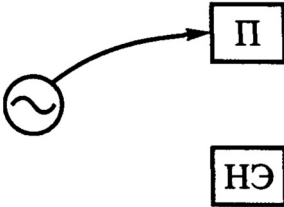
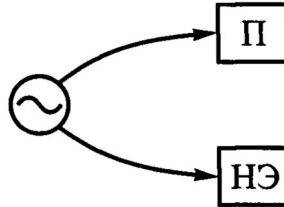
Если накопитель электроэнергии НЭ полностью заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, или накопитель электроэнергии НЭ полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от электрической сети потребителю без использования накопителя электроэнергии НЭ.

Если накопитель электроэнергии НЭ частично заряжен или полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от электрической сети накопителю электроэнергии НЭ и потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощности.


Для пояснения в таблице 1 приведены направления потока мощности, обеспечиваемые устройством, в различных режимах работы.

Таблица 1.

Направления потока мощности, обеспечиваемые устройством, в различных режимах работы

Состояние накопителя электроэнергии	$P_{потр} > P_{\phi}$	$P_{потр} < P_{\phi}$
Полностью заряжен		
Частично заряжен		
Полностью разряжен		

Примечание:

-  — электрическая сеть;
- П — потребитель;
- НЭ — накопитель электроэнергии.

Система управления СУ подает управляющее воздействие на силовой модуль СМ, обеспечивающий указанный режим работы накопителя электроэнергии НЭ.

Таким образом, достигается технический результат полезной модели, заключающийся в сглаживании пиков потребления электроэнергии системы «потребитель - устройство сглаживания пиков потребления» в течение суток.

Литература

1. Патент US 2012153726 (A1) - Energy storage system and method of controlling the same.
2. Способ жидкостного аккумулирования электроэнергии: пат. 2328619 Рос. Федерация: МПК F03B 13/00 (2006.01) / Буданов Н.П.; заявитель и патентообладатель Буданов Н.П. - №2007127628/06; заявл. 19.07.2007; опубл. 10.07.2008 Бюл. №19.
3. Способ сглаживания суточных пиковых нагрузок в энергосистемах больших городов: пат. 2210155 Рос. Федерация: МПК H02J 3/06 (2006.01) / Корнюх С.В.: заявитель и патентообладатель Корнюх С.В. - №2001112568/09; заявл. 2001.05.11; опубл. 2003.08.10.

(57) Формула полезной модели

Устройство для сглаживания пиков потребления электроэнергии, содержащее силовой модуль СМ, накопитель электроэнергии НЭ, систему управления СУ, датчик тока электрической сети ДТс, датчик тока накопителя электроэнергии ДТн, датчик тока потребителя ДТп, датчики напряжения электрической сети ДНс1 и ДНс2, датчики напряжения накопителя электроэнергии ДНн1 и ДНн2, датчики напряжения потребителя

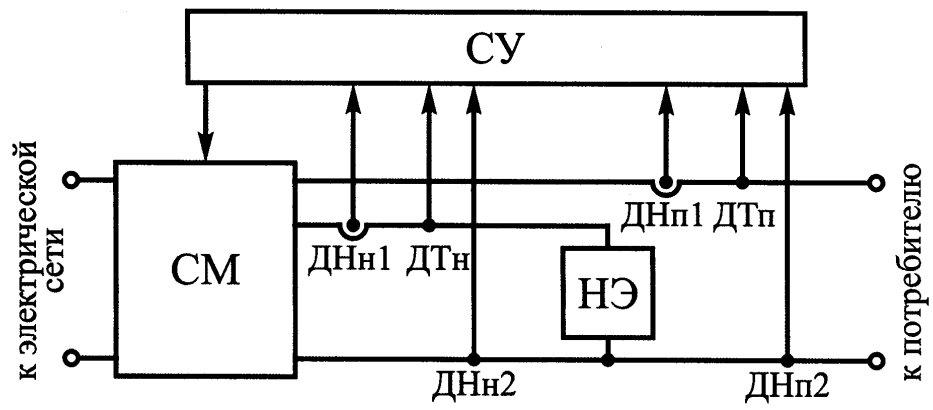
ДНп1 и ДНп2, которое выполнено с возможностью присоединения к однофазной электрической сети, а также с возможностью присоединения к однофазной отходящей линии с нагрузкой или с возможностью присоединения к трехфазной электрической сети, а также с возможностью присоединения к одно- или трехфазной отходящей линии с нагрузкой, отличающееся тем, что система управления СУ в каждый момент времени на основании сигналов от датчиков напряжения потребителя ДНп1 и ДНп2 и датчика тока ДТ вычисляет фактическую мощность, передаваемую потребителю, сглаженное значение фактической мощности, передаваемой потребителю, а также разность фактической и сглаженной мощности; система управления СУ вычисляет мощность, которую необходимо передать от накопителя нагрузке в зависимости от степени заряда накопителя электроэнергии НЭ и величин фактической мощности, передаваемой потребителю, а также сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, при этом если накопитель электроэнергии НЭ полностью или частично заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от накопителя электроэнергии НЭ и электрической сети потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощности и доли запасенной электроэнергии в накопителе электроэнергии НЭ, если накопитель электроэнергии НЭ полностью заряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, или накопитель электроэнергии НЭ полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, больше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от электрической сети потребителю без использования накопителя электроэнергии НЭ, если накопитель электроэнергии НЭ частично заряжен или полностью разряжен, а фактическая мощность, передаваемая потребителю, меньше сглаженного значения фактической мощности, передаваемой потребителю, то система управления СУ подает сигналы управления силовому модулю СМ, обеспечивая передачу мощности от электрической сети накопителю электроэнергии НЭ и потребителю так, что передаваемая мощность определяется разностью фактической и сглаженной мощностей.

35

40

45





Фиг. 1