



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103234451 B

(45) 授权公告日 2015.08.19

(21) 申请号 201310102713.4

(22) 申请日 2013.03.28

(73) 专利权人 重庆理工大学

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道69号

(72) 发明人 陈锡侯 彭东林 鲁进 高忠华 张天恒 武亮

(74) 专利代理机构 重庆华科专利事务所 50123 代理人 康海燕

(51) Int. Cl. G01B 7/30(2006.01)

(56) 对比文件

- CN 102022975 A, 2011.04.20, CA 2811139 A1, 2011.12.22, CN 102425987 A, 2012.04.25, JP 2001091300 A, 2001.04.06, 彭东林等. 时栅位移传感器原理与发展历

程.《重庆理工大学学报(自然科学)》.2010,第24卷(第10期),

王先全等. 两相非等节距时栅位移传感器.《西南大学学报(自然科学版)》.2009,第31卷(第5期),

审查员 熊洁

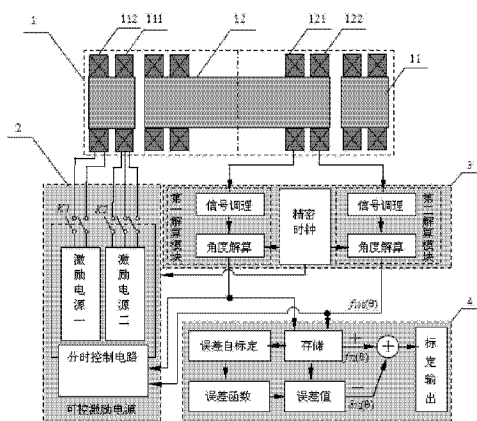
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种可实现在线自标定的时栅角位移传感器系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种可以实现在线自标定的时栅角位移传感器系统及方法,传感器系统由特殊的定子和转子、精密可控激励电源,角度解算模块和在线自标定模块构成。系统在使用前按照一定的步骤将转子回转到一系列特殊位置,记录在各个特殊位置时传感器系统的示值并对示值进行数据处理后可以获取传感器的测量误差函数,从而实现传感器的初始自标定。在使用过程中,可再次启动自标定过程,系统将判断误差函数是否发生变化,误差函数一旦发生变化,系统将按照获取的误差函数重新实施标定,从而实现传感器的在线自标定。



1. 一种可以实现在线自标定的时栅角位移传感器系统,其特征在于:该系统包括定子和转子,精密可控激励电源,角度解算模块和在线自标定模块;

所述定子,具有双绕组,即第一激励绕组和第二激励绕组;定子槽数选为 N , N 为正整数,且是4和6的公倍数;第一激励绕组采用3相绕组方式,其对极数为 M , $M = N/6$;第二激励绕组采用2相绕组方式,其对极数为 K , $K = N/4$;

所述转子,同样具有双绕组,即第一感应绕组和第二感应绕组;转子槽数也选为 N ,以任意一槽开始,将 N 个槽分别编号为 $0, 1, \dots, N-2, N-1$;第一感应绕组绕制在编号为 $0, 3, \dots, 3i, \dots, N-3$ 的各槽内,第二感应绕组绕制在编号为 $0, 2, \dots, 2i, \dots, N-2$ 的各槽内,其中 i 取为0和正整数;

所述精密可控激励电源,由分时控制电路和两个时栅角位移传感器激励电源组成;其中一个激励电源采用3相形式,施加在第一激励绕组上;另一个激励电源采用2相形式,施加在第二激励绕组上;分时控制电路实时获取角度解算模块的角度测量值,并根据在线自标定模块的自标定步骤需要,发出控制信号,分别控制连接第一激励电源和第一激励绕组的 $K1$ 电子开关以及连接第二激励电源和第二激励绕组的 $K2$ 电子开关的闭合和断开状态,实现对两个激励电源与两个激励绕组通断的控制;

所述角度解算模块,包括第一角度解算子模块和第二角度解算子模块;第一角度解算子模块与第一感应绕组连接,用于接收转子第一感应绕组产生的感应信号,并将其解算成角度测量值;第二角度解算子模块与第二感应绕组连接,用于接收第二感应绕组产生的感应信号,并将其解算成角度测量值;

所述在线自标定模块通过存储单元接收角度解算模块的角度测量值,在标定过程中从角度解算模块送入的测量值中选取一系列特殊测量值,组成测量值序列 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$,将 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 逐项相减得到一个差值序列 $\{C_i\}$;对 $\{C_i\}$ 进行离散傅里叶变换,得到其对应的幅值谱 $\{Am_i\}$ 和相位谱 $\{P_i\}$,从而根据幅值谱 $\{Am_i\}$ 和相位谱 $\{P_i\}$ 重构传感器测量误差函数,获取传感器的测量误差函数,实现传感器的在线自标定。

2. 采用权利要求1所述的时栅角位移传感器系统进行在线自标定的方法,其特征在于:所述方法的步骤如下:

1) 在精密可控激励电源的分时控制电路的控制下,施加3相激励电源于第一激励绕组并断开第二激励绕组的2相激励电源,转动传感器转子使第一角度解算子模块中的测量值为 $i \times \frac{360^\circ}{n}$,记为 $\{A_i\}$,其中, $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$,步骤1)重复1次, i 加1,下同; n 为大于被标定时栅角位移传感器测量误差最高频次2倍的正整数;

2) 保持传感器转子不动,在精密可控激励电源的分时控制电路控制下,施加2相激励电源于第二激励绕组并断开第一激励绕组的3相激励电源,记录当前第二角度解算子模块中的测量值,记为 $\{F_i\}$;

3) 转动传感器转子至第二角度解算子模块中的测量值为 $F_i + \frac{360^\circ}{K}$, K 为第二激励绕组的对极数;

4) 保持传感器转子不动,在精密可控激励电源的分时控制电路控制下,施加3相激励电源于第一激励绕组并断开第二激励绕组的2相激励电源,记录第一角度解算子模块中的

测量值,记为 $\{B_i\}$;

5) 重复步骤 1) ~ 4),直到 i 取值为 $n-1$,获得测量值序列 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$;

6) 对两个测量值序列进行数据处理:将所述 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 两个测量值序列逐项相减得到一个差值序列 $\{C_i\}$;对 $\{C_i\}$ 进行离散傅里叶变换,得到其对应的幅值谱 $\{Am_i\}$ 和相位谱 $\{P_i\}$;

7) 在数据处理后,传感器的测量误差函数可以表示为式 (1),

$$\delta(\theta) = A_0 + k(\theta) \quad (1)$$

其中: $\delta(\theta)$ 是测量误差函数; θ 是被测角位移;

$$k(\theta) = \sum_{i=1}^{n/2-1} \left\{ \frac{Am_i}{2 \times \sin\left(\frac{i \times Am_0}{2}\right)} \times \sin\left(i \times \theta + P_i - \frac{\pi}{2} - \frac{Am_0}{2}\right) \right\};$$

$$A_0 = \frac{\max(k(\theta)) + \min(k(\theta))}{2};$$

其中: $\max(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最大值; $\min(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最小值;

8) 在得到传感器的测量误差函数 $\delta(\theta)$ 后,传感器在任意位置 θ 的示值 $f(\theta)$ 可在不需要标准器和其它高精度测量仪器的条件下,通过式 (2) 得到其对应的标定值 $Ca(\theta)$

$$Ca(\theta) = f(\theta) - \delta(\theta) \quad (2)。$$

一种可实现在线自标定的时栅角位移传感器系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于精密位移测量领域,具体涉及一种角位移传感器系统及其在线自标定方法。

背景技术

[0002] 角位移传感器是角位移测量元件。这类角位移传感器的典型代表有:光栅、感应同步器、自整角机、旋转变压器以及时栅传感器等。因为加工、安装、电气参数等偏差,这类传感器进行角位移测量时存在误差。通常,可以通过对这些传感器的误差进行补偿,以提高测量精度。因此,检测出传感器测量的误差十分重要。但是,目前公知的方法中,测量误差的检测一般需要借助标准器或者更高精度的角位移测量仪器,不适合在线进行。另外,有一种公开的方法采用对极数不同的两个电磁型角位移传感器实现自标定,但这种方法需要对极数不同且相互不成整数倍关系的两套传感器系统才可以实现。

发明内容

[0003] 本发明针对上述问题,公开了一种可以实现在线自标定的时栅角位移传感器系统及方法。

[0004] 这种具有在线自标定功能的时栅角位移传感器系统在使用前按照一定的步骤将转子转动到一系列特殊位置,记录在各个特殊位置时传感器系统的示值并对示值进行数据处理后可以获取传感器的测量误差函数,从而实现传感器的初始自标定。在使用过程中,可再次启动自标定过程,系统将判断误差函数是否发生变化,误差函数一旦发生变化,系统将按照获取的误差函数重新实施标定,从而实现传感器的在线自标定。

[0005] 本发明采用的技术方案是:

[0006] 具有在线自标定功能的时栅角位移传感器系统由特殊的定子和转子、精密可控激励电源,角度解算模块和在线自标定模块构成。系统按照一定步骤操作后可得到两个测量值序列 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$,通过对两个测量值序列进行数据处理可以得到时栅角位移传感器的误差函数,实现在线自标定。

[0007] 所述特殊的定子是指在时栅角位移传感器系统定子上有两组激励绕组,第一激励绕组和第二激励绕组,即在定子上实现双绕组。时栅角位移传感器定子槽数选为 N (应为正整数,且是 4 和 6 的公倍数)。第一激励绕组采用 3 相绕组方式,其对极数为 M ,有 $M=N/6$;第二激励绕组采用 2 相绕组方式,其对极数为 K ,有 $K=N/4$ 。2 组激励绕组均采用已公开的时栅传感器激励绕组的绕制方法。

[0008] 所述特殊的转子是指在时栅角位移传感器系统转子上有两组感应绕组,第一感应绕组和第二感应绕组,即在转子上同样实现双绕组。时栅角位移传感器转子槽数也选为 N ,以任意一槽开始,将 N 个槽分别编号为 $0, 1, \dots, (N-2), (N-1)$,第一感应绕组绕制在编号为 $0, 3, \dots, 3i, \dots, (N-3)$ 的各槽内,第二感应绕组绕制在编号为 $0, 2, \dots, 2i, \dots, (N-2)$ 的各槽内(其中 i 取为 0 和正整数)。两组感应绕组均采用已公开的时栅传感器感应绕组的绕制

方法。

[0009] 所述精密可控激励电源,由分时控制电路和两个时栅角位移传感器激励电源组成;其中一个激励电源采用3相形式,施加在第一激励绕组上;另一个激励电源采用2相形式,施加在第二激励绕组上;分时控制电路实时获取角度解算模块的角度测量值,并根据在线自标定模块的自标定步骤需要,发出控制信号,分别控制连接第一激励电源和第一激励绕组的K1电子开关以及连接第二激励电源和第二激励绕组的K2电子开关的闭合和断开状态,实现对两个激励电源与两个激励绕组通断的控制。

[0010] 所述的角度解算模块包括第一角度解算子模块和第二角度解算子模块。第一角度解算子模块包括信号调理单元和角度解算单元,由相应的电路和运行于其中的程序组成,用于接收第一感应绕组产生的感应信号,并可根据公开的时栅传感器工作原理将其解算成角度测量值后送入自标定模块;第二角度解算子模块包括信号调理单元和角度解算单元,由相应的电路和运行于其中的程序组成,用于接收第二感应绕组产生的感应信号,并可根据公开的时栅传感器工作原理将其解算成角度测量值后送入自标定模块。

[0011] 所述的在线自标定模块由相应的电路和运行于其中的程序组成,用于在标定的过程中从角度测量模块送入的测量值中选取一系列特殊测量值,对其进行一定数据处理后获取传感器的测量误差函数,实现传感器在线自标定。

[0012] 采用以上的时栅角位移传感器系统进行在线自标定的方法步骤如下:

[0013] 1) 在特殊精密可控激励电源分时控制电路的控制下,施加3相激励电源于第一激励绕组并断开第二激励绕组的2相激励电源,转动传感器转子使第一角度解算子模块中的测量值为 $i \times \frac{360^\circ}{n}$, 记为 $\{A_i\}$ 。其中, $i=0, 1, 2, \dots, n-1$, 步骤1)重复1次, i 加1, 下同; n 为大于被标定时栅角位移传感器测量误差最高频次2倍的正整数。

[0014] 2) 保持传感器转子不动,在特殊精密可控激励电源的分时控制电路控制下,施加2相激励电源于第二激励绕组并断开第一激励绕组的3相激励电源,记录当前第二角度解算子模块中的测量值,记为 $\{F_i\}$ 。

[0015] 3) 转动传感器转子至第二角度解算子模块中的测量值为 $F_i + \frac{360^\circ}{K}$ (K 为第二激励绕组的对极数)。

[0016] 4) 保持传感器转子不动,在特殊精密可控激励电源的分时控制电路控制下,施加3相激励电源于第一激励绕组并断开第二激励绕组的2相激励电源,记录第一角度解算子模块中的测量值,记为 $\{B_i\}$ 。

[0017] 5) 重复步骤1)~4),直到 i 取值为 $n-1$,获得测量值序列 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 。

[0018] 所述的对两个测量值序列进行数据处理包括:将所述 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 两个测量值序列逐项相减得到一个差值序列 $\{C_i\}$;对 $\{C_i\}$ 进行离散傅里叶变换,得到其对应的幅值谱 $\{Am_i\}$ 和相位谱 $\{P_i\}$ 。

[0019] 在所述数据处理后,传感器的测量误差函数可以表示为式(1),

[0020] $\delta(\theta) = A_0 + k(\theta)$ (1) 其中: $\delta(\theta)$ 是测量误差函数; θ 是被测角位移;

$$[0021] \quad k(\theta) = \sum_{i=1}^{n/2-1} \left\{ \frac{Am_i}{2 \times \sin\left(\frac{i \times Am_0}{2}\right)} \times \sin\left(i \times \theta + P_i - \frac{\pi}{2} - \frac{Am_0}{2}\right) \right\}$$

$$[0022] \quad A_0 = \frac{\max(k(\theta)) + \min(k(\theta))}{2};$$

[0023] 其中： $\max(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最大值； $\min(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最小值。

[0024] 所述的实现传感器在线自标定是指，在得到传感器的测量误差函数 $\delta(\theta)$ 后，传感器在任意位置 θ 的示值 $f(\theta)$ 可在不需要标准器和其它高精度测量仪器的条件下，通过式(2)得到其对应的标定值 $Ca(\theta)$ 。

$$[0025] \quad Ca(\theta) = f(\theta) - \delta(\theta) \quad (2)$$

附图说明

[0026] 图 1 是具有自标定功能的时栅角位移传感器系统组成示意图；

[0027] 图 2 是双绕组时栅角位移传感器激励绕组绕线示意图；

[0028] 图 3 是双绕组时栅角位移传感器感应绕组绕线示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合说明书附图对本发明的技术方案作进一步详细说明。

[0030] 参见图 1，所述具有在线自标定功能的时栅角位移传感器系统，包括：双绕组时栅角位移传感器基体 1，精密可控激励电源 2，角度解算模块 3，以及自标定模块 4。

[0031] 所述的双绕组时栅角位移传感器基体 1 上，定子 11 开有 432 个嵌线槽，转子 12 开有 432 个嵌线槽。在定子 11 的 432 个嵌线槽内绕有两个激励绕组，第一激励绕组 111 按照 3 相绕组方式绕制，极数为 72，第二激励绕组 112 按照 2 相绕组方式绕制，极数为 108；转子 12 的 432 个嵌线槽内对应绕有两个感应绕组，第一感应绕组 121 绕制在编号为 0, 3, …, 426, 429 的各个槽内，第二感应绕组 122 绕制在编号为 0, 2, …, 428, 430 的各个槽内。激励绕组和感应绕组的绕线示意图如图 2、图 3 所示，A、B、C 表示三相绕组，A'、B' 表示两相绕组。

[0032] 具体自标定实施过程如下：

[0033] 1) 在特殊精密可控激励电源的分时控制电路控制下，施加 3 相激励电源于第一激励绕组 111 上并断开第二激励绕组 112 的 2 相激励电源，转动传感器转子使第一角度解算子模块中的测量值为 $i \times \frac{360^\circ}{144}$ (其中 i 为整数，依次取为 0, 1, 2, …, 142, 143)，记录测量值为

$\{A_i\}$ ，步骤 1) 重复 1 次， i 加 1，下同；

[0034] 2) 保持传感器转子不动，在特殊精密可控激励电源的分时控制电路控制下，施加 2 相激励电源于第二激励绕组上并断开第一激励绕组的 3 相激励电源，记录当前第二角度解算子模块中的测量值，记为 $\{F_i\}$ ；

[0035] 3) 转动传感器转子至第二角度解算子模块中的测量值为 $F_i + \frac{360^\circ}{108}$ ；

[0036] 4) 保持传感器转子不动，在特殊精密可控激励电源的分时控制电路控制下，施加 3

相激励电源于第一激励绕组上并断开第二激励绕组的 2 相激励电源,记录第一角度解算子模块中的测量值,记为 $\{B_i\}$;

[0037] 5) 重复步骤 1) ~ 4),直到 i 取值为 143,获得 2 个分别包含 144 个测量值的序列 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 。

[0038] 所述的两个测量值序列进行数据处理包括:将所述 $\{A_i\}$ 和 $\{B_i\}$ 两个测量值序列逐项相减得到一个差值序列 $\{C_i\}$;对 $\{C_i\}$ 进行离散傅里叶变换,得到其对应的幅值谱 $\{Am_i\}$ 和相位谱 $\{P_i\}$ 。

[0039] 在所述数据处理后,传感器的测量误差函数可以表示为式(3),

[0040] $\delta(\theta) = A_0 + k(\theta)$ (3) 其中: $\delta(\theta)$ 是测量误差函数; θ 是被测角位移;

$$[0041] \quad k(\theta) = \sum_{i=1}^{71} \left\{ \frac{Am_i}{2 \times \sin\left(\frac{i \times Am_0}{2}\right)} \times \sin\left(i \times \theta + P_i - \frac{\pi}{2} - \frac{Am_0}{2}\right) \right\}$$

$$[0042] \quad A_0 = \frac{\max(k(\theta)) + \min(k(\theta))}{2};$$

[0043] 其中: $\max(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最大值; $\min(k(\theta))$ 是 $k(\theta)$ 的最小值。

[0044] 所述的实现传感器在线自标定是指,在得到传感器的测量误差函数 $\delta(\theta)$ 后,传感器在任意位置 θ 的示值 $f(\theta)$ 可以在不需要标准器和其他高精度测量仪器的条件下,通过式(2)得到其对应的标定值 $Ca(\theta)$ 。

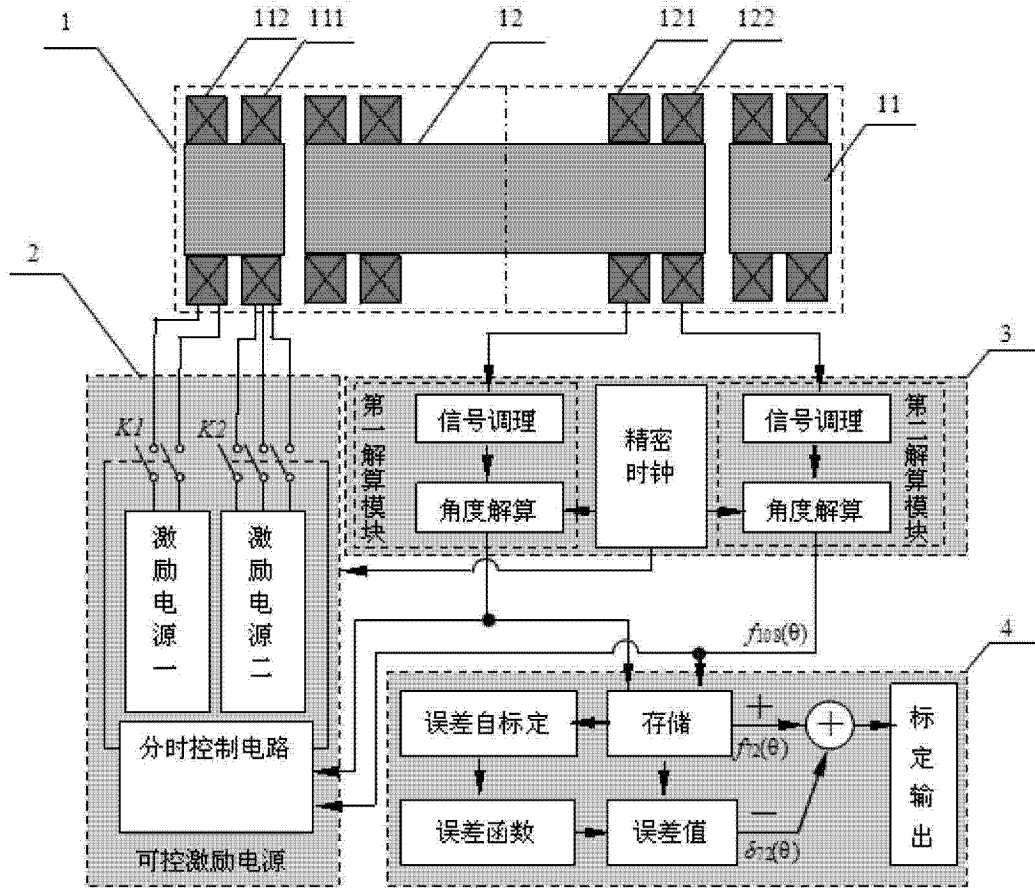


图 1

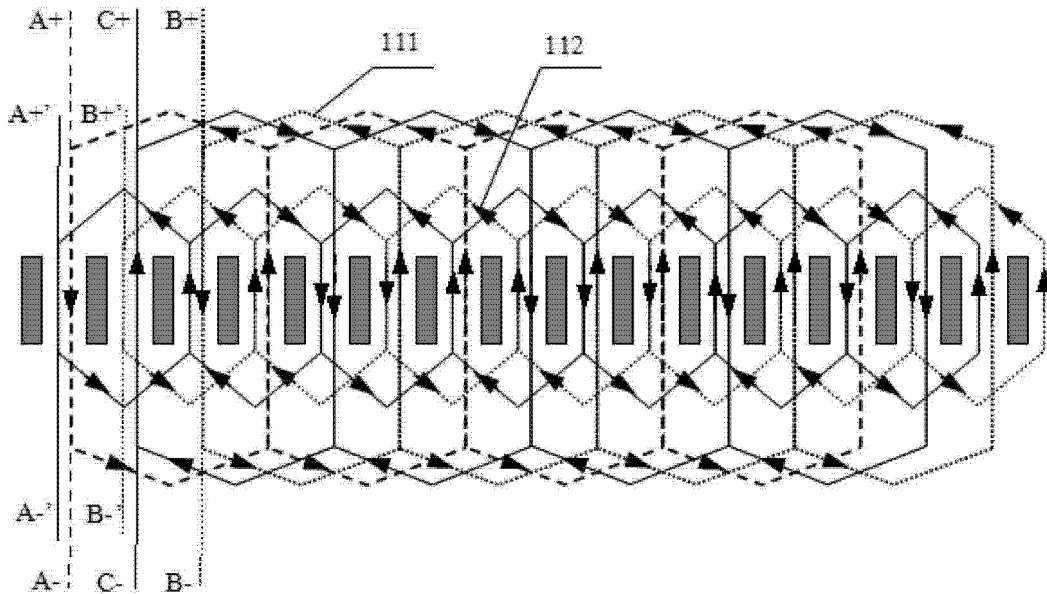


图 2

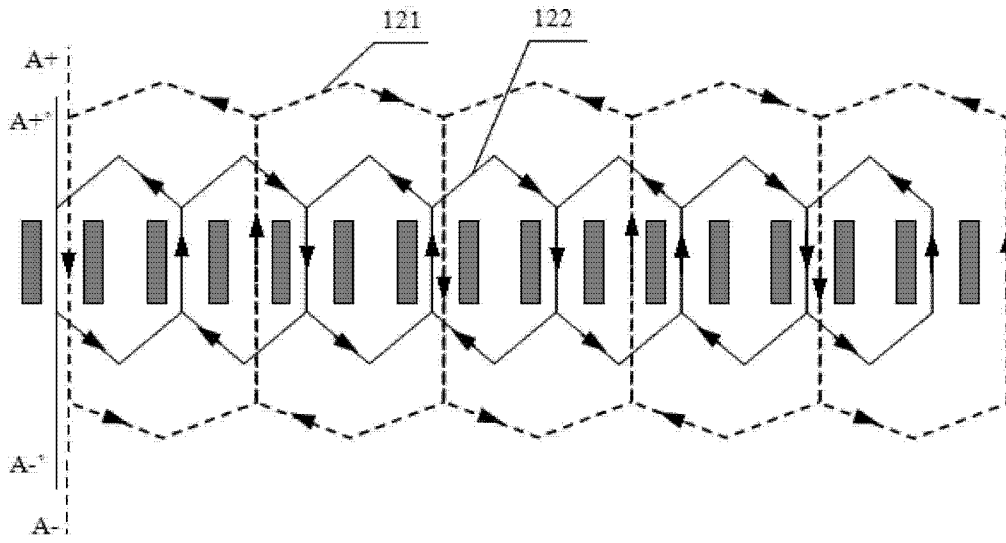


图 3