



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008104262/09, 04.02.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.02.2008

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2009

(45) Опубликовано: 27.06.2010 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2003120735 А, 20.12.2004. RU 2242830
С1, 20.12.2004. RU 2213406 С2, 27.09.2003. US
4654806 А, 31.03.1987.

Адрес для переписки:

620017, г.Екатеринбург, ул. Фронтовых
Бригад, 22, ЗАО "Энергомаш (Холдинг)",
ПЛБ

(72) Автор(ы):

Соловьев Леонид Алексеевич (RU),
Буслаев Александр Феликсович (RU),
Козлова Галина Алексеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Закрытое акционерное общество
"Энергомаш (Холдинг)" (RU),
Общество с ограниченной ответственностью
Научно-производственный центр
"Мирономика" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ИНДИКАЦИИ УТЕЧКИ МАСЛА ИЗ ТРАНСФОРМАТОРА

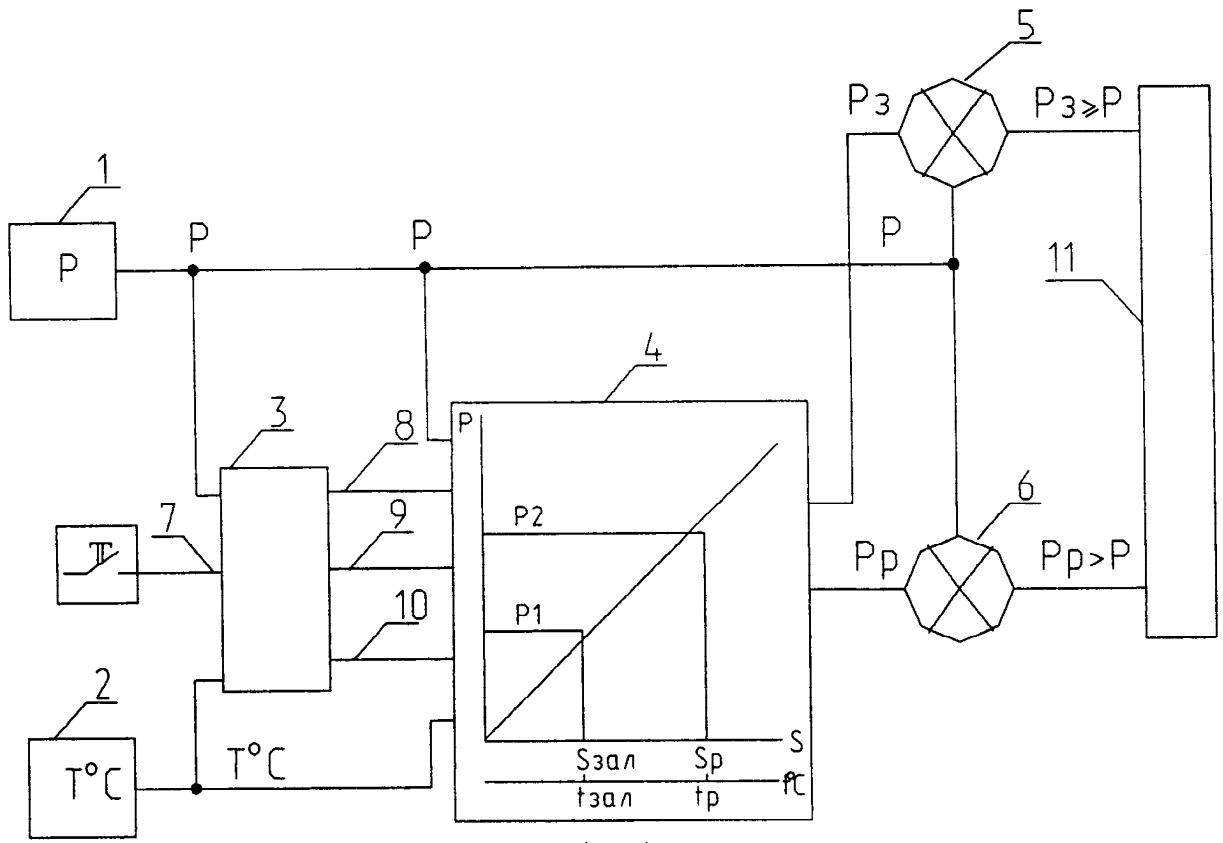
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в масляных трансформаторах для индикации утечки масла из трансформатора. Технический результат состоит в обеспечении индикации утечки масла из трансформатора при уровне масла, превышающем минимальный, а также снижении стоимости устройства за счет замены индикатора уровня датчиком давления масла в расширителе. Устройство индикации утечки масла из трансформатора содержит датчик температуры (2), выход которого подключен к входу вычислительного устройства (4). Кроме того, оно снабжено датчиком давления (1), логическим устройством (3), первым и вторым компараторами (5, 6). Выход датчика давления соединен с первыми входами логического устройства, вычислительного устройства, первого и второго компараторов. Выход

датчика температуры соединен со вторыми входами логического устройства и вычислительного устройства. Третий вход логического устройства соединен с источником сигнала «заливка» (7), первый выход логического устройства соединен с третьим входом вычислительного устройства, второй выход логического устройства соединен с четвертым входом вычислительного устройства; третий выход логического устройства соединен с пятым входом вычислительного устройства. Первый выход вычислительного устройства соединен со вторым входом первого компаратора, второй выход вычислительного устройства соединен со вторым входом второго компаратора. Выходы первого и второго компараторов соединены с устройством сигнализации (11). 1 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 393 567 C2

RU 2 393 567 C2



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H01F 27/14 (2006.01)
H02H 5/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008104262/09, 04.02.2008**

(24) Effective date for property rights:
04.02.2008

(43) Application published: **10.08.2009**

(45) Date of publication: **27.06.2010 Bull. 18**

Mail address:
**620017, g.Ekaterinburg, ul. Frontovyykh Brigad,
22, ZAO "Ehnergomash (Kholding)", PLB**

(72) Inventor(s):

**Solov'ev Leonid Alekseevich (RU),
Buslaev Aleksandr Feliksovich (RU),
Kozlova Galina Alekseevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo "Ehnergomash
(Kholding)" (RU),
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
Nauchno-proizvodstvennyj tsentr "Mironomika"
(RU)**

(54) DEVICE OF TRANSFORMER OIL LEAKAGE INDICATION

(57) Abstract:

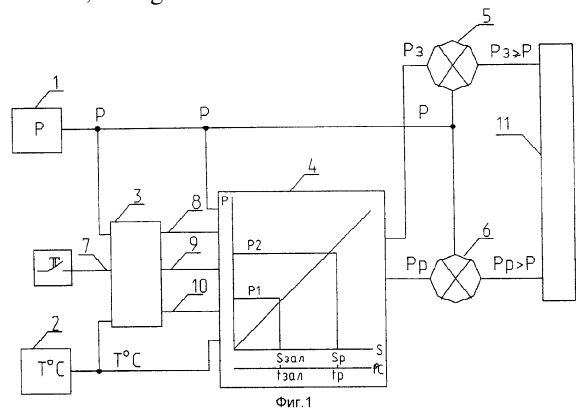
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: device of transformer oil leakage indication includes temperature sensor (2) with output connected to calculator (4) input. Additionally the device includes pressure sensor (1), logical unit (3), first and second comparator (5, 6). Pressure sensor output is connected to first inputs of logical unit, calculator, first and second comparators. Temperature sensor is connected to second inputs of logical unit and calculator. Third input of logical unit is connected to 'filling' signal source (7), first output of logical unit is connected to third input of calculator, second output of logical unit is connected to fourth input of calculator, third output of logical unit is connected to fifth input of calculator. First output of calculator is connected to second input of first comparator, second output of calculator is connected to second input of second comparator. First and

second comparator outputs are connected to alarm device (11).

EFFECT: transformer oil leakage indication at oil level exceeding minimum value, reduced cost of device due to level indicator replacement with oil pressure sensor in expansion reservoir.

2 cl, 3 dwg



RU 2 393 567 C2

RU 2 393 567 C2

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в масляных трансформаторах для индикации утечки масла из трансформатора.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности и достигаемому результату является устройство для мониторинга масляного трансформатора, содержащее главный и дополнительный модули, датчик температуры верхних слоев масла, трансформаторы тока обмоток трансформатора, индикатор уровня масла в расширителе, выходы датчиков присоединены к соответствующим входам главного и дополнительных модулей, модули имеют аналоговые унифицированные и дискретные выходы для связи с компьютерной системой мониторинга (Цифровой термометр ЕРТ202, www.messko.de).

Данное устройство обеспечивает мониторинг температуры верхних слоев масла в баке трансформатора, тока обмоток трансформатора и уровня масла в расширителе, а также рассчитывает температуру наиболее нагретой точки обмотки трансформатора, учитывает износ электрической изоляции.

Однако это устройство обладает такими недостатками, как высокая стоимость индикатора уровня масла, используемого в устройстве в качестве датчика уровня масла в расширителе (Индикатор уровня масла МТО-ТТ30, www.messko.de), а также отсутствие индикации утечки масла из трансформатора при уровне масла, превышающем минимальный.

Технической задачей изобретения является обеспечение индикации утечки масла из трансформатора при уровне масла, превышающем минимальный, а также снижение стоимости устройства за счет замены индикатора уровня датчиком давления масла в расширителе.

Техническая задача решается тем, что согласно изобретению устройство индикации утечки масла из трансформатора содержит датчик температуры, подключенный к вычислительному устройству. Кроме того, устройство снабжено датчиком давления, логическим устройством, первым и вторым компараторами. При этом выход датчика давления соединен с первыми входами логического устройства, вычислительного устройства, первого и второго компараторов. Выход датчика температуры соединен со вторыми входами логического устройства и вычислительного устройства. Третий вход логического устройства соединен с источником сигнала «заливка», первый выход логического устройства соединен с третьим входом вычислительного устройства. Второй выход логического устройства соединен с четвертым входом вычислительного устройства, третий выход логического устройства соединен с пятым входом вычислительного устройства. Первый выход вычислительного устройства соединен со вторым входом первого компаратора, второй выход вычислительного устройства соединен со вторым входом второго компаратора. Выходы первого и второго компараторов присоединены к системе сигнализации.

Для расширителя, выполненного в виде горизонтально расположенного цилиндра, вычислительное устройство определяет взаимосвязь между уровнем масла и омываемой маслом площадью круговой стенки расширителя, выполненного в виде горизонтально расположенного цилиндра, по известной формуле площади сегмента круга:

$$S = r^2(\alpha - \sin \alpha) / 2, \quad (1)$$

где r - радиус круга боковой стенки расширителя,
 $\alpha = 2 \arccos((r-h)/r)$ [рад] - угол между радиусами, соединяющими концы хорды сегмента с центром круга;

h - высота сегмента, заполненного маслом.

Уровень h жидкости и давление P связаны соотношением

$$P = h\rho g = h(880 \cdot 9.8);$$

- ρ - плотность масла 880 кг/м³;

- g - 9.8 м/сек²,

- P - давление.

Максимальное давление масла в расширителе $P_{\text{макс}} = 2\rho g h$,

Относительное значение давления в расширителе

$$p = P/P_{\text{макс}} = h\rho g / 2\rho g h = h/2h, \text{ т.е. давление масла пропорционально уровню масла.}$$

Перед началом заливки масла в трансформатор на логическое устройство подают сигнал «заливка», при этом логическое устройство подает на второй вход вычислительного устройства сигнал «заливка». Вычислительное устройство принимает сигнал о температуре масла в баке трансформатора и определяет давление, до величины которого должно быть залито масло. Этот сигнал поступает на второй вход первого компаратора. Компаратор выдает сигнал об окончании заливки масла при условии, что измеренное давление масла на первом входе равно или выше величины давления, определенного вычислительным устройством. После окончания заливки, когда давление в расширителе остается неизменным, логическое устройство блокирует сигнал «заливка» на третьем входе вычислительного устройства и подает сигнал «запись» на четвертый вход вычислительного устройства.

Вычислительное устройство записывает реальное давление $p_{\text{зр}}$ залитого в расширитель масла и температуру $T_{\text{зал}}$ этого масла. Вычислительное устройство повторяет запись давления $p_{\text{р}}$ и температуры $T_{\text{раб}}$ масла после нагрева трансформатора в рабочем процессе.

Используя взаимную зависимость давления и площади сегмента (формула 1), вычислительное устройство по величинам измеренного давления $p_{\text{зр}}$ залитого и $p_{\text{р}}$ нагретого масла определяет соответствующие величины площадей $S_{\text{раб}}$ и $S_{\text{зал}}$ сегментов боковой стенки, омываемых маслом.

Затем вычислительное устройство определяет коэффициент

$$M = (S_{\text{раб}} - S_{\text{зал}}) / (T_{\text{раб}} - T_{\text{зал}}), \quad (2)$$

где $(S_{\text{раб}} - S_{\text{зал}})$ - площади боковой стенки расширителя, омываемые маслом при давлении масла в рабочем режиме и после заливки,

$(T_{\text{раб}} - T_{\text{зал}})$ - температура масла в рабочем режиме и после заливки. Затем вычислительное устройство по формуле

$$S = M(T - T_{\text{зал}}) + S_{\text{зал}}, \quad (3)$$

где T - текущая температура масла, определяет площади сегментов $S_{\text{мин}}$ и $S_{\text{макс}}$ боковой поверхности расширителя, соответствующие минимальной $T_{\text{мин}}$ и максимальной $T_{\text{макс}}$ температуре масла в зависимости от климатического исполнения трансформатора. Величины площадей $S_{\text{мин}}$ и $S_{\text{макс}}$ сегментов пропорциональны соответствующим значениям температуры, поэтому величины площадей можно заменить величинами температуры $T_{\text{мин}}$ и $T_{\text{макс}}$. Величинам $S_{\text{мин}}$ и $S_{\text{макс}}$ соответствуют величины минимального $P_{\text{мин}}$ и максимального $P_{\text{макс}}$ давления в расширителе.

Интервал между минимальной $T_{\text{мин}}$ и максимальной $T_{\text{макс}}$ температурой вычислительное устройство делит на разность $(T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}})$, создавая температурную шкалу. Таким образом получилась зависимость давления масла в расширителе от температуры масла в баке для реального трансформатора.

После формирования зависимости давления от температуры логическое устройство блокирует сигнал «запись» и подает на пятый вход вычислительного устройства сигнал «расчет». При этом вычислительное устройство по температуре T масла в баке определяет расчетное значение площади s , омываемой маслом (формула 3), а затем по

взаимосвязи давления p_p и площади s (формула 1) определяет давление масла. При этой же температуре T датчик давления измеряет давление p масла в расширителе.

Второй компаратор выдает сигнал «утечка», если рассчитанное вычислительным устройством давление p_p становится больше давления p , измеренного датчиком

давления. На фиг.1 представлена структурная схема устройства индикации утечки масла из трансформатора; на фиг.2 изображена боковая стенка цилиндрического расширителя, выполненного в виде горизонтально расположенного цилиндра; на фиг.3 приведена зависимость давления масла в расширителе от температуры масла в баке.

Устройство индикации утечки масла из трансформатора состоит из датчика давления 1, датчика температуры 2, логического устройства 3, вычислительного устройства 4, первого компаратора 5, второго компаратора 6, источника сигнала «заливка» 7. Логическое устройство 3 имеет первый выход «заливка» 8, второй выход «запись» 9, третий выход «расчет» 10. Устройство снабжено системой сигнализации 11.

Выход датчика 1 давления соединен с первыми входами логического устройства 3, вычислительного устройства 4, первого компаратора 5 и второго компаратора 6.

Выход датчика 2 температуры соединен со вторыми входами логического устройства 3 и вычислительного устройства 4. Третий вход логического устройства 3 соединен с источником сигнала «заливка» 7. Первый выход 8 логического устройства 3 соединен с третьим входом вычислительного устройства 4, второй выход 9 логического устройства соединен с четвертым входом вычислительного устройства 4, третий выход логического устройства 10 соединен с пятым входом вычислительного устройства 4.

Первый выход p_3 вычислительного устройства соединен со вторым входом первого компаратора 5. Вторым выход p_p вычислительного устройства 4 соединен ко вторым входом второго компаратора 6. Выход первого компаратора 5 предназначен для сигнала «конец заливки». Выход второго компаратора предназначен для сигнала «утечка».

Вычислительное устройство 4 определяет взаимосвязь уровня h масла в расширителе и площади S сегмента боковой стенки, омываемой маслом, которая выражается формулой (1).

Объем масла в трансформаторе изменяется в зависимости от температуры по известной формуле:

$$V_{раб} = V_{зал} (1 + \beta \Delta T) = (V_{бак} + V_{расш}) (1 + \beta \Delta T),$$

где $V_{раб}$ - объем масла при рабочей температуре T_p масла;

$V_{зал}$ - объем залитого масла при температуре заливки T_3 ;

$V_{бак}$ и $V_{расш}$ - объем масла в баке и расширителе;

$\beta = 0,0007 \text{ м}^3/\text{°C}$ - коэффициент объемного расширения трансформаторного масла;

$\Delta T = T_p - T_3$,

где T_p - рабочая температура масла;

T_3 - температура заливки масла.

Приращение объема при изменении температуры ΔT :

$$\Delta V = V_{раб} - V_{зал} = (V_{бак} + V_{расш}) (1 + \beta \Delta T) - (V_{бак} + V_{расш}) = V_{зал} \beta \Delta T,$$

т.е. приращение объема масла в расширителе зависит от объема залитого масла и

пропорционально приращению температуры.

Приращению объема масла в расширителе соответствует приращение площади круговой стенки расширителя ΔS при неизменной длине расширителя L :

$$\Delta V = \Delta S L = V_{\text{зал}} \beta \Delta T.$$

Отношение

$$\Delta S / \Delta T = (V_{\text{зал}} \beta \Delta T) / L = M$$

постоянно для данного объема $V_{\text{зал}}$ заливки и зависит от температуры T масла в баке.

Приращение площади боковой поверхности, омытой маслом, пропорционально приращению температуры:

$$\Delta S = M * \Delta T.$$

Коэффициент M определяют по двум значениям температуры масла и двум значениям площади боковой стенки расширителя, омываемой маслом, в конце заливки и в рабочем режиме:

$$M = (S_p - S_{\text{зал}}) / (T_p - T_{\text{зал}}).$$

Коэффициент M позволяет рассчитать площадь s сегмента, омываемого маслом, по значению текущей температуры T масла в баке:

$$s = M(T - T_{\text{зал}}) + S_{\text{зал}}.$$

На фиг.3 показана зависимость давления масла от температуры масла при использовании полного объема расширителя для трансформаторов климатических исполнений УХЛ1, У1 и Т1 (три нижние оси температур). Давление и площадь сегмента даны в относительных единицах:

$$\text{- давление } p = h \rho g / P_{\text{макс}} = h / 2r \text{ и площадь сегмента } s = S / (\pi r^2).$$

Перед заливкой масла в трансформатор на вход 7 логического устройства 3 подают сигнал о начале заливки. По этому сигналу логическое устройство 3 формирует на своем первом выходе 8 сигнал «заливка», который активирует вычислительное устройство 4.

Датчик температуры 2 верхних слоев масла формирует сигнал о температуре масла, который поступает на первый вход вычислительного устройства 4. По температуре $T_{\text{зал}}$ заливаемого масла (Фиг.3, третья ось снизу) вычислительное устройство 4 определяет давление $p_{\text{зал}}$ заливки масла в расширителе. Этот сигнал поступает на второй вход первого компаратора 5. Первый компаратор 5 формирует сигнал об окончании заливки при условии, что сигнал p с датчика давления 1 становится равным или большим сигнала давления $p_{\text{зал}}$, определенного вычислительным устройством 4.

После окончания заливки, когда уровень и давление масла в расширителе становятся неизменными, логическое устройство 3 блокирует сигнал на первом выходе «заливка» 8 и формирует на втором выходе сигнал «запись» 9.

Вычислительное устройство 4 фиксирует реальное давление $p_{\text{зр}}$ и температуру $T_{\text{зал}}$ залитого масла. Затем в процессе работы трансформатора, когда температура масла T_p в баке увеличивается на заданную величину (10-50°C), вычислительное устройство фиксирует второе значение давления p_p масла и соответствующую ему температуру T_p масла в баке. По величинам зафиксированных давлений p_p и $p_{\text{зр}}$ вычислительное устройство 4, используя взаимосвязь давления и площади сегмента (по формуле 1), определяет величины площадей $S_{\text{раб}}$ и $S_{\text{зал}}$ боковой стенки, омываемых маслом (Фиг.3), затем по величинам $(S_{\text{раб}} - S_{\text{зал}})$ и $(T_p - T_{\text{зал}})$ определяет коэффициент M (по формуле 2).

Затем вычислительное устройство 4 (по формуле 3) определяет значения $S_{\text{мин}}$ и

$S_{\text{макс}}$ для минимальной $T_{\text{мин}}$ и максимальной температуры $T_{\text{макс}}$ масла, величины которых соответствуют диапазону температуры в соответствии с климатическим исполнением трансформатора - Т1, УХЛ1 или У1. При этом минимальной площади $s_{\text{мин}}$ соответствует температура $T_{\text{мин}}$ и давление $P_{\text{мин}}$, а площади $s_{\text{макс}}$ соответствует температура $T_{\text{макс}}$ и давление $P_{\text{макс}}$. Вычислительное устройство 4 делит интервал между значениями температуры $T_{\text{макс}}$ и $T_{\text{мин}}$ на $T_{\text{макс}} - T_{\text{мин}}$ градусов. Таким образом получилась зависимость давления в расширителе от температуры масла в баке во всем рабочем диапазоне реального трансформатора.

Полученная расчетная зависимость учитывает реальное количество масла в трансформаторе, которое, как правило, меньше количества, на которое рассчитан расширитель.

После формирования градусной шкалы логическое устройство 3 блокирует сигнал по второму выходу «запись» 9 и формирует на третьем выходе «расчет» 10 сигнал.

Полученная взаимосвязь температуры и давления используется для расчета давления $P_{\text{рч}}$ в расширителе по температуре T масла в баке (Фиг.3, четвертая ось снизу).

Второй компаратор 6 сравнивает расчетное давление $P_{\text{рч}}$ масла с выхода вычислительного устройства 4 и фактическое давление P с выхода датчика давления 1 и на его выходе возникает сигнал об утечке масла, если расчетное значение давления $P_{\text{рч}}$ становится выше фактического давления $P_{\text{ф}}$.

На Фиг.3 изображен график взаимосвязи площади S боковой стенки расширителя, омываемой маслом, и уровня h (давления p) масла.

Три нижних оси температуры соответствуют температурным диапазонам климатических исполнений У1, УХЛ1 и Т1 трансформатора при полном использовании объема расширителя.

Пример расчета взаимосвязи давления $P_{\text{рч}}$ масла в расширителе и температуры масла в баке «реального» трансформатора выполнен для климатического исполнения трансформатора У1.

Например, заливка начинается при температуре масла, равной 30°C , при этом давление масла в относительных единицах должно быть равно 0,523. Реальное давление после заливки равно 0,5645, при этом площадь боковой поверхности, омываемая маслом, равна $S_{\text{зал}}=0.5824$.

После нагрева масла до температуры 75°C давление масла в расширителе повысилось до величины 0,7618, при этом площадь боковой поверхности, омываемая маслом, равна $S_{\text{р}}=0.8199$.

$$\text{Коэффициент } M = (0.8199 - 0.584) / (75 - 30) = 5,242 \cdot 10^{-3}.$$

Площадь $S_{\text{мин}}$, соответствующая минимальной температуре минус 45°C , равна $S_{\text{мин}} = M(-45 - 30) + 0.5824 = 0,18923$.

Площадь $S_{\text{макс}}$, соответствующая максимальной температуре 95°C , равна $S_{\text{макс}} = M(95 - 30) + 0.5824 = 0,92313$.

Шкала температур (Фиг.3, четвертая ось снизу) построена на отрезке между $S_{\text{макс}}$ и $S_{\text{мин}}$ в масштабе температуры масла в диапазоне от минус 45 до 95°C . Таким образом получена зависимость давления масла в расширителе от температуры масла в баке трансформатора, которая позволяет рассчитать давление масла при любой температуре масла.

Сигнал о наличии утечки возникает, если уровень масла, измеренный при текущей температуре масла, становится ниже уровня, рассчитанного при этой же температуре

по приведенной методике.

Таким образом, введение в устройство датчика давления, логического устройства, вычислительного устройства и двух компараторов позволяет обеспечить мониторинг утечки масла из трансформатора.

Предлагаемое изобретение может быть реализовано элементами микропроцессорной техники по приведенной структурной схеме известными средствами проектирования и программирования.

Снижение стоимости предлагаемого по изобретению устройства обеспечивается за счет замены дорогого и сложного индикатора уровня масла более простым и менее дорогим датчиком давления.

Стоимость устройства ЕРТ 202 с дополнительными модулями, транспортными и таможенными расходами приблизительно равна 125000 руб.

Стоимость нового прибора ТМТ-2 с прилагаемыми датчиками оценивается приблизительно в 72000 рублей.

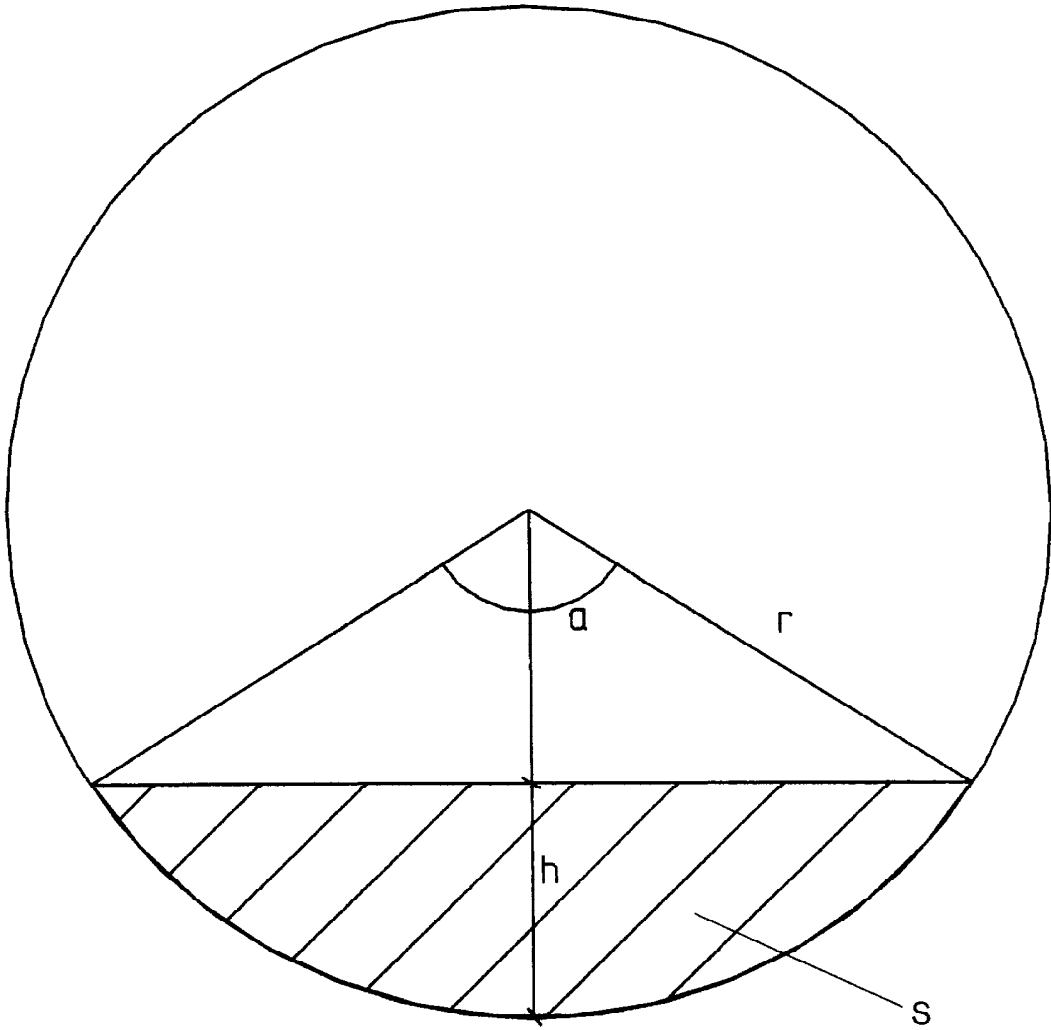
Формула изобретения

1. Устройство индикации утечки масла из трансформатора, содержащее датчик температуры, выход которого подключен к входу вычислительного устройства, реализующего зависимость между уровнем масла и площади сегмента боковой стенки, омываемой маслом, отличающееся тем, что оно снабжено датчиком давления, логическим устройством, которое по внешнему сигналу формирует сигналы: «заливка», «запись», «расчет», первым и вторым компаратором, при этом выход датчика давления соединен с первыми входами логического устройства, вычислительного устройства, первого и второго компараторов; выход датчика температуры соединен со вторыми входами логического устройства и вычислительного устройства; третий вход логического устройства соединен с источником сигнала «заливка», первый выход логического устройства соединен с третьим входом вычислительного устройства, второй выход логического устройства соединен с четвертым входом вычислительного устройства; третий выход логического устройства соединен с пятым входом вычислительного устройства; первый выход вычислительного устройства соединен со вторым входом первого компаратора, второй выход вычислительного устройства соединен со вторым входом второго компаратора; выходы первого и второго компараторов соединены с устройством сигнализации.

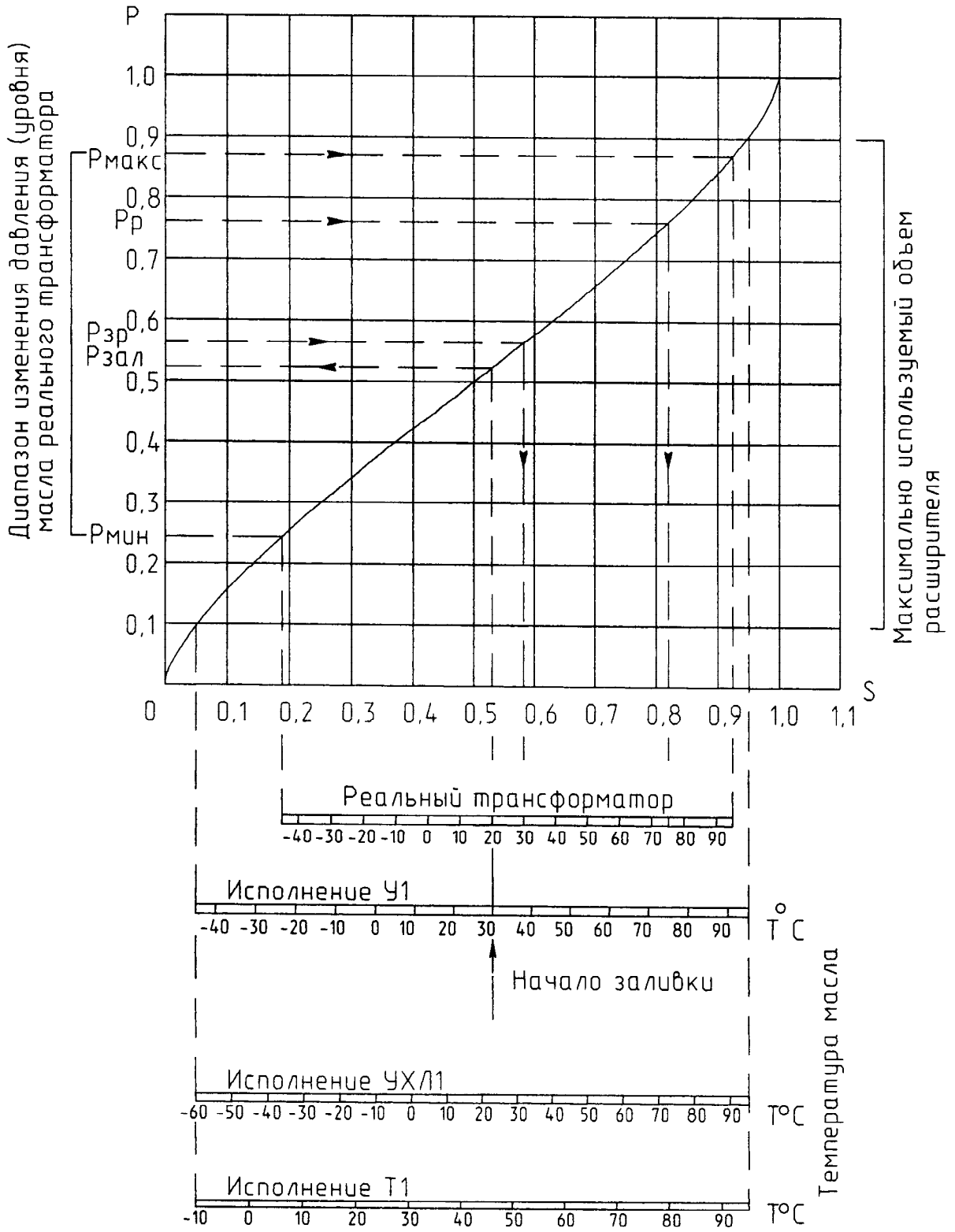
2. Устройство по п.1, отличающееся тем, что для расширителя, выполненного в виде горизонтально расположенного цилиндра, вычислительное устройство определяет взаимосвязь между уровнем масла и площадью сегмента боковой стенки расширителя, омываемого маслом, по формуле

$$S=r^2(\alpha-\sin \alpha)/2,$$

где r - радиус круга боковой стенки расширителя,
 $\alpha=2\arccos ((r-h)/r)$ [рад] - угол круга боковой стенки расширителя, соответствующий площади его сегмента, омываемого маслом,
 h - высота боковой стенки расширителя, омываемой маслом.



Фиг. 2



Фиг. 3