



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 691791

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 18.09.75(21) 2172333/18-21

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.10.79. Бюллетень № 38

Дата опубликования описания 15.10.79

(51) М. Кл.<sup>2</sup>

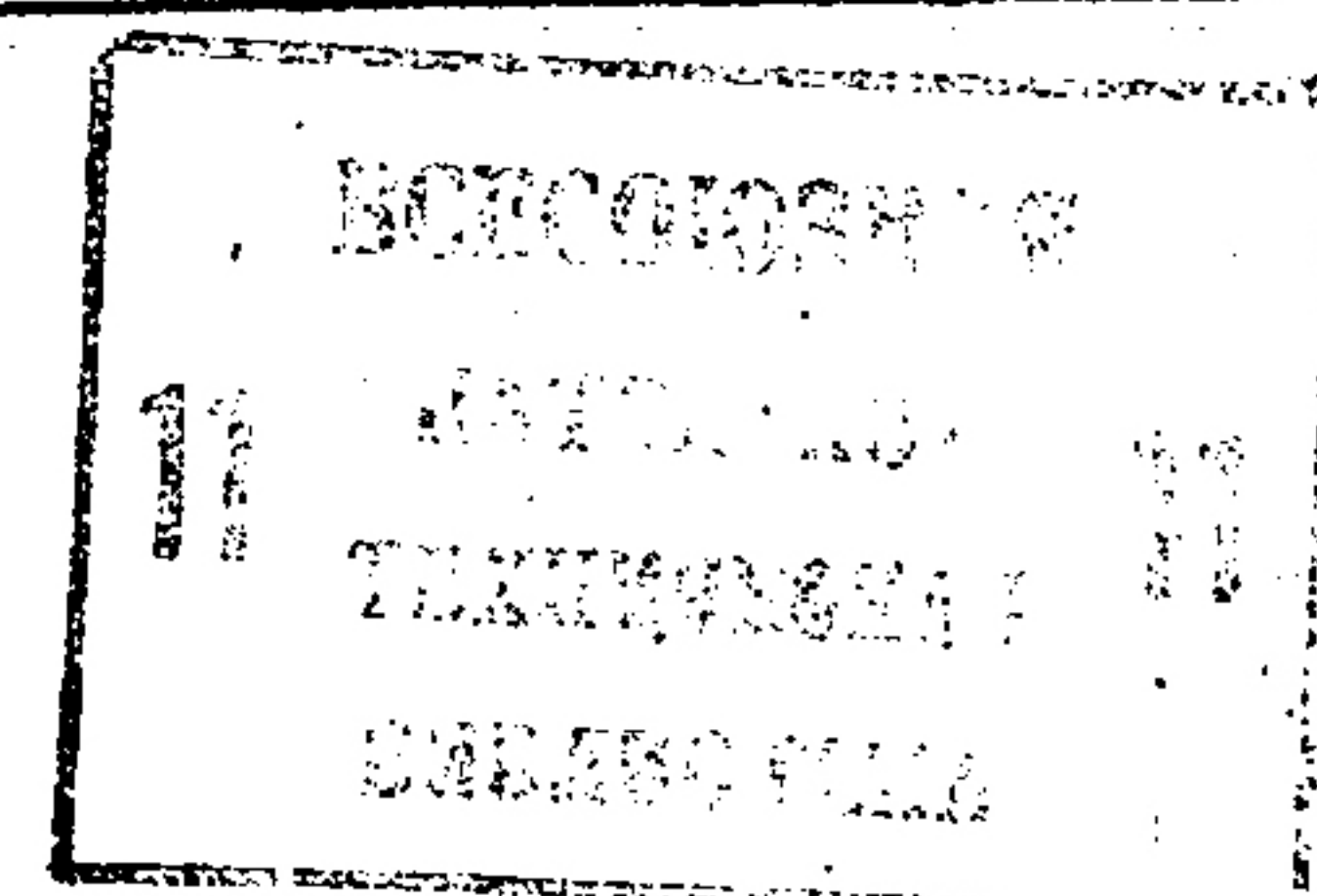
G 01 R 33/12

(53) УДК 621.317.  
.44(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Г. В. Дель, М. О. Осипов и В. П. Суходолов

(71) Заявитель



(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ  
ОТ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАМАГНИЧИВАЮЩЕГО ТОКА

1

Способ относится к области магнитных измерений и предназначен для измерения энергетических потерь, обусловленных высшими гармониками намагничивающего тока в электромагнитном устройстве с ферромагнитным сердечником при синусоидальном питающем напряжении.

Известен способ измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока, согласно которому синусоидальные напряжения на зажимах катушки, производится графическое построение кривой тока через катушку, рассчитывается по империческим формулам теряемая мощность от высших гармоник тока [1].

Этот способ достаточно трудоемкий.

Известен способ измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока ферромагнитного сердечника, заключающийся в том, что сердечник намагничивают поочередно синусоидальным напряжением при одной и той же активной мощности, потребляемой цепью намагничивания, фиксируют площади петель Гистерезиса в обоих случаях и по разности площадей определяют величину потерь [2].

2

Однако применение указанного способа для измерений потерь от высших гармоник намагничивающего тока в электромагнитном устройстве с ферромагнитным сердечником большой мощности (например, в трансформаторах распределительных электрических сетей мощностью более 1000 кВт) трудоемко и связано с большими капитальными затратами, так как для намагничивания сердечника необходимо иметь источник синусоидального тока, превосходящий по мощности в несколько раз мощность испытуемого электромагнитного устройства. Для достижения высокой точности измерений это различие должно быть более чем в 10 раз.

Необходимость транспортировки мощного, больших габаритов и веса источника синусоидального тока к объекту измерения или наоборот, а также сравнительно большая трудоемкость измерений величин площадей петель магнитного гистерезиса на экране электронно-лучевого осциллографа затрудняет применение в условиях производства известного способа измерения потерь энергии.

5

10

15

20

25

30

Цель изобретения - упрощение измерений. Для этого в способе измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока при синусоидальном входном напряжении, основанном на измерении составляющих полной мощности, потребляемой цепью намагничивания, измеряют активную составляющую полной мощности цепи намагничивания, измеряют коэффициент гармоник намагничивающего тока, по величине произведения активной мощности на квадрат коэффициента гармоник судят о величине потерь от высших гармоник.

На чертеже изображена блок-схема, иллюстрирующая предлагаемый способ.

Источник 1 синусоидального напряжения  $U$  питает исследуемое электромагнитное устройство с ферромагнитным сердечником 2. Это напряжение и намагничивающий ток  $i$  поступают в умножитель 3, перемещающий их мгновенные значения. Затем произведение  $U_i$  поступает в интегратор 4, на выходе которого получается активная мощность  $P$ , которая поступает в умножитель 5. Совокупность умножителя 3 и интегратора 4 представляет собой ваттметр активной мощности, отличающийся тем, что на выходе его активная мощность представлена в виде электрического сигнала, а не механического перемещения стрелки прибора. Коэффициент гармоник намагничивающего тока  $K_{ri}$ , полученный с помощью измерителя 6 нелинейных искажений, поступает в устройство 7 возведения в квадрат, с выхода которого сигнал поступает в умножитель 5. На выходе последнего получают мощность потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока  $P_{в.г.}$ . Умножители 3, 5 и устройство 7 представляет собой преобразователи Холла, а интегратор 4 - операционный интегрирующий усилитель.

Способ заключается в том, что при синусоидальном питающем напряжении потери от высших гармоник  $P_{в.г.}$  намагничивающего тока связаны с активной мощностью  $P$ , потребляемой цепью намагничивания и коэффициентом гармоник намагничивающего тока  $K_{ri}$

$$P_{в.г.} = P \cdot K_{ri}^2 \quad (1)$$

Так как приборы для измерения активной мощности имеются, то для достижения поставленной цели необходимо и достаточно замерить только коэффициент гармоник намагничивающего тока. Учитывая, что коэффициент гармоник определяется с помощью измерителей нелинейных искажений, то для коэффициента гармоник принимается следующая формулировка: коэффициент гармоник несинусоидальной периодической функции - есть отношение действующего значения высших гармоник к эффективному значению этой функ-

ции. Мощность, потребляемая указанными приборами от измеряемого сигнала, не превышает  $10^{-4}$  Вт. Погрешность полученных таким образом потерь от высших гармоник зависит, в основном, от погрешностей приборов, измеряющих активную мощность и коэффициент гармоник.

Известно, что потери в проводниках обмоток мощных электромагнитных устройств с ферромагнитными сердечниками от намагничивающего тока составляют менее 1% от потерь, обусловленных перемагничиванием сердечника. Так, в трансформаторах мощностью более 1000 кВт при холостом ходе потери в проводниках обмоток составляют менее 0,5% от потерь в стали. Возведение в квадрат и умножение осуществляется с помощью устройства (например, функциональных преобразователей, операционных усилителей или преобразователей Холла).

Предлагаемый способ измерения сокращает время, затрачиваемое на получение тех же результатов в 10-15 раз по сравнению с известными способами. Если не считать время, расходуемое на подключение соединительных проводов от измерительных приборов до объекта измерения, то результат измерения получается практически мгновенно. Появляется возможность применения косвенного измерения указанных потерь по формуле (1), при котором активная мощность и коэффициент гармоник получаются путем прямых измерений, при этом отпадает необходимость в создании каких-либо специальных устройств, кроме серийно выпускаемых промышленностью.

Использование данного способа обеспечивает по сравнению с известным следующие преимущества: исчезает необходимость в производстве и транспортировке специальных источников синусоидального тока, что особенно важно при измерениях в мощных установках; простые и удобные способы измерения дополнительных потерь от высших гармоник позволяют выбирать оптимальные режимы работы трансформаторов распределительных электрических сетей, при котором эти потери могут быть уменьшены вдвое; снижение дополнительных потерь от высших гармоник вдвое приводит к уменьшению установившейся температуры нагруженного трансформатора на 3-4°, появляется возможность проводить диагностику дефектов трансформатора без разборки при испытаниях его до и после ремонта. Большинство неисправностей и дефектов магнитопровода трансформатора обнаруживается путем его внешнего осмотра, что требует отделения трансформатора от бака с маслом.

## Формула изобретения

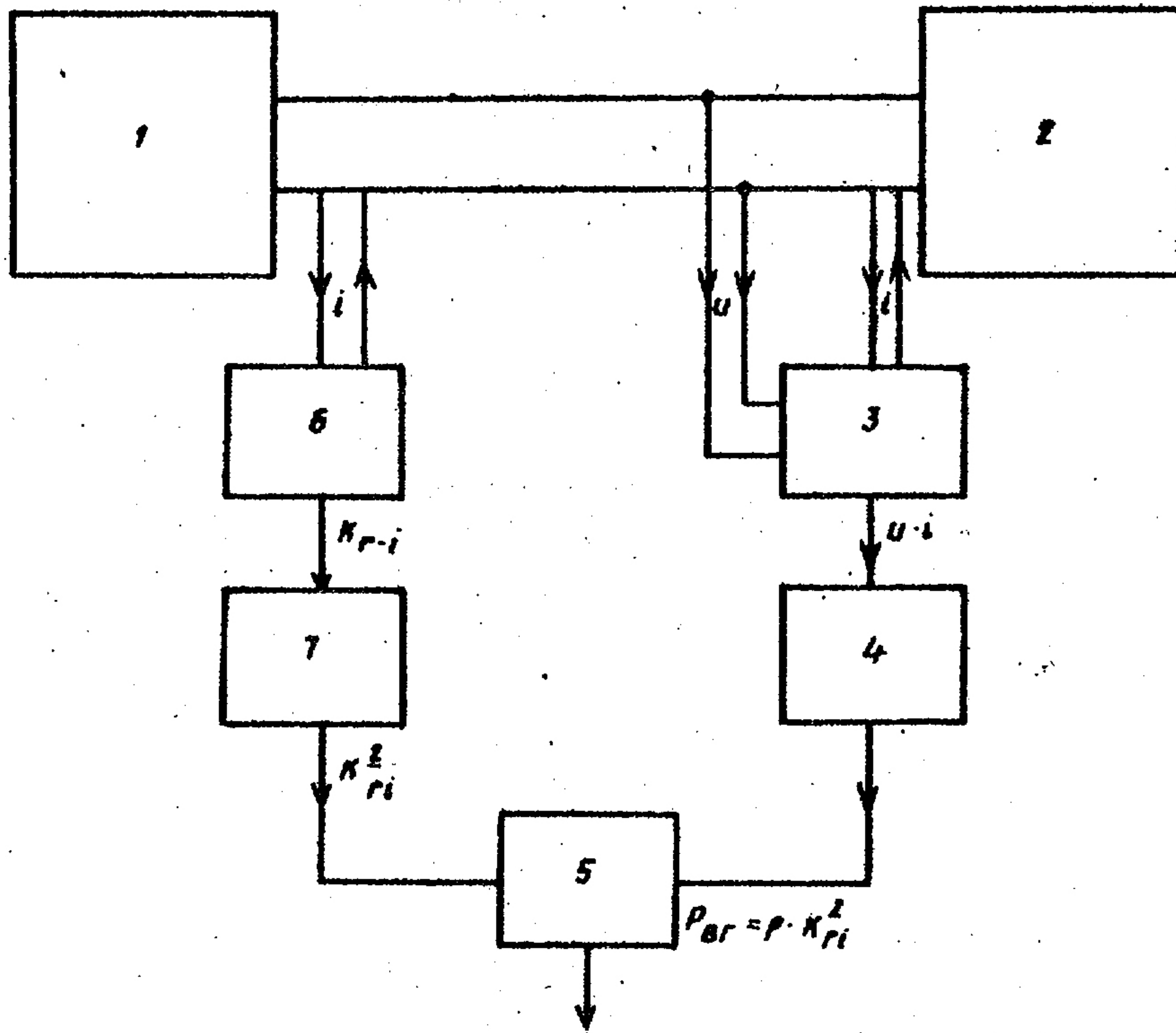
Способ измерения потерь энергии от высших гармоник намагничивающего тока при синусоидальном входном напряжении, основанный на измерении составляющих полной мощности, потребляемой цепью намагничивания, отличающийся тем, что, с целью упрощения измерений, измеряют активную составляющую полной мощности цепи намагничивания, измеряют коэффициент гармоник намагничиваю-

щего тока, по величине произведения активной мощности на квадрат коэффициента гармоник судят о величине потерь от высших гармоник.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Попов В.С. Теоретическая электротехника, "Энергия", 1971, с.523-531.

2. Авторское свидетельство по заявке № 2081579, кл. G 01 K 33/12, 04.12.74 (прототип).



Редактор Т.Янова

Составитель П.Лягин  
Техред Н.Бабурка

Корректор Н.Стец

Заказ 6208/36

Тираж 1090

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д.4/5.

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул. Проектная, 4