



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014145422/28, 12.11.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.11.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.11.2014

(45) Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 133931 U1, 27.10.2013. RU 2094809
C1, 27.10.1997. US 7405553 B1, 29.07.2008. EA
17830 B1, 29.03.2013.

Адрес для переписки:

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

(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 С ЗАЩИТОЙ ОТ АНОМАЛЬНЫХ ИСКАЖЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники. Способ заключается в том, что, в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют значения мощности и напряжения на нагрузке и осуществляют перевод в относительные единицы. Причем измерение значения мощности и напряжения на нагрузке производят до и после каждого I-го изменения напряжения в узле нагрузки в виде трехфазной активной мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ и действующего среднефазного значения напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, где $i=1, 2$ - порядковый номер измерений в паре для I-го изменения напряжения, индекс 1 соответствует измерению до изменения напряжения, а индекс 2 - после изменения напряжения, по которым определяют значения показателей регулирующих эффектов нагрузки KP_i для каждой пары измерений. Исключают пары измерений, значения показателей регуливающего эффекта которых не попадают в заданный доверительный интервал. 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 , определяют первое приближение значений базисной мощности для каждой пары измерений при I-м изменении напряжения

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

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

измерений, относительно которых осуществляют перевод в относительные единицы пары измерений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ в соответствии с соотношениями

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

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

после чего определяют коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 аппроксимирующего полинома второй степени

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

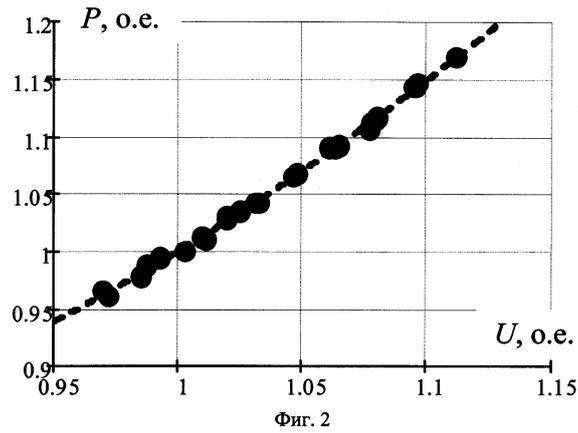
и среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома

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

где N - количество пар измерений, а по определенным ранее значениям коэффициентов a_0, a_1, a_2 вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ уточняют значения базисной мощности для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

с последующим их переводом в относительные единицы и повторением операций определения коэффициентов a_0, a_1, a_2 , среднеквадратического отклонения σ и последующего уточнения значений базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение σ уменьшается или до заданного минимального значения или до начала своего увеличения. Технический результат заключается в повышении точности. 2 ил., 2 табл.



Фиг. 2

RU 2573171 C1

RU 2573171 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014145422/28, 12.11.2014
 (24) Effective date for property rights:
12.11.2014
 Priority:
 (22) Date of filing: 12.11.2014
 (45) Date of publication: 20.01.2016 Bull. № 2
 Mail address:
109074, Moskva, Kitajgorodskij pr-d, 7, str. 3, OAO
"SO EEhS"

(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 DETERMINATION OF LOAD STATIC CHARACTERISTICS AGAINST VOLTAGE WITH ABNORMAL DEVIATIONS PROTECTION**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: in the load unit sequential changes in voltage take place, on-load power and voltage are measured and translated into relative units. At that the measurement of the on-load power and voltage is performed before and upon each Ith voltage change in the load unit in the form of three-phase active power P_{1(i)} and P_{2(i)} and valid average phase voltage U_{1(i)} and U_{2(i)}, where i=1, 2 is a serial number of change in a pair for Ith voltage change, index 1 corresponds to measurement before voltage change while index 2 - upon voltage change, and against them values of load controlling effect indices KP_i are determined for each pair of measurements. The pairs of measurements are excluded when values of the load controlling effect indices are outside the limits of the preset confidence interval. The received pairs of measurements U_{1(i)} and U_{2(i)}, P_{1(i)} and P_{2(i)} are filtered against values of the load controlling effect indices KP_i, the first approximation of base power values is defined for each pair of measurements at Ith voltage change

$$P_{base(i)} = \frac{P_{1(i)} + P_{2(i)}}{2} - \text{for the first pair of measurements, } P_{base(i+j)} = \frac{P_{1(i+j)} \cdot P_{base(i)}}{P_{2(i)}} - \text{for the next}$$

pairs of measurements in regard to which the pairs of measurements U_{1(i)} and U_{2(i)}, P_{1(i)} and P_{2(i)} are translated into relative units as per ratios

$$P_{*1(i)} = \frac{P_{1(i)}}{P_{base(i)}}, P_{*2(i)} = \frac{P_{2(i)}}{P_{base(i)}}, \text{ thereafter coefficients}$$

a₀, a₁, a₂ of the polynomial approximant of the second

$$\text{degree } U_{*1(i)} = \frac{U_{1(i)}}{U_{base}}, U_{*2(i)} = \frac{U_{2(i)}}{U_{base}}, \text{ and mean-}$$

square deviation for voltage and power values are obtained in relative units of the obtained polynomial

$P_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2$, where N is the quantity of pairs of measurements, and against the preliminarily defined coefficients a₀, a₁, a₂ together with the values of U_{*1(i)} and U_{*2(i)}, P_{*1(i)} and P_{*2(i)} basis power values are specified for each pair of measurement in compliance with the ratio

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

with their further translation into relative units and repetition of operations for the determination of coefficients a₀, a₁, a₂, mean-square deviation σ and further specification of base power values P_{base(i)} until

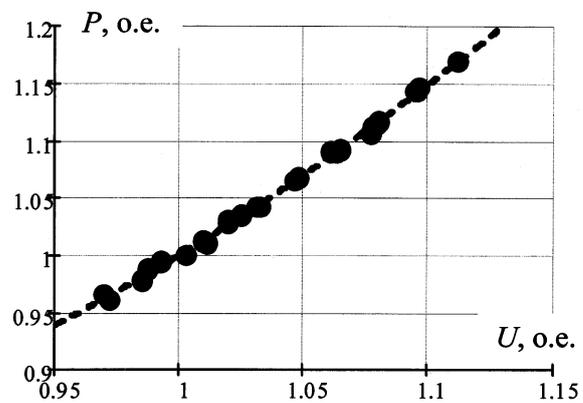
RU 2 573 171 C1

RU 2 573 171 C1

the mean-square deviation σ is decreased either to the minimum preset value or a value of its increase beginning with each repetition.

EFFECT: higher accuracy.

2 dwg, 2 tbl



Фиг. 2

R U 2 5 7 3 1 7 1 C 1

R U 2 5 7 3 1 7 1 C 1

Изобретение относится к области измерений в электротехнике и может быть использовано для определения статических характеристик нагрузки по напряжению U , которые представляют в виде полинома $P_*(U_*) = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2$ второй степени с коэффициентами аппроксимации a_0, a_1, a_2 , которые соответствуют

минимальному среднеквадратическому отклонению.

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], согласно которому в узле нагрузки последовательно изменяют напряжение и измеряют значения напряжения и мощности на нагрузке с последующим переводом измеренных значений в относительные единицы, а полученную в результате характеристику используют в качестве статической характеристики нагрузки.

Этот способ является наиболее близким по назначению и техническому результату при использовании относительно предложенного, поэтому выбран в качестве прототипа.

Условием использования указанного способа является стационарность исследуемой нагрузки. Если имеют место нерегулярные колебания и дрейф мощности, то указанный способ использоваться не может, поскольку приводит к низкой точности определения статической характеристики нагрузки. 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.

Таким образом, известный способ определения статической характеристики нагрузки обладает относительно низкой точностью.

Задачей изобретения является разработка способа, позволяющего повысить точность определения статических характеристик нагрузки по напряжению при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности.

Требуемый технический результат заключается в повышении точности определения статических характеристик нагрузки при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности.

Поставленная задача решается, а требуемый технический результат достигается тем, что в способе, основанном на том, что в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют значения мощности и напряжения на нагрузке и осуществляют перевод в относительные единицы, согласно изобретению измерение значения мощности и напряжения на нагрузке производят до и после каждого I -го изменения напряжения в узле нагрузки в виде трехфазной активной мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ и действующего среднефазного значения напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, где $i=1, 2$ - порядковый номер измерений в паре для I -го изменения напряжения, индекс 1 соответствует измерению до изменения напряжения, а индекс 2 - после изменения напряжения, по которым определяют значения показателей регулирующих эффектов нагрузки KP_i для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

исключают пары измерений, значения показателей регулирующего эффекта которых не попадают в заданный доверительный интервал, 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 ; определяют первое приближение значений базисной мощности для каждой пары измерений при I -м изменении напряжения

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

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

относительно которых осуществляют перевод в относительные единицы пары измерений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ в соответствии с соотношениями

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

после чего определяют коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 аппроксимирующего полинома второй степени $P_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2$ и средноквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома

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

где N - количество пар измерений, а по определенным ранее значениям коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ уточняют значения базисной мощности для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

с последующим их переводом в относительные единицы и повторением операций определения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , средноквадратического отклонения σ и последующего уточнения значений базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ до тех пор, пока с каждым последующим повторением средноквадратическое отклонение σ уменьшается или до заданного минимального значения или до начала своего увеличения.

Способ определения статических нагрузок по напряжению реализуется следующим образом.

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 средноквадратическое отклонение результатов измерений в относительных единицах от полученной статической характеристики

нагрузки было минимальным.

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 их выбирают 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 чертежах представлены:

на фиг. 1 - статическая характеристика нагрузки и результаты измерений напряжения и мощности, полученные по первому приближению значений базисной мощности;
на фиг. 2 - статическая характеристика нагрузки и результаты измерений напряжения и мощности, полученные по значениям базисной мощности, соответствующие 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 $P_{БАЗi}$ для каждой пары измерений.

В качестве примера приведен способ определения статической характеристики активной мощности нагрузки предприятия ОАО «Сибкабель» г. Томск по напряжению. Нагрузка предприятия 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. В соответствии с управляющими воздействиями до и после каждого изменения напряжения 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) применяют для определения значений показателей регулирующих эффектов нагрузки KP_i для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

Проверяют, не выходят ли значения показателей регулирующих эффектов за пределы доверительного интервала, например $0,75 \div 2$, и исключают пары измерений, значения

регулирующего эффекта которых выходят за его пределы. Исключаемые значения выделены в таблице 1 жирным курсивом.

Значения регулирующих эффектов нагрузки KP_i (таблица 1) используют для линейной фильтрации полученных пар измерений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ значению регулиющего эффекта нагрузки KP_i . Профильтрованные пары значений напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$ и мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ используют для определения значений базисной мощности вначале в виде первого приближения своего значения 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 $P_{2(i)}$ переводятся в относительные единицы

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

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

В рассматриваемом примере используют 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 применяют для определения коэффициентов аппроксимирующего полинома (фиг. 1)

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

которые могут быть определены стандартным 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, в рассматриваемом случае $a_0=1,387$, $a_1=-1,794$, $a_2=1,392$, вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ используются для определения погрешности в виде среднеквадратического отклонения 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.

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 $P_{*2(i)}$ используют для уточнения значений базисной мощности, например, определяют второе приближение значения базисной мощности для каждой

пары измерений

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

с последующим ее переводом в относительные единицы и повторением операций определения коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 , среднеквадратического отклонения σ и последующего уточнения значений базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение σ уменьшается или до заданного минимального значения или до начала своего увеличения. То есть перевод значений базисной 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, среднеквадратическое отклонение σ уменьшается с каждым последующим повторением. 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. 2). Возможно и ограничение процесса некоторым минимальным значением, например, до $\sigma=0,01$.

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

Благодаря введению дополнительного арсенала технических средств (операций способа, охарактеризованных выше), достигается требуемый технический результат, заключающийся в повышении точности определения статических характеристик нагрузки при наличии нерегулярных колебаний и дрейфа мощности и с учетом возможных аномальных искажений, поскольку при обработке результатов измерений исключают пары измерений, значения показателей регулирующего эффекта которых

не попадают в заданный доверительный интервал.

Таблица 1

i	$U_{1(i)}$, кВ	$P_{1(i)}$, кВт	$U_{2(i)}$, кВ	$P_{2(i)}$, кВт	KP_i
5	6,09	1,41	6,18	1,40	-0,06
	6,16	1,61	6,27	1,63	0,92
	6,26	1,28	6,36	1,31	1,46
	6,38	1,02	6,48	1,01	-0,76
10	6,48	1,22	6,59	1,23	0,51
	6,58	1,03	6,68	1,05	0,98
	6,68	1,05	6,80	1,08	1,78
	6,79	1,06	6,89	1,09	1,55
	6,89	1,59	6,79	1,51	3,05
15	6,79	1,01	6,69	0,98	1,85
	6,70	1,27	6,59	1,24	1,47
	6,60	1,18	6,49	1,15	1,51
	6,50	1,18	6,40	1,15	1,55
	6,40	0,95	6,32	0,94	0,99
20	6,32	0,89	6,22	0,87	1,92
	6,19	1,19	6,12	1,22	-1,67
	6,11	0,99	6,01	0,97	0,79
	6,01	1,21	5,93	1,17	2,48
25	5,94	0,95	6,02	0,95	0,17
	6,03	1,38	6,12	1,42	1,89

Таблица 2

i	$P_{\text{БАЗ}(i)}$, Вт
30	1606,12
	1260,82
	989,72
	993,81
35	975,53
	906,25
	1172,44
	1115,2
40	1139,08
	941,7
	897,65
	1023,99

Формула изобретения

Способ определения статических характеристик нагрузки по напряжению с защитой от аномальных искажений, основанный на том, что в узле нагрузки производят последовательные изменения напряжения, измеряют значения мощности и напряжения

на нагрузке и осуществляют перевод в относительные единицы, отличающийся тем, что измерение значения мощности и напряжения на нагрузке производят до и после каждого I-го изменения напряжения в узле нагрузки в виде трехфазной активной мощности $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ и действующего среднефазного значения напряжения $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, где $i=1, 2$ - порядковый номер измерений в паре для I-го изменения напряжения, индекс 1 соответствует измерению до изменения напряжения, а индекс 2 - после изменения напряжения, по которым определяют значения показателей регулирующих эффектов нагрузки KP_i для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

исключают пары измерений, значения показателей регулирующего эффекта которых не попадают в заданный доверительный интервал, 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 , определяют первое приближение значений базисной мощности для каждой пары измерений при I-м изменении напряжения

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

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

осуществляют перевод в относительные единицы пары измерений $U_{1(i)}$ и $U_{2(i)}$, $P_{1(i)}$ и $P_{2(i)}$ в соответствии с соотношениями

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

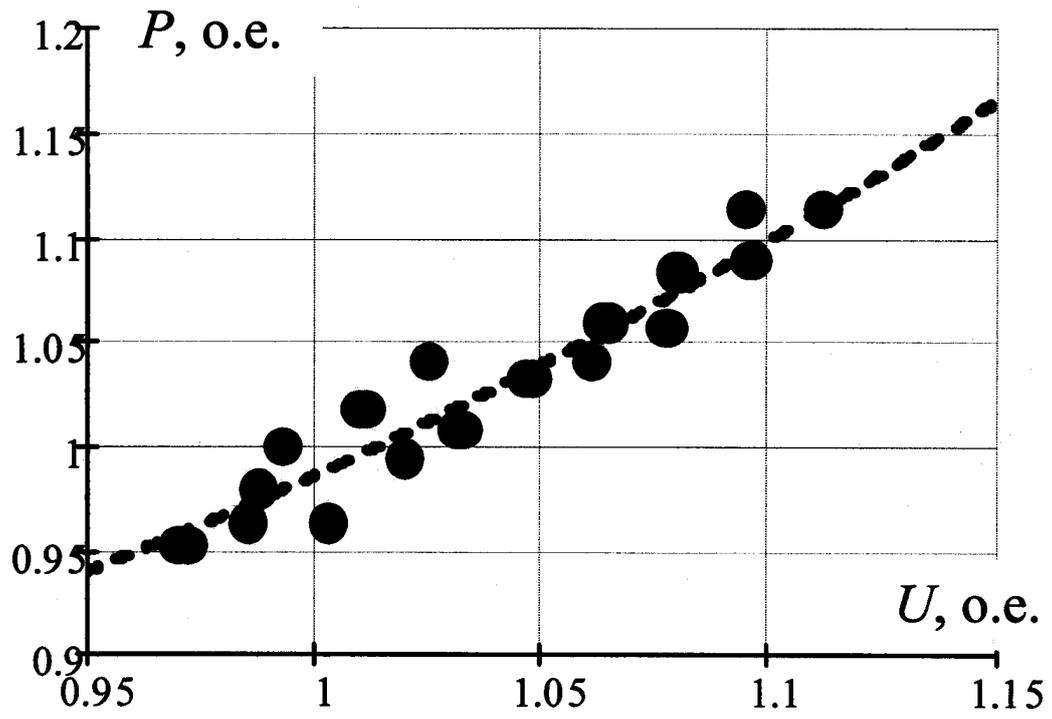
после чего определяют коэффициенты a_0, a_1, a_2 , аппроксимирующего полинома второй степени $P_* = a_0 + a_1 \cdot U_* + a_2 \cdot U_*^2$ и среднеквадратическое отклонение значений напряжения и мощности в относительных единицах от полученного полинома

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

где N - количество пар измерений, а по определенным ранее значениям коэффициентов a_0, a_1, a_2 вместе со значениями $U_{*1(i)}$ и $U_{*2(i)}$, $P_{*1(i)}$ и $P_{*2(i)}$ уточняют значения базисной мощности для каждой пары измерений в соответствии с соотношением

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

с последующим их переводом в относительные единицы и повторением операций определения коэффициентов a_0, a_1, a_2 , среднеквадратического отклонения σ и последующего уточнения значений базисной мощности $P_{\text{БАЗ}(i)}$ до тех пор, пока с каждым последующим повторением среднеквадратическое отклонение σ уменьшается или до заданного минимального значения или до начала своего увеличения.



Фиг. 1