



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014140613/28, 08.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.10.2014

(45) Опубликовано: 20.11.2015 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е. **Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей.** - М: изд-во ЭЛЕКС-КМ, 2008. - с. 211-215.
Экспериментальные исследования режимов энергосистем / Л.М. Горбунова, М.Г. Портной, Р.С. Рабинович и др.; под ред. С.А. Совалова, - М: (см. прод.)

Адрес для переписки:

109074, Москва, Китайгородский пр-д, 7, стр. 3,
ОАО "СО ЕЭС", Кычину Е.А.

(72) Автор(ы):

Панкратов Алексей Владимирович (RU),
Хрущев Юрий Васильевич (RU),
Бацева Наталья Ленмировна (RU),
Полищук Владимир Иосифович (RU),
Гофман Андрей Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество
"Системный оператор Единой
энергетической системы" (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для определения статических характеристик нагрузки по напряжению. Способ определения статических характеристик нагрузки по напряжению заключается в том, что в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют напряжение и мощность и переводят измеренные значения напряжения и мощности в относительные единицы. Но при этом напряжение и мощность измеряют до и после каждого изменения напряжения, определяют значения регулирующего эффекта нагрузки для каждой пары измеренных значений напряжения и мощности и производят фильтрацию полученных пар измерений по значениям регулирующего эффекта нагрузки. Затем при

переводе значений мощности в относительные единицы определяют первое приближение своего значения базисной мощности $P_{БАЗ(i)}$ для каждой пары измерений, аппроксимируют полученные значения напряжения и мощности в относительных единицах полиномом

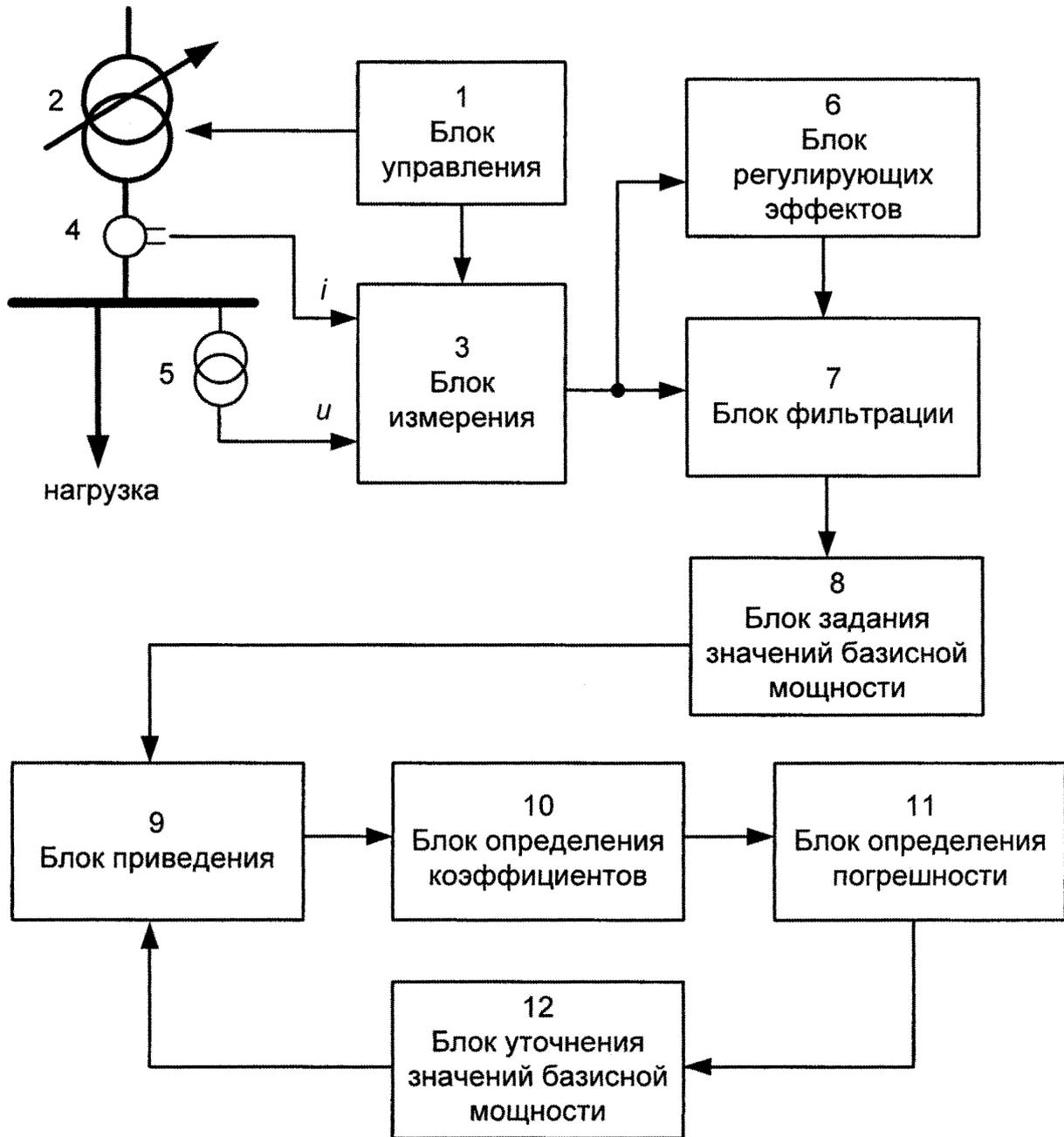
$$P_*(U_*) = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2,$$

причем коэффициенты a_0, a_1, a_2 определяют методом наименьших квадратов.

Определяют среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома и определяют второе приближение своего значения базисной мощности для каждой пары измерений. Далее повторяют перевод значений мощности в относительные единицы,

определение коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , определение среднеквадратического отклонения и определение следующего приближения значений базисной мощности до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение уменьшается. Принимают в качестве искомой статической характеристикой нагрузки

по напряжению полином с коэффициентами a_0 , a_1 , a_2 , соответствующими минимальному среднеквадратическому отклонению. Технический результат: определение статических характеристик нагрузки по напряжению при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности. 3 ил., 2 табл.



Фиг. 1

(56) (продолжение):

Энергоатомиздат, 1985. - с. 45-48. UA 4458 U 15.01.2005. UA 22214 A 30.06.1998. SU 265268 A1 09.03.1970. RU 2222863 C2 27.01.2004.

RU 2569179 C1

RU 2569179 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014140613/28, 08.10.2014

(24) Effective date for property rights:
08.10.2014

Priority:

(22) Date of filing: 08.10.2014

(45) Date of publication: 20.11.2015 Bull. № 32

Mail address:

109074, Moskva, Kitajgorodskij pr-d, 7, str. 3, OAO
"SO EEhS", Kychinu E.A.

(72) Inventor(s):

**Pankratov Aleksej Vladimirovich (RU),
Khrushchev Jurij Vasil'evich (RU),
Batseva Natal'ja Lenmirovna (RU),
Polishchuk Vladimir Iosifovich (RU),
Gofman Andrej Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Sistemnyj
operator Edinoj ehnergeticheskoy sistemy" (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING STATIC LOAD CHARACTERISTICS AGAINST VOLTAGE**

(57) Abstract:

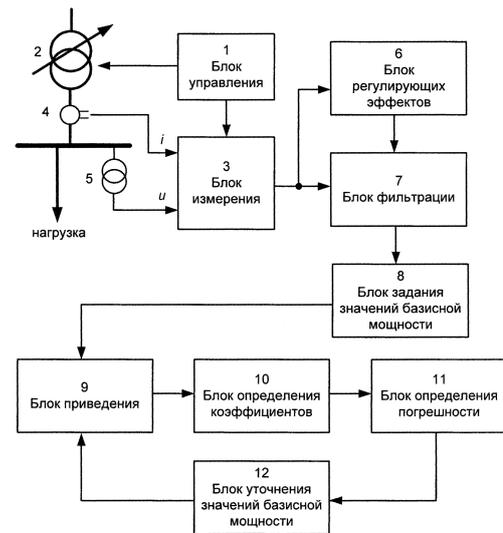
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: method for determining static load characteristics against voltage consists in in-series changes in voltage carried out in the load node, voltage and power are measured and translated into relative units. At that voltage and power are measured before and upon each measurement of voltage, load controlling effect is defined for each pair of measured voltage and power values and obtained pairs of measurements are filtered using values of load controlling effect. Then at translation of power values into relative units the first approximation of base power value $C_{BASE(i)}$ is determined for each pair of measurements, the obtained values of voltage and power in relative units are approximated by polynomial $P_*(U_*)=a_0+a_1 \cdot U_*+a_2 \cdot U_*^2$, at that coefficients a_0, a_1, a_2 are defined by least-squares technique. Mean-square deviation is defined for values of voltage and power in relative units from the obtained polynomial and the second approximation of the base power value is determined for each pair of measurements. Then translation of power values to relative units is repeated, coefficients a_0, a_1, a_2 and mean-square deviation are defined, and the next approximation of the base power value is repeated till

mean-square deviation is reduced with each next stage. Polynomial with coefficients a_0, a_1, a_2 corresponding to minimum mean-square deviation is taken as the target static load characteristic.

EFFECT: determination of static load characteristic against voltage at non-regular oscillations and drift of power.

3 dwg, 2 tbl



Фиг. 1

RU 2 569 179 C1

RU 2 569 179 C1

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для определения статических характеристик нагрузки по напряжению.

Известен способ определения статических характеристик нагрузки по напряжению [Гуревич Ю.Е., Либова Л.Е. Применение математических моделей электрической нагрузки в расчетах энергосистем и надежности электроснабжения промышленных потребителей. - М.: изд-во ЭЛЕКС-КМ, 2008. - с. 211-215], [Экспериментальные исследования режимов энергосистем / Л.М. Горбунова, М.Г. Портной, Р.С. Рабинович и др.; под ред. С.А. Совалова, - М.: Энергоатомиздат, 1985. - с. 45-48], при котором в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения и измеряют значения напряжения и мощности. Затем переводят измеренные значения в относительные единицы. Полученную в результате характеристику используют в качестве статической характеристики нагрузки.

Условием использования указанного способа является стационарность исследуемой нагрузки. Если имеют место нерегулярные колебания и дрейф мощности, то указанный способ использоваться не может. В этом случае требуется повторное проведение эксперимента. Повторное проведение эксперимента зачастую сопряжено с рядом технических и организационных трудностей и не всегда возможно. Кроме того, нет гарантии, что при повторном эксперименте нагрузка будет стационарна и использование указанного способа для определения статической характеристики нагрузки будет успешным.

Не известны способы, позволяющие определять статические характеристики нагрузки по напряжению в условиях значительных нерегулярных колебаний и дрейфа мощности.

Задачей изобретения является разработка способа, позволяющего определять статические характеристики нагрузки по напряжению при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности.

Это достигается тем, что так же как и в прототипе, в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют напряжение и мощность и переводят измеренные значения напряжения и мощности в относительные единицы.

Согласно изобретению напряжение и мощность измеряют до и после каждого изменения напряжения, определяют значения регулирующего эффекта нагрузки для каждой пары измеренных значений напряжения и мощности и производят фильтрацию полученных пар измерений по значениям регулирующего эффекта нагрузки. Затем при переводе значений мощности в относительные единицы определяют первое приближение своего значения базисной мощности $P_{БАЗ(i)}$ для каждой пары измерений, аппроксимируют полученные значения напряжения и мощности в относительных единицах полиномом

$$P_*(U_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2),$$

причем коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 определяют методом наименьших квадратов по зависимостям:

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2,$$

...

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2,$$

где $U_{*1(i)}$ и $P_{*1(i)}$ - значения напряжения и мощности в относительных единицах до

изменения напряжения для i -й пары измерений,

$U_{*2(i)}$ и $P_{*2(i)}$ - значения напряжения и мощности в относительных единицах после изменения напряжения для i -й пары измерений.

5 Определяют среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома и определяют второе приближение своего значения базисной мощности для каждой пары измерений:

$$10 \quad P_{\text{БАЗ}(i)} = \frac{\frac{P_{*1(i)} + P_{*2(i)}}{2}}{a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right) + a_2 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right)^2}.$$

15 Далее повторяют перевод значений мощности в относительные единицы, определение коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , определение среднеквадратического отклонения и определение следующего приближения значений базисной мощности до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение уменьшается. Принимают в качестве искомой статической характеристикой нагрузки по напряжению полином с коэффициентами a_0 , a_x , a_2 , соответствующими минимальному среднеквадратическому отклонению.

20 Предложенный способ позволяет определять статические характеристики нагрузки по напряжению даже при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности благодаря тому, что измерения значений напряжения и мощности производят до и после каждого изменения напряжения, после чего производят фильтрацию полученных пар измерений по значениям регулирующего эффекта нагрузки, а при переводе значений мощности в относительные единицы для каждой пары измерений выбирают такие значения базисных мощностей, чтобы среднеквадратическое отклонение результатов измерений в относительных единицах от полученной статической характеристики нагрузки было минимальным.

30 Нерегулярные колебания и дрейф мощности могут быть учтены, как изменение значения базисной мощности, которая используется для перевода измеренных значений мощности в относительные единицы. В предложенном способе измерения значений напряжения и мощности производят непосредственно до и после изменения напряжения, что максимально снижает вероятность изменения базисной мощности между такими измерениями. Для того чтобы исключить пары измерений, между которыми все же происходит изменение базисной мощности, в предложенном способе предусмотрена фильтрация пар измерений по значениям регулирующего эффекта нагрузки. Так как значения базисной мощности для каждой пары измерений заранее неизвестны, то в предложенном способе выбирают их исходя из условия минимизации среднеквадратического отклонения результатов измерения от полученной статической характеристики нагрузки. Это позволяет свести к минимуму влияние нерегулярных колебаний и дрейфа мощности на получаемую статическую характеристику нагрузки, что расширяет область использования предложенного способа по сравнению с прототипом.

На фиг. 1 представлена схема устройства, реализующая предлагаемый способ.

45 На фиг. 2 представлена статическая характеристика нагрузки и результаты измерений напряжения и мощности, полученные по первому приближению значений базисной мощности.

На фиг. 3 представлена статическая характеристика нагрузки и результаты измерений

напряжения и мощности, полученные по значениям базисной мощности, соответствующим минимальному среднеквадратическому отклонению.

В таблице 1 приведены измеренные значения напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$ и мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$, а также соответствующие им значения регулирующего эффекта нагрузки KP_i .

В таблице 2 приведено первое приближение значения базисной мощности $P_{БАЗ(i)}$ для каждой пары измерений.

Способ определения статических характеристик нагрузки по напряжению может быть осуществлен с помощью устройства (фиг. 1), в котором первый выход блока управления 1 соединен с устройством регулирования напряжения под нагрузкой питающего трансформатора 2. Второй выход блока управления 1 соединен с входом блока измерений 3, входы которого подключены к измерительным трансформаторам тока 4 и напряжения 5. Выход блока измерения 3 соединен с входом блока регулирующих эффектов 6, входом блока фильтрации 7. Выход блока регулирующих эффектов 6 соединен с входом блока фильтрации 7, выход которого соединен с входом блока задания значений базисной мощности 8, выход которого соединен с первым входом блока приведения 9, выход которого соединен с входом блока определения коэффициентов 10. Выход блока определения коэффициентов 10 соединен с входом блока определения погрешности 11, выход которого соединен с входом блока уточнения значений базисной мощности 12, выход которого соединен со вторым входом блока приведения 9.

Блок измерения 3 может быть выполнен с помощью анализатора электропотребления AR5. Блок управления 1, блок регулирующих эффектов 6, блок фильтрации 7, блок задания значений базисной мощности 8, блок приведения 9, блок определения коэффициентов 10, блок определения погрешности 11, блок уточнения значений базисной мощности 12 могут быть выполнены на микроконтроллерах серии 51 производителя atmel AT89S53.

В качестве примера приведен способ определения статической характеристики активной мощности нагрузки ОАО «Сибкабель» г. Томск по напряжению. Нагрузка ОАО «Сибкабель» имеет резкопеременный характер, обусловленный особенностями производства, что сопровождается нерегулярными колебаниями и дрейфом мощности, поэтому определение статической характеристики нагрузки по напряжению известными способами невозможно.

Последовательное изменение напряжения в узле нагрузки производят с помощью устройства регулирования напряжения под нагрузкой питающего трансформатора 2, а измерение значений напряжения и мощности производят с помощью блока измерения 3. Для координации процесса измерения с процессом изменения напряжения служит блок управления 1, в котором в соответствии с программой эксперимента последовательно формируют управляющие воздействия на блок измерения 3, привод устройства регулирования напряжения под нагрузкой питающего трансформатора 2 и снова на блок измерения 3. В соответствии с управляющими воздействиями до и после каждого изменения напряжения в блоке измерения 3 производят измерение значений трехфазной активной мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ и действующего среднефазного значения напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, где i - порядковый номер пары измерений, индекс 1 означает, что измерение произведено до изменения напряжения, а индекс 2 означает, что измерение произведено после изменения напряжения. Далее полученные пары измеренных значений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ (таблица 1) одновременно поступают с выхода блока измерения 3 на вход блока регулирующих эффектов 6 и на вход блока фильтрации 7. В блоке

регулирующих эффектов 6 определяют значения регулирующих эффектов нагрузки KP_i для каждой пары измерений в соответствии с соотношением:

$$KP_i = \frac{P_{2(i)} - P_{1(i)}}{U_{2(i)} - U_{1(i)}} \cdot \frac{U_{2(i)} + U_{1(i)}}{P_{2(i)} + P_{1(i)}}.$$

Значения регулирующих эффектов нагрузки KP_i (таблица 1) поступают с выхода блока регулирующих эффектов 6 на вход блока фильтрации 7, где производят фильтрацию полученных пар измерений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ по значению регулирующего эффекта нагрузки KP_i , исключая пары измерений, значения регулирующего эффекта которых не попадают в доверительный интервал (в данном случае $0,75 \div 2$). Исключаемые значения выделены в таблице 1 жирным курсивом.

С выхода блока фильтрации 7 оставшиеся пары значений напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, и мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ поступают на вход блока заданий значений базисной мощности 8, где определяют первое приближение своего значения базисной мощности для каждой пары измерений:

$$P_{\text{БАЗ}(i)} = \frac{P_{1(i)} + P_{2(i)}}{2} - \text{для первой пары измерений,}$$

$$P_{\text{БАЗ}(i+1)} = \frac{P_{1(i-1)} \cdot P_{\text{БАЗ}(i)}}{P_{2(i)}} - \text{для последующих пар измерений.}$$

Далее полученные значения базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ (таблица 2) вместе со значениями $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ с выхода блока заданий значений базисной мощности 8 поступают на вход блока приведения 9, где измеренные значения напряжения и мощности переводят в относительные единицы:

$$P_{*1(i)} = \frac{P_{1(i)}}{P_{\text{БАЗ}(i)}}, \quad P_{*2(i)} = \frac{P_{2(i)}}{P_{\text{БАЗ}(i)}}, \quad (1)$$

$$U_{*1(i)} = \frac{U_{1(i)}}{U_{\text{БАЗ}}}, \quad U_{*2(i)} = \frac{U_{2(i)}}{U_{\text{БАЗ}}},$$

причем для перевода всех измеренных значений напряжения в относительные единицы, так же как и в прототипе, используют одно и то же неизменное значение базисного напряжения (в данном случае $U_{\text{БАЗ}}=6200$ В).

Полученные значения $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ в относительных единицах с выхода блока приведения 9 поступают на вход блока определения коэффициентов 10, где их аппроксимируют полиномом (фиг. 2)

$$P_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2,$$

причем коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 определяют методом наименьших квадратов по зависимостям

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2,$$

...

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2.$$

Затем полученные коэффициенты $a_0=1,387$, $a_1=-1,794$, $a_2=1,392$ вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ с выхода блока определения коэффициентов 10 поступают на вход блока определения погрешности 11, где определяют среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot N} \sum_{i=1}^N \left(\left[P_{*1(i)} - (a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2) \right]^2 + \left[P_{*2(i)} - (a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2) \right]^2 \right)} = 0,014,$$

где N - количество пар измерений, оставшихся после фильтрации в блоке фильтрации 7. Затем определенные ранее значения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ поступают с выхода блока определения погрешности 11 на вход блока уточнения значений базисной мощности 12, в котором определяют второе приближение своего значения базисной мощности для каждой пары измерений:

$$P_{\text{БАЗ}(i)} = \frac{\frac{P_{*1(i)} + P_{*2(i)}}{2}}{a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right) + a_2 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right)^2}.$$

Полученные значения базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ поступают с выхода блока уточнения значений базисной мощности 12 на вход блока приведения 9, в котором повторяют перевод измеренных значений мощности в относительные единицы по формулам (1) и далее устройство продолжает работать описанным образом в соответствии со схемой фиг. 1. При этом перевод значений мощности в относительные единицы, определение коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , определение среднеквадратического отклонения σ и определение следующего приближения значений базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ повторяют до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение σ уменьшается. В рассматриваемом примере среднеквадратическое отклонение продолжало уменьшаться до минимального значения $\sigma=0,003$, после чего начало увеличиваться. Поэтому в качестве искомой статической характеристикой нагрузки по напряжению принимают полином $P_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2$ с коэффициентами $a_0=1,481$, $a_1=-2,277$, $a_2=1,796$, соответствующими минимальному среднеквадратическому отклонению $\sigma=0,003$ (фиг. 3).

Таким образом, на примере определения статической характеристики активной мощности нагрузки по напряжению ОАО «Сибкабель» показана работоспособность предложенного способа даже при наличии нерегулярных колебаний нагрузки и дрейфа мощности. Работа устройства при определении статической характеристики реактивной мощности нагрузки по напряжению будет аналогичной.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАГРУЗКИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ

5 Таблица 1

<i>i</i>	$U_{1(i)}$, кВ	$P_{1(i)}$, кВт	$U_{2(i)}$, кВ	$P_{2(i)}$, кВт	KP_i
1	6,09	1,41	6,18	1,40	-0,06
2	6,16	1,61	6,27	1,63	0,92
3	6,26	1,28	6,36	1,31	1,46
4	6,38	1,02	6,48	1,01	-0,76
5	6,48	1,22	6,59	1,23	0,51
6	6,58	1,03	6,68	1,05	0,98
7	6,68	1,05	6,80	1,08	1,78
8	6,79	1,06	6,89	1,09	1,55
9	6,89	1,59	6,79	1,51	3,05
10	6,79	1,01	6,69	0,98	1,85
11	6,70	1,27	6,59	1,24	1,47
12	6,60	1,18	6,49	1,15	1,51
13	6,50	1,18	6,40	1,15	1,55
14	6,40	0,95	6,32	0,94	0,99
15	6,32	0,89	6,22	0,87	1,92
16	6,19	1,19	6,12	1,22	-1,67
17	6,11	0,99	6,01	0,97	0,79
18	6,01	1,21	5,93	1,17	2,48
19	5,94	0,95	6,02	0,95	0,17
20	6,03	1,38	6,12	1,42	1,89

30 Таблица 2

<i>i</i>	$P_{\text{БАЗ}(i)}$, Вт
1	1606,12
2	1260,82
3	989,72
4	993,81
5	975,53
6	906,25
7	1172,44
8	1115,2
9	1139,08
10	941,7
11	897,65
12	1023,99
13	1445,52

Формула изобретения

Способ определения статических характеристик нагрузки по напряжению, при котором в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют напряжение и мощность, переводят измеренные значения напряжения и мощности в относительные единицы, отличающийся тем, что напряжение и мощность измеряют до и после каждого изменения напряжения, определяют значения регулирующего эффекта нагрузки для каждой пары измеренных значений напряжения и мощности, производят фильтрацию полученных пар измерений по значениям регулирующего эффекта нагрузки, затем при переводе значений мощности в относительные единицы определяют первое приближение своего значения базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ для каждой пары измерений, аппроксимируют полученные значения напряжения и мощности в относительных единицах полиномом

$$P_*(U_*) = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2,$$

причем коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 определяют методом наименьших квадратов по зависимостям:

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2,$$

...

$$P_{*1(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*1(i)} + a_2 \cdot U_{*1(i)}^2,$$

$$P_{*2(i)} = a_0 + a_1 \cdot U_{*2(i)} + a_2 \cdot U_{*2(i)}^2,$$

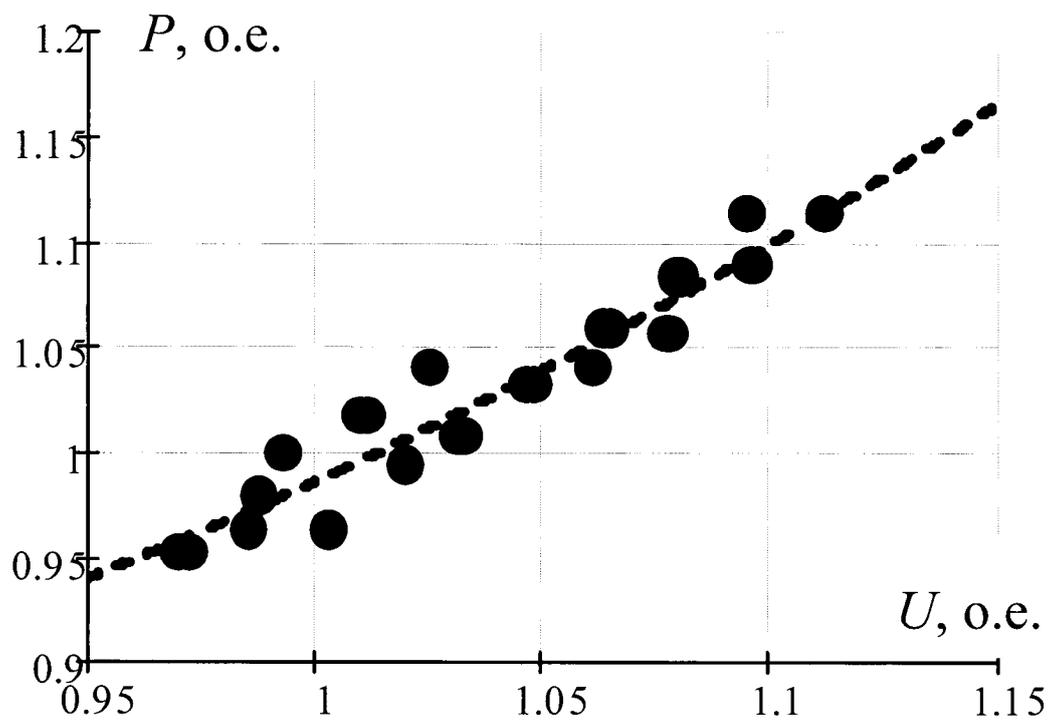
где $U_{*1(i)}$ и $P_{*1(i)}$ - значения напряжения и мощности в относительных единицах до изменения напряжения для i -й пары измерений,

$U_{*2(i)}$ и $P_{*2(i)}$ - значения напряжения и мощности в относительных единицах после изменения напряжения для i -й пары измерений,

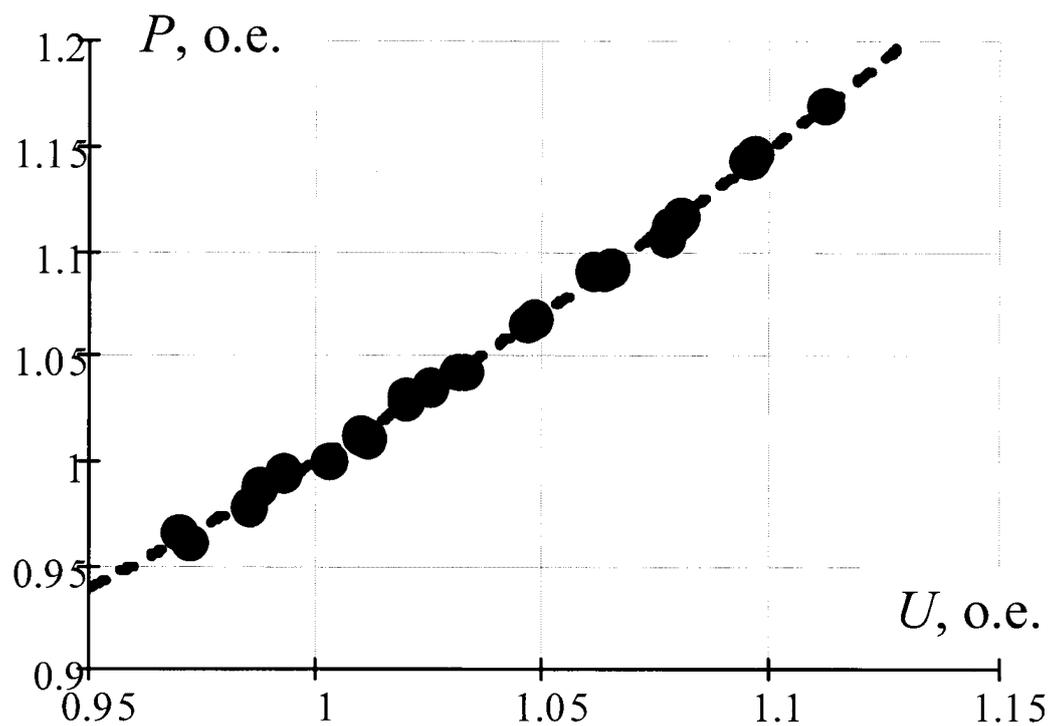
определяют среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома, определяют второе приближение своего значения базисной мощности для каждой пары измерений:

$$P_{\text{БАЗ}(i)} = \frac{P_{*1(i)} + P_{*2(i)}}{2} \cdot \frac{1}{a_0 + a_1 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right) + a_2 \cdot \left(\frac{U_{*1(i)} + U_{*2(i)}}{2} \right)^2},$$

повторяют перевод значений мощности в относительные единицы, определение коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , определение среднеквадратического отклонения и определение следующего приближения значений базисной мощности до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение уменьшается, принимают в качестве искомой статической характеристикой нагрузки по напряжению полином с коэффициентами a_0 , a_1 , a_2 , соответствующими минимальному среднеквадратическому отклонению.



Фиг. 2



Фиг. 3