



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109884371 A

(43)申请公布日 2019.06.14

(21)申请号 201910158728.X

(22)申请日 2019.03.04

(71)申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路
1037号

(72)发明人 陈庆 谷鹏宇 李红斌

(74)专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 曹葆青 李智

(51) Int. Cl.

G01R 19/00(2006.01)

G01R 1/02(2006.01)

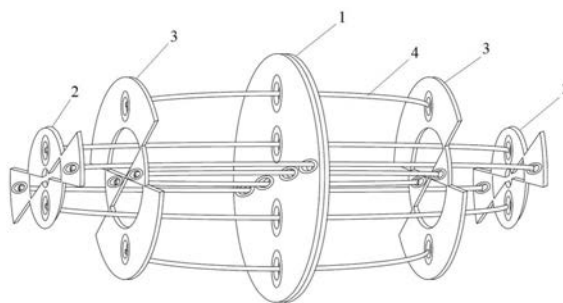
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种抗趋肤效应的大电流测量装置

(57)摘要

本发明公开了一种抗趋肤效应的大电流测量装置,包括:线圈母板、正电极、负电极、多分裂电流导管和信号采集与处理装置;待测大电流经正负电极引入多分裂电流导管被分裂为多个部分,每根电流导管穿过线圈母板上的线圈中心,产生感应电压,通过测量叠加的感应电压得到大电流的值;其中线圈母板采用一体成型技术,各个线圈的一致性高,减小了相邻线圈之间的电磁干扰,提高了测量结果的准确度;每根电流导管中通过的电流与总电流相比甚小,有效减小了趋肤效应;且相邻导管电流方向相反,削弱了导体周围的磁感应强度,使得导体间电动力减小;多根电流导管增大了测量装置的散热面积,解决了电流热效应造成的测量范围过窄或测量上限难以提高的问题。



1. 一种抗趋肤效应的大电流测量装置,其特征在于,包括:线圈母版(1)、正电极(2)、负电极(3)、多分裂电流导管(4)和信号采集与处理装置;

所述线圈母版(1)为双层结构,由正负两块同等大小的圆形基板背靠背叠合构成,所述基板之间由绝缘纸绝缘,所述线圈母版(1)表面半径不同的第一圆周和第二圆周均被等分为 2^n ,每个圆周等分点位置处设置有通孔和线圈,所有线圈相互串联,经过串联的线圈首尾分别与贯穿所述线圈母版的螺钉连接;其中 n 为正整数;

所述正电极(2)和负电极(3)分别对称分布于所述线圈母版(1)左右两侧,且所述负电极(3)更靠近所述线圈母版,所述正电极(2)设置有 2^n 个电流联结点,用于引出流进负载侧的电流,所述负电极(3)设置有 2^n 个电流联结点,用于引入流出负载侧的电流;

所述多分裂电流导管(4)数量为 2^{n+1} ,其中半数导管两端连接正电极,半数导管两端连接负电极,所有导管穿过所述线圈母版上对应位置处的线圈中心;

所述正电极(2)、负电极(3)和所述多分裂电流导管(4)共同用于分裂待测大电流;

所述线圈母版(1)用于使经过分裂的电流与对应线圈之间产生感应电压,并使所述感应电压相互叠加;

所述信号采集与处理装置用于采集经过叠加的感应电压,并进行数据处理。

2. 根据权利要求1所述的一种抗趋肤效应的大电流测量装置,其特征在于,相邻所述多分裂电流导管中的电流流向相反,以减小相邻线圈之间的电动力。

3. 根据权利要求1或2所述的一种抗趋肤效应的大电流测量装置,其特征在于,所述线圈母板上相邻线圈之间距离设置为120mm,以减小相邻线圈之间距离对邻相感应电压的影响;所述邻相感应电压为电流通过导管时在相邻线圈中产生的感应电压。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的一种抗趋肤效应的大电流测量装置,其特征在于,为便于操作并获得更好的测量精度,所述 n 取2、3或4。

一种抗趋肤效应的大电流测量装置

技术领域

[0001] 本发明属于大电流测量技术领域,更具体地,涉及一种抗趋肤效应的大电流测量装置。

背景技术

[0002] 如今,大电流技术已被广泛的应用于电力技术、电磁力应用技术、脉冲功率技术、原子核物理技术、电化学技术等多个高精尖技术领域。尤其在诸如电弧炉金属冶炼等电化学工业之中,对大电流(如电弧炉中的电弧电流)的精确测量和控制有着至关重要的作用,其不仅可以缩短冶炼周期、提高生产效率、延长设备的使用寿命,更能在同等冶炼条件下获得更加优质的冶炼材料。

[0003] 目前较为常用的大电流测量装置包括:分流器、空心线圈电流互感器、基于法拉第磁光效应的电流互感器;其中,空心线圈电流互感器由于骨架为非铁磁材料,不具有饱和效应,几乎不受电流大小的限制,具有极好的动态性能,瞬态跟踪能力强,可用于测量各种大尺寸或者形状不规则的导体电流而得到了广泛的应用。

[0004] 但目前空心线圈电流互感器对大电流的承受能力并不强,当导体通过交流大电流时由于趋肤效应会剧烈发热,处理不当时会对人身和设备安全造成严重威胁;对于传统的电流进一出回路,在分、合闸的过程中电流流入导体与电流流出导体之间会产生巨大的电动力,从而导致测量设备的变形、损坏,这种情况在电力系统发生短路故障而跳闸时更是普遍;通常运用这种方法进行大电流测量时会产生强烈的电磁干扰,影响测量精度。

[0005] 由此可见,一种具有高准确度等级、能够有效减小趋肤效应并削弱导体电动力的大电流测量装置是十分必要的,传统的空心线圈电流互感器亟需改进。

发明内容

[0006] 针对现有技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种抗趋肤效应的大电流测量装置,旨在解决传统的空心线圈电流互感器对大电流承受能力不强,电流测量精度低的问题。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供了一种抗趋肤效应的大电流测量装置,包括:线圈母版、正电极、负电极、多分裂电流导管和信号采集与处理装置;

[0008] 所述线圈母版为双层结构,由正负两块同等大小的圆形基板背靠背叠合构成,所述基板之间由绝缘纸绝缘,所述线圈母版表面半径不同的第一圆周和第二圆周均被等分为 2^n ,每个圆周等分点位置处设置有通孔和线圈,所有线圈相互串联,经过串联的线圈首尾分别与贯穿线圈母版的螺钉连接;其中 n 为正整数;

[0009] 所述正电极和负电极分别对称分布于所述线圈母版左右两侧,且所述负电极更靠近所述线圈母版,所述正电极设置有 2^n 个电流联结点,用于引出流进负载侧的电流,所述负电极设置有 2^n 个电流联结点,用于引入流出负载侧的电流;

[0010] 所述多分裂电流导管数量为 2^{n+1} ,其中半数导管两端连接正电极,半数导管两端连接负电极,所有导管穿过所述线圈母版上对应位置处的线圈中心,线圈与导管之间的空隙

由泡沫、海绵等材料填充；

[0011] 所述正电极、负电极和所述多分裂电流导管共同用于分裂待测大电流；

[0012] 所述线圈母板用于使经过分裂的电流与对应线圈之间产生感应电压，并使所述感应电压相互叠加；

[0013] 所述信号采集与处理装置用于采集经过叠加的感应电压，并进行积分、滤波及数据处理后予以显示。

[0014] 进一步地，相邻电流导管中的电流流向相反，以减小相邻线圈之间的电动力。

[0015] 优选地，所述线圈母板上相邻线圈之间距离设置为120mm，以减小相邻线圈之间距离对邻相感应电压的影响；所述邻相感应电压为导管流过电流时，在相邻线圈中产生的感应电压。

[0016] 优选地，为便于操作且获得更好的测量精度，所述n取2、3或4。

[0017] 通过本发明所构思的以上技术方案，与现有技术相比，能够取得以下有益效果：

[0018] (1) 本发明装置中线圈母板采用一体成型技术，各个线圈的一致性高，使得感应电压可以直接叠加，方便测量，且所有线圈相互串联，减小了相邻线圈之间的电磁干扰，提高了测量结果的准确度

[0019] (2) 本发明装置采用多个电流导管将大电流分裂为多个部分，有效减小了趋肤效应，增大了装置总的散热面积，解决了测量装置由于电流热效应造成的测量范围过窄或测量上限难以提高的问题。

[0020] (3) 本发明装置相邻导管中的电流流向相反，使正负电流之间的磁场相互抵消，减小了相邻线圈之间的电动力，削弱了测量装置整体对外的电磁耦合，提高了装置安全性能和使用寿命。

附图说明

[0021] 图1是线圈母板被 2^2 等分情况下的大电流测量装置结构示意图；

[0022] 图2是线圈母板被 2^2 等分情况下的截面示意图；

[0023] 图3是线圈母板被 2^2 等分情况下的正负电极结构示意图；

[0024] 图4是线圈母板被 2^2 等分情况下的多分裂电流导管电流流向示意图；

[0025] 1为线圈母板，2为正电极，3负电极，4为多分裂电流导管。

具体实施方式

[0026] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，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例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[0027] 如图1所示，本实施例提供的一种抗趋肤效应的大电流测量装置包括：线圈母板1、正电极2、负电极3、多分裂电流导管4和信号采集与处理装置；

[0028] 如图2所示，线圈母板1为双层结构，由正负两块同等大小的圆形基板背靠背叠合构成，两块基板之间由绝缘纸绝缘，线圈母板1表面半径不同的第一圆周和第二圆周均被等分为 2^2 ，每个圆周等分点位置处设置有通孔和线圈，所有线圈相互串联，经过串联的线圈首尾分别与贯穿线圈母版的螺钉连接；其中双层结构可以有效消除垂直于母板的磁场对测量

结果的影响；

[0029] 正电极2和负电极3分别对称分布于线圈母板1左右两侧，且负电极3更靠近线圈母板1，如图3所示，正电极2包括正电极板1-1，并设置有 2^2 个电流联结点1-2，用于引出流进负载侧的电流，负电极3包括负电极板2-1，并设置有 2^2 个电流联结点2-2，用于引入流出负载侧的电流，正电极2和负电极3在结构上完全相同，理论上，将正电极按顺时针方向旋转 $(360/2^n)$ ，并固定即可完成一对正、负电极的装配，正电极2和负电极3上电流联结点分布位置互补，即正电极2电流联结点位置处对应负电极3处为空心，负电极3电流联结点位置处对应正电极1处为空心，由于正、负电极的对应位置具有互补性，故不再需要额外的绝缘措施进行绝缘。

[0030] 多分裂电流导管3共8根，其中4根导管两端连接正电极1，另外4根导管两端连接负电极2，所有导管穿过线圈母版1上对应位置处的线圈中心，线圈与导管之间的空隙由泡沫、海绵等材料填充；

[0031] 由于每根电流导管中通过的电流与总电流相比甚小，趋肤效应可以得到有效抑制，同时可适当减小导管半径，节约生产材料，提高装置的经济效益；且随着导管数目的增加，测量装置的总散热面积也从一根导管的表面积变成了8根导管的总表面积，有效抑制了电流热效应，从而解决了电流热效应造成的测量范围过窄或测量上限难以提高的问题；如图4所示，编号为(4-1-1)至(4-1-4)的分裂导管中电流流入负载方向，编号为(4-2-1)至(4-2-4)的分裂导管中电流流出负载方向，任意两根相邻电流导管中的电流流向相反，电流的交错排布可以在最大程度上削弱导体周围的磁感应强度，减小导体间电动力。

[0032] 本发明的测量装置，其工作原理基于法拉第电磁感应定律，线圈母板上总的感应电压 E_m 可表示如下：

$$[0033] \quad E_m = \sum_{i=1}^{2^{n+1}} j\omega M_i I_i = j\omega M_1 I_1 + j\omega M_2 I_2 + j\omega M_3 I_3 + \dots + j\omega M_{2^{n+1}} I_{2^{n+1}}$$

[0034] 其中， M_i 为某一线圈与穿过其中心的电流导管的互感， I_i 为电流导管中的电流， i 为线圈数量；

[0035] 为了得到准确的测量结果，需要使每一个线圈测量得到的感应电压可以直接叠加，也就是需要使各个线圈互感 M_i 的一致性高，因此，本发明的装置中线圈母版采用一体成型技术，具体地，可以采用印制电路板(Print Circuit Board)技术，也可以采用3D打印技术等，这一类技术在制造过程中几乎都是机器操作，避免了人工操作带来的误差，在最大程度上提高各个线圈之间的一致性。

[0036] 电流流过导管时会在相邻线圈中产生电压，可以称为邻相感应电压，该电压主要受邻相互感AMI (Adjacent Mutual Inductance)的影响，经仿真及实验验证，AMI可表示如下：

$$[0037] \quad AMI = C \cdot q \frac{w^2}{D^2}$$

[0038] 其中， D 为相邻线圈之间的中心距， w 为线圈母板厚度， q 为线圈匝数密度， C 为常数；

[0039] 经实验证实，本发明装置将相邻线圈距离设置为120mm左右，可获得较为理想的测量精度，且此时AMI主要受线圈的匝数密度影响，而线圈的匝数密度服从正态分布，与加工工艺直接相关，但由于电流流向相间排布，邻相感应电压由于正负抵消而被很大程度

的抑制,对于一体成型的线圈母板,测量的准确度等级一般可达0.1级甚至更小。

[0040] 本实施例提供的大电流测量装置工作原理:待测大电流经左侧正电极引入多分裂电流导管,贯穿线圈母板后,经右侧正电极引出流进负载;流经负载后,电流被引回右侧负电极,此时反向电流再次经过多分裂电流导管贯穿线圈母版,再经左侧负电极引回系统,采集线圈母板1上串联线圈与对应导管之间的感应电压,经数据处理后便可得到所要测量的大电流,测量过程中要进行强弱电信号的隔离,弱电回路中的测量导线采用双绞线,并尽可能减小双绞线回路的闭合包围面积,以减小强电侧大电流的电磁感应效应对弱电侧回路的影响。

[0041] 本发明装置可实现电力系统中的大电流测量和实时监测,此外,由于空心线圈具有良好的瞬态特性,本发明装置在暂态冲击电流的测量过程中也具有较高的精度。

[0042] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

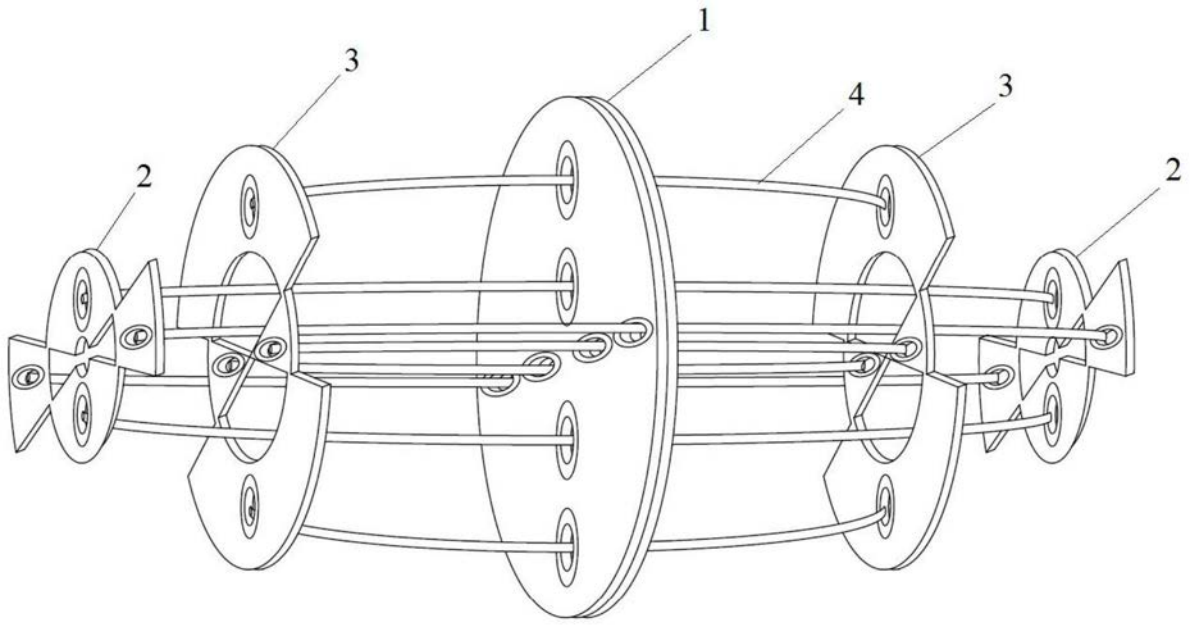


图1

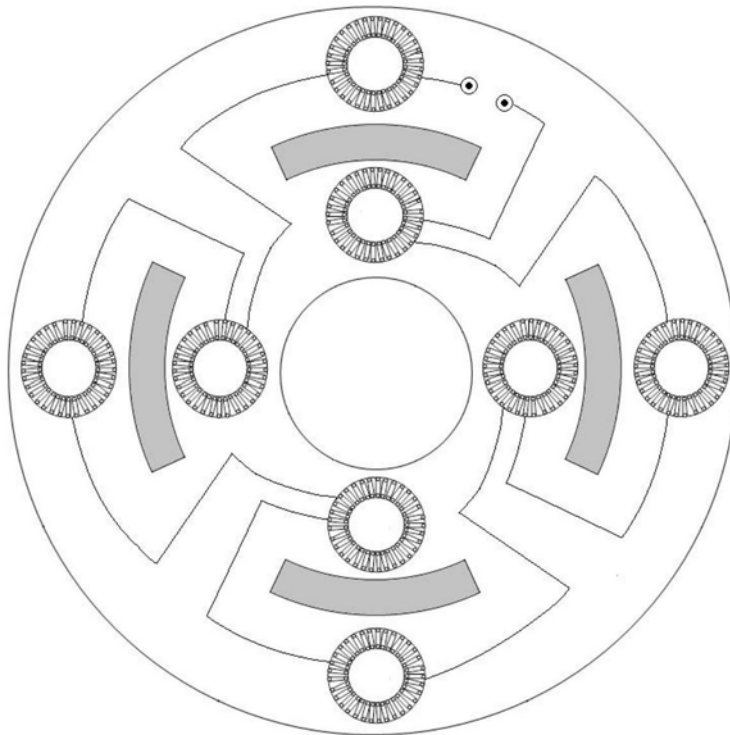


图2

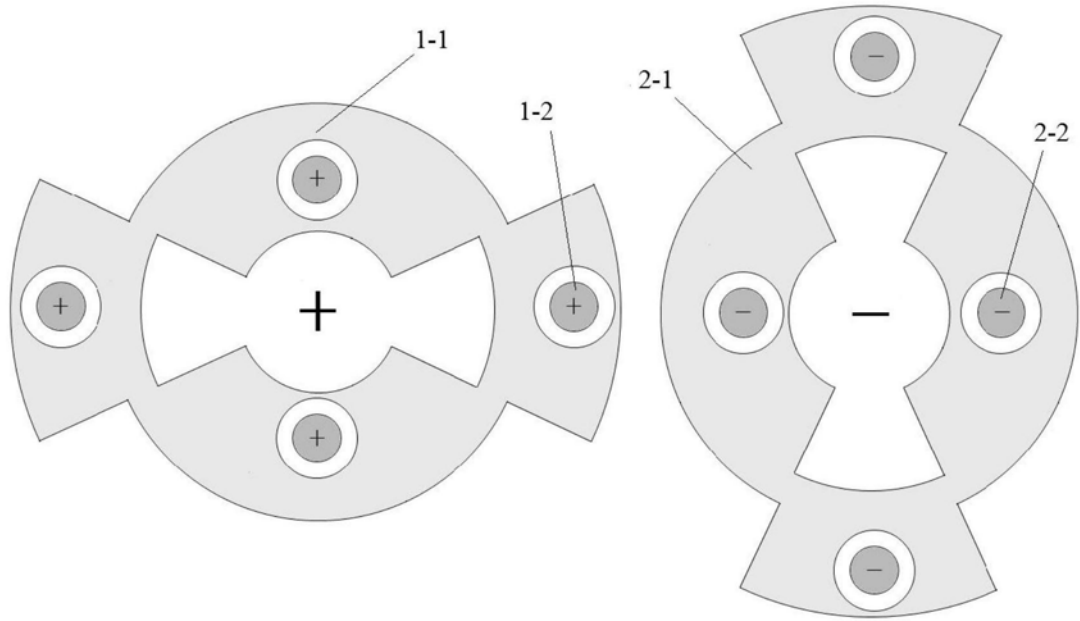


图3

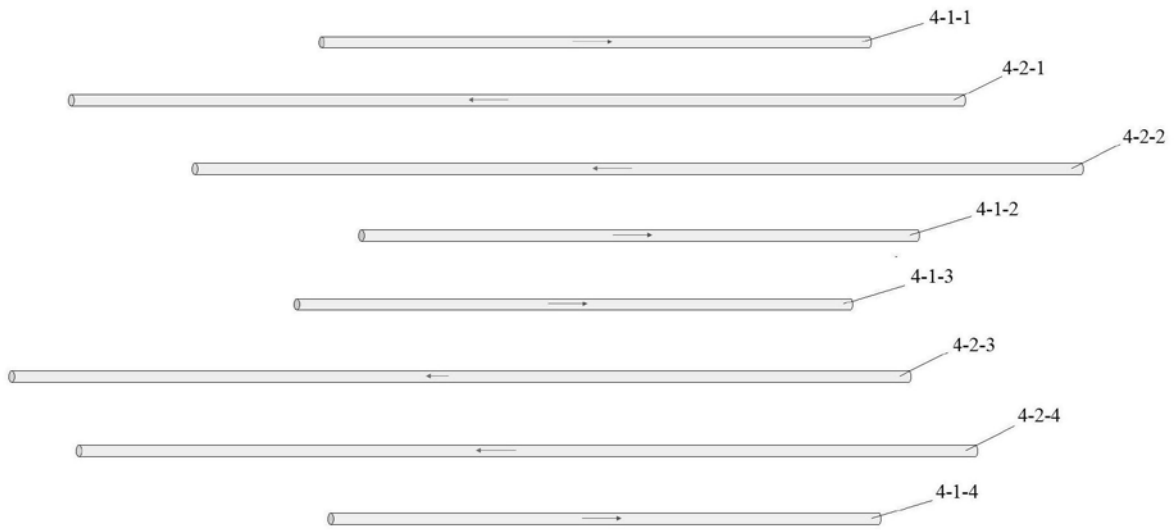


图4