



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103438797 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 11

(21) 申请号 201310329476. 5

(22) 申请日 2013. 07. 31

(71) 申请人 广东电网公司汕头供电局
地址 515041 广东省汕头市金砂路 71 号

(72) 发明人 李清波 黄立虹 潘靖 肖静薇
陈柏超 袁嘉歆

(74) 专利代理机构 广州华进联合专利商标代理
有限公司 44224
代理人 王茹 曾旻辉

(51) Int. Cl.
G01B 7/16 (2006. 01)

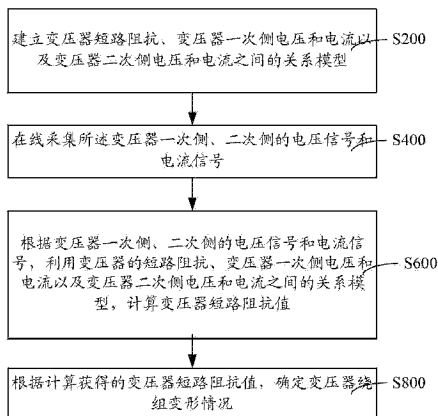
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

变压器绕组变形在线检测方法与系统

(57) 摘要

本发明提供一种变压器绕组变形在线检测方法与系统, 首先建立关系模型, 之后在线采集变压器一次侧电压和二次侧电压、电流的信号, 根据采集到的数据和之前建立的关系模型, 计算得出变压器短路阻抗值, 最后再根据变压器短路阻抗值, 确定变压器绕组变形情况。整个在线检测过程简单、经济, 且由于是在线检测, 所以获得的数据能够真实、准确反映变压器绕组形变情况, 不影响供电连续性。



1. 一种变压器绕组变形在线检测方法,其特征在于,包括步骤:

建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型;

在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号;

根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号,利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,计算变压器短路阻抗值;

根据计算获得的变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。

2. 根据权利要求1所述的变压器绕组变形在线检测方法,其特征在于,所述步骤建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型具体包括步骤:

建立变压器等效电路模型;

根据所述变压器等效电路模型,获得变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型。

3. 根据权利要求1或2所述的变压器绕组变形在线检测方法,其特征在于,所述步骤根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号,利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,计算变压器短路阻抗值具体包括步骤:

将采集到的所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧电压信号和电流信号进行数学运算,获取所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值以及所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值;

获取所述变压器的变压器变比;

利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,获取变压器短路阻抗值计算公式;

根据所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值以及所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器变比和所述变压器短路阻抗值计算公式,计算所述变压器短路阻抗值。

4. 根据权利要求1或2所述的变压器绕组变形在线检测方法,其特征在于,所述步骤根据计算获得的变压器短路阻抗值,确定当前变压器绕组变形情况具体包括步骤:

根据变压器类型,获取所述变压器绕组的短路阻抗标准值,所述短路阻抗标准值为变压器绕组未发生形变时的短路阻抗值;

将计算获得的变压器短路阻抗值与所述短路阻抗标准值相比对,获得比对结果;

根据 IEC-6007605 标准,分析所述比对结果,确定当前变压器绕组变形情况。

5. 根据权利要求3所述的变压器绕组变形在线检测方法,其特征在于,所述变压器短路阻抗值计算公式为:

$$Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

式中, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 分别为一次侧电压和电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 分别为二次侧电压和电流值,

\dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 分别为二次侧电压和电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

6. 一种变压器绕组变形在线检测系统, 其特征在于, 包括:

关系模型建立模块, 用于建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型;

信号采集模块, 用于在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号;

计算模块, 用于根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号, 利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型, 计算变压器短路阻抗值;

结果分析模块, 用于根据计算获得的变压器短路阻抗值, 确定变压器绕组变形情况。

7. 根据权利要求 6 所述的变压器绕组变形在线检测系统, 其特征在于, 所述关系模型建立模块具体包括:

等效模型建立单元, 用于建立变压器等效电路模型;

关系模型建立单元, 用于根据所述变压器等效电路模型, 获得变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型。

8. 根据权利要求 6 或 7 所述的变压器绕组变形在线检测系统, 其特征在于, 所述计算模块具体包括:

数学运算单元, 用于将采集到的所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧电压信号和电流信号进行数学运算, 获取所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值以及所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值;

变压器变比获取单元, 用于获取所述变压器的变压器变比;

计算公式确定单元, 用于利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型, 获取变压器短路阻抗值计算公式;

计算执行单元, 用于根据所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器变比和所述变压器短路阻抗值计算公式, 计算所述变压器短路阻抗值。

9. 根据权利要求 6 或 7 所述的变压器绕组变形在线检测系统, 其特征在于, 所述结果分析模块具体包括:

标准值获取单元, 用于根据变压器类型, 获取所述变压器绕组的短路阻抗标准值, 所述短路阻抗标准值为变压器绕组未发生形变时的短路阻抗值;

比对单元, 用于将计算获得的变压器短路阻抗值与所述短路阻抗标准值相比对, 获得比对结果;

分析单元, 用于根据 IEC-6007605 标准, 分析所述比对结果, 确定当前变压器绕组变形情况。

10. 根据权利要求 8 所述的变压器绕组变形在线检测方法, 其特征在于, 所述变压器短路阻抗值计算公式为:

$$Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

式中, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 分别为一次侧电压和电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 分别为二次侧电压和电流值, \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 分别为二次侧电压和电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

变压器绕组变形在线检测方法与系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电力设备技术领域,特别是涉及变压器绕组变形在线检测方法与系统。

背景技术

[0002] 变压器是电力系统中最主要的设备之一,价格昂贵而重要,当变压器发生故障时将会影响电力系统的正常工作,进而给国民经济带来损失。然而变压器绕组是发生故障较多的部件之一,因此,尽早发现变压器绕组的潜在威胁,及时发现变压器绕组变形很重要。当变压器发生出口短路故障时,其绕组所受电动力将会是正常运行时所受到电动力的几十甚至是几百倍。同时由于变压器设计结构不能达到国标规定的承受短路能力,使得变压器绕组在承受短路电流冲击后发生机械变形。某些情况下电动力不至于使绕组直接变形,但由累积效应也会使绕组变形进一步发展,即便未出现系统短路事故,也会导致变压器非正常退出运行。

[0003] 目前的绕组变形检测方法包括有短路阻抗法、频率响应法和低压脉冲法等,这些方法尚处于离线测量阶段,而不能实现在线检测。由于离线的检测方法需要变压器退出运行,不能实时的反映绕组状态,所以上述检测方法无法真实、准确检测变压器绕组变形的情况。

发明内容

[0004] 基于此,有必要针对一般变压器绕组变形检测方法无法真实、准确检测变压器绕组变形情况的问题,提供一种能够真实、准确检测变压器绕组变形情况的在线检测方法与系统。

[0005] 一种变压器绕组变形在线检测方法,包括步骤:

[0006] 建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型;

[0007] 在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号;

[0008] 根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号,利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,计算变压器短路阻抗值;

[0009] 根据计算获得的变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。

[0010] 一种变压器绕组变形在线检测系统,包括:

[0011] 关系模型建立模块,用于建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型;

[0012] 信号采集模块,用于在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号;

[0013] 计算模块,用于根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号,利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,计算变压器短路阻抗值;

[0014] 结果分析模块,用于根据计算获得的变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。

[0015] 本发明变压器绕组变形在线检测方法,首先建立关系模型,之后在线采集变压器一次侧电压和二次侧电压、电流的信号,根据采集到的数据和之前建立的关系模型,计算出变压器短路阻抗值,最后再根据变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。整个在线检测方法简单、经济,且由于是在线检测,所以获得的数据能够真实、准确反映变压器绕组变形情况,不影响供电连续性。所以本发明变压器绕组变形在线检测方法是一种简单、有效能够真实、准确检测变压器绕组变形的的方法。

附图说明

[0016] 图1为本发明变压器绕组变形在线检测方法第一个实施例的流程示意图;

[0017] 图2为本发明变压器绕组变形在线检测方法第二个实施例的流程示意图;

[0018] 图3为本发明变压器绕组变形在线检测系统第一个实施例的结构示意图;

[0019] 图4为本发明变压器绕组变形在线检测系统第二个实施例的结构示意图。

具体实施方式

[0020] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下根据附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施仅仅用以解释本发明,并不限定本发明。

[0021] 为了便于解释说明本发明变压器绕组变形在线检测方法,在下述具体实施例中,将会选用字母替换计算过程出现的数值。

[0022] 如图1所示,一种变压器绕组变形在线检测方法,包括步骤:

[0023] S200:建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型。

[0024] 短路阻抗与变压器一次侧、二次侧电压和电流之间的关系模型基于以下关系式:

$$[0025] \quad Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0026] 式中, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 为一次侧电压、电流值; \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 为二次侧电压、电流值; \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 为二次侧电压、电流在一次侧归算值;n为变压器变比。

[0027] S400:在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号。

[0028] 在这里采集变压器一次侧、二次侧的电压信号和电流信号,无需停电也无需打开变压器,只需直接将采集设备连接在变压器一次侧、二次侧进行实时采集。另外还可以预设的数据采集周期和频率,当需要更好精度的在线检测结果时,可以提高信号采集的频率,当需要简单、快速在线检测时,可以降低信号采集的频率,预设的采集频率可以根据实际情况

的需要而设定或者根据操作者的喜好。

[0029] S600 :根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号,利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,计算变压器短路阻抗值。

[0030] 正如之前所述,短路阻抗与变压器一次侧、二次侧电压和电流之间的关系模型基于以下关系式:

$$[0031] \quad Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0032] 只需利用采集的变压器一次侧、二次侧的电压信号和电流信号,根据上述关系式即可计算出变压器短路阻抗值。

[0033] S800 :根据计算获得的变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。

[0034] 可以将计算获得的变压器短路阻抗值与变压器短路阻抗标准值比较,若两个短路阻抗值之间相差很大则说明当前变压器绕组发生了比较严重的形变,需要打开变压器进行检修,其中变压器短路阻抗标准值为变压器绕组未发生形变时的变压器短路阻抗值。变压器短路阻抗标准值可以通过变压器铭牌上的数值计算得出或者将变压器第一次加电时的短路阻抗值作为短路阻抗标准值。

[0035] 如图 2 所示,在其中一个实施例中,所述 S200 具体包括步骤:

[0036] S220 :建立变压器等效电路模型。

[0037] 根据变压器的类型,可以建立变压器 T 型等效模型。

[0038] S240 :根据所述变压器等效电路模型,获得变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型。

[0039] 根据变压器 T 型等效模型,即可获得上述关系模型基于的关系式

$$[0040] \quad Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0041] 式中, Z_1 为一次绕组的阻抗; \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 为一次侧电压、电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 为二次侧电压、电流值, Z_{21} 为二次侧绕组的阻抗在一次侧归算值, \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 为二次侧电压、电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

[0042] 在本实施例中,首先建立变压器等效电路模型,之后再根据该模型获得变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,整个过程简单、准确。

[0043] 如图 2 所示,在其中一个实施例中,所述步骤 600 具体包括步骤:

[0044] S620 :将采集到的所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧电压信号和电流信号进行数学运算,获取所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值以及所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值。

[0045] 将采集到的电学信号转化数学运算值,便于在下面步骤中进行计算。

[0046] S640 :获取所述变压器的变压器变比。

[0047] 变压器变比可以是预先测量好的数据,通常用 n 表示变压器变比。

[0048] S660 :利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,获取变压器短路阻抗值计算公式。

$$[0049] \quad \text{计算公式为: } Z_K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0050] S680 :根据所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器变比和所述变压器短路阻抗值计算公式,计算所述变压器短路阻抗值。

[0051] 根据短路阻抗的计算公式获得变压器等效短路阻抗的值 $Z_K = a + bj$, Z_K 为一复数值,对其取虚部即可获得短路电抗值 $X_K = b$ 。

[0052] 本实施例中,上述整个计算过程简单,便于在实际操作过程数据的处理,能够快速获得计算结果。

[0053] 如图 2 所示,在其中一个实施例中,所述步骤 S800 具体包括步骤:

[0054] S820 :根据变压器类型,获取所述变压器绕组的短路阻抗标准值,所述短路阻抗标准值为变压器绕组未发生形变时的短路阻抗值。

[0055] 短路阻抗标准值指的是变压器绕组未发生形变的短路阻抗值,这个数值可以直接根据变压器铭牌上的数据计算获得,或者将变压器第一次加电时的短路阻抗值为该变压器的短路阻抗标准值。

[0056] S840 :将计算获得的变压器短路阻抗值与所述短路阻抗标准值相比对,获得比对结果。

[0057] 将计算获得的短路阻抗值与短路阻抗标准值相比对,获得对比结果,观察两个短路阻抗值相差是否很大。

[0058] S860 :根据 IEC-6007605 标准,分析所述比对结果,确定当前变压器绕组变形情况。

[0059] IEC-6007605 标准为电力变压器承受短路的能力的标准,根据上述的比对结果,可以清楚的判断当前变压器绕组变形情况。由于判断的标准是根据变压器类型而确定的,所以该判断过程适用于所有类型的变压器。

[0060] 在其中一个实施例中,所述变压器短路阻抗值计算公式为:

$$[0061] \quad Z_K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0062] 式中, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 分别为一次侧电压和电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 分别为二次侧电压和电流值, \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 分别为二次侧电压和电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

[0063] 下面将用单相变压器这一个具体实施例,详细解释说明本发明变压器绕组变形在线检测方法的技术方案以及计算过程,为了便于解释说明,在下面计算过程中均采用统一的字母替代公式中的数值。

[0064] 根据变压器 T 型等效电路模型可获得如下关系式:

$$[0065] \quad \dot{U}_1 - \dot{U}_{21} = \dot{U}_1 - n\dot{U}_2 = \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_{21} Z_{21} = \dot{I}_1 Z_1 + \frac{\dot{I}_2}{n} Z_{21} \quad (1)$$

[0066] 式中, Z_1 为一次绕组的阻抗, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 为一次侧电压、电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 为二次侧电压、电流值, Z_{21} 为二次侧绕组的阻抗在一次侧归算值, \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 为二次侧电压、电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

[0067] 据公式 1 可构建如下关系式:

$$[0068] \quad \dot{U}_1 - \dot{U}_{21} = \dot{I}_1 Z_1 + \dot{I}_{21} Z_{21} = \dot{I}_1 (Z_1 + Z_{21}) - \dot{I}_0 Z_{21} = \dot{I}_{21} (Z_1 + Z_{21}) + \dot{I}_0 Z_1 \quad (2)$$

[0069] 式中, \dot{I}_0 为励磁电流, $Z_1 + Z_{21}$ 为一次侧阻抗与二次侧阻抗在一次侧归算值的和 Z_k , 即为变压器的短路阻抗。

[0070] 忽略励磁电流 \dot{I}_0 , 利用一次侧电流 \dot{I}_1 并据公式 2 可构建短路阻抗计算式:

$$[0071] \quad Z_k^1 = (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) / \dot{I}_1 \quad (3)$$

[0072] 式中, Z_k^1 为利用一次侧电流计算得到的短路阻抗值。

[0073] 忽略励磁电流 \dot{I}_0 , 利用二次侧电流在一次侧归算值 \dot{I}_{21} 并据公式 2 可构建短路阻抗计算式:

$$[0074] \quad Z_k^2 = (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) / \dot{I}_{21} \quad (4)$$

[0075] 式中, Z_k^2 为利用二次侧电流在一次侧归算值计算得到的短路阻抗值。

[0076] 据公式 3 和公式 4 可构建短路阻抗计算式:

$$[0077] \quad Z_k = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2) \quad (5)$$

[0078] 据公式 2 可获得的如下关系式:

$$[0079] \quad 2\Delta\dot{U} = 2(\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = (\dot{I}_1 + \dot{I}_{21})(Z_1 + Z_{21}) + \dot{I}_0(Z_1 - Z_{21}) \quad (6)$$

[0080] 式中, $\Delta\dot{U}$ 为变压器绕组上的压降。

[0081] 据公式 6 可构建如下关系式:

$$[0082] \quad \frac{2\Delta\dot{U}}{\dot{I}_1} = \left(1 + \frac{\dot{I}_{21}}{\dot{I}_1} \right) (Z_1 + Z_{21}) + \frac{\dot{I}_0}{\dot{I}_1} (Z_1 - Z_{21})$$

$$[0083] \quad \frac{2\Delta\dot{U}}{\dot{I}_{21}} = \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_{21}} + 1 \right) (Z_1 + Z_{21}) + \frac{\dot{I}_0}{\dot{I}_{21}} (Z_1 - Z_{21}) \quad (7)$$

[0084] 据公式 7 的计算公式计算结果与实际结果的误差 ΔZ 可表示为:

[0085]

$$\Delta Z = Z_k - Z_{ksh} = \frac{1}{4} \left[\left(2 + \frac{\dot{I}_{21}}{\dot{I}_1} + \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_{21}} \right) (Z_1 + Z_{21}) + \dot{I}_0 \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (Z_1 - Z_{21}) \right] - (Z_1 + Z_{21}) \quad (8)$$

[0086] 式中, Z_{ksh} 表示变压器绕组阻抗的实际值。

[0087] 据公式 8 进一步得到以下关系式:

$$[0088] \quad \Delta Z = \frac{1}{4} \left[\left(\frac{\dot{I}_{21}}{\dot{I}_1} + \frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_{21}} - 2 \right) (Z_1 + Z_{21}) + \dot{I}_0 \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (Z_1 - Z_{21}) \right] \quad (9)$$

[0089] 据公式 9 进一步得到以下关系式：

$$[0090] \quad \Delta Z = \frac{1}{4} \left[\frac{(\dot{I}_1 - \dot{I}_{21})^2}{\dot{I}_1 \dot{I}_{21}} (Z_1 + Z_{21}) + \dot{I}_0 \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (Z_1 - Z_{21}) \right] \quad (10)$$

[0091] 令 $\dot{K} = \dot{I}_0 / \dot{I}_1$ ，据公式 10 可构建如下关系式：

$$[0092] \quad \Delta Z = \frac{1}{4} \left[\frac{K^2}{1-K} (Z_1 + Z_{21}) + \left(K + \frac{K}{1-K} \right) (Z_1 - Z_{21}) \right] \quad (11)$$

[0093] 据公式 11 进一步得到以下关系式：

$$[0094] \quad \Delta Z = \frac{1}{2} \frac{\dot{K}^2}{1-\dot{K}} Z_{21} + \frac{1}{2} \frac{\dot{K}}{1-\dot{K}} (Z_1 - Z_{21}) \quad (12)$$

[0095] 对于计算结果的误差率 δ ，有：

$$[0096] \quad \delta = \left| \frac{\Delta Z}{Z_1 + Z_{21}} \right| = \left| \frac{\dot{K}^2}{2(1-\dot{K})} \frac{Z_{21}}{Z_1 + Z_{21}} + \frac{\dot{K}}{2(1-\dot{K})} \left(\frac{Z_1 - Z_{21}}{Z_1 + Z_{21}} \right) \right| \quad (13)$$

[0097] 令 $\dot{T} = Z_1 / Z_{21}$ ，据公式 13 可构建如下关系式：

$$[0098] \quad \delta = \left| \frac{\dot{K}^2}{2(1-\dot{K})} \frac{1}{\dot{T}+1} + \frac{\dot{K}}{2(1-\dot{K})} \left(\frac{\dot{T}-1}{\dot{T}+1} \right) \right| \quad (14)$$

[0099] 从公式 14 可以看出，利用公式 5 中计算得出的短路阻抗计算式的误差和变量 \dot{K} 、 \dot{T} 相关。一般情况下误差在 0.1% 以内。

[0100] 应当理解当变压器不是单相而是其他类型时（例如，三相）只需要对上述计算过程以及公式做出相应的变换，其采用的处理思路以及理论依据是相同的。

[0101] 如图 3 所示，一种变压器绕组变形在线检测系统，包括：

[0102] 关系模型建立模块 100，用于建立变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型；

[0103] 信号采集模块 200，用于在线采集所述变压器一次侧电压信号和电流信号、二次侧的电压信号和电流信号；

[0104] 计算模块 300，用于根据所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧的电压信号和电流信号，利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型，计算变压器短路阻抗值；

[0105] 结果分析模块 400，用于根据计算获得的变压器短路阻抗值，确定变压器绕组变形情况。

[0106] 本发明变压器绕组变形在线检测系统，首先建立关系模型，之后在线采集变压器一次侧电压和二次侧电压、电流的信号，根据采集到的数据和之前建立的关系模型，计算得

出变压器短路阻抗值,最后再根据变压器短路阻抗值,确定变压器绕组变形情况。整个在线检测系统简单、经济,且由于是在线检测,所以获得的数据能够真实、准确反映变压器绕组变形情况,不影响供电连续性。所以本发明变压器绕组变形在线检测系统是一种简单、有效能够真实、准确检测变压器绕组变形的系统。

[0107] 如图 4 所示,在其中一个实施例中,所述关系模型建立模块 100 具体包括:

[0108] 等效模型建立单元 120,用于建立变压器等效电路模型;

[0109] 关系模型建立单元 140,用于根据所述变压器等效电路模型,获得变压器短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型。

[0110] 如图 4 所示,在其中一个实施例中,所述计算模块 300 具体包括:

[0111] 数学运算单元 320,用于将采集到的所述变压器一次侧电压信号和电流信号以及所述变压器二次侧电压信号和电流信号进行数学运算,获取所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值以及所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值;

[0112] 变压器变比获取单元 340,用于获取所述变压器的变压器变比;

[0113] 计算公式确定单元 360,用于利用所述变压器的短路阻抗、变压器一次侧电压和电流以及变压器二次侧电压和电流之间的关系模型,获取变压器短路阻抗值计算公式;

[0114] 计算执行单元 380,用于根据所述变压器一次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器二次侧电压和电流的数学运算值、所述变压器变比和所述变压器短路阻抗值计算公式,计算所述变压器短路阻抗值。

[0115] 如图 4 所示,在其中一个实施例中,所述结果分析模块 400 具体包括:

[0116] 标准值获取单元 420,用于根据变压器类型,获取所述变压器绕组的短路阻抗标准值,所述短路阻抗标准值为变压器绕组未发生形变时的短路阻抗值;

[0117] 比对单元 440,用于将计算获得的变压器短路阻抗值与所述短路阻抗标准值相对比,获得比对结果;

[0118] 分析单元 460,用于根据 IEC-6007605 标准,分析所述比对结果,确定当前变压器绕组变形情况。

[0119] 在其中一个实施例中,所述变压器短路阻抗值计算公式为:

$$[0120] \quad Z_K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{1}{\dot{I}_{21}} \right) (\dot{U}_1 - \dot{U}_{21}) = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\dot{I}_1} + \frac{n}{\dot{I}_2} \right) (\dot{U}_1 - n\dot{U}_2)$$

[0121] 式中, \dot{U}_1 、 \dot{I}_1 分别为一次侧电压和电流值, \dot{U}_2 、 \dot{I}_2 分别为二次侧电压和电流值, \dot{U}_{21} 、 \dot{I}_{21} 分别为二次侧电压和电流在一次侧归算值, n 为变压器变比。

[0122] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对本发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。因此,本发明的保护范围应以所附权利要求为准。

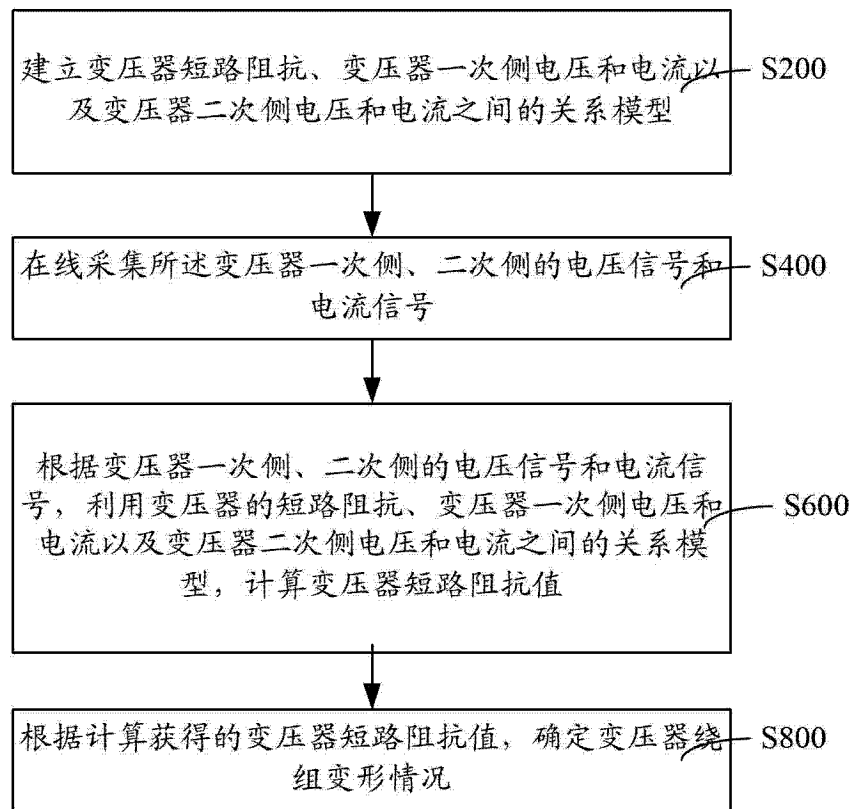


图 1

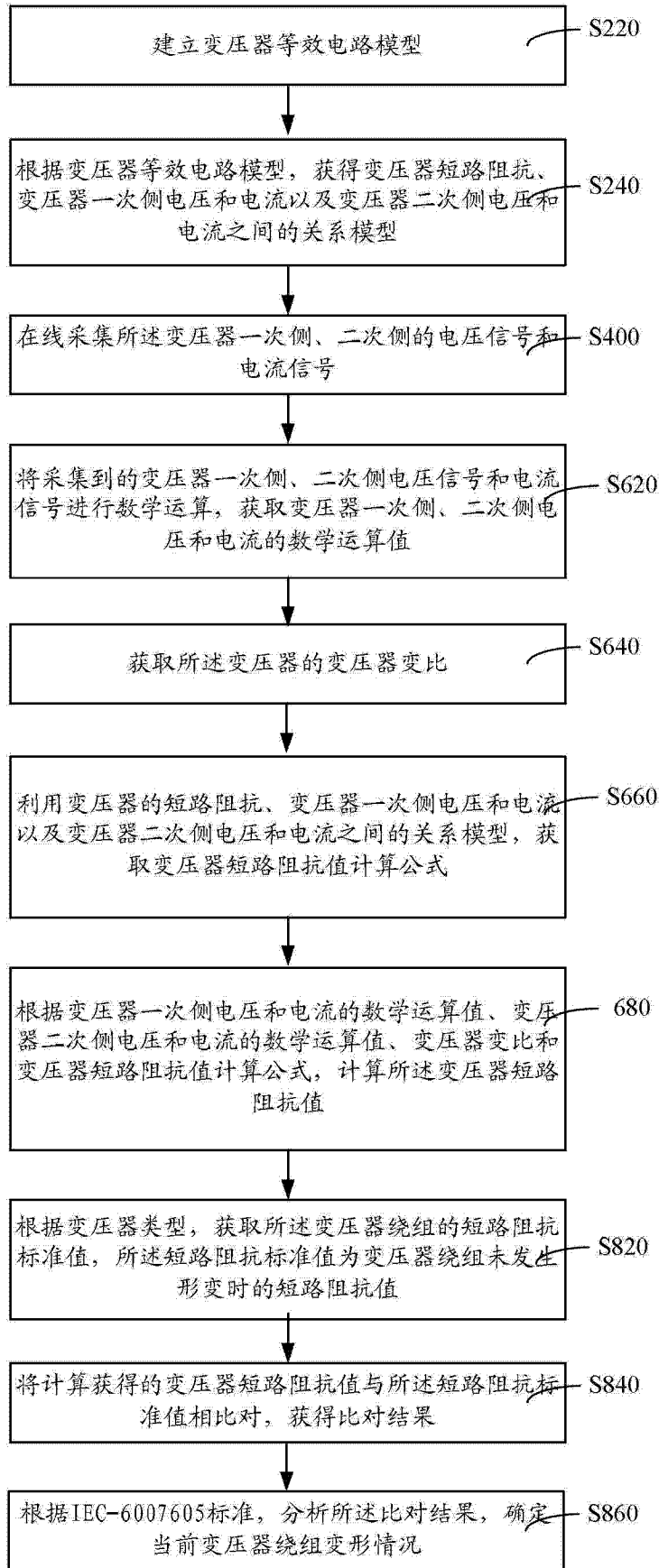


图 2

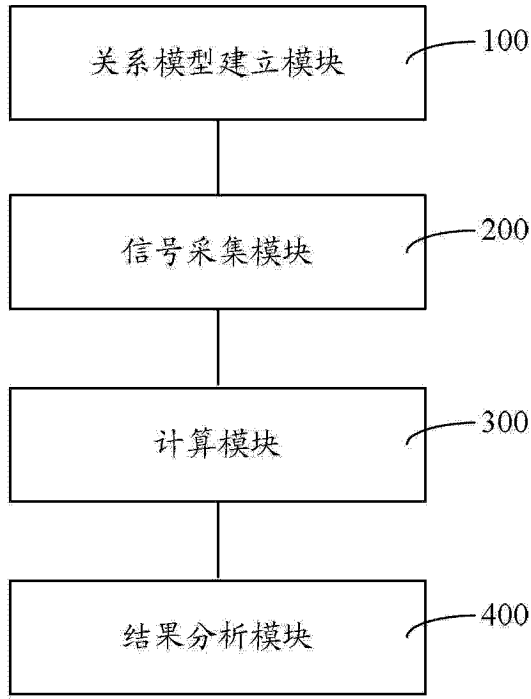


图 3

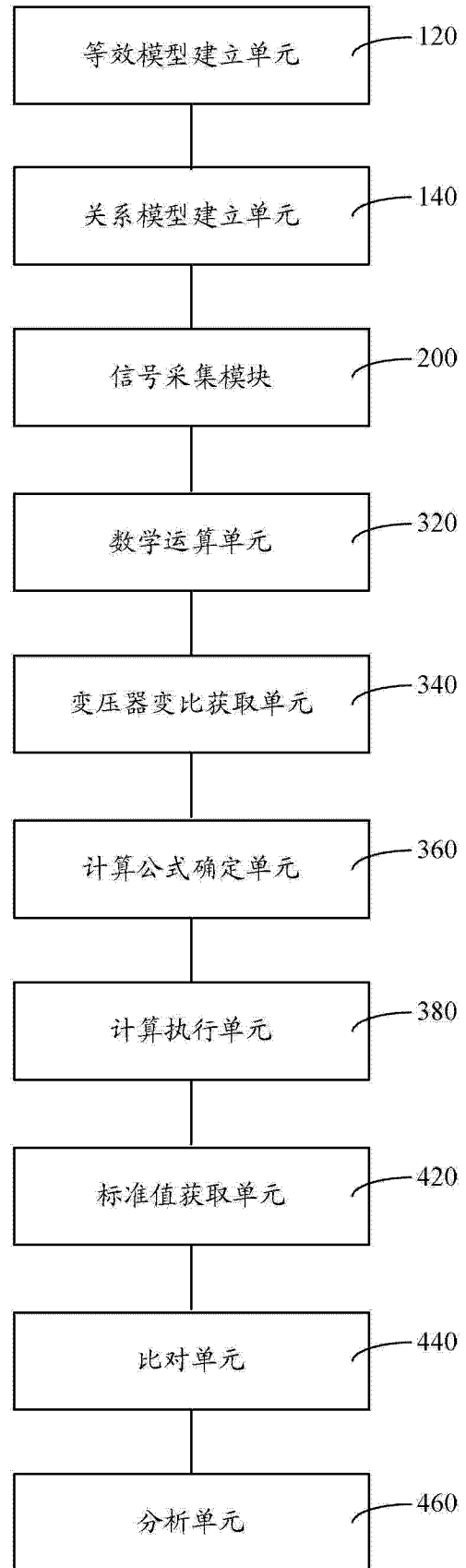


图 4