

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 3 月 3 日 (03.03.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/029629 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/06 (2006.01) *G01M 13/00* (2006.01)
G01H 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/070754
- (22) 国际申请日: 2015 年 1 月 15 日 (15.01.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
2014104363930 2014 年 8 月 29 日 (29.08.2014) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。江苏省电力公司 (JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区上海路 215 号, Jiangsu 210024 (CN)。江苏省电力公司南京供电公司 (JIANGSU NANJING POWER SUPPLY COMPANY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。河海大学 (HOHAI UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市鼓楼区西康路 1 号, Jiangsu 210024 (CN)。

- (72) 发明人: 姜宁 (JIANG, Ning); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。马宏忠 (MA, Hongzhong); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。李凯 (LI, Kai); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。陈冰冰 (CHEN, Bingbing); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。许洪华 (XU, Honghua); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。李勇 (LI, Yong); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。王春宁 (WANG, Chunning); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。赵宏飞 (ZHAO, Hongfei); 中国江苏省南京市建邺区奥体大街 1 号, Jiangsu 210019 (CN)。
- (74) 代理人: 南京天翼专利代理有限责任公司 (NANJING TIANYI PATENT AGENT CO., LTD); 中国江苏省南京市玄武区成贤街 118 号游富英, Jiangsu 210018 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

[见续页]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR JUDGING INTERIOR LOOSENESS OF POWER TRANSFORMER

(54) 发明名称: 电力变压器内部松动判断系统及其方法

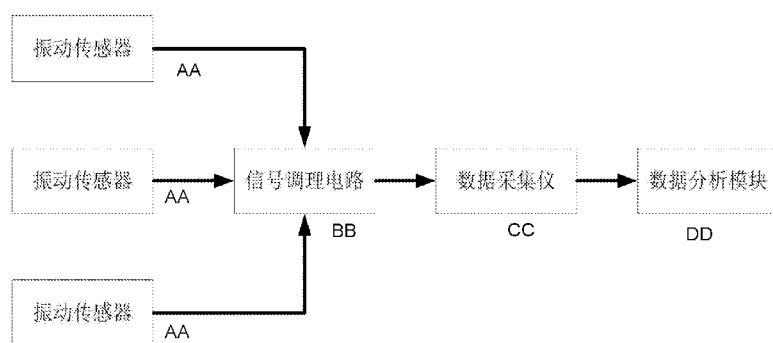


图 1 / FIG. 1

AA VIBRATION SENSOR

BB SIGNAL CONDITIONING CIRCUIT

CC DATA COLLECTION DEVICE

DD DATA ANALYSIS MODULE

(57) Abstract: A system and method for judging interior looseness of a power transformer. The system for judging and initially positioning interior looseness of a power transformer comprises a signal conditioning circuit, a data collection device and a data analysis module that are sequentially connected, and further comprises three vibration sensors. The three vibration sensors are connected to the data collection device through the signal conditioning circuit, and measure vibration signals of three phases of the power transformer correspondingly. The vibration signals are amplified, filtered and denoised by the signal conditioning circuit and then transmitted to the data collection device. The data collection device transmits the collected vibration signals to the data analysis module. The data analysis module stores and processes the vibration signals and carries out fault judgment. By means of the solution, the looseness fault of the transformer is judged through 100 Hz signals in the vibration signals according to the characteristic of the change of the vibration signals along with the looseness degree.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/029629 A1

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

电力变压器内部松动判断系统及其方法, 所述系统电力变压器内部松动判断与初步定位系统, 包含依次连接的信号调理电路、数据采集仪和数据分析模块, 还包含 3 个振动传感器, 3 个振动传感器分别经信号调理电路与数据采集仪连接; 3 个振动传感器分别对应测量电力变压器三相的振动信号, 振动信号经信号调理电路放大、滤波和降噪后传送给数据采集仪, 数据采集仪将采集的振动信号传送给数据分析模块, 数据分析模块对振动信号进行存储和处理, 并进行故障判断。该方案根据振动信号随松动程度的变化特点, 利用振动信号中 100Hz 信号判断出变压器的松动故障。

说明书

电力变压器内部松动判断系统及其方法

技术领域

本发明属于智能变电站技术领域，特别涉及了电力变压器内部松动判断系统及其方法。

背景技术

电力变压器铁芯和绕组的松动变形会对变压器的安全运行产生巨大威胁，因此，对变压器运行状况进行在线监测，及时发现故障隐患具有非常重要的意义。基于振动信号的电力变压器状态监测方法实现方便，监测系统与变压器没有电气联系，不影响设备正常运行。现有技术对变压器振动进行研究，分析变压器内部铁芯故障后油箱振动信号中 100Hz 信号会发生变化，并分析了变压器电压、电流变化对振动的影响。但因为 100Hz 信号大小并不与铁芯故障呈线性关系，甚至不成单调关系，变压器内部松动，油箱有些位置振动基频分量会增大，有些位置有可能还会减小，规律并不明确，直接判断依然困难。通过研究，发现变压器铁芯/绕组松动故障后 50Hz、150Hz、300Hz 信号发生明显变化，提出基于振动信号中 300Hz、150Hz 和 50Hz 分量的关系进行铁芯松动诊断，提高了诊断准确性。但是 50Hz、150Hz、300Hz 信号总体量值很小，对振动监测精度要求较高。

通过进一步研究，油箱表面振动信号是变压器内部各振动的产生振动信号在油箱表面测点的矢量叠加。振动信号基频分量幅值除了与空载电压的平方成线性和负载时电流平方成线性关系外；当 A、B、C 三相中某一相铁芯/绕组发生松动故障时，此相铁芯/绕组在油箱顶面或底部对应位置测点的振动信号 100Hz 基频分量幅值比正常时增大，且随铁芯松动程度增大而变大，其他两相铁芯/绕组在油箱顶面或底部对应位置测点的振动点的振动幅值随铁芯松动程度增加而先减小后增大。可根据此规律进行铁芯绕组松动判断，并进行松动初步定位。

发明内容

为了解决背景技术存在的技术问题，本发明旨在提供电力变压器内部松动判断系统及其方法，根据振动信号随松动程度的变化特点，利用振动信号中 100Hz 信号判断出变压器的松动故障。

电力变压器内部松动判断系统，包含依次连接的信号调理电路、数据采集仪和数据分析模块，还包含 3 个振动传感器，所述 3 个振动传感器分别经信号调理电路与数据采集仪连接；所述 3 个振动传感器分别对应测量电力变压器三相的振动信号，振动信号经信号调理电路放大、滤波和降噪后传送给数据采集仪，数据采集仪将采集的振动信号传送给数据分析模块，数据分析模块对振动信号进行存储和处理，并进行故障判断。

本发明还包括基于上述电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，该方法用于电力变压器铁芯松动的判断和初步定位，且该方法是在电力变压器空载运行下进行，包括以下步骤，其中步骤（1）-（4）为在确定电力变压器无故障时测量松动阈值，步骤（5）-（6）是在日常维护中检测松动故障：

（1）预设采样频率和采样时间，数据采集仪连续至少 3 次采样各振动传感器检测到的振动信号；

（2）根据采样频率和采样时间，整周期截取每个振动传感器每次采样的振动信号；

（3）数据分析模块对整周期截取的振动信号进行滤波处理，再进行时频变换，得到各振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值；

（4）对每个振动传感器多次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值取算术平均值，得到每个振动传感器采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量平均幅值，将该平均幅值乘以一定倍数后分别得到电力变压器三相铁芯的松动阈值 CR_{1A} 、 CR_{1B} 、 CR_{1C} ，并将松动阈值存储于数据分析模块中；

（5）重复步骤（1）-（3），重新得到每个振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值，当某一振动传感器至少连续 2 次其采样的振动信号 100Hz 处的频谱分量幅值大于该振动传感器对应相铁芯的松动阈值时，进入步骤（6），否则返回步骤（5）；

（6）各振动传感器某次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值与其对应相铁芯的松动阈值的比值分别表示为 λ_{1A} 、 λ_{1B} 和 λ_{1C} ：

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值均不大于 1 时，判断电力变压器存在明显的铁芯松动，且最大比值对应的电力变压器的该相铁芯存在松动；

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值至少有 1 个比值大于 1 时，仅判断出电力变压器存在明显的铁芯松动；

当 3 个比值中最大比值大于 1 且小于 2 时, 仅能判断出电力变压器存在微小的铁芯松动;

当 3 个比值中最大比值不大于 1 时, 判断出电力变压器不存在铁芯松动。

其中, 上述步骤 (3) 中的时频变换采用傅里叶变换。

其中, 上述步骤 (4) 中的一定倍数为 1.2~2 倍。

本发明还包括基于上述电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法, 该方法用于电力变压器绕组松动的判断和初步定位, 且该方法是在电力变压器负载运行下进行, 包括以下步骤, 其中步骤 (1) - (4) 为在确定电力变压器无故障时测量松动阈值, 步骤 (5) - (6) 是在日常维护中检测松动故障:

(1) 预设采样频率和采样时间, 数据采集仪连续至少 3 次采样各振动传感器检测到的振动信号;

(2) 根据采样频率和采样时间, 整周期截取每个振动传感器每次采样的振动信号;

(3) 数据分析模块对整周期截取的振动信号进行滤波处理, 再进行时频变换, 得到各振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值;

(4) 对每个振动传感器多次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值取算术平均值, 得到每个振动传感器采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量平均幅值, 将该平均幅值乘以一定倍数后分别得到电力变压器三相绕组的松动阈值 CR_{2A} 、 CR_{2B} 、 CR_{2C} , 并将松动阈值存储于数据分析模块中;

(5) 重复步骤 (1) - (3), 重新得到每个振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值, 当某一振动传感器至少连续 2 次其采样的振动信号 100Hz 处的频谱分量幅值大于该振动传感器对应相绕组的松动阈值时, 进入步骤 (6), 否则返回步骤 (5);

(6) 各振动传感器某次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值与其对应相绕组的松动阈值的比值分别表示为 λ_{2A} 、 λ_{2B} 和 λ_{2C} :

当 3 个比值中最大比值大于 2, 且其余 2 个比值均不大于 1 时, 判断电力变压器存在明显的绕组松动, 且最大比值对应的电力变压器的该相绕组存在松动;

当 3 个比值中最大比值大于 2, 且其余 2 个比值至少有 1 个比值大于 1 时, 仅判断出电力变压器存在明显的绕组松动;

当 3 个比值中最大比值大于 1 且小于 2 时, 仅判断出电力变压器存在微小的绕

组松动；

当 3 个比值中最大比值不大于 1 时，判断出电力变压器不存在绕组松动。

其中，保持检测松动故障时电力变压器的负载电流与测量松动阈值时电力变压器的负载电流相等。

其中，若检测松动故障时电力变压器的负载电流与测量松动阈值时电力变压器的负载电流存在偏差，则用下式折合振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值：

$$A_{100} = \frac{1}{I_{2*}^2} A_x$$

上式中， A_x 是任意负载电流下振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值， A_{100} 是 A_x 的折合值， I_{2*} 是检测松动故障时电力变压器负载电流的标么值。

采用上述技术方案带来的有益效果：

本发明能够方便地判断出电力变压器铁芯、绕组松动，并且能对松动位置初步定位。本发明利用了振动信号中 100Hz 处的分量幅值，由于变压器振动信号中 100Hz 分量幅值较大，所以对测量系统精度要求不高，且抗干扰能力较强。

附图说明

图 1 是本发明的系统结构框图；

图 2 是本发明吊芯式电力变压器振动传感器的位置示意图。

具体实施方式

以下将结合附图，对本发明的技术方案进行详细说明。

如图 1 所示本发明的系统结构框图，电力变压器内部松动判断系统，包含依次连接的信号调理电路、数据采集仪和数据分析模块，还包含 3 个振动传感器，所述 3 个振动传感器分别经信号调理电路与数据采集仪连接；所述 3 个振动传感器分别对应测量电力变压器三相的振动信号，振动信号经信号调理电路放大、滤波和降噪后传送给数据采集仪，数据采集仪将采集的振动信号传送给数据分析模块，数据分析模块对振动信号进行存储和处理，并进行故障判断。

在本实施例中，3 个振动传感器用胶牢固地粘接在油箱表面。当检测的电力变压器为吊芯式电力变压器，3 个振动传感器分别设置在电力变压器油箱顶面与电力变压器三相绕组对应的 3 个位置，如图 2 所示，1、2、3 号即 3 个振动传感器安装位置。当检测的电力变压器为吊罩式电力变压器，3 个振动传感器分别设置在电力变压器油箱底面与电力变压器三相绕组对应的 3 个位置。

本发明还包括基于上述系统的铁芯松动的判断方法，且该方法是在电力变压器空载运行下进行，包括以下步骤，其中步骤（1）-（4）为在确定电力变压器无故障时测量松动阈值，步骤（5）-（6）是在日常维护中检测松动故障：

（1）预设采样频率和采样时间，数据采集仪连续至少 3 次采样各振动传感器检测到的振动信号；

（2）根据采样频率和采样时间，整周期截取每个振动传感器每次采样的振动信号；

（3）数据分析模块对整周期截取的振动信号进行滤波处理，再进行时频变换，得到各振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值；

（4）对每个振动传感器多次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值取算术平均值，得到每个振动传感器采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量平均幅值，将该平均幅值乘以一定倍数后分别得到电力变压器三相铁芯的松动阈值 CR_{1A} 、 CR_{1B} 、 CR_{1C} ，并将松动阈值存储于数据分析模块中；

（5）重复步骤（1）-（3），重新得到每个振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值，当某一振动传感器至少 2 次其采样的振动信号 100Hz 处的频谱分量幅值大于该振动传感器对应相铁芯的松动阈值时，进入步骤（6），否则返回步骤（5）；

（6）各振动传感器某次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值与其对应相铁芯的松动阈值的比值分别表示为 λ_{1A} 、 λ_{1B} 和 λ_{1C} ：

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值均不大于 1 时，判断电力变压器存在明显的铁芯松动，且最大比值对应的电力变压器的该相铁芯存在松动；

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值至少有 1 个比值大于 1 时，仅判断出电力变压器存在明显的铁芯松动；

当 3 个比值中最大比值大于 1 且小于 2 时，仅能判断出电力变压器存在微小的铁芯松动；

当 3 个比值中最大比值不大于 1 时，判断出电力变压器不存在铁芯松动。

在本实施例中，上述步骤（3）中的时频变换采用傅里叶变换，步骤（4）中的一定倍数为 1.2~2 倍。

本发明还包含用于电力变压器绕组松动的判断方法，该方法的步骤与上述电力变压器铁芯松动的判断和初步定位方法一致，唯一的区别在于：判断铁芯松动时，

电力变压器必须处于空载运行状态，而判断绕组松动时，电力变压器必须处于负载运行状态。

在判断绕组松动时，检测松动故障时电力变压器的负载电流与测量松动阈值时电力变压器的负载电流应该保持相等。若无法保持相等，则需要用下式折合振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值：

$$A_{100} = \frac{1}{I_{2*}^2} A_x$$

上式中， A_x 是任意负载电流下振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值， A_{100} 是 A_x 的折合值， I_{2*} 是检测松动故障时电力变压器负载电流的标么值。

以上实施例仅为说明本发明的技术思想，不能以此限定本发明的保护范围，凡是按照本发明提出的技术思想，在技术方案基础上所做的任何改动，均落入本发明保护范围之内。

权利要求书

1、电力变压器内部松动判断系统，其特征在于：包含依次连接的信号调理电路、数据采集仪和数据分析模块，还包含 3 个振动传感器，所述 3 个振动传感器分别经信号调理电路与数据采集仪连接；所述 3 个振动传感器分别对应测量电力变压器三相的振动信号，振动信号经信号调理电路放大、滤波和降噪后传送给数据采集仪，数据采集仪将采集的振动信号传送给数据分析模块，数据分析模块对振动信号进行存储和处理，并进行故障判断。

2、基于权利要求 1 所述电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：该方法用于电力变压器铁芯松动的判断和初步定位，且该方法是在电力变压器空载运行下进行，包括以下步骤：

(1) 预设采样频率和采样时间，数据采集仪连续至少 3 次采样各振动传感器检测到的振动信号；

(2) 根据采样频率和采样时间，整周期截取每个振动传感器每次采样的振动信号；

(3) 数据分析模块对整周期截取的振动信号进行滤波处理，再进行时频变换，得到各振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值；

(4) 对每个振动传感器多次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值取算术平均值，得到每个振动传感器采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量平均幅值，将该平均幅值乘以一定倍数后分别得到电力变压器三相铁芯的松动阈值 CR_{1A} 、 CR_{1B} 、 CR_{1C} ，并将松动阈值存储于数据分析模块中；

(5) 当需要对电力变压器进行松动检测时，重复步骤 (1) - (3)，重新得到每个振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值，当某一振动传感器至少连续 2 次其采样的振动信号 100Hz 处的频谱分量幅值大于该振动传感器对应相铁芯的松动阈值时，进入步骤 (6)，否则返回步骤 (5)；

(6) 各振动传感器某次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值与其对应相铁芯的松动阈值的比值分别表示为 λ_{1A} 、 λ_{1B} 和 λ_{1C} ；

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值均不大于 1 时，判断电力变压器存在明显的铁芯松动，且最大比值对应的电力变压器的该相铁芯存在松动；

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值至少有 1 个比值大于 1 时，仅

判断出电力变压器存在明显的铁芯松动；

当 3 个比值中最大比值大于 1 且小于 2 时，仅能判断出电力变压器存在微小的铁芯松动；

当 3 个比值中最大比值不大于 1 时，判断出电力变压器不存在铁芯松动。

3、根据权利要求 2 所述基于电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：步骤（3）中的时频变换采用傅里叶变换。

4、根据权利要求 2 所述基于电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：步骤（4）中的一定倍数为 1.2~2 倍。

5、基于权利要求 1 所述电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：该方法用于电力变压器绕组松动的判断和初步定位，且该方法是在电力变压器负载运行下进行，包括以下步骤：

（1）预设采样频率和采样时间，数据采集仪连续至少 3 次采样各振动传感器检测到的振动信号；

（2）根据采样频率和采样时间，整周期截取每个振动传感器每次采样的振动信号；

（3）数据分析模块对整周期截取的振动信号进行滤波处理，再进行时频变换，得到各振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值；

（4）对每个振动传感器多次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值取算术平均值，得到每个振动传感器采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量平均幅值，将该平均幅值乘以一定倍数后分别得到电力变压器三相绕组的松动阈值 CR_{2A} 、 CR_{2B} 、 CR_{2C} ，并将松动阈值存储于数据分析模块中；

（5）当需要对电力变压器进行松动检测时，重复步骤（1）-（3），重新得到每个振动传感器每次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值，当某一振动传感器至少连续 2 次其采样的振动信号 100Hz 处的频谱分量幅值大于该振动传感器对应相绕组的松动阈值时，进入步骤（6），否则返回步骤（5）；

（6）各振动传感器某次采样的振动信号中 100Hz 处的频谱分量幅值与其对应相绕组的松动阈值的比值分别表示为 λ_{2A} 、 λ_{2B} 和 λ_{2C} ：

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值均不大于 1 时，判断电力变压器存在明显的绕组松动，且最大比值对应的电力变压器的该相绕组存在松动；

当 3 个比值中最大比值大于 2，且其余 2 个比值至少有 1 个比值大于 1 时，仅

判断出电力变压器存在明显的绕组松动；

当 3 个比值中最大比值大于 1 且小于 2 时，仅判断出电力变压器存在微小的绕组松动；

当 3 个比值中最大比值不大于 1 时，判断出电力变压器不存在绕组松动。

6、根据权利要求 5 所述基于电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：保持检测松动故障时电力变压器的负载电流与测量松动阈值时电力变压器的负载电流相等。

7、根据权利要求 5 所述基于电力变压器内部松动判断系统的松动判断方法，其特征在于：若检测松动故障时电力变压器的负载电流与测量松动阈值时电力变压器的负载电流存在偏差，则用下式折合振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值：

$$A_{100} = \frac{1}{I_{2*}^2} A_x$$

上式中， A_x 是任意负载电流下振动信号在 100Hz 处的频谱分量幅值， A_{100} 是 A_x 的折合值， I_{2*} 是检测松动故障时电力变压器负载电流的标么值。

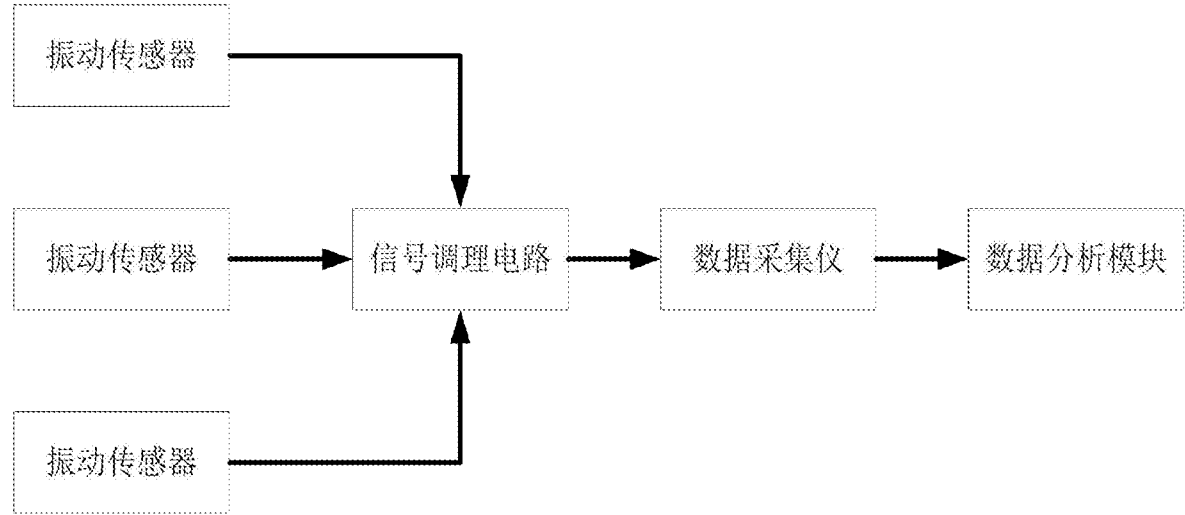


图 1

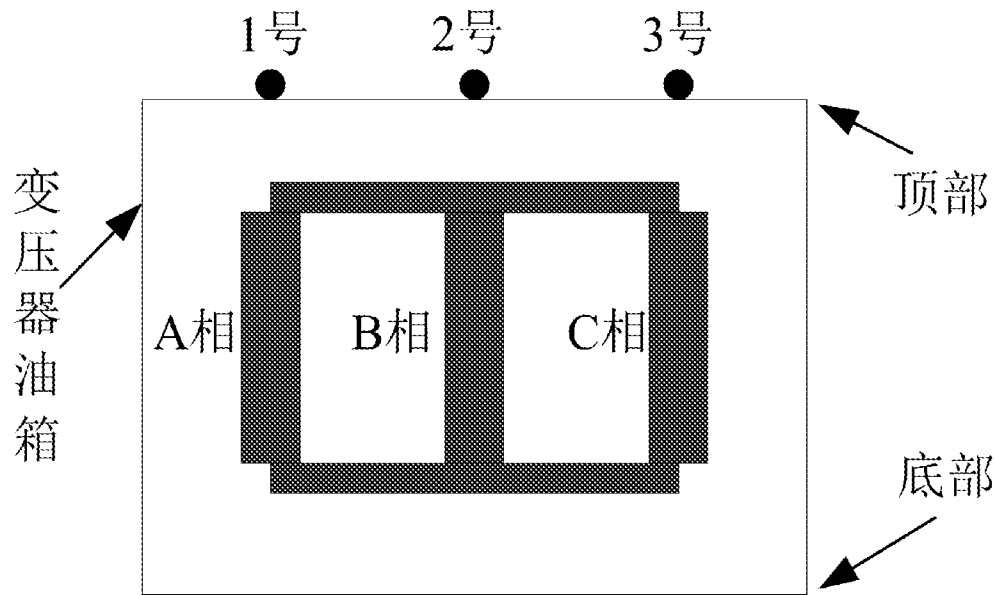


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/070754

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/06 (2006.01) i; G01H 17/00 (2006.01) i; G01M 13/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R 31; G01H; G01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, CJFD; VEN: iron core, TRANSFORMER, LOOSEN, CORE, WINDING, LOOP, COIL, VIBRATION

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104236702 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 24 December 2014 (24.12.2014), claims 1-7	1-7
PX	CN 204085686 U (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 07 January 2015 (07.01.2015), claim 1	1
X	CN 202735425 U (NANJING POWER SUPPLY COMPANY OF JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY et al.), 13 February 2013 (13.02.2013), figures 1-3, and description, paragraphs 21-49	1-7
X	CN 101769787 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 07 July 2010 (07.07.2010), figures 1-2, and description, paragraphs 35-54	1-4
X	CN 102721465 A (NANJING POWER SUPPLY COMPANY OF JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY et al.), 10 October 2012 (10.10.2012), figures 1-5, and description, paragraphs 14-19	1-4
X	CN 102998545 A (HENAN ELECTRIC POWER EXPERIMENTAL RESEARCH INSTITUTE et al.), 27 March 2013 (27.03.2013), figures 1-2, and description, paragraphs 41-52	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 May 2015 (22.05.2015)	Date of mailing of the international search report 02 June 2015 (02.06.2015)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Xiaoping Telephone No.: (86-10) 62085739

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/070754

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CHENG, Jin et al., "HIGH VOLTAGE ENGINEERING", Application of Vibration Method on Monitoring the Winding and Core Condition of Transformer, vol. 31, no. 4, 30 April 2005 (30.04.2005), ISSN: 1003-6520, pages 43-45	1-7
A	JP 2012058046 A (NISSHIN ELECTRICAL CO., LTD.), 22 March 2012 (22.03.2012), the whole document	1-7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/070754

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104236702 A	24 December 2014	None	
CN 204085686 U	07 January 2015	None	
CN 202735425 U	13 February 2013	None	
CN 101769787 A	07 July 2010	CN 101769787 B	20 July 2011
CN 102721465 A	10 October 2012	CN 102721465 B	05 February 2014
		WO 2013185405 A1	19 December 2013
		US 2014118003 A1	01 May 2014
CN 102998545 A	27 March 2013	None	
JP 2012058046 A	22 March 2012	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2015/070754

A. 主题的分类

G01R 31/06(2006.01)i; G01H 17/00(2006.01)i; G01M 13/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01R 31; G01H; G01M

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, CJFD; VEN: 变压器, 松动, 绕组, 铁心, 铁芯, 振动, TRANSFORMER, LOOSEN, CORE, WINDING, LOOP, COIL, VIBRATION

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104236702 A (国家电网公司等) 2014年 12月 24日 (2014 - 12 - 24) 权利要求1-7	1-7
PX	CN 204085686 U (国家电网公司等) 2015年 1月 7日 (2015 - 01 - 07) 权利要求1	1
X	CN 202735425 U (江苏省电力公司南京供电公司等) 2013年 2月 13日 (2013 - 02 - 13) 图1-3, 说明书第21-49段	1-7
X	CN 101769787 A (浙江大学) 2010年 7月 7日 (2010 - 07 - 07) 图1-2, 说明书第35-54	1-4
X	CN 102721465 A (江苏省电力公司南京供电公司等) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 图1-5, 说明书第14-19段	1-4
X	CN 102998545 A (河南电力试验研究院等) 2013年 3月 27日 (2013 - 03 - 27) 图1-2, 说明书第41-52段	1-7

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 5月 22日

国际检索报告邮寄日期

2015年 6月 2日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

王晓萍

电话号码 (86-10)62085739

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	程锦等. “高电压技术” 振动法在线监测变压器绕组及铁心状况，第31卷卷，第第4期期，2005年 4月 30日 (2005 - 04 - 30)， ISSN: 1003-6520， 第43—45页	1-7
A	JP 2012058046 A (NISSHIN ELECTRICAL CO.， LTD.) 2012年 3月 22日 (2012 - 03 - 22) 全文	1-7

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/070754

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104236702	A	2014年 12月 24日	无			
CN	204085686	U	2015年 1月 7日	无			
CN	202735425	U	2013年 2月 13日	无			
CN	101769787	A	2010年 7月 7日	CN	101769787	B	2011年 7月 20日
CN	102721465	A	2012年 10月 10日	CN	102721465	B	2014年 2月 5日
				WO	2013185405	A1	2013年 12月 19日
				US	2014118003	A1	2014年 5月 1日
CN	102998545	A	2013年 3月 27日	无			
JP	2012058046	A	2012年 3月 22日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)