



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106443543 B

(45)授权公告日 2019.01.25

(21)申请号 201610828246.7

(22)申请日 2016.09.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106443543 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(73)专利权人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路2019号

(72)发明人 朱燕燕 卢宋林 李瑞 王东兴
胡志敏

(74)专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

代理人 邓琪

(51)Int.Cl.

G01R 35/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 104237623 A,2014.12.24,

CN 101387879 A,2009.03.18,

CN 102401853 A,2012.04.04,

WO 2012172946 A1,2012.12.20,

陈斌等.高精度直流传感器DCCT标准测试系统.《Chinese Physics C》.2008,第32卷(第增刊I期),

唐俊龙等.数字化电源高精密度电流传感器性能影响的分析.《传感器与微系统》.2010,第29卷(第11期),

审查员 王蒙

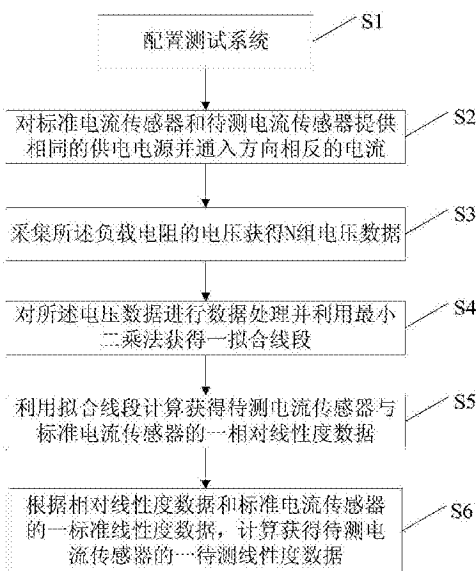
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

电流传感器的线性度测试方法

(57)摘要

本发明提供一种电流传感器的线性度测试方法,包括步骤:S1:构建一测试系统;S2:对所述标准电流传感器和所述待测电流传感器提供相同的供电电源并通入方向相反的电流;S3:采集所述负载电阻的电压获得N组电压数据;S4:对所述电压数据进行数据处理并利用最小二乘法获得一拟合线段;S5:计算获得所述待测电流传感器与标准电流传感器的一相对线性度数据;S6:计算获得所述待测电流传感器的一待测线性度数据。本发明的一种电流传感器的线性度测试方法,测试过程减少了对直流源的线性度要求,避免了负载电阻的阻值误差和温度误差,大大降低了对实验设备的精度和线性度要求,具有精确度高、操作便捷的优点。



1. 一种电流传感器的线性度测试方法,包括步骤:

S1: 构建一测试系统,所述测试系统包括一标准电流传感器、一待测电流传感器和一负载电阻,所述标准电流传感器和所述待测电流传感器的输出端连接于所述负载电阻的第一端,所述负载电阻的第二端接地;

S2: 对所述标准电流传感器和所述待测电流传感器提供相同的供电电源并通入方向相反的电流;

S3: 采集所述负载电阻的电压获得N组电压数据,N为大于2的奇数;

S4: 对所述电压数据进行数据处理并利用最小二乘法获得一拟合线段;

S5: 利用所述拟合线段计算获得所述待测电流传感器与所述标准电流传感器的一相对线性度数据;

S6: 根据所述相对线性度数据和所述标准电流传感器的一标准线性度数据,计算获得所述待测电流传感器的一待测线性度数据。

2. 根据权利要求1所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述测试系统还包括:

一直流源,所述标准电流传感器和所述待测电流传感器反向串联在所述直流源的输出电路上;和

所述供电电源,所述供电电源分别连接所述标准电流传感器和所述待测电流传感器。

3. 根据权利要求2所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述S3步骤进一步包括步骤:

设置N个检测电流值形成一检测电流值队列,所述检测电流值队列的所述检测电流值自第一个至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个按照一固定阈值逐渐增大,所述检测电流值自第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个至第N个按照所述固定阈值逐渐减小;

将所述直流源的输出电流按照所述检测电流值队列的顺序依次调整为一所述检测电流值,并在每当所述直流源的输出电流等于一所述检测电流值时,对所述负载电阻电压进行M次采样,获得N组所述电压数据,每组所述电压数据包括M个采样电压,M为大于零的自然数。

4. 根据权利要求3所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述N为21,所述检测电流值队列中的所述检测电流值依次为:10% I_{额定}、20% I_{额定}、30% I_{额定}、40% I_{额定}、50% I_{额定}、60% I_{额定}、70% I_{额定}、80% I_{额定}、90% I_{额定}、100% I_{额定}、90% I_{额定}、80% I_{额定}、70% I_{额定}、60% I_{额定}、50% I_{额定}、40% I_{额定}、30% I_{额定}、20% I_{额定}和10% I_{额定},I_{额定}为所述标准电流传感器的额定电流值。

5. 根据权利要求3或4所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述S4步骤进一步包括步骤:

对每一组所述电压数据的M个所述采样电压求平均值,获得N个电压平均值;

所述拟合线段包括一第一拟合直线和一第二拟合直线;利用最小二乘法对第一至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个所述电压平均值做直线拟合,获得所述第一拟合直线;并利用最小二乘法对第 $\frac{(N+1)}{2}$ 至第N个所述电压平均值做直线拟合,获得所述第二拟合直线。

6. 根据权利要求5所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述S5步骤进一步包括步骤:

计算第一至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个所述电压平均值与所述第一拟合直线的最大偏移距离,获得一第一最大偏移距离值;计算第 $\frac{(N+1)}{2}$ 至第N个所述电压平均值与所述第二拟合直线的最大偏移距离,获得一第二最大偏移距离值;

分别将所述第一最大偏移距离值和所述第二最大偏移距离值除以所述待测传感器满量程输出值所对应的电压值,获得一第一部分相对线性度数据和一第二部分相对线性度数据;

比较所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据,当所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据不相等时,选择两者中数值较大的一个作为所述相对线性度数据;当所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据相等时,所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据作为所述相对线性度数据。

7. 根据权利要求6所述的电流传感器的线性度测试方法,其特征在于,所述S6步骤中:将所述相对线性度数据与所述标准线性度数据相加获得所述待测线性度数据。

电流传感器的线性度测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器测试领域,尤其涉及一种电流传感器的线性度测试方法。

背景技术

[0002] 同步辐射装置各种磁铁的供电电源的性能指标,直接影响加速器物理要求的实现及其稳定运行。为了满足磁铁供电电源的高性能指标,采用高精度的直流电流传感器(DC current transducer,DCCT)作为电流反馈元件,DCCT的精度,稳定性,线性度,温度系数,带宽等指标直接决定了磁铁电源的性能。

[0003] 高性能的DCCT,要求其输入与输出成线性关系,重复性和稳定性好,不受温度和外磁场的影响。线性度越高,传感器跟踪性能越好。线性度是DCCT的一个重要指标,表示传感器的输入与输出曲线(校准曲线)与拟合直线之间的吻合程度。在实际使用时,如果非线性项的次数不高,则在输入量变化范围不大的情况下,可采用直线近似地代替实际输入/输出特性曲线的某一段,使传感器的非线性特性得到线性化处理,这里所采用的直线称为拟合直线。测得输入与输出值后,用直线拟合法进行线性化,并定义输入输出的校正曲线与其直线拟合曲线的偏差,称为非线性误差,最大的非线性误差与满量程的输出值之比为线性度。常用的拟合方法有:理论拟合,过零旋转拟合,端点拟合,端点平移拟合及最小二乘法拟合等。最小二乘法拟合是选取在量程范围内与特性曲线上各点的偏差平方和最小的直线作为拟合直线,这种拟合方法有严格的数学依据,得到的拟合直线精度高,误差小,使计算与使用方便,最小二乘法原理求取拟合直线,是一种普遍推荐使用的方法。

[0004] 按照线性度的定义,通常的测试方法是给DCCT提供一个标准的可调电流源,采集DCCT的输出,用最小二乘法求取拟合直线,计算DCCT输出值与拟合曲线的最大偏差值,用最大偏差值除以DCCT的额定值,就是线性度。公式如下:用 γ_L 来表示线性度,即

$$[0005] \quad \gamma_L = \pm \frac{\Delta L_{\max}}{Y_{FS}}$$

[0006] 式中 ΔL_{\max} 标示非线性最大误差; y_{FS} 标示满量程输出。

[0007] 由于高精度DCCT本身的线性度在几个ppm(百万分之一)之内,按照通常的线性度测试方法,需要线性度小于1ppm的高精度直流源,作为实验仪器,这种直流源价格昂贵,线性度在几十个ppm的直流电源已经是市面上的高端产品了。同时需要负载电阻(burden resistor)的温度系数较小,负载电阻是DCCT的输出端所接的电阻,通过测量该负载电阻上的电压来换算DCCT测量到的电流,DCCT是一个隔离式的电流检测元件,把电流源的输出电缆穿过DCCT的检测孔即可检测出电流源的输出电流值。在测试过程中温升几度的条件下,电阻值变化小于1个ppm,目前温度系数较好的电阻在5ppm/度,因此如果测试过程中温度变化1度,负载电阻就可以引入5个ppm的变化量。在这种条件下,按常规方法测试线性度在1ppm的DCCT,难度非常大,测到的数据只能真实反映高精度直流源的线性度,而无法得到真实的DCCT的线性度。

发明内容

[0008] 针对上述现有技术中的不足,本发明提供一种电流传感器的线性度测试方法,测试过程减少了对直流源的线性度要求,避免了负载电阻的阻值误差和温度误差,大大降低了对实验设备的精度和线性度要求,具有精确度高、操作便捷的优点。

[0009] 为了实现上述目的,本发明提供一种电流传感器的线性度测试方法,包括步骤:

[0010] S1:构建一测试系统,所述测试系统包括一标准电流传感器、一待测电流传感器和一负载电阻,所述标准电流传感器和所述待测电流传感器的输出端连接于所述负载电阻的第一端,所述负载电阻的第二端接地;

[0011] S2:对所述标准电流传感器和所述待测电流传感器提供相同的供电电源并通入方向相反的电流;

[0012] S3:采集所述负载电阻的电压获得N组电压数据,N为大于2的奇数;

[0013] S4:对所述电压数据进行数据处理并利用最小二乘法获得一拟合线段;

[0014] S5:利用所述拟合线段计算获得所述待测电流传感器与所述标准电流传感器的一相对线性度数据;

[0015] S6:根据所述相对线性度数据和所述标准电流传感器的一标准线性度数据,计算获得所述待测电流传感器的一待测线性度数据。

[0016] 优选地,所述测试系统还包括:

[0017] 一直流源,所述标准电流传感器和所述待测电流传感器反向串联在所述直流源的输出电路上;和

[0018] 所述供电电源,所述供电电源分别连接所述标准电流传感器和所述待测电流传感器。

[0019] 优选地,所述S3步骤进一步包括步骤:

[0020] 设置N个检测电流值形成一检测电流值队列,所述检测电流值队列的所述检测电流值自第一个至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个按照一固定阈值逐渐增大,所述检测电流值自第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个至第N个按照所述固定阈值逐渐减小;

[0021] 将所述直流源的输出电流按照所述检测电流值队列的顺序依次调整为一所述检测电流值,并在每当所述直流源的输出电流等于一所述检测电流值时,对所述负载电阻电压进行M次采样,获得N组所述电压数据,每组所述电压数据包括M个采样电压,M为大于零的自然数。

[0022] 优选地,所述N为21,所述检测电流值队列中的所述检测电流值依次为:10% I_{额定}、20% I_{额定}、30% I_{额定}、40% I_{额定}、50% I_{额定}、60% I_{额定}、70% I_{额定}、80% I_{额定}、90% I_{额定}、100% I_{额定}、90% I_{额定}、80% I_{额定}、70% I_{额定}、60% I_{额定}、50% I_{额定}、40% I_{额定}、30% I_{额定}、20% I_{额定}和10% I_{额定},I_{额定}为所述标准电流传感器的额定电流值。

[0023] 优选地,所述S4步骤进一步包括步骤:

[0024] 对每一组所述电压数据的M个所述采样电压求平均值,获得N个电压平均值;

[0025] 所述拟合线段包括一第一拟合直线和一第二拟合直线;利用最小二乘法对第一至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个所述电压平均值做直线拟合,获得所述第一拟合直线;并利用最小二乘法对第

$\frac{(N+1)}{2}$ 至第N个所述电压平均值做直线拟合,获得所述第二拟合直线。

[0026] 优选地,所述S5步骤进一步包括步骤:

[0027] 计算第一至第 $\frac{(N+1)}{2}$ 个所述电压平均值与所述第一拟合直线的最大偏移距离,

获得一第一最大偏移距离值;计算第 $\frac{(N+1)}{2}$ 至第N个所述电压平均值与所述第二拟合直线的最大偏移距离,获得一第二最大偏移距离值;

[0028] 分别将所述第一最大偏移距离值和所述第二最大偏移距离值除以所述待测传感器满量程输出值所对应的电压值,获得一第一部分相对线性度数据和一第二部分相对线性度数据;

[0029] 比较所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据,当所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据不相等时,选择两者中数值较大的一个作为所述相对线性度数据;当所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据相等时,所述第一部分相对线性度数据和所述第二部分相对线性度数据作为所述相对线性度数据。

[0030] 优选地,所述S6步骤中:将所述相对线性度数据与所述标准线性度数据相加获得所述待测线性度数据。

[0031] 本发明由于采用了以上技术方案,使其具有以下有益效果:

[0032] 本发明的一种电流传感器的线性度测试方法,通过步骤S1和S2减少了对直流源的线性度要求,避免了负载电阻的阻值误差和温度误差,大大降低了对实验设备的精度和线性度要求,可用低线性度的测试系统,方便的测试高线性度的传感器,操作简单易行。

附图说明

[0033] 图1为本发明实施例的电流传感器的线性度测试方法的流程图;

[0034] 图2为本发明实施例的测试系统的结构示意图。

具体实施方式

[0035] 下面根据附图1-图2,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述,使能更好地理解本发明的功能、特点。

[0036] 请参阅图1和图2,本发明的一种电流传感器的线性度测试方法,包括步骤:

[0037] S1:构建一测试系统,测试系统包括一标准电流传感器1、一待测电流传感器2、一负载电阻R1、一直流源3和一供电电源4,其中,标准电流传感器1和待测电流传感器2的输出端连接于负载电阻R1的第一端,负载电阻R1的第二端接地;标准电流传感器1和待测电流传感器2反向串联在直流源3的输出电路上,供电电源4分别连接标准电流传感器1和待测电流传感器2。

[0038] S2:通过供电电源4对标准电流传感器1和待测电流传感器2供电并通过直流源3通入方向相反的电流。

[0039] S3:采集负载电阻R1的电压获得21组电压数据,在其他实施例中可采集N组电压数据,N为大于2的任一奇数。

[0040] 其具体包括步骤:

[0041] 设置21个检测电流值形成一检测电流值队列,检测电流值队列的检测电流值自第一个至第11个按照 $10\% I_{\text{额定}}$ 的一固定阈值逐渐增大, $I_{\text{额定}}$ 为标准电流传感器1的额定电流值,检测电流值自第11个至第21个按照 $10\% I_{\text{额定}}$ 的固定阈值逐渐减小;即检测电流值队列中的检测电流值依次为: $10\% I_{\text{额定}}$ 、 $20\% I_{\text{额定}}$ 、 $30\% I_{\text{额定}}$ 、 $40\% I_{\text{额定}}$ 、 $50\% I_{\text{额定}}$ 、 $60\% I_{\text{额定}}$ 、 $70\% I_{\text{额定}}$ 、 $80\% I_{\text{额定}}$ 、 $90\% I_{\text{额定}}$ 、 $100\% I_{\text{额定}}$ 、 $90\% I_{\text{额定}}$ 、 $80\% I_{\text{额定}}$ 、 $70\% I_{\text{额定}}$ 、 $60\% I_{\text{额定}}$ 、 $50\% I_{\text{额定}}$ 、 $40\% I_{\text{额定}}$ 、 $30\% I_{\text{额定}}$ 、 $20\% I_{\text{额定}}$ 和 $10\% I_{\text{额定}}$ 。

[0042] 请返回图1和图2,将直流源3的输出电流按照检测电流值队列的顺序依次调整为一检测电流值,并在每当直流源3的输出电流等于一检测电流值时,对负载电阻R1电压进行M次采样,获得21组电压数据,每组电压数据包括M个采样电压,M为大于零的自然数。具体操作时,可在每次采样时持续采样相同的时间来获得相同次数的M次采样。

[0043] S4:对电压数据进行数据处理并利用最小二乘法获得一拟合线段。

[0044] 其具体包括步骤:

[0045] 对每一组电压数据的M个采样电压求平均值,获得21个电压平均值;

[0046] 拟合线段包括一第一拟合直线和一第二拟合直线;利用最小二乘法对第一至第11个电压平均值做直线拟合,获得第一拟合直线;并利用最小二乘法对第11至第21个电压平均值做直线拟合,获得第二拟合直线。

[0047] S5:利用拟合线段计算获得待测电流传感器2与标准电流传感器1的一相对线性度数据;

[0048] 其具体包括步骤:

[0049] 计算第一至第11个电压平均值与第一拟合直线的最大偏移距离,获得一第一最大偏移距离值;计算第11至第21个电压平均值与第二拟合直线的最大偏移距离,获得一第二最大偏移距离值;

[0050] 分别将第一最大偏移距离值和第二最大偏移距离值除以待测传感器满量程输出值所对应的电压值,获得一第一部分相对线性度数据和一第二部分相对线性度数据;

[0051] 比较第一部分相对线性度数据和第二部分相对线性度数据,当第一部分相对线性度数据和第二部分相对线性度数据不相等时,选择两者中数值较大的一个作为相对线性度数据;当第一部分相对线性度数据和第二部分相对线性度数据相等时,第一部分相对线性度数据和第二部分相对线性度数据作为相对线性度数据。

[0052] S6:将相对线性度数据与标准线性度数据相加获得待测线性度数据。

[0053] 以上的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。

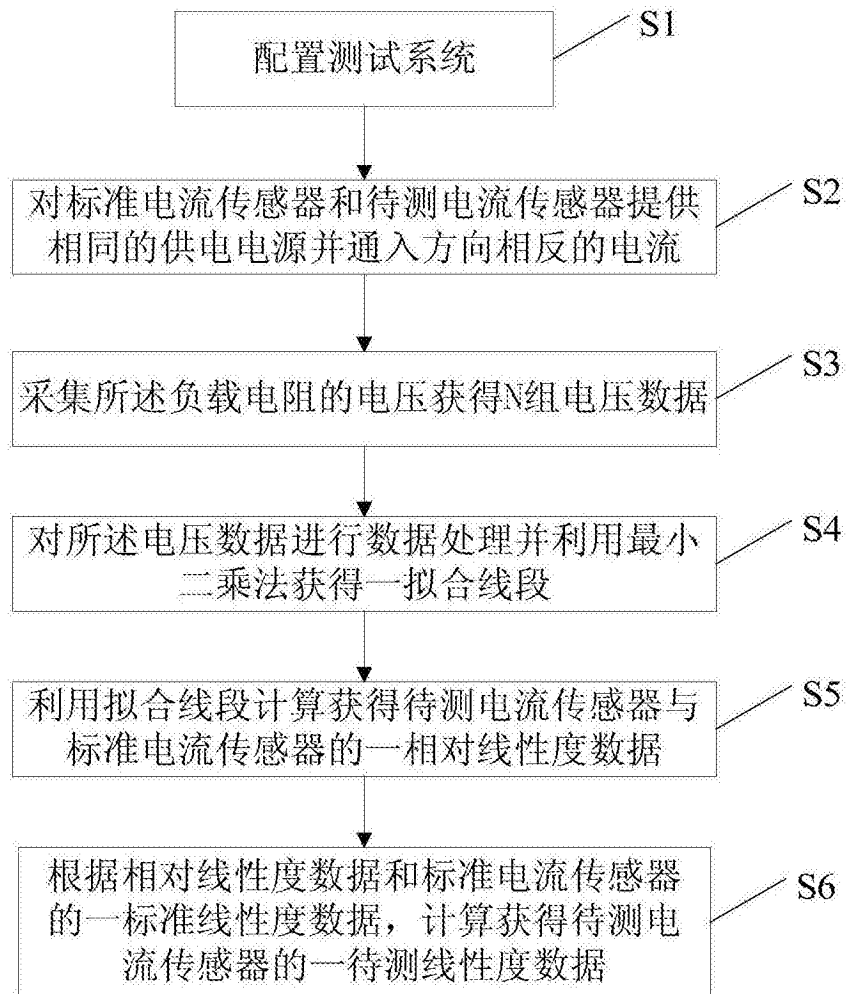


图1

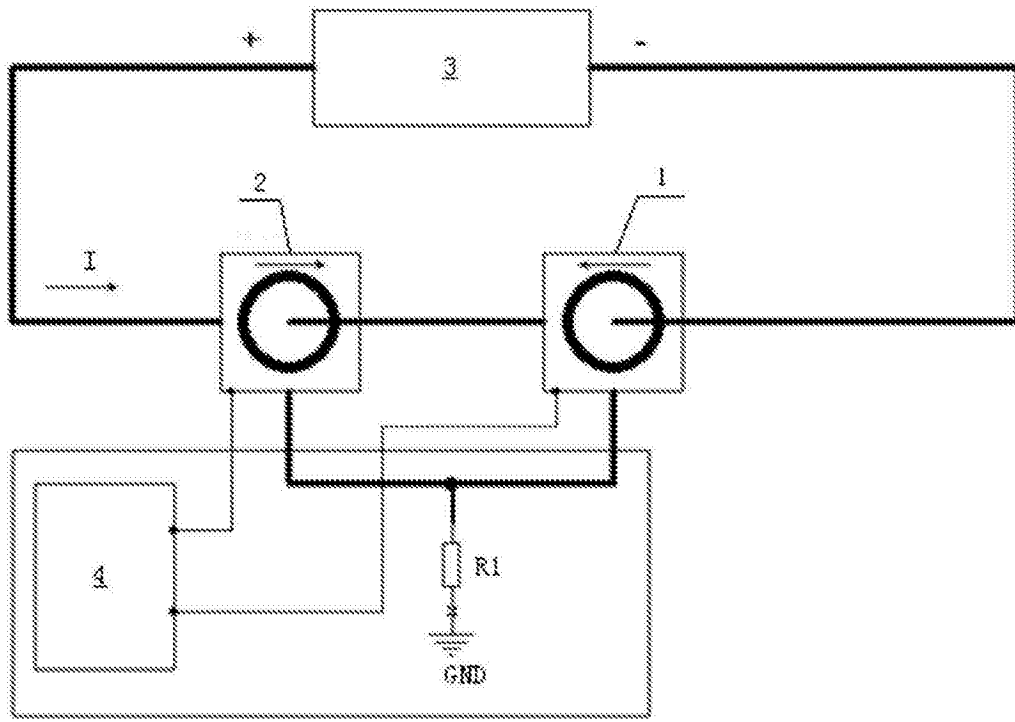


图2