

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2526834

**СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ
ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГБОУ ВПО "СПбГПУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012154956

Приоритет изобретения **18 декабря 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **02 июля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **18 декабря 2032 г.**

*И.о. руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012154956/07, 18.12.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.12.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.12.2012

(43) Дата публикации заявки: 27.06.2014 Бюл. № 18

(45) Опубликовано: 27.08.2014 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2449296 C1, 27.04.2012. RU 94011547 A1, 20.04.1996. SU 985877 A, 30.12.1982. SU 633085 A, 16.11.1978. US 2428613 A, 07.10.1947

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул.,
29, ФГБОУ ВПО "СПбГПУ", Отдел
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

**Ванин Валерий Кузьмич (RU),
Попов Максим Георгиевич (RU),
Попов Станислав Олегович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Санкт-
Петербургский государственный
политехнический университет" (ФГБОУ
ВПО "СПбГПУ") (RU)****(54) СПОСОБ КОМПЕНСАЦИИ ПОГРЕШНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА**

(57) Реферат:

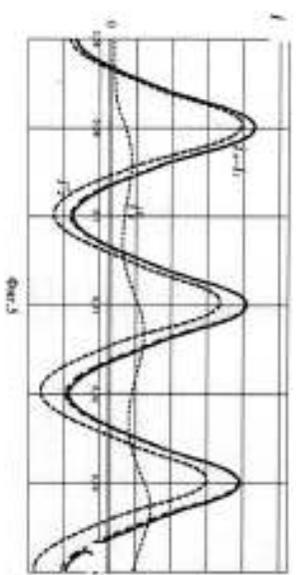
Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в системах релейной защиты, измерения и противоаварийной автоматики. Технический результат состоит в снижении погрешности восстановления первичного тока в переходных режимах, устойчивости восстановления первичного тока и увеличении быстродействия. Способ компенсации погрешности трансформатора тока (ТТ) включает предварительное определение индуктивности рассеяния вторичной обмотки, потери на гистерезис и вихревые токи трансформатора тока, на основании чего рассчитывают сопротивление потерь. Подключают трансформатор тока в первичную цепь энергосистемы. Во вторичную цепь трансформатора тока подключают преобразователь «ток-напряжение». На выход преобразователя подключают аналого-цифровой

преобразователь, который с заданным интервалом времени измеряет мгновенные значения напряжения, пропорционального вторичному току ТТ, и формирует цифровой код, соответствующий мгновенному значению вторичного тока трансформатора тока. Мгновенные значения производной потокосцепления определяют путем вычисления первого и последующих приближений производной потокосцепления между первичной и вторичной обмотками по формуле. После чего проводят операцию интегрирования и расчета первого приближения мгновенного значения потокосцепления, определяют по кривой намагничивания новое значение тока намагничивания трансформатора тока, определяют разницу между новым значением тока и принятым. 8 ил.

RU 2 526 834 C2

RU 2 526 834 C2

R U 2 5 2 6 8 3 4 C 2



R U 2 5 2 6 8 3 4 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01F 27/42 (2006.01)
H01F 38/28 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012154956/07, 18.12.2012

(24) Effective date for property rights:
18.12.2012

Priority:

(22) Date of filing: 18.12.2012

(43) Application published: 27.06.2014 Bull. № 18

(45) Date of publication: 27.08.2014 Bull. № 24

Mail address:

195251, Sankt-Peterburg, Politekhnikeskaja ul., 29,
FGBOU VPO "SPbGPU", Otdel intellektual'noj
sobstvennosti

(72) Inventor(s):

Vanin Valerij Kuz'mich (RU),
Popov Maksim Georgievich (RU),
Popov Stanislav Olegovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj politekhnicheskij
universitet" (FGBOU VPO "SPbGPU") (RU)

(54) **ERROR COMPENSATION METHOD FOR CURRENT TRANSFORMER**

(57) Abstract:

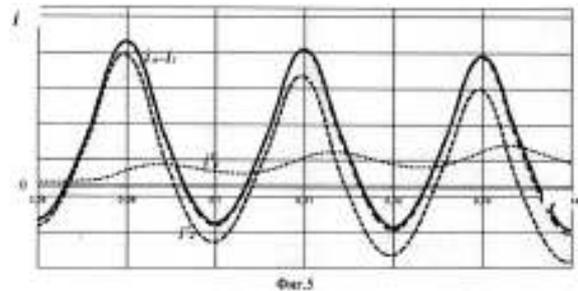
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention is related to electric engineering and may be used in systems of relay protection, measurement and emergency control equipment. The error compensation method for current transformer includes preliminary determination of leakage inductance for the secondary winding, hysteresis losses and eddy currents of the current transformer, which are used as the basis for calculation of loss resistance. The current transformer is coupled to the primary circuit of the power system. Current-voltage converter is coupled to the secondary circuit of the transformer. An analogue-to-digital converter is connected to the converter output; with the preset time frame the ADC measures instantaneous voltage values proportional to the secondary current of the transformer and generates a digital code corresponding to the instantaneous value of the secondary current of the transformer. Instantaneous values of flux linkage derivative are determined by calculation of the first and next approximations of flux linkage derivative between

the primary and secondary windings by formula. Thereafter integration and calculation is made for the first approximation of flux linkage derivative, a new value of excitation current is determined for the current transformer against induction-permeability curve, and the difference is defined between the new value and the accepted one.

EFFECT: reducing error of the primary current recovery in transient modes, stability of the primary current recovery and increase of operating speed.

8 dwg



Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в системах релейной защиты, измерения и противоаварийной автоматики.

Известны способы компенсации погрешности трансформатора тока (ТТ) на основе определения тока намагничивания трансформатора тока с учетом характеристики намагничивания сердечника. Известен способ, который заключается в подключении во вторичную цепь трансформатора тока преобразователя «ток-напряжение», в дальнейшем подключении сумматора-интегратора и блока нелинейности. Способ реализован в устройстве компенсации погрешности трансформатора тока [заявка на патент RU №94011547]. Недостатками способа являются: необходимость использования двух последовательно включенных интегрирующих элементов, что, при наличии смещения и дрейфа нуля усилителей, приведет к потере устойчивости решения. Не учитывается влияние паразитных параметров активных и индуктивных сопротивлений обмоток трансформатора тока. Выходным сигналом устройства является только восстановленный первичный ток, непосредственно ток намагничивания трансформатора тока не вычисляется.

Наиболее близким техническим решением, выбранным за прототип, является способ компенсации погрешности измерительных трансформаторов тока с учетом характеристики намагничивания сердечника [заявка на патент №WO 2009/011536]. В способе предварительно получают экспериментальным путем семейство характеристик намагничивания трансформатора тока в установившихся режимах, затем во вторичную цепь трансформатора тока подключают преобразователь «ток-напряжение», на выход которого подключают аналого-цифровой преобразователь, который с заданным интервалом времени измеряет мгновенные значения напряжения, пропорционального вторичному току ТТ, и формирует цифровой код, соответствующий мгновенному значению вторичного тока трансформатора тока, далее, на каждом интервале времени между измерениями мгновенных значений напряжений, определяют напряжение вторичной обмотки трансформатора тока, вычисляют потокосцепление вторичной обмотки из выражения

$$\frac{d\psi_{21}}{dt} = (r_2 + R_H) i_2$$

где r_2 - сопротивление вторичной обмотки; R_H - сопротивление нагрузки ТТ; i_2 - вторичный ток ТТ; ψ_{21} - потокосцепление между вторичной и первичной обмотками. После чего выбирают кривую намагничивания трансформатора тока исходя из среднего и максимального значения потокосцепления за предыдущий период промышленной частоты. Далее по выбранной кривой определяют ток намагничивания и эквивалентный ток потерь в сердечнике магнитопровода. Затем вычисляют восстановленный первичный ток путем суммирования вторичного тока, тока намагничивания и эквивалентного тока потерь в магнитопровode. Недостатками способа являются: во-первых, низкое быстродействие способа и большая погрешность восстановления первичного тока в переходных процессах в энергосистеме, которые обуславливаются учетом полученных значений потокосцепления за предыдущий период промышленной частоты при выборе необходимой кривой намагничивания, во-вторых неустойчивость решения задачи восстановления первичного тока и определения тока намагничивания вследствие наличия операции интегрирования в алгоритме расчета тока намагничивания.

Задачей изобретения является снижение погрешности восстановления первичного тока в переходных режимах, обеспечение устойчивости решения задачи восстановления первичного тока и увеличение быстродействия способа.

Поставленные задачи достигаются тем, что, предложен способ компенсации погрешности трансформатора тока. Перед включением трансформатора тока в работу предварительно определяют индуктивность рассеяния вторичной обмотки, потери на гистерезис и вихревые токи трансформатора тока, на основании чего рассчитывают сопротивление потерь [Электротехника: Учебно-методический комплекс/И.М. Коголь, Г.П. Дубовицкий, В.Н. Бородеянко, В.С. Гун, Н.В. Клиначев, В.В. Крымский, А.Я. Эргард, В.А. Яковлев. Под редакцией Н.В. Клиначева. - Offline версия 2.2. - Челябинск, 2008. - Файлов 3202, ил.]. После чего подключают трансформатор тока в первичную цепь энергосистемы и включают его в работу. При этом во вторичную цепь трансформатора тока подключают преобразователь «ток-напряжение», на выходе которого формируется сигнал напряжения пропорционального вторичному току. На выход преобразователя подключают аналого-цифровой преобразователь, который с заданным интервалом времени измеряет мгновенные значения напряжения пропорционального вторичному току ТТ, и формирует цифровой код, соответствующий мгновенному значению вторичного тока трансформатора тока. В течение интервала времени до момента получения нового значения цифрового кода определяют ток намагничивания трансформатора тока и восстановленный первичный ток.

Для этого решают нелинейную систему уравнений, описывающую работу трансформатора тока,

$$0 = (r_2 + R_H) i_2 + \frac{(L_{2S} + L_H) di_2}{dt} - \frac{M_{21} di'_\mu}{dt} - r_n i'_\mu \quad (1)$$

$$i'_{1B} = i'_\mu + i_2 \quad (2)$$

$$\frac{d\psi_{21}}{dt} = \frac{M_{21} di'_\mu}{dt} \quad (3)$$

$$i'_\mu = f(\psi_{21})$$

где r_2 - сопротивление вторичной обмотки; i_2 - вторичный ток ТТ; ψ_{21} - потокосцепление между вторичной и первичной обмотками; i'_1 - приведенный восстановленный первичный ток ТТ; $f(\psi_{21})$ - обратная характеристика намагничивания магнитопровода трансформатора тока; L_{2S} - индуктивность рассеяния вторичной обмотки; r_n - эквивалентное сопротивление, учитывающее потери в магнитопроводе ТТ на гистерезис и вихревые токи; R_H и L_H - сопротивление и индуктивность нагрузки ТТ; i'_μ - приведенный ток намагничивания ТТ.

Системе уравнений соответствует Т-образная схема замещения трансформатора тока. (фиг.1). При этом значение взаимной индуктивности M_{21} , потокосцепления ψ_{21} и тока намагничивания i'_μ связаны характеристикой намагничивания магнитопровода. Потери на вихревые токи и гистерезис учитываются соответствующим сопротивлением r_1 . Сопротивление r_1 и индуктивность рассеяния L_{1S} первичной обмотки обычно достаточно малы, поэтому в расчетах эти параметры принимаются равными нулю.

Таким образом, в течение интервала времени до момента получения нового значения цифрового кода определяют первое приближение производной потокосцепления между вторичной и первичной обмотками.

$$\frac{d\psi_{21}}{dt} = (r_2 + R_H) i_2 + \frac{(L_{2S} + L_H) di_2}{dt} - r_n i'_\mu$$

где r_2 - сопротивление вторичной обмотки; i_2 - вторичный ток ТТ; ψ_{21} -
 потокосцепление между вторичной и первичной обмотками; L_{2S} - индуктивность
 рассеяния вторичной обмотки; r_n - эквивалентное сопротивление, учитывающее потери
 5 в магнитопроводе ТТ на гистерезис и вихревые токи; R_H , L_H - сопротивление и
 индуктивность нагрузки ТТ; i'_μ - приведенный ток намагничивания ТТ.

Схема для реализации способа - фиг.2.

При этом значение тока намагничивания принимают равным значению тока
 намагничивания, полученного для предыдущего момента времени измерения
 10 мгновенного значения вторичного тока. Далее одним из известных методов численного
 интегрирования, например уточненным методом Эйлера, определяют первое
 приближение мгновенного значения потокосцепления. После чего по обратной кривой
 намагничивания сердечника ТТ $i'_\mu = f(\psi_{21})$ определяется первое приближение тока
 намагничивания. После чего делают выводы: если это приближенное значение тока
 намагничивания отличается от значения тока намагничивания, используемого при
 15 расчете потокосцепления, более чем на заранее заданную величину σ , повторяют расчет
 приближений производной потокосцепления и мгновенного значения потокосцепления,
 используя последнее полученное значение тока намагничивания. Если последнее
 полученное приближенное значение тока намагничивания отличается от значения тока
 20 намагничивания, используемого при расчете потокосцепления, менее чем на заранее
 заданную величину σ , это значение принимают за окончательное, после чего определяют
 первичный ток как сумму вторичного тока и тока намагничивания. Таким образом,
 на каждом интервале времени между поступлением значений вторичного тока
 25 потокосцепление определяют по замкнутому циклу с учетом нового значения тока
 намагничивания, а величина σ определяет максимальную погрешность расчета тока
 намагничивания.

Предварительное определение параметров и возможность определения последующих
 значений приближений производной потокосцепления позволяют снизить погрешность
 30 расчета тока намагничивания при переходных процессах в энергосистеме за счет более
 адекватного описания физических процессов в трансформаторе. Определение
 мгновенных значений восстановленного первичного тока, тока намагничивания и
 потокосцепления вторичной обмотки трансформатора тока одновременно с учетом
 их взаимного влияния друг на друга обеспечивает устойчивость способа.

Восстановленный первичный ток определяют в течение интервала времени между
 35 измерениями мгновенных значений напряжения, пропорционального вторичному току
 ТТ, что подтверждает высокое быстродействие способа. При этом обеспечивается
 устойчивость работы способа в различных переходных режимах. Таким образом,
 совокупность отличительных признаков достаточна и необходима для решения
 поставленной задачи.

Для апробации заявленного способа проведены расчетные исследования. Для этого
 40 создана модель эквивалентной двухмашинной схемы электропередачи (фиг.3) с
 установленной мощностью генераторов $S_{Г1}=200\div 4100$ МВА и $S_{Г2}=200\div 4100$ МВА.
 Исследуемая схема электропередач позволяет рассчитать различные переходные
 процессы во всех узлах эквивалентной схемы замещения. В исследованиях моделировался
 45 трансформатор тока ТФНД-110 600/5 ($s=13.8 \cdot 10^{-4}$ м²; $l_c=0,8$ м; $r_{o\sigma}=0,38$ Ом; $x_{o\sigma}=0,4$
 Ом). Характеристика намагничивания ТТ представлена на фиг.4.

Предварительно были определены индуктивность вторичной обмотки, потери на

гистерезис и вихревые токи трансформатора тока и рассчитывают сопротивление потерь [Электротехника: Учебно-методический комплекс. /И.М. Коголь, Г.П. Дубовицкий, В.Н. Бородянко, В.С. Гун, Н.В. Клиначев, В.В. Крымский, А.Я. Эргард, В.А. Яковлев. Под редакцией Н.В. Клиначева. - Offline версия 2.2. - Челябинск, 2008. - Файлов 3202, ил.]. Сопротивление потерь составило $r_n=95,1$ кОм. Индуктивность вторичной обмотки $L_2=1.27$ мГн.

Во вторичную цепь трансформатора тока подключают преобразователь «ток-напряжение» трансформаторного типа с операционным усилителем в выходном каскаде, на его выходе подключен одноканальный, 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь. Этот преобразователь с интервалом времени 10 мкс измеряет мгновенные значения напряжения, пропорционального вторичному току ТТ, и формирует цифровой код, соответствующий мгновенному значению вторичного тока трансформатора тока.

Определяют первое приближение производной потокосцепления между вторичной и первичной обмотками

$$\frac{d\psi_{21}}{dt} = (r_2 + R_H) i_2 + \frac{(L_{2S} + L_H) di_2}{dt} - r_n i'_\mu$$

где r_2 - сопротивление вторичной обмотки; i_2 - вторичный ток ТТ; ψ_{21} - потокосцепление между вторичной и первичной обмотками; L_{2S} - индуктивность рассеяния вторичной обмотки; r_n - эквивалентное сопротивление, учитывающее потери в магнитопроводе ТТ на гистерезис и вихревые токи; R_H , L_H - сопротивление и индуктивность нагрузки ТТ; i'_μ - приведенный ток намагничивания ТТ.

При этом значение тока намагничивания принимают равным значению тока намагничивания, полученного для предыдущего момента времени измерения мгновенного значения вторичного тока. Далее уточненным методом Эйлера, определяют первое приближение мгновенного значения потокосцепления. После чего по обратной кривой намагничивания сердечника ТТ $i'_\mu=f(\psi_2)$ определяют первое приближение тока намагничивания. Задают величину $\sigma=0.001$ А исходя из требований к компенсации погрешности трансформатора тока, точное значение этого параметра уточняют в процессе использования способа, при этом если требуется большая компенсация погрешность трансформатора тока, то уменьшают величину $\sigma=0.001$ А.

Если это приближенное значение тока намагничивания отличается от значения тока намагничивания, используемого при расчете потокосцепления, более чем на $\sigma=0,001$ А, повторяют расчет приближений производной потокосцепления и мгновенного значения потокосцепления, используя последнее полученное значение тока намагничивания. Если последнее полученное приближенное значение тока намагничивания отличается от значения тока намагничивания, используемого при расчете потокосцепления, менее чем $\sigma=0.001$ А, это значение принимают за окончательное мгновенное значение, после чего определяют первичный ток как сумму вторичного тока и тока намагничивания. Таким образом, на каждом интервале времени между поступлением значений вторичного тока потокосцепление определяют по замкнутому циклу с учетом нового значения тока намагничивания, а величина $\sigma=0.001$ А определяет погрешность расчета тока намагничивания.

Для проведения качественного анализа работы заявляемого способа использовалось понятие относительной приведенной погрешности трансформатора тока:

$$\varepsilon_{\text{ТТ}}^* = \frac{1}{I_{\text{ТТ.ном}}} \sqrt{\frac{1}{t_b - t_a} \int_{t_a}^{t_b} (i_1 - i'_2)^2 dt}$$

где $I_{\text{ТТ.ном}}$ - номинальное значение первичного тока ТТ;

t_a, t_b - соответственно начальное и конечное время интервала интегрирования, принимаемого равным 20 мс;

i_1 - мгновенное значение первичного тока ТТ;

i'_2 - мгновенное значение приведенного вторичного тока ТТ и относительной приведенной погрешности восстановления первичного тока

$$\varepsilon_{\text{ТТВ}}^* = \frac{1}{I_{\text{ТТ.ном}}} \sqrt{\frac{1}{t_b - t_a} \int_{t_a}^{t_b} (i'_{1В} - i'_2)^2 dt}$$

где $i'_{1В}$ - мгновенное значение приведенного восстановленного первичного тока ТТ.

Вычисление погрешности осуществляют в интервале интегрирования $[t_a, t_b]=20$ мс.

Величина погрешности соответствует действующему значению относительного расчетного и действительного тока намагничивания ТТ:

$$I_{\mu}^* = \varepsilon_{\text{ТТ}}^* ; I_{\muВ}^* = \varepsilon_{\text{ТТВ}}^* ,$$

где I_{μ}^* - действующее значение относительного тока намагничивания ТТ;

$I_{\muВ}^*$ действующее значение относительного расчетного тока намагничивания ТТ.

Далее были смоделированы переходные процессы в энергосистеме и трансформаторе тока с использованием заявляемого способа. На фиг.5-7 представлены расчетные осциллограммы первичного, восстановленного первичного, приведенного вторичного тока и тока намагничивания ТТ в течение переходного процесса в энергосистеме.

Максимальное значение тока намагничивания наблюдается в третьем периоде и составляет около 100% номинального тока ТТ. В рассматриваемом режиме сигнал на выходе схемы компенсации $i'_{1В}$ практически совпадает с моделируемым током короткого замыкания i_1 .

Погрешность восстановления первичного тока близка к нулю и ее максимально значение не превосходит 0.001, расчетное и фактическое значение тока намагничивания также приблизительно равны $i_{\muр} \approx i_{\mu}$. Максимальная погрешность ТТ в переходном режиме составляет 72%, а в установившемся режиме 9%, максимальная погрешность восстановления первичного тока составляет 9%, а в установившемся режиме не более 1% (фиг.8).

Таким образом, способ компенсации погрешности трансформатора тока позволяет снизить погрешность восстановления первичного тока в переходных режимах, значения тока намагничивания, потокосцепления. Восстановленный первичный ток определяются в течение интервала времени между измерениями мгновенных значений напряжения, пропорционального вторичному току ТТ, что подтверждает высокое быстродействие способа. При этом обеспечивается устойчивость работы способа в различных переходных режимах.

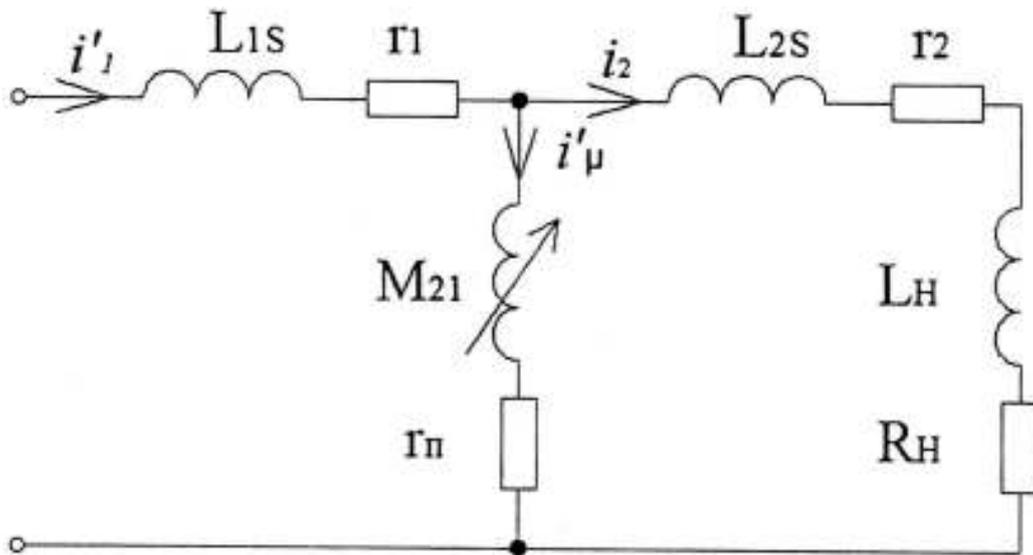
Формула изобретения

Способ компенсации погрешности трансформатора тока, включающий подключение во вторичную цепь трансформатора тока преобразователя «ток-напряжение», на выходе которого подключен аналого-цифровой преобразователь, который с заданным

интервалом времени измеряет мгновенные значения напряжения, пропорционального вторичному току ТТ, и формирует цифровой код, далее в каждом интервале времени определяют мгновенное значение производной потокосцепления вторичной обмотки, проводят операцию интегрирования и расчета мгновенного значения потокосцепления, определяют по кривой намагничивания ток намагничивания трансформатора тока и определяют первичный ток как сумму тока намагничивания и вторичного тока, отличающийся тем, что предварительно определяют индуктивность рассеяния вторичной обмотки, потери на гистерезис и вихревые токи трансформатора тока, рассчитывают сопротивление потерь и после формирования цифрового кода мгновенные значения производной потокосцепления определяют путем вычисления первого и последующих приближений производной потокосцепления между первичной и вторичной обмотками:

$$\frac{d\psi_{21}}{dt} = (r_2 + R_H) i_2 + \frac{(L_{2S} + L_H) di_2}{dt} - r_n i'_\mu,$$

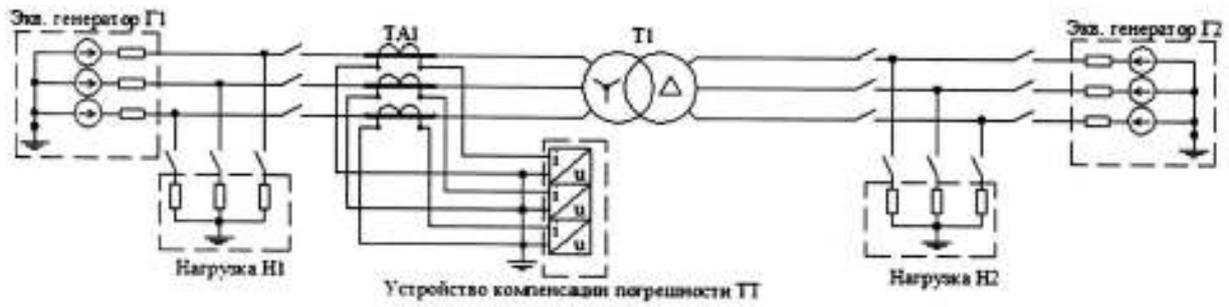
где r_2 - сопротивление вторичной обмотки; i_2 - вторичный ток ТТ; ψ_{21} - потокосцепление между вторичной и первичной обмотками; L_{2S} - индуктивность рассеяния вторичной обмотки; r_n - эквивалентное сопротивление, учитывающее потери в магнитопроводе ТТ на гистерезис и вихревые токи; R_H , L_H - сопротивление и индуктивность нагрузки ТТ; i'_μ - приведенный ток намагничивания ТТ, при этом значение тока намагничивания принимают равным значению тока намагничивания, полученного для предыдущего момента времени измерения мгновенного значения вторичного тока, после чего проводят операцию интегрирования и расчета первого приближения мгновенного значения потокосцепления, определяют по кривой намагничивания новое значение тока намагничивания трансформатора тока, определяют разницу между новым значением тока и принятым, после чего либо повторяют вычисление последующего приближения производной потокосцепления вторичной обмотки, используя последнее полученное значение тока намагничивания, либо принимают последние полученные приближения тока намагничивания и потокосцепления за окончательные мгновенные значения.



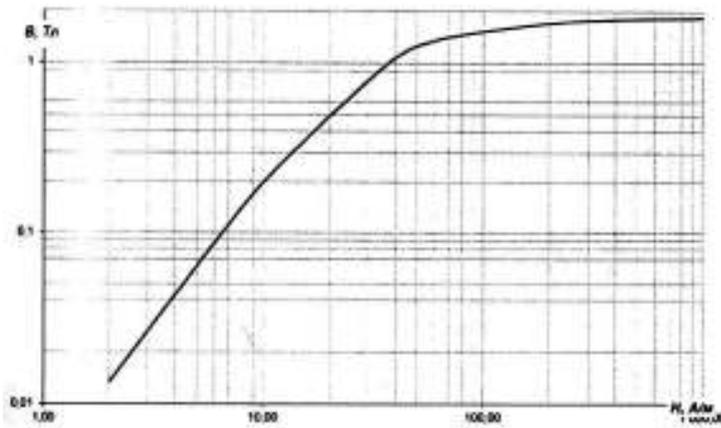
Фиг. 1



Фиг. 2

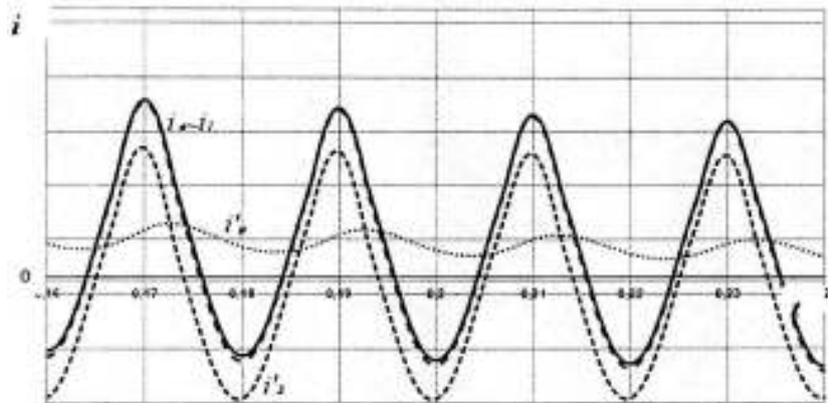


Фиг.3

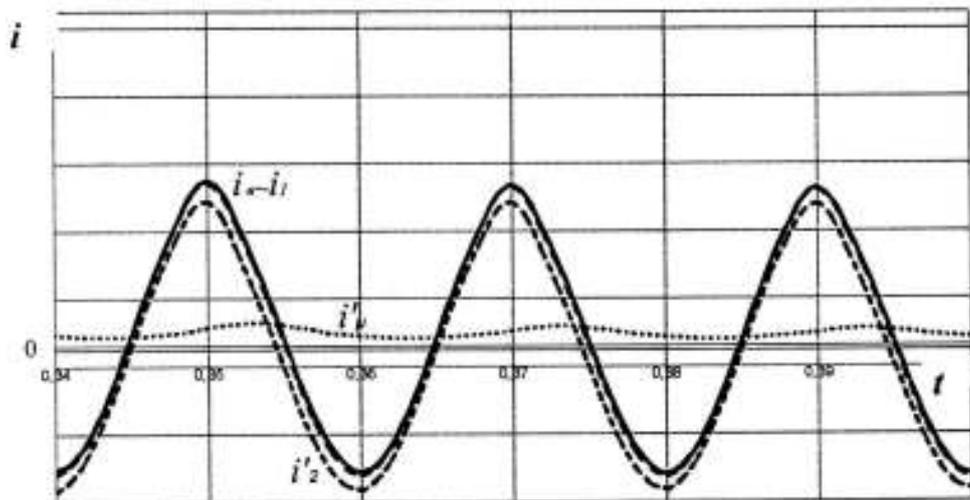


Фиг.4

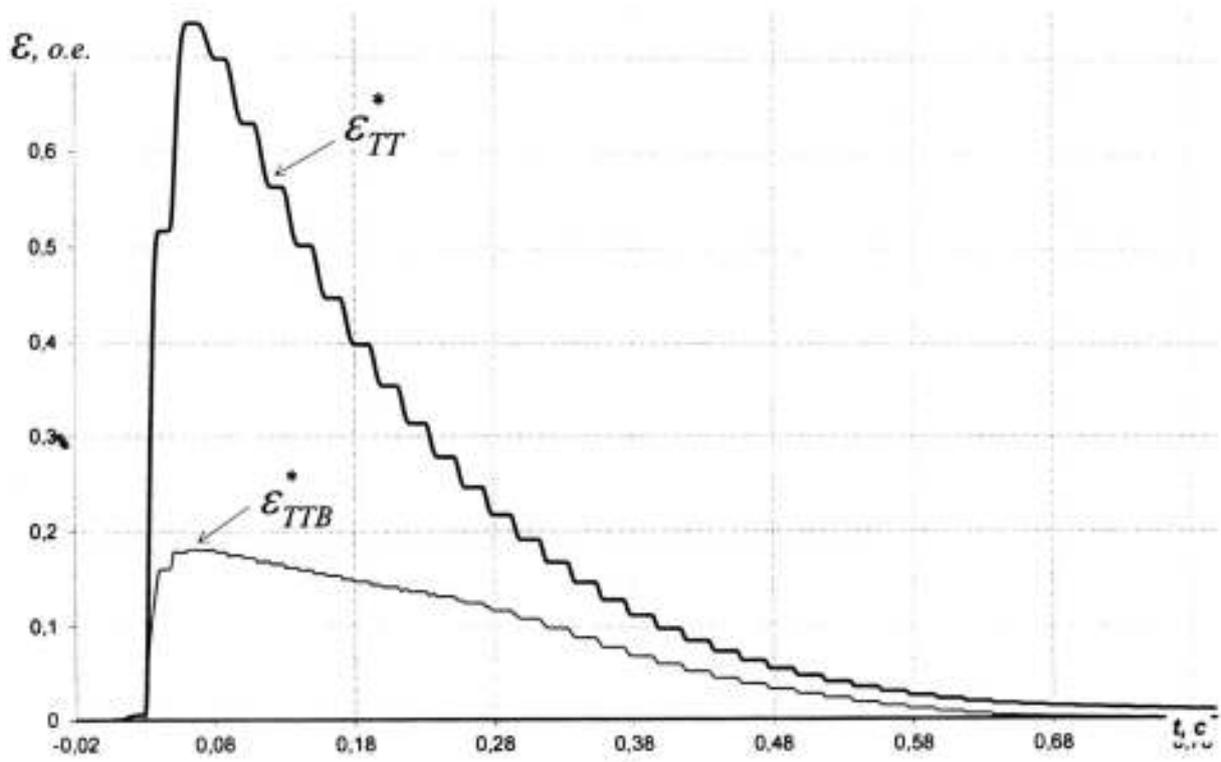
В, Тл	И, А/м	В, Тл	И, А/м
1,35	2	1,71	200
1,98	10	1,8	400
1,08	40	1,87	2000
1,35	60	1,89	4000
1,53	100	1,98	10000



Фиг. 6



Фиг. 7



б)
Фиг.8