



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103066756 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201210397926. X

(22) 申请日 2012. 10. 18

(30) 优先权数据

1118059. 3 2011. 10. 19 GB

(73) 专利权人 普罗蒂恩电子有限公司

地址 英国萨里

(72) 发明人 R·T·伯克

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理有限公司 11280

代理人 王勇 王博

(51) Int. Cl.

B60L 15/02(2006. 01)

B60L 15/20(2006. 01)

H02K 29/08(2006. 01)

H02P 21/06(2006. 01)

H02K 3/28(2006. 01)

H02K 7/14(2006. 01)

H02K 11/33(2016. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006-197684 A, 2006. 07. 27,

JP 特开 2006-197684 A, 2006. 07. 27,

CN 101076733 A, 2007. 11. 21,

CN 1736016 A, 2006. 02. 15,

JP 特开平 5-276783 A, 1993. 10. 22,

US 2008/0258584 A1, 2008. 10. 23,

审查员 宗雪娇

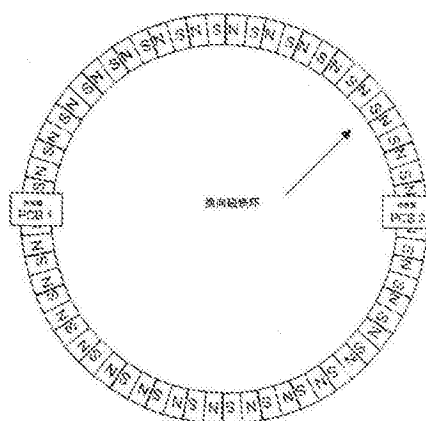
权利要求书1页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

一种电动机或发电机

(57) 摘要

一种电动机或发电机系统,包括:具有第一组磁极的转子;定子,其具有安装在所述定子上的第一传感器,和安装在定子上相对于所述第一传感器位于大体上直径相对位置的第二传感器,其中,所述第一传感器被安排用于输出第一信号,第一信号表示随着转子相对于定子转动与第一组磁极关联的第一转子通量角,并且所述第二传感器被安排用于输出第二信号,第二信号表示随着转子相对于定子转动与第一组磁极关联的第二转子通量角;以及安排用于通过平均第一传感器所表示的第一转子通量角和第二传感器所表示的第二转子通量角来确定修正的转子通量角的装置。



1. 一种电动机或发电机系统,包括:

转子,具有第一组磁极;

定子,具有安装在所述定子上的第一传感器,和安装在定子上相对于所述第一传感器位于大体上直径相对位置的第二传感器,其中,所述第一传感器被安排用于输出第一信号,第一信号表示随着转子相对于定子转动与第一组磁极关联的第一转子通量角,并且所述第二传感器被安排用于输出第二信号,第二信号表示随着转子相对于定子转动与第一组磁极关联的第二转子通量角;以及

设置用于通过平均第一传感器所表示的第一转子通量角和第二传感器所表示的第二转子通量角来确定修正的转子通量角的装置,

其中,随着转子相对于定子转动,响应于所述第一传感器和所述第二传感器经过相应的第一组磁极,产生所述第一信号和所述第二信号,

其中,在所述定子上安装多个圈式绕组,并且转子包括第二组磁体,其中,所述多个圈式绕组和第二组磁体被安排当电流通过所述多个圈式绕组时允许扭矩被施加到所述转子上,其中,施加到转子上的所述扭矩基于流经相应圈式绕组的电流的相位和与第二组磁体关联的转子通量角来确定。

2. 如权利要求 1 所述的电动机或发电机,其中,对所述第一传感器和第二传感器所表示的转子通量角的平均允许相对于第一组磁极确定与第二组磁体关联的转子通量角。

3. 如上述权利要求之一所述的电动机或发电机,其中,所述第一传感器和第二传感器为霍尔传感器。

4. 一种操作如权利要求 1 所述的电动机或发电机的方法,该方法包括:对相应的所述圈式绕组施加交流电压,其中,所述交流电压的相位基于所述修正的转子通量角。

一种电动机或发电机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电动机,尤其涉及一种用于转动车辆中车轮的电动机。

背景技术

[0002] 永磁同步电动机通过产生旋转磁场来运转,旋转磁场一般通过流经安装在定子上的圈式绕组的电流来形成。该圈式绕组一般形成分布在定子周围并相互耦接的一组相绕组。对于三相电动机或发电机来说,三组相绕组以星形布局或三角形布局相互连接。

[0003] 图 1 中显示了一个六相电动机或发电机,其具有以星形布局连接的六组相绕组,其中,每一个线圈都有一个端点都连接在公共点,该公共点称为星点 100。

[0004] 在电动机或发电机运转过程中,在每组相绕组上施加或产生不同的电压相位。相应地,对于 n -相电动机或发电机,在该电动机或发电机的相绕组上施加对应的 n -相电压。

[0005] 可以通过确保施加到相绕组上的电相位即电相角与永磁体产生的磁场同步来优化永磁同步电动机或发电机的效率,所述永磁体一般安装在转子上,从而在给定的扭矩/速度下,所述电相角相对于所述磁场具有固定的相位偏移。换句话说,所述电相角与转子磁通量角同步。

[0006] 为了让相应的相绕组的电相位与安装在转子上的永磁体产生的磁场(即转子磁通量角)同步,将一圈多个磁体或磁极以换向磁体环的形式安装在转子上,该转子具有与安装在转子上作为驱动磁体的永磁体匹配的结构,而换向磁体用于估计驱动磁体的转子磁通量角。

[0007] 一般安装在定子上的是霍尔传感器,其被安排用于测量来自换向磁体环的磁场强度。为了使转子的方向能被确定并且为了提高精确度,一般在距第一霍尔传感器 90 度电角度的位置放置第二霍尔传感器。

[0008] 随着转子相对于定子旋转,所述霍尔传感器输出 AC 电压信号,该 AC 电压信号使转子的磁通量角可以被估算出来。转子磁通量角可以根据来自霍尔传感器的信号输出并经过三角计算来确定。对于双霍尔传感器配置,一个霍尔传感器代表转子通量角的正弦(sine),另一个霍尔传感器信号代表转子通量角的余弦(cosine)。输出的 AC 电压信号的频率与转子的速度成正比。为了说明,图 2 显示了安装在定子上的两个霍尔传感器的输出,两个霍尔传感器之间相差约 90° 电相角。如图所示,输出两个正弦信号,其中一个输出信号相对于另一个输出信号大约移相 90°。

[0009] 但是,由于存在制造公差,在换向磁体环内的磁体相对于固定在转子上的永磁体通常具有变化偏移量。虽然换向磁体环的磁体和其对应的安装在转子上的永磁体之间的一般性偏移可以被校准,但是变化偏移量会导致转子的转子通量角的测量值和实际值之间的误差。转子的转子通量角的测量值和实际值之间的误差又导致相应的相绕组的电相位不能完全同步于安装在转子上的永磁体所产生的磁场。

[0010] 如图 3 所示,通常,在相位角的测量值和实际值之间的变化的误差在转子相对于定子的一个完整的机械旋转上为正弦曲线。该转子通量角的误差能够导致扭矩损失、转矩

波动、噪声以及电动机的效率下降。

[0011] 业内需要改变这种现状。

发明内容

[0012] 根据本发明的一个方面,根据权利要求,提供一种方法、一种电动机或发电机。

[0013] 所要保护的本发明的优点在于使换向磁体和驱动磁体之间的相关性可以被更精确地确定,从而使所确定的电相角的精度能随着电动机或发电机的操作效率的提高而提高。

附图说明

[0014] 下面以举例的方式,结合附图,描述本发明,其中:

[0015] 图 1 显示了六相电动机或发电机的线圈绕组的星形连接;

[0016] 图 2 显示了来自两个相距 90 度电角度的霍尔传感器的输出,这两个霍尔传感器安装在体现本发明的电动机上;

[0017] 图 3 显示了具有单一位置传感器的电动机的变化偏移的相位角误差;

[0018] 图 4 显示了体现本发明的发动机的分解图;

[0019] 图 5 是从另一个角度观察的图 4 的发动机的分解图;

[0020] 图 6 显示了安装在体现本发明的发动机上的换向磁体环和两个位置传感器;

[0021] 图 7 显示了用在体现本发明的电动机上的一种线圈集布局的示例;

[0022] 图 8 显示了三相定子电流复空间矢量;

[0023] 图 9 显示了闭环磁场定向控制系统;

[0024] 图 10 显示了具有 d-q 旋转参考系的三相定子电流参考系;

[0025] 图 11 显示了对由相距约 180° 的两个位置传感器测量的变化偏移量相位误差的校准数据的图形化表达。

具体实施方式

[0026] 本发明该实施例描述的是用于车辆中车轮内的电动机。该电动机的类型是:具有作为定子的一部分的一组线圈,附着在车辆上,其被附着在车轮上的具有一组磁体的转子径向环绕。为避免疑义,本发明的各个方面同样适用于具有相同布局的发电机。同样地,电动机的释义旨在包括发电机。另外,本发明的一些方面适用于这样的布局:将转子安装在径向环绕的线圈的中心。然而,本领域技术人员可以理解,本发明同样也适用于其他类型的电动机。

[0027] 如图 4 所示,轮毂电动机 40 包括定子 252,定子 252 包括形成该组件的外壳的第一部分的后端部分 230、散热器和驱动装置 231,其中驱动装置 231 包括多个线圈和用于驱动所述线圈的电子设备。线圈驱动装置 231 固定在后端部分 230 上以形成定子 252,然后定子 252 可以固定在车辆上并且在使用过程中相对于车辆不旋转。线圈自身形成在齿形薄片上从而形成圈式绕组,其连同驱动装置 231 和后端部分 230 形成了定子 252。

[0028] 转子 240 包括形成盖子的前端部分 220 以及圆柱部分 221,其基本上包围定子 252。该转子包括多个永磁体 242,永磁体 242 被布置在圆柱部分 221 的内侧周围。为了本

实施例的目的,共有 32 对磁体对安装在圆柱部分 221 的内侧。但是,也可以使用任意数量的磁体对。

[0029] 所述磁体与组件 231 上的线圈非常接近,从而组件 231 中的线圈所产生的磁场与布置在转子 240 的圆柱部分 221 内侧周围的磁体 242 配合,以引起转子 240 旋转。因为永磁体 242 用于产生驱动电动机的驱动扭矩,所以永磁体一般称为驱动磁体。

[0030] 转子 240 通过轴承座 223 附着在定子 252 上。轴承座 223 可以是标准的轴承座,即本将用于该发动机组件所适用的车辆上的轴承座。轴承座包括两部分,第一部分固定在定子上,第二部分固定在转子上。轴承座固定在定子 252 的壁 230 的中心部位 233,也固定在转子 240 的壳壁 220 的中心部位 225。由此,通过位于转子 240 中心部位 225 的轴承座 223,转子 240 可转动地固定在其将要使用的车辆上。这样带来一个优点,轮毂和轮胎可以使用普通的车轮螺钉固定在转子 240 的中心部位 225,从而将轮毂固定在转子的中心部位,并继而稳固地固定在轴承座 223 的可转动一侧。车轮螺钉可以穿过转子中心部位 225 安装到轴承座本身内。通过将转子 240 和车轮都安装到轴承座 223 上,转子的转动角度和车轮之间具有一一对应关系。

[0031] 图 5 从相反的一侧显示了与图 4 相同的组件,其中显示了定子 252,定子 252 包括后端定子壁 230 以及线圈和电子设备组件 231。转子 240 包括外转子壁 220 和圆周壁 221,磁体 242 沿圆周布置在其内部。根据上面的描述,定子 252 通过轴承座在转子和定子壁的中心部位与转子 240 连接。

[0032] 另外,图 4 还显示了携带控制电子设备的控制设备 80,或称为马达驱动控制器或逆变器。

[0033] 在转子的圆周壁 221 和定子壳 230 的外边缘之间提供一个 V 形密封 350。

[0034] 转子还包括用于位置感应的一组磁体 227,即所谓的换向磁体,其与安装在定子上的传感器配合可以估算转子通量角。转子通量角定义了驱动磁体相对于圈式绕组的位置关系。可替代的,取代一组单独的磁体,转子可以包括具有多极的磁性材料环,其充当一组单独的磁体。

[0035] 为了使换向磁体能够用于计算转子通量角,优选的,每个驱动磁体都具有关联的换向磁体,其中,转子通量角通过校准测量到的换向磁体通量角从与该组换向磁体关联的通量角获得。为了简化换向磁体的通量角和转子通量角之间的关系,优选的,换向磁体组中的磁体或磁极对的数量与驱动磁体组中的对数相同,其中,换向磁体和关联的驱动磁体基本上彼此沿径向对齐。相应地,为了实现本实施例的目的,换向磁体组具有 32 个磁体对,其中每个磁体对都与各自的驱动磁体对基本上沿径向对齐。

[0036] 在定子上,在大致直径上对置的位置安装至少两个传感器(即大约彼此分离 180° 机械角度),在本实施例中为霍尔传感器。传感器的安装位置使得随着转子转动,形成换向磁体环的每一个换向磁体分别旋转经过相应的传感器。

[0037] 随着转子相对于定子转动,换向磁体相应地旋转经过相应的传感器,每个霍尔传感器输出 AC 电压信号,其中,每个传感器为经过相应传感器的每个磁体对输出具有 360 度电角度的完整电压周期。

[0038] 图 6 显示了换向磁体环,该换向磁体环具有 32 对磁体对,两个传感器相对于换向磁体环相距约 180 度机械角度设置。

[0039] 如上所述,为了帮助确定转子的方向,每个传感器还可以具有相距 90 度电角度放置的关联的第二传感器。

[0040] 如图 7 所示,本实施例中的电动机 40 包括 8 个线圈集 60,每个线圈集 60 具有三个线圈子集 61、62 和 63,它们分别耦接到控制设备 80,其中,每个控制设备 80 和各自的线圈子集形成了三相逻辑电动机或子电动机,其可以被独立于其他子电动机而控制。控制设备 80 利用三相电源驱动其各自的子电动机,从而使各自的线圈子集产生旋转磁场。虽然本实施例中描述的每个线圈集 60 为包括三个线圈子集 61、62 和 63,本发明并不受本实施例的局限,可以理解每个线圈集 60 可以具有两个或更多的线圈子集。同样地,虽然本实施例中描述的电动机具有八个线圈集 60(即八个子电动机),该电动机可以包括一个或更多的具有关联控制设备的线圈集。

[0041] 每个控制设备包括一个三相桥逆变器,作为本领域技术人员公知常识,三相桥逆变器包括六个开关。该三相桥逆变器耦接到所述的线圈集 60 的三个线圈子集,以形成三相电动机结构。相应地,如上所述,所述发动机包括八个三相子电动机,其中每个三相子电动机包括控制设备 80,控制设备 80 耦接到所述线圈集 60 的三个线圈子集。

[0042] 每个三相桥逆变器被设置提供在相应的线圈子集 61、62 和 63 两端的 PWM 电压控制,从而为各自的子电动机提供所需的扭矩。

[0043] 对于给定的线圈集,控制设备 64 的三相桥开关被安排对每个线圈子集 61、62 和 63 施加单一电压相位。

[0044] 虽然本实施中描述的轮毂电动机包括多个逻辑子电动机,本领域技术人员可以理解,所述电动机可以是常规设计,而不使用逻辑子电动机。

[0045] 在本实施例中,每个控制设备 80 大体上都是楔形的。该形状使多个控制设备 80 能够在电动机中彼此相邻,形成扇形布局。

[0046] 所述控制设备 80 开关可以包括半导体设备,例如 MOSFET 或 IGBT。在本实施例中,所述开关包括 IGBT。但是,也可以使用任何已知的合适的开关电路用于控制电流。一个公知的关于这类开关电路的例子是三相桥电路,其具有六个配置用于驱动三相电动机的开关。该六个开关配置作为三组并联的开关对,其中每一对开关为串联形式并且来自三相桥电路的一支。

[0047] 所述多个开关被安排对各自的线圈子集施加交流电压。

[0048] 如上所述,所述多个开关配置为形成 n -相桥电路。相应地,作为本领域技术人员的公知常识,开关的数量取决于所需应用到各个子电动机上的电压相位的数量。虽然目前的设计显示每个子电动机具有三相结构,但是子电动机可以设计为具有两相或多相结构。

[0049] 线圈子集的电线(例如铜线)可以视情况直接连接到开关设备。

[0050] 控制设备 80 包括多个电气元件,用于控制安装在控制设备 80 上的开关的操作。安装在控制设备 80 上的电气元件例如包括:控制逻辑,用于控制开关操作以提供 PWM 电压控制,以及诸如 CAN 接口芯片的接口组件,用于使控制设备 80 能够与位于控制设备 80 外的设备(例如其他控制设备 80 或主控制器)通信。一般情况下,控制设备 80 会通过接口通信,以接收扭矩需求请求并且发送状态信息。一般情况下,所述用于确定转子通量角的至少两个传感器将被安装在单独的控制设备 80 上,从而被安装在定子上。可选的,为了额外的冗余,每个控制设备 80 上都安装有传感器。

[0051] 在电动机控制器(未示出)的控制下通过控制设备 80 在电动机中产生的正弦电压波形是通过使用磁场定向控制(Field Orientation Control)创造的,其中,合成的转子通量和定子电流表示为相距 120 度的相应的矢量,如图 8 中以三个轴 A、B 和 C 所示。

[0052] 如图 8 所示,在三相电流参考系的 A、B 和 C 轴中,电流 i_a 、 i_b 和 i_c 表示在各个定子线圈中的瞬时电流,其中定子电流矢量定义为 $t_s = t_a + a1_b + a^2 t_c$, 其中 $a = e(i*2*\pi/3)$ 。

[0053] 磁场定向控制基于如下投影,其将三相时间和速度相关系统投影为二维时不变系统,其中,定子电流或电压分量与交轴 q 对齐,并且磁通量分量与直轴 d 对齐。

[0054] 利用闭环控制系统,在图 9 中显示了一个示例,其中,需要的扭矩 τ 由输入 i_d 值代表,需要的磁通量 λ 由输入 i_q 值代表,这两个值与实际从电动机测量到的值比较。

[0055] 但需要注意的是,在正常情况下,永磁同步电动机一般将 i_d 值设置为 0。

[0056] 如图 9 所示的闭环控制系统 100 利用克拉克和帕克变换(Park and Clarke Transforms),执行对所需扭矩值与测量值的比较,还执行所需的关联电压和电流控制以驱动电动机。

[0057] 克拉克变换 101 利用用于驱动电动机的三相电压 v_a 、 v_b 和 v_c 中的至少两个的测量值来计算在两相正交定子轴 v_α 和 v_β 中的电压。然后帕克变换通过帕克变换 102 执行,以将两个定点坐标定子轴 v_α 和 v_β 转换为二维时不变系统 v_d 和 v_q ,其定义了 d-q 旋转参考系。图 10 显示了定子电压在 d-q 旋转参考系相对于两相正交定子轴 v_α 和 v_β 以及 a、b 和 c 静止参考系的关系。

[0058] 在正常的驱动条件下,由转子磁通量矢量 Ψ_R 定义的转子相位角 θ_r (又称为驱动磁体的转子通量角),以及定子电相角 θ_e 在理想情况下应该与 q- 轴对齐,从而保持转子相位角 θ_r 和定子电相角 θ_e 之间的同步。

[0059] 为了让帕克变换 102 获得一个时不变变换,为帕克变换提供转子相位角 θ_r ,其中转子相位角 θ_r 通过使用转子换向磁体和安装在控制设备 80 上的位置传感器来确定。

[0060] 如上所述,转子的转子相位角 θ_r 通过使用安装在单独的控制设备上的两个传感器(本实施例中为霍尔传感器)来确定。为了实现本实施例的目的,为了提高精确度,每个传感器形成单独的传感器组件的一部分,每个传感器组件具有第二传感器,其中传感器组件的传感器都相距 90° 电角度安装。相应地,为了本实施例的目的,在单独的控制设备上至少安装两个传感器组件。

[0061] 如上所述,虽然只有两个传感器,或者为了本发明实施例的目的为两个传感器组件,需要被安装在定子上大概直径上相对的位置,但是,每个控制设备 80 都可以具有一个传感器或传感器组件。通过将传感器安装在多个控制设备上,其优点在于当一组传感器出现故障时还能够提供冗余保障。

[0062] 虽然本实施例中包含有源传感器,也可以使用其他形式的传感器,例如电感式传感器,该电感式传感器包括与齿环毗邻安装的磁体和线圈。

[0063] 如上所述,随着转子绕定子旋转,所述传感器输出 AC 电压信号,其中,输出的 AC 电压信号的频率与转子的转速成正比。

[0064] 相应的传感器输出的电压信号的相位与换向磁体环通量的相位,即通量角,相对应。为了确定转子相位角 θ_r 从而在帕克变换中使用它,由从传感器输出的电压信号来定义的换向磁体环通量需要校准,以修正每个换向磁体和其关联驱动磁体之间的相对位置的

变化。

[0065] 为了校准换向磁体通量角以作为转子通量角使用,针对所述转子磁体对为两个传感器定义电角度偏移,其中,所述偏移定义了测量的换向磁体的电相角和与其关联的驱动磁体的电相角之间的差值。

[0066] 每个换向传感器具有校准的相位角偏移值,其代表换向磁体通量角和转子通量角之间的平均差值。但是,由于换向磁极对一般不会在机械转动中平均分布,所以如果不进行修正,即使平均误差为 0,也将在计算出的换向通量角和转子通量角之间产生额外的偏移误差,其在大范围上为正弦曲线形状。

[0067] 表 1 显示了经计算的换向通量角与转子通量角之间的偏移误差的正弦性质,该误差来源于换向磁体及其相应的驱动磁体之间不均匀间距,其中,对于 32 对磁体对中的每一对,在两个传感器上都确定了校准偏移。表 1 的最后一列包含在两个传感器上为每对磁体对确定的偏移值的平均值。

[0068]

磁体的位置	误差传感器 1	误差传感器 2	平均误差
1	-3.834228516	3.696899414	-0.068664551
2	-3.751831055	3.757324219	0.002746582
3	-3.235473633	3.641967773	0.20324707
4	-3.131103516	2.625732422	-0.252685547
5	-2.213745117	2.103881836	-0.054931641
6	-1.488647461	2.054443359	0.282897949
7	-0.961303711	0.939331055	-0.010986328
8	-0.708618164	0.340576172	-0.184020996
9	0.565795898	0.010986328	0.288391113
10	0.455932617	-0.131835938	0.16204834
11	0.972290039	-0.417480469	0.277404785
12	1.7578125	-2.63671875	-0.439453125
13	1.90612793	-2.153320313	-0.123596191
14	2.224731445	-2.66418457	-0.219726563
15	2.25769043	-3.169555664	-0.455932617

16	2.246704102	-2.911376953	-0.332336426
17	2.411499023	-2.845458984	-0.21697998

[0069]

磁体的位置	误差传感器 1	误差传感器 2	平均误差
18	2.576293945	-2.587280273	-0.005493164
19	2.653198242	-2.48840332	0.082397461
20	2.598266602	-2.235717773	0.181274414
21	0.933837891	-0.977783203	-0.021972656
22	1.016235352	-0.488891602	0.263671875
23	0.126342773	0.192260742	0.159301758
24	0.082397461	0.181274414	0.131835938
25	-0.670166016	1.334838867	0.332336426
26	-0.895385742	1.939086914	0.521850586
27	-2.070922852	2.905883789	0.417480469
28	-3.153076172	2.83996582	-0.156555176
29	-3.153076172	3.19152832	0.019226074
30	-3.394775391	3.224487305	-0.085144043
31	-3.460693359	3.334350586	-0.063171387
32	-4.290161133	3.13659668	-0.576782227

[0070] 表 1

[0071] 在表 1 中显示的误差值是电角度值,并且是在假设电动机已经校准使得平均误差为 0 的条件下显示的相对于转子磁通量的电角度误差,也就是说已经将平均偏移值应用到了这些数值上。

[0072] 图 11 显示了校准数据的图形化表达,其中, x 轴表示相应的磁体对, y 轴表示通量角偏移值。如图 11 所示,在每个传感器测量到的偏移值对于所述换向磁体对以正弦曲线的方式变化,两个传感器测量的值的相位差异为约 180° 机械角度。在两个传感器之间的异相正弦变化体现了变化偏移误差。

[0073] 但是,由于第二传感器与第一传感器的机械角度距离为 180 度,所以该正弦性质

的换向通量角与转子通量角之间误差与第一传感器感知的误差的符号相反。

[0074] 但是,由于本实施例中只允许在每个传感器上存储一个校准偏移,即对于所有的磁体每个传感器都只有单一偏移值可用,所以在表 1 中列出的每个磁体对的单独的偏移误差值不能用于本实施例来修正变化偏移误差。

[0075] 但是,由于在平均偏移误差基础上变化的与相应传感器关联的两个偏移误差符号相反并且大小基本相同,为了补偿所述变化偏移误差,各个控制设备被设置使用由两个传感器测量到的两个通量角的平均值,这两个传感器被安装在定子上大概直径上相对的位置。由于两个变化偏移误差为正弦性质并且符号相反,通过计算两个测量的通量角的平均值可以在很大程度上抵消该变化偏移误差。

[0076] 表 1 中最后一列提供了对于安装在定子上大概直径上相对位置的两个传感器的变化偏移误差值的平均值,其对应于相位角的平均值,该相位角通过两个在直径上对置的传感器测量得到,其中,换向磁体和驱动磁体之间一般性偏移中的主要偏移值已经被修正。

[0077] 作为对每个传感器的变化偏移误差进行平均的结果,可以发现,虽然来自每个传感器的信号中存在大于 4 度的误差,但是最后没有超过 0.6 度电角度的偏移误差。

[0078] 使用平均转子通量角导出的转子通量角用作转子通量角 θ_r 。

[0079] 使用校准数据(优选的,其保存在电动机中),通过比较来源于测量到的相位角的确定的变化偏移误差和校准数据,能够相对于定子确定转子位置。一旦确定了相对的转子位置,如果有一个传感器失效,可以基于转子位置来应用合适的变化偏移误差修正。

[0080] 在另一个实施例中,可以对多于两个传感器使用变化偏移误差。

[0081] 将二维时不变值 v_d 和 v_q 与所需的扭矩和所需的通量进行比较。然后将经修正的 v_{d*} 和 v_{q*} 值连同源自测量的换向磁体通量角的转子通量角 θ_r ,一起输入到逆帕克变换 103,以获取固定坐标 $v_{\alpha*}$ 和 $v_{\beta*}$ 。固定坐标 v_{α} 和 v_{β} 值输入逆克拉克变换 104,以导出用于驱动电动机所需的三相电压值 V_a 、 V_b 和 V_c 。

[0082] 三相电压值 V_a 、 V_b 和 V_c 向调制单元 105 输入,其使用三相电压值 V_a 、 V_b 和 V_c 来确定调制方案。当推导出调制方案后,利用空间矢量调制(Space Vector Modulation)来确定对逆变器开关的开关顺序,以产生三相 PWM 电压来代表所需的正弦三相电压,从而使用所需的扭矩驱动电动机。

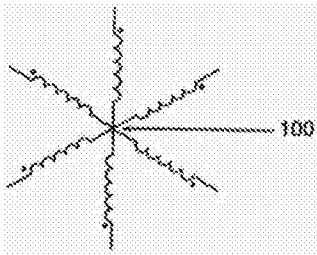


图 1

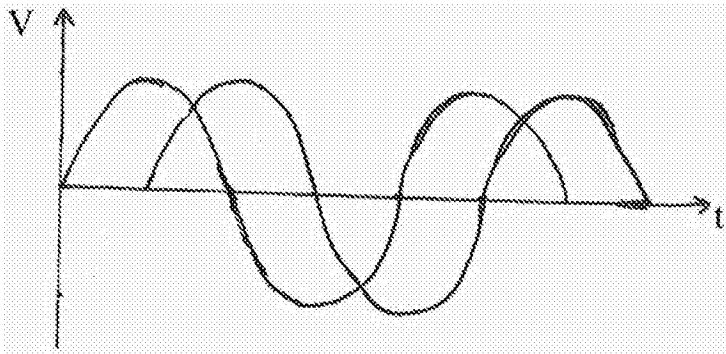


图 2

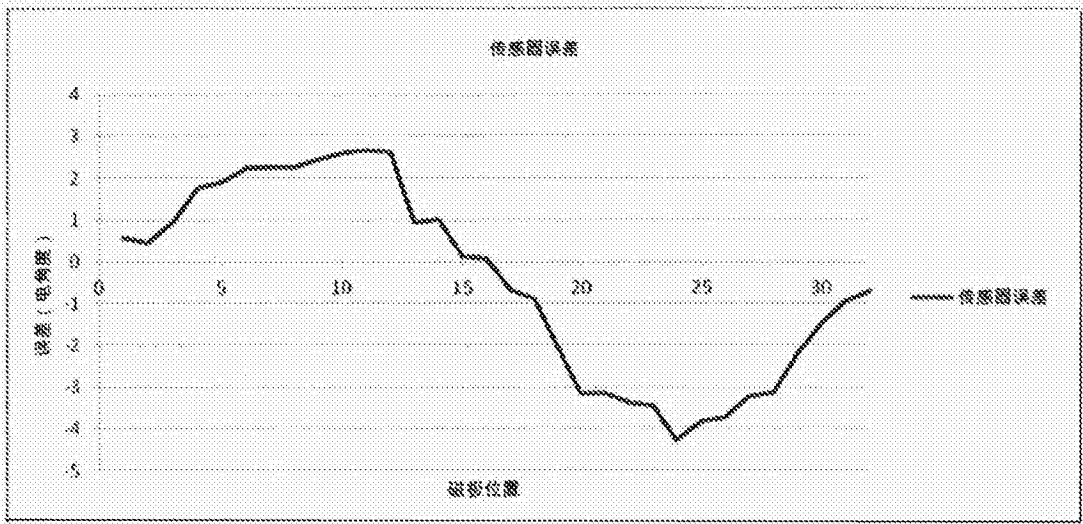


图 3

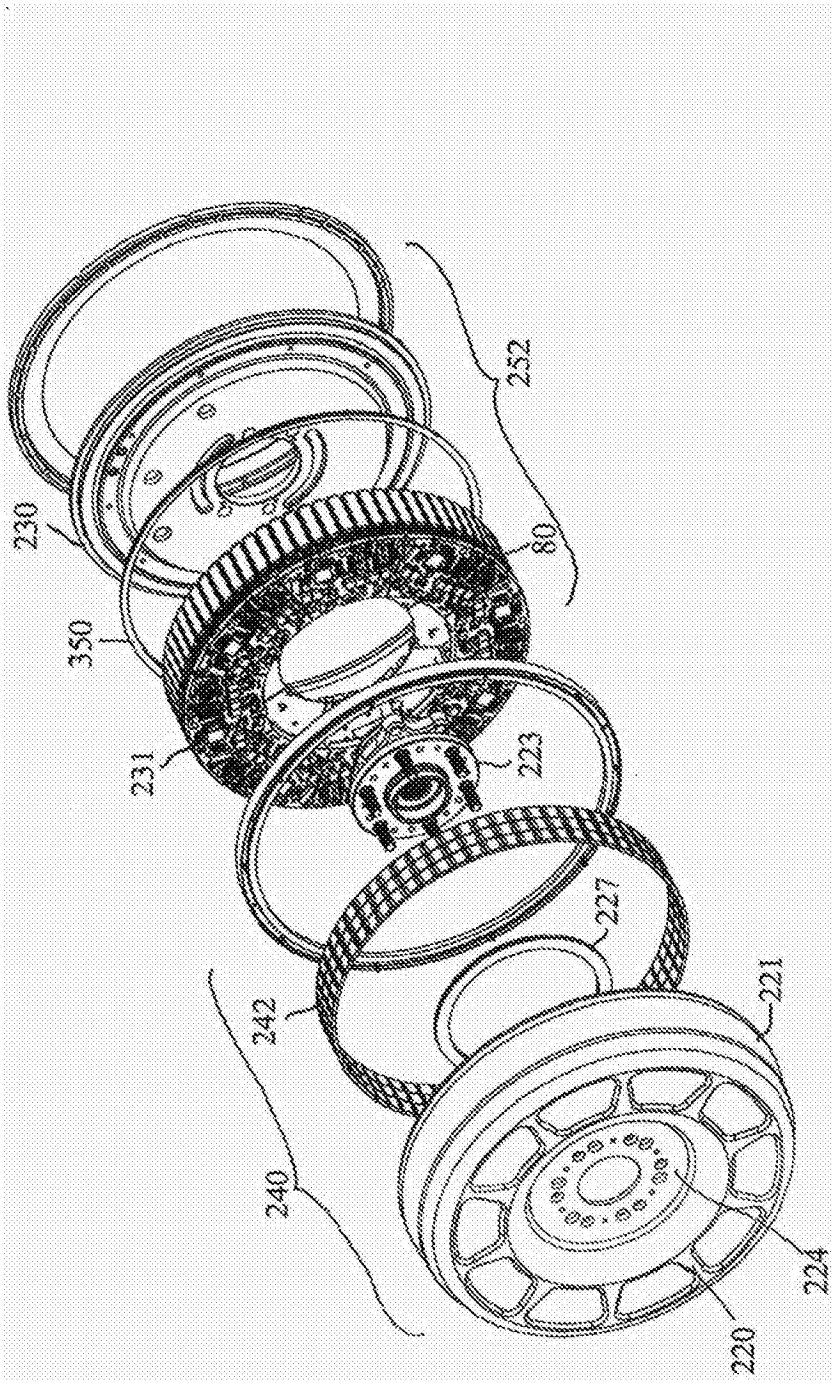


图 4

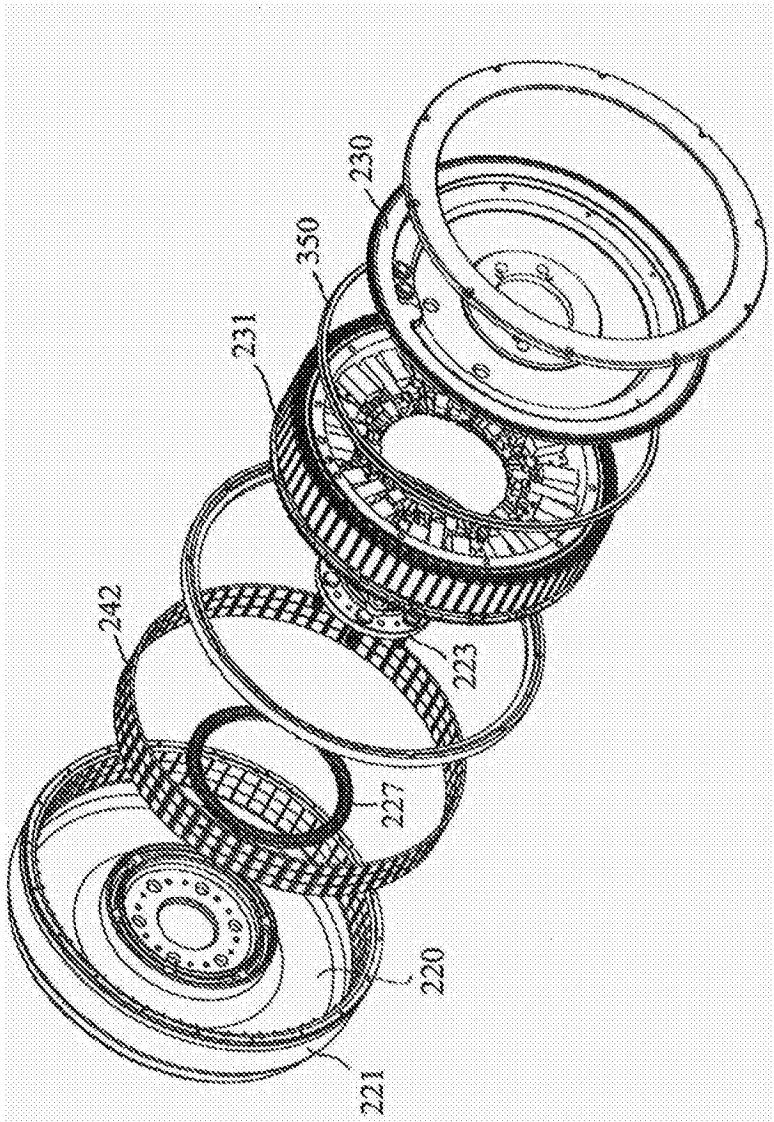


图 5

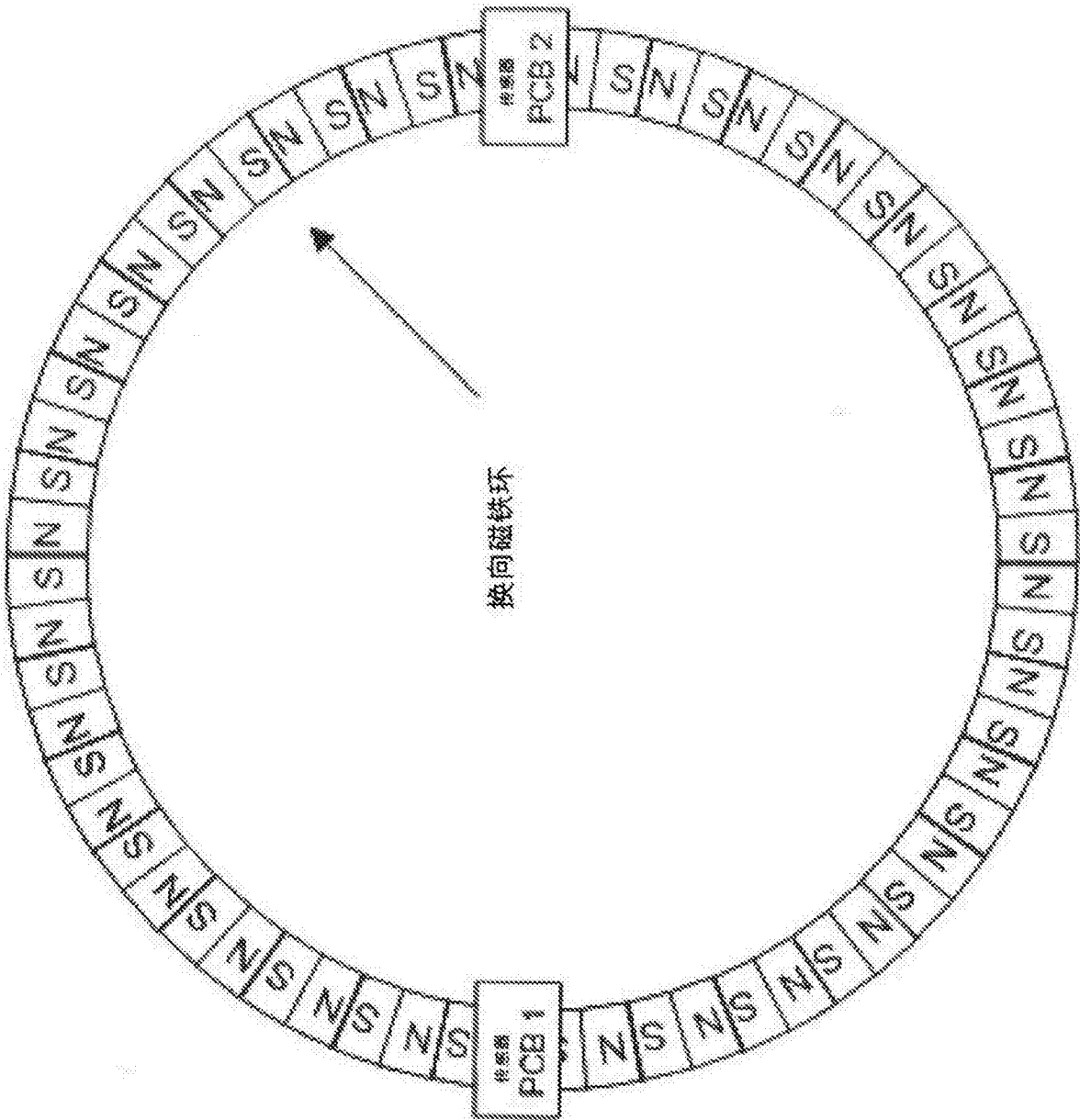


图 6

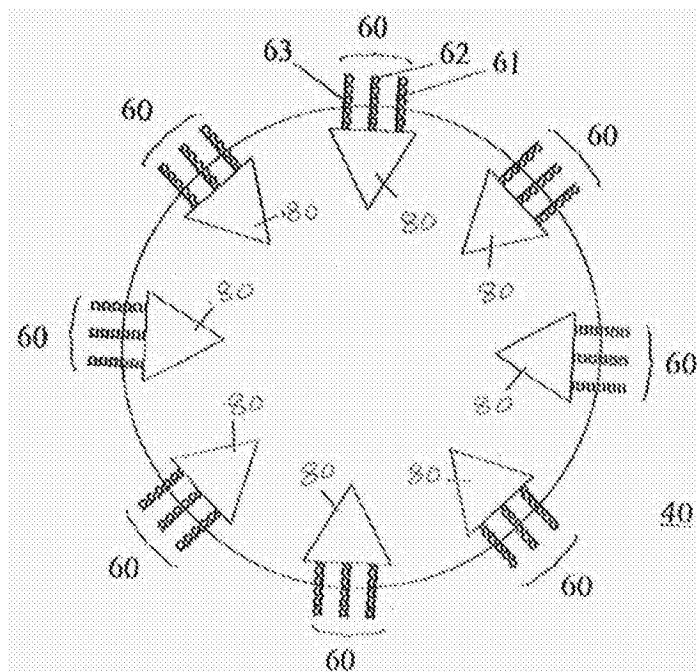


图 7

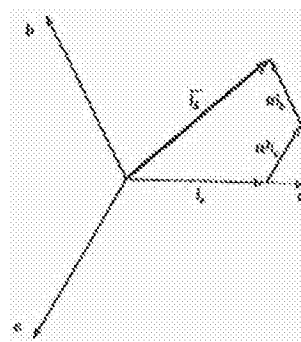


图 8

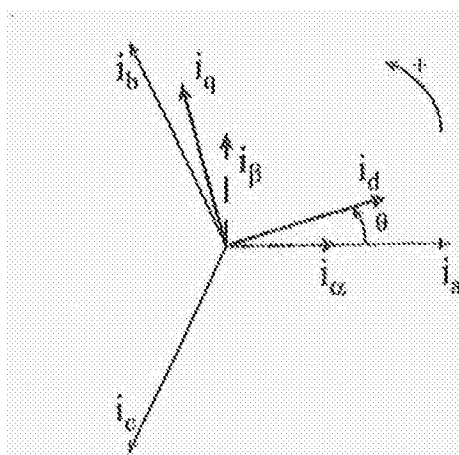


图 10

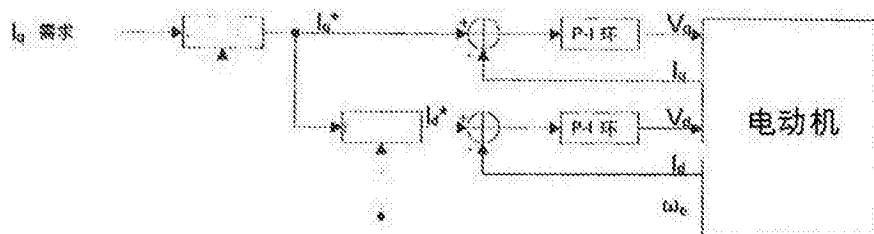


图 9

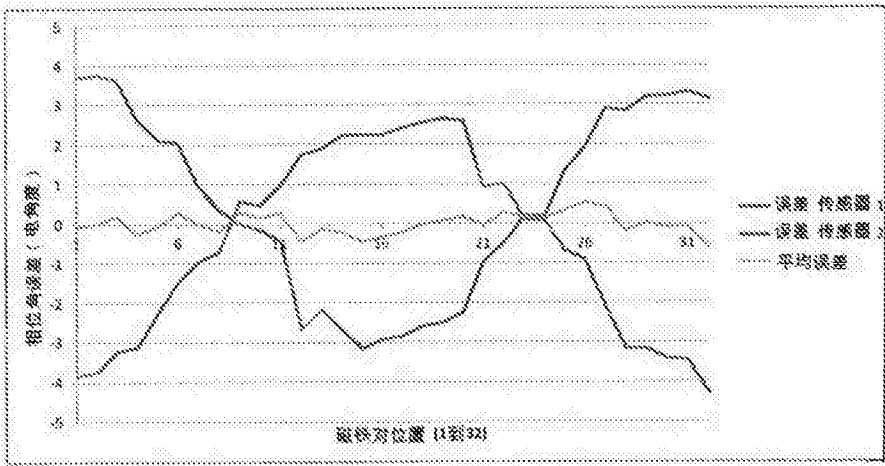


图 11