



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103176147 A

(43) 申请公布日 2013.06.26

(21) 申请号 201310080320.8

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013.03.13

G01R 33/12(2006.01)

(71) 申请人 江苏省电力公司电力科学研究院  
地址 210036 江苏省南京市凤凰西街 243 号  
申请人 华中科技大学  
江苏省电力公司  
国家电网公司

(72) 发明人 陈刚 李红斌 黄奇峰 王忠东  
范洁 陈铭明 卢树峰 杨世海  
张明明 徐敏锐 骆潘钿 田正其

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224  
代理人 董建林

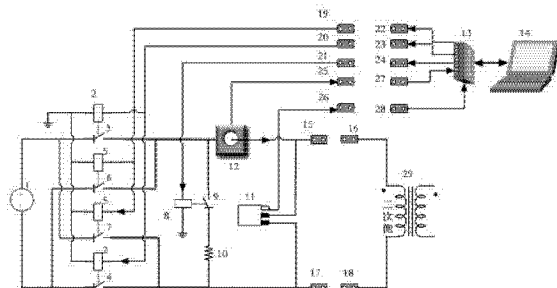
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

电流互感器剩磁测量系统及测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种电流互感器剩磁测量系统及测量方法,上位机接收数据单元传送的电流互感器的数据信号,进行相关数据处理,计算出剩磁系数,并且自动判断测量过程操作单元的运行状态,控制继电器的闭合状态,在电流互感器的一次侧开路条件下,对二次侧依次进行正向充电到电流互感器饱和状态、放电、反向充电到电流互感器饱和状态,运算得到正向充电过程、放电过程、反向充电过程的磁通变化量,再对这三个磁通变化量运算,可得到准确的剩磁系数,消除电流互感器初始铁心磁通不为零产生的剩磁系数测量误差,提高了电流互感器测取剩磁系数的准确性,保证电流互感器在电能计量和贸易结算使用的公平,具有良好的应用前景。



1. 一种电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:包括  
测量过程操作单元,用于对电流互感器充电操作、放电操作和反向充电操作;  
数据采集单元,用于采集电流互感器的二次侧数据,并将所采集的数据信号传送给上位机;

上位机,用于接收数据采集单元采集的数据信号,进行数据处理,计算显示出剩磁系数,自动判断测量过程操作单元的电路运行状态,控制测量过程操作单元的操作状态;

所述上位机通过数据采集单元与测量过程操作单元相连接,所述测量过程操作单元与电流互感器的二次侧相连接,所述电流互感器的二次侧还通过数据采集单元与上位机相连接。

2. 根据权利要求1所述的电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:所述测量过程操作单元包括直流源、第一继电器、第二继电器、第三继电器和放电电阻,所述第一继电器控制直流源正向接入电流互感器的二次侧,第二继电器控制直流源反向接入电流互感器的二次侧,第三继电器控制放电电阻接入电流互感器的二次侧。

3. 根据权利要求1所述的电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:所述数据采集单元包括

电流传感器,用于测取电流互感器的励磁电流信号;

电压传感器,用于测取电流互感器的二次侧端子的端电压;

数据采集卡,用于采集电流传感器、电压传感器输出的电流信号和电压信号,传送给上位机,并接收上位机的发出控制信号,控制测量过程操作单元中继电器的开合。

4. 基于权利要求1的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:包括以下步骤,

步骤(1)上位机控制测量过程操作单元中第一继电器闭合,对电流互感器正向充电操作,计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ;

步骤(2)判断电流互感器是否已到正向充电饱和状态,若已到正向充电饱和状态,上位机控制测量过程操作单元中第一继电器断开、第三继电器闭合,对电流互感器进行放电操作,计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$ ;

步骤(3)判断电流互感器是否放电完成,若放电完成,上位机控制测量过程操作单元中第二继电器闭合、第三继电器断开,对电流互感器反向充电操作,计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ ;

步骤(4)判断电流互感器是否已到反向充电饱和状态,若已到反向充电饱和状态,上位机控制测量过程操作单元中第二继电器断开、第三继电器闭合,对电流互感器进行放电操作,计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ;

步骤(5)判断电流互感器是否放电完成,若放电完成,上位机控制测量过程操作单元中第三继电器断开;

步骤(6)根据放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$  和反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ,计算电流互感器的剩磁系数;

步骤(7)上位机对计算的电流互感器的剩磁系数进行保存与显示。

5. 根据权利要求4所述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(1)计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ,根据公式(1)得到

$$R_{CT} = \frac{U_1}{I_1} \quad (1)$$

其中,  $I_1$  为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的电流互感器二次侧电流值,  $U_1$  为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的流互感器二次侧电压值。

6. 根据权利要求 4 所述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法, 其特征在于: 步骤(2) 计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  的方法如下:

1) 根据公式(2), 得到正向充电到励磁电流  $I_m$  稳定不变时的磁通变化量  $\Phi_0$ ,

$$\Phi_0 = \int_{t_0}^{t_1} (U - R * I_m) dt \quad (2)$$

其中,  $R$  为直流电阻预设值为 1,  $I_m$  为励磁电流,  $U$  为电流互感器二次端子两端的电压,  $t_0$  为正向充电的初始时刻,  $t_1$  为当励磁电流  $I_m$  稳定不变时的时刻;

2) 根据公式(3), 得到正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  如下,

$$\Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \frac{R_{CT}}{R} \left( \Phi_0 - \int_{t_0}^{t_1} U dt \right) - \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt$$

(3)

其中,  $t_2$  为正向充电饱和状态的时刻。

7. 根据权利要求 4 所述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法, 其特征在于: 步骤(3) 所述计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ , 根据公式(4) 得到的, 公式(4) 如下,

$$\Phi_2 = \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (4)$$

其中,  $t_3$  为步骤(3) 中放电完成的时刻。

8. 根据权利要求 4 所述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法, 其特征在于: 步骤(4) 所述计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ , 根据公式(5) 得到的, 公式(5) 如下,

$$\Phi_3 = \int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (5)$$

其中,  $t_4$  为反向充电饱和状态的时刻。

9. 根据权利要求 4 所述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法, 其特征在于: 步骤(6) 所述计算电流互感器的剩磁系数的方法如下,

1) 根据公式(6), 计算正向充电饱和时的磁通值  $\Phi_s$ ,

$$\Phi_s = \Phi_r - \Phi_2 \quad (6)$$

其中,  $\Phi_r$  为电流互感器剩磁;

2) 根据公式(7), 计算反向饱和磁通值  $-\Phi_s$ ,

$$-\Phi_s = -\Phi_r - \Phi_3 \quad (7)$$

3) 根据公式(6) 和公式(7), 得到

$$\Phi_s = -(\Phi_2 + \Phi_3) / 2 \quad (8)$$

$$\Phi_r = (\Phi_2 - \Phi_3) / 2 \quad (9)$$

4) 根据剩磁系数  $K_r$  计算公式(10), 得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$K_r = \Phi_r / \Phi_s \quad (10)$$

将公式(4)、公式(5)、公式(8)和公式(9)代入公式(10),得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$K_r = \frac{\int_{t_2}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt}{\int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt - \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt} .$$

## 电流互感器剩磁测量系统及测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电流互感器剩磁测量系统及测量方法,属于电能参数测量技术领域。

### 背景技术

[0002] 电流互感器中的直流剩磁会影响互感器误差,从而影响计量和保护性能,制造厂只能保证电流互感器出厂前没有剩磁,由此造成的误差影响量限制在一个合格的范围内,如果电流信号取自受直流剩磁影响严重的电流互感器将导致实际运行时的误差增大,电流互感器产生剩磁后对计量特性影响显著,比正常状况下误差增加一倍以上,乃至严重超差,造成电能计量和贸易结算不公,电网内电磁式电流互感器占绝大多数,不同程度存在直流剩磁影响问题。为了保持仪表不受故障电流的损坏,计量绕组更容易饱和,更容易使剩磁保持在较高水平,为了保证计量装置准确性和继电保护装置获取电流信号的正确性,必须对直流剩磁效应进行研究分析,采取有效的防范措施,而剩磁系数则是研究直流剩磁效应的一个重要参数因此迫切需要选择合理的方法对剩磁系数进行准确测取 G216847-1997《保护用电流互感器暂态特性技术要求》规定采用交流法、第一直流法、第二直流法和电容放电法测取剩磁系数,以下为对这四种方法的具体内容、存在的不足及需要进一步改进的部分的说明:

#### [0003] (1) 交流法

[0004] 具体内容为:在电流互感器的二次端子上施加正弦波交流电压,一次侧开路,测量相应的励磁电流和感应电压,并且需另外测取二次端子直流电阻的值,进行相关运算得到电流互感器铁心的动态磁滞回线,当电流互感器饱和时,相应的磁通量  $\phi_s$  为饱和磁通量,然后调节励磁电流,当励磁电流为零时对应的磁通量  $\phi_r$  为剩磁,求得电流互感器的剩磁系数为  $K_r = \phi_r / \phi_s$ ;

[0005] 存在不足:交流法没有考虑到电流互感器的初始磁通不为零这种情况;测试过程中不能直接得到二次绕组直流电阻的值,测试过程繁琐;若二次绕组线圈的电感量很大,达到饱和需要的励磁电压会很高,对测量难度和安全操作方面有一定影响。

#### [0006] (2) 第一直流法

[0007] 具体内容为:将电流互感器的一次侧开路,在二次端子施加一适当直流电压进行充电,直到回路中电流达到恒定值,然后切断直流电源,二次绕组电感开始放电,直到回路电流降为零,测量相应的励磁电流和感应电压,进行相关运算得到电流互感器的励磁特性曲线,当电流互感器饱和时,相应的磁通量  $\phi_s$  为饱和磁通量,当励磁电流为零时对应的磁通量  $\phi_r$  为剩磁,求得电流互感器的剩磁系数为  $K_r = \phi_r / \phi_s$ ;

[0008] 存在不足:第一直流法没有考虑到互感器初始磁通不为零这种情况;若二次绕组线圈的电感量很小,则充电过程非常短,不利于电流、电压数据的准确采集。

#### [0009] (3) 第二直流法

[0010] 具体内容为:将电流互感器的一次侧开路,采用电容器的电荷从二次端子对电流

互感器铁心励磁,在二次端子施加一适当直流电压进行充电,直到回路中电流达到恒定值  $I_m$ ,在测量过程中测取时间常数  $T$ ,对  $T$  进行相关运算得到励磁电感  $L_m$ ,根据计算磁通量的公式  $\Phi = L_m * I_m$ ,分别计算出饱和磁通量  $\Phi_s$ ,剩磁  $\Phi_r$ ,最终求得电流互感器的剩磁系数为  $K_r = \Phi_r / \Phi_s$ ;

[0011] 存在不足:没有考虑到电流互感器的初始磁通不为零的情况;测量过程繁琐,操作复杂。

[0012] (4) 电容放电法

[0013] 具体内容为:将电流互感器的一次侧开路,采用电容器的电荷从二次端子对电流互感器铁心励磁,直到铁心饱和,测量相应的励磁电流和感应电压,进行相关运算得到电流互感器的励磁特性曲线,当电流互感器饱和时,相应的磁通量  $\Phi_s$  为饱和磁通量,当励磁电流为零时对应的磁通量  $\Phi_r$  为剩磁,求得电流互感器的剩磁系数为  $K_r = \Phi_r / \Phi_s$ ;

[0014] 存在不足:电容放电法没有考虑到互感器初始磁通不为零的情况;测量过程繁琐,操作复杂。

[0015] 需要改进之处:由图 1 所述的传统方法测试曲线可以知道,当电流互感器的初始磁通量不为零时,  $\Phi_{s\text{测}} = \Phi_s - \Phi(0)$ ,同理  $\Phi_{r\text{测}} = \Phi_r - \Phi(0)$ ,计算剩磁系数时,  $K_r = \Phi_{r\text{测}} / \Phi_{s\text{测}} = (\Phi_r - \Phi(0)) / (\Phi_s - \Phi(0))$ ,因此  $\Phi(0)$  越大,剩磁系数  $K_r$  的误差就越大,上述四种方法,由于忽视电流互感器的初始磁通量不为零的情况,测取剩磁系数存在误差,所以在新的测量方法中需要考虑电流互感器初始磁通量不为零的情况。

## 发明内容

[0016] 为了克服现有技术中针对上述的四种电流互感器测取剩磁系数的方法存在的不足,提供的一种电流互感器剩磁测量系统及测量方法,能够避免因忽视互感器初始磁通量不为零时带来的测量误差,提高了电流互感器测取剩磁系数的准确性,保证电流互感器在电能计量和贸易结算使用的公平,具有良好的应用前景。

[0017] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0018] 一种电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:包括

[0019] 测量过程操作单元,用于对电流互感器充电操作、放电操作和反向充电操作;

[0020] 数据采集单元,用于采集电流互感器的二次侧数据,并将所采集的数据信号传送给上位机;

[0021] 上位机,用于接收数据采集单元采集的数据信号,进行数据处理,计算显示出剩磁系数,自动判断测量过程操作单元的电路运行状态,控制测量过程操作单元的操作状态;

[0022] 所述上位机通过数据采集单元与测量过程操作单元相连接,所述测量过程操作单元与电流互感器的二次侧相连接,所述电流互感器的二次侧还通过数据采集单元与上位机相连接。

[0023] 前述的电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:所述测量过程操作单元包括直流源、第一继电器、第二继电器、第三继电器和放电电阻,所述第一继电器控制直流源正向接入电流互感器的二次侧,第二继电器控制直流源反向接入电流互感器的二次侧,第三继电器控制放电电阻接入电流互感器的二次侧。

[0024] 前述的电流互感器剩磁测量系统,其特征在于:所述数据采集单元包括

[0025] 电流传感器,用于测取电流互感器的励磁电流信号;

[0026] 电压传感器,用于测取电流互感器的二次侧端子的端电压;

[0027] 数据采集卡,用于采集电流传感器、电压传感器输出的电流信号和电压信号,传送给上位机,并接收上位机的发出控制信号,控制测量过程操作单元中继电器的开合。

[0028] 基于上述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:包括以下步骤,

[0029] 步骤(1)上位机控制测量过程操作单元中第一继电器闭合,对电流互感器正向充电操作,计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ;

[0030] 步骤(2)判断电流互感器是否已到正向充电饱和状态,若已到正向充电饱和状态,上位机控制测量过程操作单元中第一继电器断开、第三继电器闭合,对电流互感器进行放电操作,计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$ ;

[0031] 步骤(3)判断电流互感器是否放电完成,若放电完成,上位机控制测量过程操作单元中第二继电器闭合、第三继电器断开,对电流互感器反向充电操作,计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ ;

[0032] 步骤(4)判断电流互感器是否已到反向充电饱和状态,若已到反向充电饱和状态,上位机控制测量过程操作单元中第二继电器断开、第三继电器闭合,对电流互感器进行放电操作,计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ;

[0033] 步骤(5)判断电流互感器是否放电完成,若放电完成,上位机控制测量过程操作单元中第三继电器断开;

[0034] 步骤(6)根据放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$  和反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ,计算电流互感器的剩磁系数;

[0035] 步骤(7)上位机对计算的电流互感器的剩磁系数进行保存与显示。

[0036] 前述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(1)计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ,根据公式(1)得到

$$[0037] \quad R_{CT} = \frac{U_1}{I_1} \quad (1)$$

[0038] 其中, $I_1$ 为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的电流互感器二次侧电流值, $U_1$ 为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的流互感器二次侧电压值。

[0039] 前述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(2)计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  的方法如下:

[0040] 1)根据公式(2),得到正向充电到励磁电流  $I_m$  稳定不变时的磁通变化量  $\Phi_0$ ,

$$[0041] \quad \Phi_0 = \int_{t_0}^{t_1} (U - R * I_m) dt \quad (2)$$

[0042] 其中, $R$ 为直流电阻预设值为1, $I_m$ 为励磁电流, $U$ 为电流互感器二次端子两端的电压, $t_0$ 为正向充电的初始时刻, $t_1$ 为当励磁电流  $I_m$  稳定不变时的时刻;

[0043] 2)根据公式(3),得到正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  如下,

$$[0044] \quad \Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \frac{R_{CT}}{R} \left( \Phi_0 - \int_{t_0}^{t_1} U dt \right) - \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt$$

[0045] (3)

[0046] 其中,  $t_2$  为正向充电饱和状态的时刻。

[0047] 前述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(3)所述计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ ,根据公式(4)得到的,公式(4)如下,

$$[0048] \quad \Phi_2 = \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (4)$$

[0049] 其中,  $t_3$  为步骤(3)中放电完成的时刻。

[0050] 前述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(4)所述计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ,根据公式(5)得到的,公式(5)如下,

$$[0051] \quad \Phi_3 = \int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (5)$$

[0052] 其中,  $t_4$  为反向充电饱和状态的时刻。

[0053] 前述的电流互感器剩磁测量系统的测量方法,其特征在于:步骤(6)所述计算电流互感器的剩磁系数的方法如下,

[0054] 1) 根据公式(6),计算正向充电饱和时的磁通值  $\Phi_s$ ,

$$[0055] \quad \Phi_s = \Phi_r - \Phi_2 \quad (6)$$

[0056] 其中,  $\Phi_r$  为电流互感器剩磁;

[0057] 2) 根据公式(7),计算反向饱和磁通值  $-\Phi_s$ ,

$$[0058] \quad -\Phi_s = -\Phi_r - \Phi_3 \quad (7)$$

[0059] 3) 根据公式(6)和公式(7),得到

$$[0060] \quad \Phi_s = -(\Phi_2 + \Phi_3) / 2 \quad (8)$$

$$[0061] \quad \Phi_r = (\Phi_2 - \Phi_3) / 2 \quad (9)$$

[0062] 4) 根据剩磁系数  $K_r$  计算公式(10),得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$[0063] \quad K_r = \Phi_r / \Phi_s \quad (10)$$

[0064] 将公式(4)、公式(5)、公式(8)和公式(9)代入公式(10),得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$[0065] \quad K_r = \frac{\int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt}{\int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt - \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt}$$

[0066] 本发明的有益效果是:本发明上位机接收数据单元传送的电流互感器的数据信号,进行相关数据处理,计算出剩磁系数,并且自动判断测量过程操作单元的运行状态,控制继电器的闭合状态,在电流互感器的一次侧开路条件下,于二次侧的端子依次进行正向充电到电流互感器饱和状态、放电、反向充电到电流互感器饱和状态,测取这三个过程中二次端电压以及励磁电流,经过运算得到正向充电过程、放电过程、反向充电过程的磁通变化量,再对这三个磁通变化量运算,可得到准确的剩磁系数,通过增加反向充电到电流互感器饱和状态这一过程,消除电流互感器初始铁心磁通不为零产生的剩磁系数测量误差,提高了电流互感器测取剩磁系数的准确性,保证电流互感器在电能计量和贸易结算使用的公平,具有良好的应用前景。

附图说明



- [0067] 图 1 是传统的电流互感器剩磁测量方法的测试曲线。
- [0068] 图 2 是本发明的电流互感器剩磁测量系统的系统框图。
- [0069] 图 3 是本发明的电流互感器剩磁测量系统的结构原理图。
- [0070] 图 4 本发明的电流互感器剩磁测量系统的结构原理图。
- [0071] 图 5 是本发明的电流互感器剩磁测量方法的测试曲线。

## 具体实施方式

[0072] 下面将结合说明书附图,对本发明作进一步的说明。

[0073] 如图 2 及图 3 所示,本发明的电流互感器剩磁测量系统,包括

[0074] 测量过程操作单元,用于对电流互感器 29 充电操作、放电操作和反向充电操作 ;

[0075] 数据采集单元,用于采集电流互感器 29 的二次侧数据,并将所采集的数据信号传送给上位机 14 ;

[0076] 上位机 14,用于接收数据采集单元采集的数据信号,进行数据处理,计算显示出剩磁系数,自动判断测量过程操作单元的电路运行状态,控制测量过程操作单元的操作状态 ;

[0077] 上位机 14 通过数据采集单元与测量过程操作单元相连接,测量过程操作单元与电流互感器 29 的二次侧相连接,电流互感器 29 的二次侧还通过数据采集单元与上位机 14 相连接。

[0078] 所述测量过程操作单元包括直流源 1、第一继电器 2、第二继电器 5、第三继电器 8 和放电电阻 10,第一继电器 2 设有常开触点 3、4,第二继电器 5 设有常开触点 6、7,第三继电器 8 设有常开触点 9,第一继电器 2 控制直流源 1 正向接入电流互感器的二次侧,第二继电器 5 控制直流源 1 反向接入电流互感器 29 的二次侧,第三继电器 8 控制放电电阻 10 接入电流互感器 29 的二次侧 ;

[0079] 所述数据采集单元包括电流传感器 11,用于测取电流互感器 29 的励磁电流信号 ;电压传感器 12,用于测取电流互感器 29 的二次侧端子的端电压 ;数据采集卡 13,用于采集电流传感器 11、电压传感器 12 输出的电流信号和电压信号,传送给上位机 14,并接收上位机 14 的发出控制信号,控制测量过程操作单元中各继电器的开合。

[0080] 测试前需要将电流传感器 11 的第一连接端 15 与电流互感器 29 的二次侧同名端 16 相连接,电流传感器 11 的第二连接端 17 与二次侧异名端 18 相连接,将测量过程操作单元的第一输入端 19、第二输入端 20、第三输入端 21 分别与数据采集卡 13 的输出端 22、23、24 相连接,将测量过程操作单元的第一输出端 25,电流传感器 11 的第二输出端 26 分别与数据采集卡 13 的 A/D 输入端 27, A/D 输入端 28 相连接。

[0081] 本发明的上位机 14 接收数据单元传送的电流互感器 29 的数据信号,进行相关数据处理,计算出剩磁系数,并且自动判断测量过程操作单元的运行状态,控制各继电器的闭合状态,在电流互感器 29 的一次侧开路条件下,对二次侧的端子依次进行正向充电到电流互感器 29 饱和状态、放电、反向充电到电流互感器 29 饱和状态,测取这三个过程中二次端电压以及励磁电流,经过运算得到正向充电过程、放电过程、反向充电过程的磁通变化量,再对这三个磁通变化量运算,可得到准确的剩磁系数,通过增加反向充电到电流互感器饱和状态这一过程,消除电流互感器初始铁心磁通不为零产生的剩磁系数测量误差,提高了

电流互感器测取剩磁系数的准确性,具体测量方法,如图 4 所示,包括以下步骤,

[0082] 步骤(1)上位机 14 控制测量过程操作单元中第一继电器 2 闭合,对电流互感器 29 正向充电操作,计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ;

[0083] 步骤(2)判断电流互感器 29 是否已到正向充电饱和状态,若已到正向充电饱和状态,上位机 14 控制测量过程操作单元中第一继电器 2 断开、第三继电器 8 闭合,对电流互感器 29 进行放电操作,计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$ ;

[0084] 步骤(3)判断电流互感器 29 是否放电完成,若放电完成,上位机 14 控制测量过程操作单元中第二继电器 5 闭合、第三继电器 8 断开,对电流互感器 29 反向充电操作,计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ ;

[0085] 步骤(4)判断电流互感器 29 是否已到反向充电饱和状态,若已到反向充电饱和状态,上位机 14 控制测量过程操作单元中第二继电器 5 断开、第三继电器 8 闭合,对电流互感器 29 进行放电操作,计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ;

[0086] 步骤(5)判断电流互感器 29 是否放电完成,若放电完成,上位机 14 控制测量过程操作单元中第三继电器 8 断开;

[0087] 步骤(6)根据放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$  和反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ ,计算电流互感器 29 的剩磁系数;

[0088] 步骤(7)上位机 14 对计算的电流互感器 29 的剩磁系数进行保存与显示。

[0089] 步骤(1)中计算二次绕组直流电阻阻值  $R_{CT}$ ,根据公式(1)得到

$$[0090] \quad R_{CT} = \frac{U_1}{I_1} \quad (1)$$

[0091] 其中, $I_1$  为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的电流互感器二次侧电流值, $U_1$  为电流互感器正向充电操作过程中励磁电流  $I_m$  稳定不变时的流互感器二次侧电压值;

[0092] 步骤(2)中计算正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  的方法如下,

[0093] 1) 根据公式(2),得到正向充电到励磁电流  $I_m$  稳定不变时的磁通变化量  $\Phi_0$ ,

$$[0094] \quad \Phi_0 = \int_{t_0}^{t_1} (U - R * I_m) dt \quad (2)$$

[0095] 其中, $R$  为直流电阻预设值为 1, $I_m$  为励磁电流, $U$  为电流互感器二次端子两端的电压, $t_0$  为正向充电的初始时刻, $t_1$  为当励磁电流  $I_m$  稳定不变时的时刻;

[0096] 2) 根据公式(3),得到正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  如下,

$$[0097] \quad \Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \frac{R_{CT}}{R} \left( \Phi_0 - \int_{t_0}^{t_1} U dt \right) - \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt$$

[0098] (3)

[0099] 其中, $t_2$  为正向充电饱和状态的时刻。

[0100] 公式(3)的推导过程如下,正向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_1$  为,

$$[0101] \quad \Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} (U - R_{CT} * I_m) dt = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \int_{t_0}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt \quad (11)$$

$$[0102] \quad \text{上式中} \int_{t_0}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt = \int_{t_0}^{t_1} (R_{CT} * I_m) dt + \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt \quad (12)$$

[0103] 由公式(11)、(12)可得,

$$[0104] \quad \Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \int_{t_0}^{t_1} (R_{CT} * I_m) dt - \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt \quad (13)$$

[0105] 由公式(2)式可得,

$$[0106] \quad \int_{t_0}^{t_1} (R * I_m) dt = \Phi_0 - \int_{t_0}^{t_1} U dt \quad (14)$$

[0107] 由公式(13)、(14)得到公式(3),

$$[0108] \quad \Phi_1 = \int_{t_0}^{t_2} U dt - \frac{R_{CT}}{R} \left( \Phi_0 - \int_{t_0}^{t_1} U dt \right) - \int_{t_1}^{t_2} (R_{CT} * I_m) dt \quad (3)$$

[0109] 步骤(3)所述计算放电过程中的磁通变化量  $\Phi_2$ , 根据公式(4)得到的, 公式(4)如下,

$$[0110] \quad \Phi_2 = \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (4)$$

[0111] 其中,  $t_3$  为步骤(3)中放电完成的时刻。

[0112] 步骤(4)所述计算反向充电操作过程中的磁通变化量  $\Phi_3$ , 根据公式(5)得到的, 公式(5)如下,

$$[0113] \quad \Phi_3 = \int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt \quad (5)$$

[0114] 其中,  $t_4$  为反向充电饱和状态的时刻。

[0115] 步骤(6)所述计算电流互感器的剩磁系数的方法如下,

[0116] 1) 根据公式(6), 计算正向充电饱和时的磁通值  $\Phi_s$ ,

$$[0117] \quad \Phi_s = \Phi_r - \Phi_2 \quad (6)$$

[0118] 其中,  $\Phi_r$  为电流互感器剩磁;

[0119] 2) 根据公式(7), 计算反向饱和磁通值  $-\Phi_s$ ,

$$[0120] \quad -\Phi_s = -\Phi_r - \Phi_3 \quad (7)$$

[0121] 3) 根据公式(6)和公式(7), 得到

$$[0122] \quad \Phi_s = -(\Phi_2 + \Phi_3) / 2 \quad (8)$$

$$[0123] \quad \Phi_r = (\Phi_2 - \Phi_3) / 2 \quad (9)$$

[0124] 4) 根据剩磁系数  $K_r$  计算公式(10), 得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$[0125] \quad K_r = \Phi_r / \Phi_s \quad (10)$$

[0126] 将公式(4)、公式(5)、公式(8)和公式(9)代入公式(10), 得到剩磁系数  $K_r$  为,

$$[0127] \quad K_r = \frac{\int_{t_2}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt}{\int_{t_3}^{t_4} (U - R_{CT} * I_m) dt - \int_{t_2}^{t_3} (U - R_{CT} * I_m) dt}$$

[0128] 如图5所示, 采用本发明测试测量方法的测试曲线, 通过增加反向充电到电流互感器饱和状态这一过程, 消除电流互感器初始铁心磁通不为零产生的剩磁系数测量误差, 大大提高了电流互感器测取剩磁系数的准确性。

[0129] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征及优点。本行业的技术人员应该了解, 本发明不受上述实施例的限制, 上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原

理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

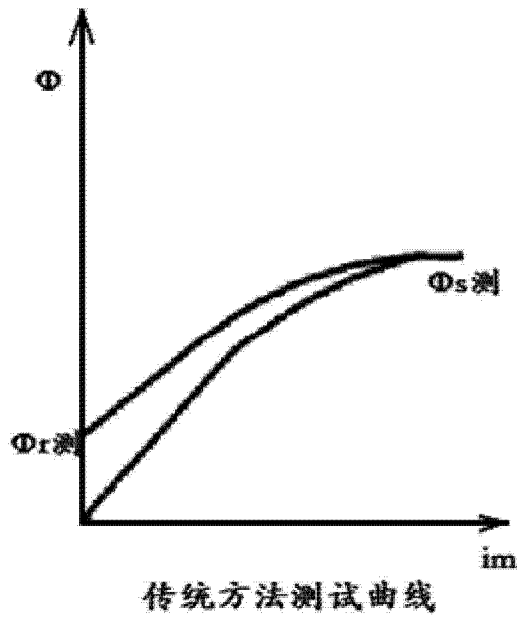


图 1

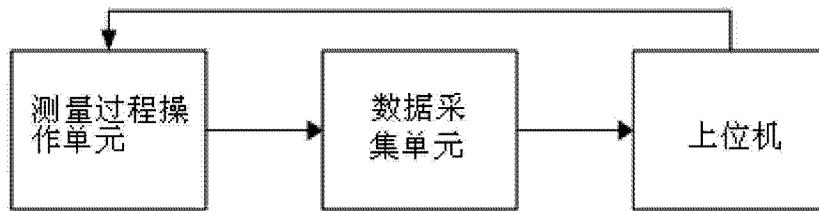


图 2

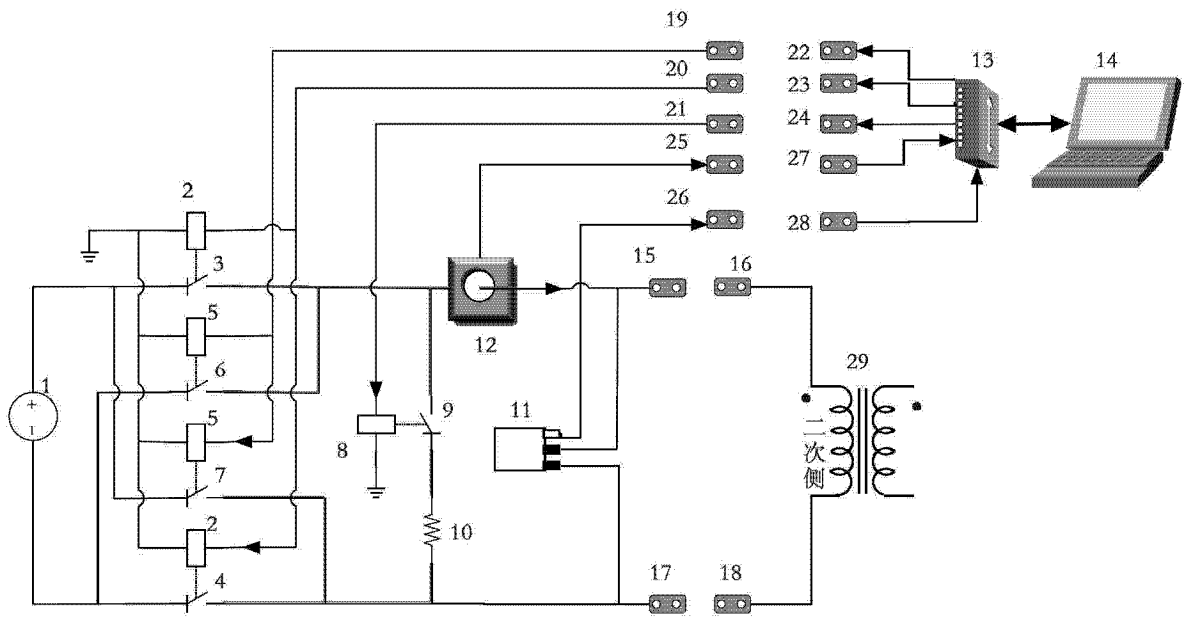


图 3

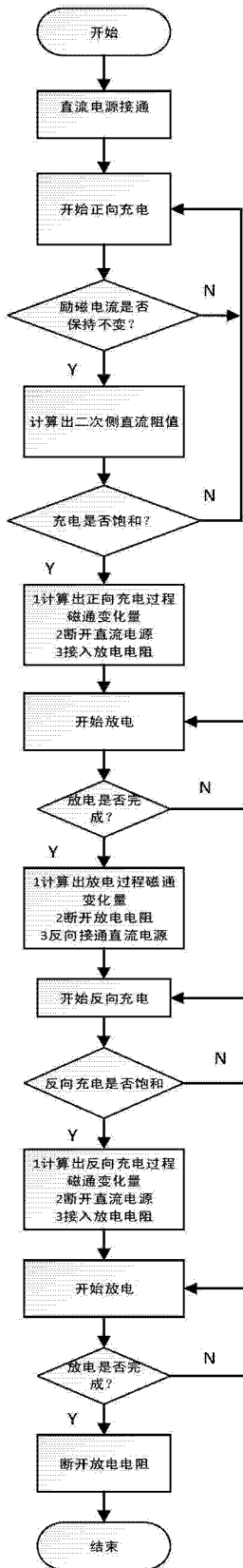


图 4

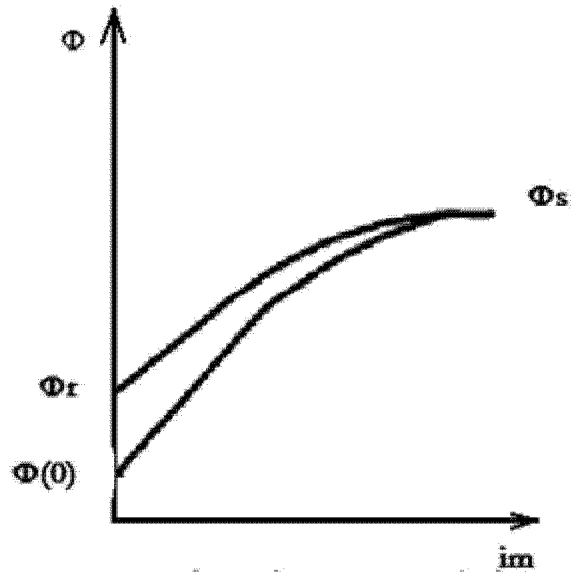


图 5