



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103713217 B

(45)授权公告日 2017.09.22

(21)申请号 201310729107.5

(22)申请日 2013.12.25

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103713217 A

(43)申请公布日 2014.04.09

(73)专利权人 国网河南省电力公司电力科学研究
院

地址 450052 河南省郑州市二七区嵩山南
路85号

专利权人 上海交通大学 国家电网公司

(72)发明人 韩金华 王丰华 杨晓辉 王伟
李予全 董曼玲 郑含博 杨威
郭磊 王吉 王震宇

(74)专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通
合伙) 41104

代理人 刘建芳

(51)Int.Cl.

G01H 1/00(2006.01)

(56)对比文件

- CN 102998545 A, 2013.03.27,
- CN 103438978 A, 2013.12.11,
- JP 特开平7-92015 A, 1995.04.07,
- CN 103048036 A, 2013.04.17,
- CN 101246043 A, 2008.08.20,
- CN 202404166 U, 2012.08.29,
- CN 203133204 U, 2013.08.14,

张轶君. 变压器直流偏磁引起的振动噪声监
测方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据
库 工程科技II辑》.2009,(第02期),

马海等. 基于直流偏磁影响下变压器本体振
动与噪声的在线监测.《电气技术》.2012,(第9
期),

审查员 王蒙

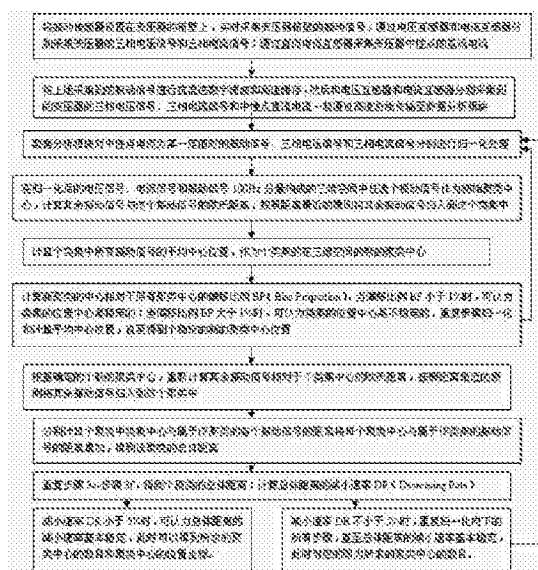
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态
的在线监测方法

(57)摘要

本发明公开了一种直流偏磁条件下电力变
压器运行状态的在线监测方法,包括下列步骤:
采集变压器箱壁的振动信号、变压器三相电压信
号、变压器三相电流信号和中性点直流电流;基
于K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模
型;将测得的变压器箱壁振动信号100Hz分量
的幅值与变压器振动聚类模型的输出量进行比
较,若二者的相对误差小于一阈值,则判断变
压器运行状态正常;若二者的相对误差大于等
于该阈值,则判断变压器运行状态异常。该方
法能有效地、高灵敏度地在线监测出直流偏
磁条件下变压器的运行状态,从而可及时采
取有效的变压器直流偏磁有效措施或检修变
压器,避免大的故障的发生。



CN 103713217 B

1.一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法,其特征在于:包括以下几个步骤:

(1):通过将振动传感器设置在变压器的箱壁上,实时采集变压器箱壁的振动信号;通过电压互感器和电流互感器分别采集变压器的三相电压信号和三相电流信号;通过直流电流互感器采集变压器中性点的直流电流;

(2):将步骤(1)中采集到的振动信号进行抗混迭数字滤波和高速缓存,然后与电压互感器、电流互感器和直流电流互感器分别采集到的变压器的三相电压信号、三相电流信号和中性点直流电流一起通过高速总线传输至数据分析模块;

(3):数据分析模块对接收到的信号数据通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型;

所述的通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型具体包括以下几个步骤:

3a:通过下列公式对中性点电流为某一定值时的振动信号、三相电压信号和三相电流信号分别进行归一化处理:

$$x_{norm}(t) = \frac{x(t)}{x_{max}(t)}, \quad u_{norm}(t) = \frac{u(t) - u_{max}(t)}{u_{max}(t) - u_{min}(t)}, \quad i_{norm}(t) = \frac{i(t) - i_{max}(t)}{i_{max}(t) - i_{min}(t)}$$

式中, $x(t)$ 、 $u(t)$ 和 $i(t)$ 分别为振动信号、三相电压信号和三相电流信号; $x_{norm}(t)$ 、 $u_{norm}(t)$ 和 $i_{norm}(t)$ 为归一化后的振动信号、三相电压信号和三相电流信号; $x_{max}(t)$ 为振动信号的最大值; $u_{max}(t)$ 和 $u_{min}(t)$ 分别为三相电压信号的最大值和最小值; $i_{max}(t)$ 和 $i_{min}(t)$ 分别为三相电流信号的最大值和最小值;

3b:在归一化后的三相电压信号、三相电流信号和振动信号100Hz在Z轴分量构成的三维空间中任选 K_{C1} 个振动信号作为初始聚类中心, K_{C1} 个类集的初始聚类中心在三维空间的位置分别为 $X_0(i, j, k)$,其中 $1 < i, j, k \leq N$,此处 N 为三相电压信号或三相电流信号的长度;计算其余振动信号与这 K_{C1} 个振动信号的欧氏距离,按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这 K_{C1} 个类集中;

3c:计算 K_{C1} 个类集中所有振动信号的平均中心位置,作为 K_{C1} 个类集的在三维空间的新的聚类中心,记新的聚类中心为 $X'_0(i, j, k)$,其中 $1 < i, j, k \leq N$;

3d:利用下述公式计算新的聚类中心 $X'_0(i, j, k)$ 相对于原有聚类中心 $X_0(i, j, k)$ 的偏移比例BP(Bias Proportion),当偏移比例BP小于1%时,可认为类集的位置中心 $X'_0(i, j, k)$ 是稳定的;当偏移比例BP大于1%时,可认为类集的位置中心 $X'_0(i, j, k)$ 是不稳定的,重复步骤3a、步骤3b和步骤3c,直至得到 K_{C1} 个稳定的新的聚类中心位置;偏移比例BP的计算公式为:

$$BP = \frac{\sum(abs(\text{新的聚类中心坐标} - \text{原有聚类中心坐标}))}{\sum(abs(\text{原有聚类中心坐标}))} \times 100\%;$$

3e:根据确定的 K_{C1} 个新的聚类中心 $X'_0(i, j, k)$,重新计算其余振动信号相对于 K_{C1} 个类集的聚类中心 $X'_0(i, j, k)$ 的欧氏距离,按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这 K_{C1} 个聚类中;

3f:计算每个聚类的总体距离;

3g:令 $K_C = K_{C1} + 1$,重复步骤3a~步骤3f,得到 K_C 个聚类的总体距离,记为 $J'(C)$;计算 K_C 个

聚类的总体距离的减小速率 (Decreasing Rate, DRKc), 当减小速率小于5%时, 可认为总体距离的减小速率基本稳定, 此时即为所求的聚类中心的数目, $X'_o(i, j, k)$ 即为 K_c 个聚类中心的位置坐标其中 $1 < i, j, k < K_c$; 否则重复步骤3a~步骤3f, 直至总体距离的减小速率基本稳定, 此时对应的 K_c 即为所求的聚类中心的数目; 所述的减小速率的计算公式为:

$$DR = \frac{|J'(C) - J(C)|}{|J(C)|} \times 100\%, \text{ 其中 } J(C) \text{ 为该聚类的总体距离;}$$

(4): 在采集的变压器箱壁上的振动信号中选取与变压器振动聚类模型的输出量Y时间相对应的振动信号, 对此振动信号进行傅里叶变换, 得到该振动信号的100Hz分量的幅值Y';

(5): 将Y'与变压器振动聚类模型的输出量Y进行比较, 若二者的相对误差小于15%, 则判断变压器运行状态正常; 若二者的相对误差大于等于15%, 则判断变压器运行状态异常。

2. 根据权利要求1所述的直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法, 其特征在于: 所述的步骤3f计算每个聚类的总体距离具体包括以下两个步骤:

3f1: 利用公式 $J(C_{K_{c1}}) = \sum_{X \in C_{K_{c1}}} \|X'_o(i, j, k) - X'(i, j, k)\|^2$ 分别计算 K_{c1} 个类

集的聚类中心与属于该聚类的各个振动信号的距离, 式中 $X'_o(i, j, k)$ 为第m个类集的聚类中心位置, $1 < m \leq K_{c1}$; $X'(i, j, k)$ 为属于第m个类集的振动信号位置;

3f2: 将每个聚类中心与属于该类集的振动信号的距离累加, 得到该聚类的总体距离,

其计算公式为
$$J(C) = \sum_{K=1}^{K_{c1}} J(C_{K_{c1}})。$$

一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种信号检测方法,尤其涉及一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法。

背景技术

[0002] 在国家“西电东送、南北互供”的战略方针下,高压直流输电(High Voltage Direct Current, HVDC)以其输送容量大、输送距离远等优势在我国西电东送的远距离电能输送中发挥了十分重要的作用,得到了广泛的应用。

[0003] 直流输电系统的运行方式主要有单极、双极和同极三种,我国直流输电系统大部分是双极中性点接地方式的系统。但当高压直流输电采用单极大地回路运行方式或双极不平衡运行方式时,会有高达几千安培的电流从直流接地极注入大地,进而引起变电站接地网地电位的变化。若两个变电站接地网之间存在电位差,会有直流电流经变压器中性点、变压器绕组及输电线路的回路流通,发生变压器直流偏磁现象。此外,地磁暴发生时,与工频电流相比,若将变化频率在0.001Hz-0.1Hz之间的地磁感应电流(Geomagnetically Induced Current, GIC)视为准直流,也会发生变压器直流偏磁现象。直流偏磁时,变压器铁芯出现半周饱和,励磁电流发生畸变,漏磁增加,振动加剧和噪声增大,引起绕组温升超过限值,金属结构件和油箱发生局部过热现象。局部过热将使绝缘老化并使变压器油分解,影响变压器的寿命,对变压器的正常运行产生严重影响。此外,直流偏磁使得变压器成了电力系统中的谐波源,不仅增加了变压器的无功消耗,而且可能引起保护继电器误动作,所以如何在直流偏磁条件下准确地对变压器的工作状态进行监测是电力输送的关键环节。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法,能够实现变压器的工作状态的高效、准确判断,保障电力变压器的安全稳定运行。

[0005] 本发明采用下述技术方案:

[0006] 一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法,包括一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法,包括以下几个步骤:

[0007] (1): 通过将振动传感器设置在变压器的箱壁上,实时采集变压器箱壁的振动信号;通过电压互感器和电流互感器分别采集变压器的三相电压信号和三相电流信号;通过直流电流互感器采集变压器中性点的直流电流;

[0008] (2): 将步骤(1)中采集到的振动信号进行抗混迭数字滤波和高速缓存,然后与电压互感器、电流互感器和直流电流互感器分别采集到的变压器的三相电压信号、三相电流信号和中性点直流电流一起通过高速总线传输至数据分析模块;

[0009] (3): 数据分析模块对接收到的信号数据通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型;

[0010] (4): 在采集的变压器箱壁上的振动信号中选取与变压器振动聚类模型的输出量Y

时间相对应的振动信号,对此振动信号进行傅里叶变换,得到该振动信号的100Hz (Z轴) 分量的幅值Y’;

[0011] (5):将Y’与变压器振动聚类模型的输出量Y进行比较,若二者的相对误差小于15%,则判断变压器运行状态正常;若二者的相对误差大于等于15%,则判断变压器运行状态异常。

[0012] 所述的通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型具体包括以下几个步骤:

[0013] 3a:通过下列公式对中性点电流为某一定值时的振动信号、三相电压信号和三相电流信号分别进行归一化处理:

$$[0014] \quad x_{norm}(t) = \frac{x(t)}{x_{max}(t)}, \quad u_{norm}(t) = \frac{u(t) - u_{max}(t)}{u_{max}(t) - u_{min}(t)}, \quad i_{norm}(t) = \frac{i(t) - i_{max}(t)}{i_{max}(t) - i_{min}(t)}$$

[0015] 式中,x(t)、u(t)和i(t)分别为振动信号、三相电压信号和三相电流信号;x_{norm}(t)、u_{norm}(t)和i_{norm}(t)为归一化后的振动信号、三相电压信号和三相电流信号;x_{max}(t)为振动信号的最大值;u_{max}(t)和u_{min}(t)分别为三相电压信号的最大值和最小值;i_{max}(t)和i_{min}(t)分别为三相电流信号的最大值和最小值;

[0016] 3b:在归一化后的三相电压信号、三相电流信号和振动信号100Hz (Z轴) 分量构成的三维空间中任选K_{C1}个振动信号作为初始聚类中心,K_{C1}个类集的初始聚类中心在三维空间的位置分别为X₀(i,j,k),其中1<i,j,k≤N,此处N为三相电压信号或三相电流信号的长度;计算其余振动信号与这K_{C1}个振动信号的欧氏距离,按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这K_{C1}个类集中;

[0017] 3c:计算K_{C1}个类集中所有振动信号的平均中心位置,作为K_{C1}个类集的在三维空间的新的聚类中心,记新的聚类中心为X’₀(i,j,k),其中1<i,j,k≤N;

[0018] 3d:利用下述公式计算新聚类的中心X’₀(i,j,k)相对于原有聚类中心X₀(i,j,k)的偏移比例BP (Bias Proportion),当偏移比例BP小于1%时,可认为类集的位置中心X’₀(i,j,k)是稳定的;当偏移比例BP大于1%时,可认为类集的位置中心X’₀(i,j,k)是不稳定的,重复步骤3a、步骤3b和步骤3c,直至得到K_{C1}个稳定的新的聚类中心位置;偏移比例BP的计算公式为:

$$[0019] \quad BP = \frac{\sum (abs(\text{新的聚类中心坐标} - \text{原有聚类中心坐标}))}{\sum abs(\text{原有聚类中心坐标})} \times 100\%$$

[0020] 3e:根据确定的K_{C1}个新的聚类中心X’₀(i,j,k),重新计算其余振动信号相对于K_{C1}个类集的聚类中心X’₀(i,j,k)的欧氏距离,按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这K_{C1}个聚类中;

[0021] 3f:计算每个聚类的总体距离;

[0022] 3g:令K_C=K_{C1}+1,重复步骤3a~步骤3f,得到K_C个聚类的总体距离,记为J’(C);计算总体距离的减小速率 (Decreasing Rate, DRK_C),当减小速率小于5%时,可认为总体距离的减小速率基本稳定,此时即为所求的聚类中心的数目,X’₀(i,j,k)即为K_C个聚类中心的位置坐标,其中1<i,j,k<K_C;否则重复步骤3a~步骤3f,直至总体距离的减小速率基本稳定,此时对应的K_C即为所求的聚类中心的数目;所述的减小速率的计算公式为:

$$DR = \frac{|J'(C) - J(C)|}{|J(C)|} \times 100\%$$

[0023] 所述的步骤3f计算每个聚类的总体距离具体包括以下两个步骤:

[0024] 3f1: 利用公式 $J(C_{K_{c1}}) = \sum_{X \in C_{K_{c1}}} \|X_0(i, j, k) - X^*(i, j, k)\|^2$ 分别计算

K_{c1} 个类集的聚类中心与属于该聚类的各个振动信号的距离;

[0025] 3f2: 将每个聚类中心与属于该类集的振动信号的距离累加, 得到该聚类的总体距离, 其计算公式为:

$$J(C) = \sum_{K=1}^{K_{c1}} J(C_{K_{c1}})$$

[0027] 本发明通过对变压器箱壁的振动以及中性点电流、电压、电流和振动信号的实时监控, 直接判断变压器的工作状态, 进而采取有效的变压器直流偏磁抑制措施, 并根据异常情况对变压器进行及时地检修, 大大降低了变压器的故障损坏率。该判断方法高效、准确, 且易于实施, 便于操作人员及时发现直流偏磁条件下变压器的异常运行状态。

附图说明

[0028] 图1为本发明显示了本技术方案的实施例中变压器的实测电压、电流和振动信号;

[0029] 图2为本发明实施例一段时间内的变压器振动信号实测结果与变压器振动聚类计算结果及其相对误差曲线图;

[0030] 图3为本发明实施例一段时间内的变压器振动信号实测结果与变压器振动聚类计算结果及其绝对误差差值的曲线图;

[0031] 图4为本发明的流程图。

具体实施方式

[0032] 如图4所示, 一种直流偏磁条件下电力变压器运行状态的在线监测方法, 包括以下几个步骤: 下述步骤按照对一台220kV电力变压器直流偏磁时的运行状态进行监测诊断举例说明:

[0033] (1): 通过将振动传感器设置在变压器的箱壁上, 实时采集变压器箱壁的振动信号; 通过电压互感器和电流互感器分别采集变压器的三相电压信号和三相电流信号; 通过直流电流互感器采集变压器中性点的直流电流;

[0034] (2): 将步骤(1)中采集到的振动信号进行抗混迭数字滤波和高速缓存, 然后与电压互感器、电流互感器和直流电流互感器分别采集到的变压器的三相电压信号、三相电流信号和中性点直流电流一起通过高速总线传输至数据分析模块;

[0035] (3): 数据分析模块对接收到的信号数据通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型; 所述的通过K-means聚类分析法建立变压器振动聚类模型具体包括以下几个步骤:

[0036] 3a: 通过下列公式对中性点电流为5A时的振动信号、三相电压信号和三相电流信

号分别进行归一化处理:

$$[0037] \quad x_{norm}(t) = \frac{x(t)}{x_{max}(t)}, \quad u_{norm}(t) = \frac{u(t) - u_{max}(t)}{u_{max}(t) - u_{min}(t)}, \quad i_{norm}(t) = \frac{i(t) - i_{max}(t)}{i_{max}(t) - i_{min}(t)}$$

[0038] 式中, $x(t)$ 、 $u(t)$ 和 $i(t)$ 分别为振动信号、三相电压信号和三相电流信号; $x_{norm}(t)$ 、 $u_{norm}(t)$ 和 $i_{norm}(t)$ 为归一化后的振动信号、三相电压信号和三相电流信号; $x_{max}(t)$ 为振动信号的最大值; $u_{max}(t)$ 和 $u_{min}(t)$ 分别为三相电压信号的最大值和最小值; $i_{max}(t)$ 和 $i_{min}(t)$ 分别为三相电流信号的最大值和最小值;

[0039] 3b: 在归一化后的三相电压信号、三相电流信号和振动信号 100Hz (Z轴) 分量构成的三维空间中任选 K_{c1} 个振动信号作为初始聚类中心, 此处 $K_{c1} = 144$ 。 K_{c1} 个初始聚类的类集的聚类中心在三维空间的位置分别为 $X_0(i, j, k)$, 其中 $1 < i, j, k \leq N$, 此处 N 为三相电压信号或三相电流信号的长度, 有 $N = 1440$ 。计算其余振动信号与这 K_{c1} 个振动信号的欧氏距离, 按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这 K_{c1} 个类集中; 欧氏距离是求得两点距离的常用值数学方法, 其是本领域内的普通技术人员均所熟知的, 故本文在此不再进行列式表达。

[0040] 3c: 计算 K_{c1} 个类集中所有振动信号的平均中心位置, 作为 K_{c1} 个类集的在三维空间的新的聚类中心, 记新的聚类中心为 $X'_0(i, j, k)$, 其中 $1 < i, j, k \leq N$;

[0041] 3d: 利用下述公式计算新聚类的中心 $X'_0(i, j, k)$ 相对于原有聚类中心 $X_0(i, j, k)$ 的偏移比例 BP (Bias Proportion), 当偏移比例 BP 小于 1% 时, 可认为类集的位置中心 $X'_0(i, j, k)$ 是稳定的; 当偏移比例 BP 大于 1% 时, 可认为类集的位置中心 $X'_0(i, j, k)$ 是不稳定的, 重复步骤 3a、步骤 3b 和步骤 3c, 直至得到 K_{c1} 个稳定的新的聚类中心位置; 偏移比例 BP 的计算公式为:

$$[0042] \quad BP = \frac{\sum (abs(\text{新的聚类中心坐标} - \text{原有聚类中心坐标}))}{\sum abs(\text{原有聚类中心坐标})} \times 100\%;$$

[0043] 3e: 根据确定的 K_{c1} 个新的聚类中心 $X'(i, j, k)$, 重新计算其余振动信号相对于 K_{c1} 个类集的聚类中心 $X'_0(i, j, k)$ 的欧氏距离, 按照距离最近的原则将其余振动信号归入到这 K_{c1} 个聚类中;

[0044] 3f: 计算每个聚类的总体距离; 所述的步骤 3f 计算每个聚类的总体距离具体包括以下两个步骤:

[0045] 所述的步骤 3f 计算每个聚类的总体距离具体包括以下两个步骤:

[0046] 3f1: 利用公式 $J(C_{K_{c1}}) = \sum_{x \in C_{K_{c1}}} \|X'_0(i, j, k) - X(x, j, k)\|^2$ 分别计算

K_{c1} 个类集的聚类中心与属于该聚类的各个振动信号的距离;

[0047] 3f2: 将每个聚类中心与属于该类集的振动信号的距离累加, 得到该聚类的总体距

离, 其计算公式为: $J(C) = \sum_{K=1}^{K_{c1}} J(C_{K_{c1}})$

[0048] 3g: 令 $K_c = K_{c1} + 1$, 重复步骤 3a ~ 步骤 3f, 得到 K_c 个聚类的总体距离, 记为 $J'(C)$; 计算总体距离的减小速率 (Decreasing Rate, DR), 当减小速率小于 5% 时, 可认为总体距离的

减小速率基本稳定,此时 K_c 即为所求的聚类中心的数目,为 $K_c=72$ 。 $X'_o(i, j, k)$ 即为 K_c 个聚类中心的位置坐标。否则重复步骤3a~步骤3f,直至总体距离的减小速率基本稳定,此时对应的 K_c 即为所求的聚类中心的数目;所述的减小速率的计算公式为:

$$[0049] \quad DR = \frac{|J'(C) - J(C)|}{|J(C)|} \times 100\%$$

[0050] (4):在采集的变压器箱壁的振动信号中选取与变压器振动聚类模型的输出量Y时间相对应的振动信号,对此振动信号进行傅里叶变换,得到该振动信号的100Hz(Z轴)分量的幅值Y',X,Y轴分别为电压和电流;其是本领域内的普通技术人员均所熟知的,故本文在此不再进行列式表达;

[0051] (5):将Y'与变压器振动聚类模型的输出量Y进行比较,若二者的相对误差小于15%,则判断变压器运行状态正常;若二者的相对误差大于等于15%,则判断变压器运行状态异常。此时需要及时进行处理,采取有效的变压器直流偏磁抑制措施,避免形成重大故障。

[0052] 本实施例中根据K-means聚类算法得到的振动聚类中心分布如图1所示。图中,x轴为归一化后的三相电压信号,y轴为归一化后的三相电流信号。图2和图3显示了本实施例中根据上述方法得到的一段时间内的变压器振动信号实测结果与变压器振动聚类计算结果及其相对误差曲线,从图3中可以看出,相对误差均小于10%,说明此时变压器绕组处于正常状态。

[0053] 变压器是电力系统中最重要设备之一,其运行的稳定性对电力系统安全影响重大。对运行中的变压器来说,其本体振动主要由铁芯振动和绕组振动组成。铁芯振动主要由硅钢片磁滞伸缩及硅钢片间的电磁力引起,与变压器的工作电压关系密切。变压器绕组在漏磁场及电流的相互作用下,将会受到随着电流及磁场强度的脉动而变化的电动力的作用,使绕组产生振动,即绕组振动与绕组电流密切相关。变压器本体机械特性的改变如绕组松动和变形、绕组崩塌、铁芯松动、铁芯歪曲或变形等故障都可以从其振动特性表现出现。发生直流偏磁现象时,励磁电流的畸变及漏磁的增加会改变变压器绕组和铁芯的振动特性,且其振动特性随外加直流分量的不同即变压器直流偏磁程度的不同而变化,因此,通过监测变压器箱壁表面的振动信号可有效地分析直流偏磁时变压器振动特性及绕组和铁芯状态的变化情况;只要绕组和铁芯的机械特性发生变化,都可以从它的振动特性及振动信号变化上得到反映,不仅大大提高了检测的灵敏度,而且可及时发现不同直流分量对变压器的影响程度,进而采取有效的变压器直流偏磁抑制措施,确保其安全可靠运行。此外,将振动传感器置于箱壁上的振动检测与整个强电系统没有直接连接,对于整个电气系统的正常运行没有任何影响,因此,可发展成为一种较准确、便捷、安全的在线监测方法。

[0054] 以上列举的仅为本发明的具体实施例,显然本发明不限于以上实施例。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到的方法变形,均应属于本发明的保护范围。

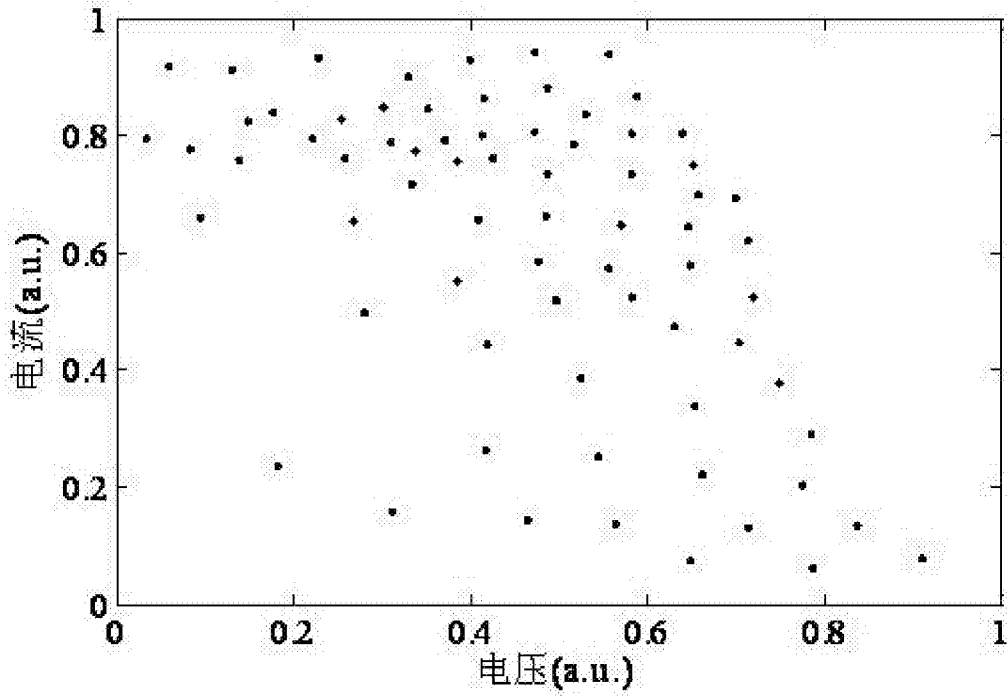


图1

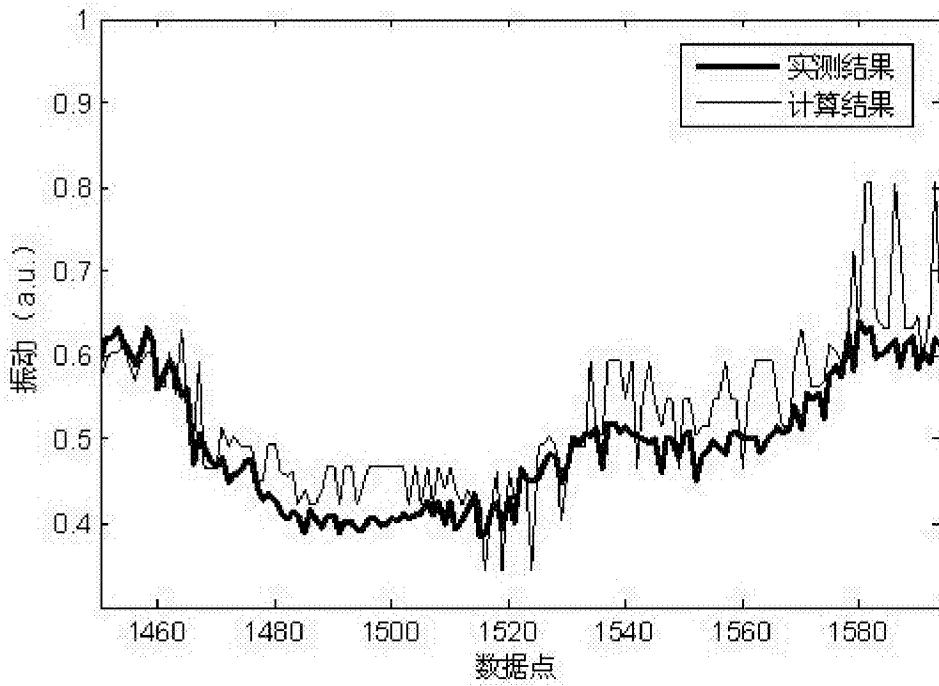


图2

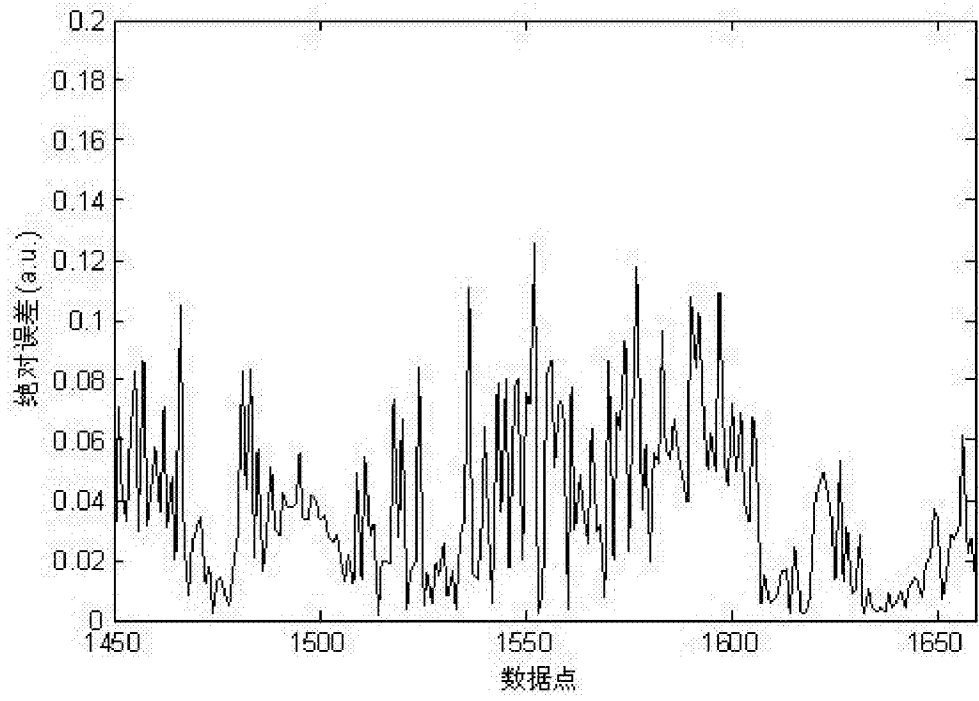


图3



图4