

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102522865 A

(43) 申请公布日 2012. 06. 27

(21) 申请号 201110402491. 9

(22) 申请日 2011. 12. 07

(71) 申请人 中国科学院光电技术研究所

地址 610209 四川省成都市成都市双流 350
信箱

(72) 发明人 常九健 马文礼 黄金龙

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限责
任公司 11251

代理人 李新华 成金玉

(51) Int. Cl.

H02K 16/00(2006. 01)

H02K 1/27(2006. 01)

H02K 3/28(2006. 01)

H02K 1/12(2006. 01)

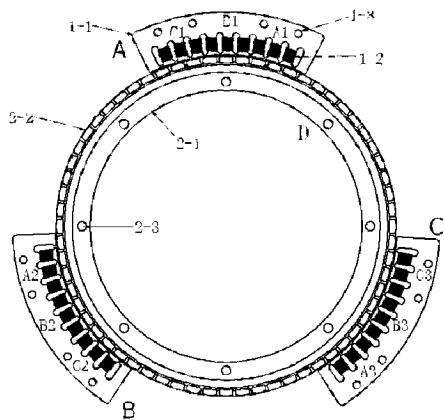
权利要求书 2 页 说明书 3 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电
机

(57) 摘要

一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电
机，为三相交流永磁同步弧形直线电机，它由三块
结构相同的定子和一个转子装配而成；三块定子
在空间按相距 120 度的机械角度排列安装在转子
上；每块定子由含铁心的三相定子绕组构成，三
块定子中的三相定子绕组采用错相位连接构成新
的三相整体绕组 U、V、W，且构成的三相整体绕组
U、V、W 的电阻、电感、互感大小相等，所述三相整
体绕组 U、V、W 采用 Y 型连接。本发明减小由于电
机定子绕组电感不对称造成的力矩波动，同时使
定子之间保持一定的机械角度可以使定子产生的
边端力相互抵消，从而使电机在低速情况下产生
较小的力矩波动，保证电机平稳、高精度运行。



1. 一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述弧形直线电机为三相交流永磁同步弧形直线电机,它由三块结构相同的定子A、B、C和一个转子D装配而成;所述转子D由转子磁轭(2-1)和贴接在转子磁轭(2-1)上的永磁体(2-2)组成;所述三块定子A、B、C在空间按相距120度的机械角度排列安装;每块定子A或B或C由含铁心的三相定子绕组A1、B1、C1或A2、B2、C2或A3、B3、C3构成,所述三块定子中的三相定子绕组A1、B1、C1,A2、B2、C2,A3、B3、C3采用错相位连接构成三相整体绕组U、V、W,即三相定子绕组A1、B2、C3相连接构成U相整体绕组,三相定子绕组B1、C2、A3相连接构成V相整体绕组,三相定子绕组C1、A2、B3相连接构成W相整体绕组,且构成的三相整体绕组U、V、W的电阻、电感、互感大小相等,所述三相整体绕组U、V、W采用Y型连接。

2. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述每块定子A或B或C为11极10槽,所述每块定子A或B或C中的三相定子绕组采用跨相邻槽的方式缠绕,从一端至另一端,即三相定子绕组中的线圈(2-2)分别按A1a1a1A1A1a1B1b1b1B1B1b1C1c1c1C1C1c1

或A2a2a2A2A2a2B2b2b2B2B2b2C2c2c2C2C2c2

或A3a3a3A3A3a3B3b3b3B3B3b3C3c3C3C3c3的方式缠绕,其中A1或A2或A3表示A1或A2或A3相绕组中的线圈绕进,a1或a2或a3表示A1或A2或A3相绕组中的线圈绕出,B1或B2或B3表示B1或B2或B3相绕组中的线圈绕进,b1或b2或b3表示B1或B2或B3相绕组中的线圈绕出,C1或C2或C3表示C1或C2或C3相绕组中的线圈绕进,c1或c2或c3表示C1或C2或C3相绕组中的线圈绕出。

3. 根据权利要求1或2所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述三块定子A或B或C中的三相定子绕组中的相邻线圈节距为5°,即160°电角度,每块定子的每相绕组由相邻的三个线圈串联而成。

4. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述每块定子A或B或C分别通过4个通孔(1-3)固定在安装设备的静止部位上,转子D通过8个定位孔(2-3)固定在安装设备的转动部位上。

5. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述转子D与三块定子之间的最小气隙为1.2mm,误差为±0.01mm,整个弧形直线电机的有效厚度为30mm。

6. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述转子D的外半径为198.8mm,内半径178mm。

7. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述转子磁轭(2-1)采用导磁性良好的45号钢。

8. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述永磁体(2-2)的外形采用弧形设计;永磁体(2-2)的最高高度为8mm,最低高度为6.8mm,永磁体材料为钕铁硼,永磁体(2-2)剩磁达到0.96T,矫顽力达到690KA/m。

9. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所述每块定子由100块厚度为0.5mm的矽钢片压制而成,定子外半径240mm,内半径200mm,中心角为54°,外弧长为226.2mm。

10. 根据权利要求1所述的能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,其特征在于:所

述转子磁轭 (2-1) 上粘接有 32 对永磁体 (2-2)。

一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机

技术领域

[0001] 本发明属于电机设计领域,涉及一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机。

背景技术

[0002] 对于现有的跟踪设备,目前采用的主要也是力矩电机直接驱动的方式。该种传动方式由于没有中间的传动环节,可以获得较高的传动刚度,同时可以减小传动误差。但是对于将要研制的新一代大型跟踪设备(10m以上级),传统的旋转电机已经不能满足其应用需求,这种传动方式就存在着不可规避的缺点,主要是由于设备的尺寸大,转动惯量大,需要的电机的尺寸和输出力矩也相应地增加。因此目前对于这种大型设备提出了弧形直线电机,与普通的旋转电机相比,该种这种弧形直线电机存在一些结构上的缺点,主要包括:(1)由于电机的定子铁心长度为有限长,当电机运行的时候就会在电机的端部形成磁场畸变,这样的磁场畸变磁场就会在定子与动子之间产生以电机极距为周期的力矩波动,该种效应为边端效应。(2)由于旋转电机的定子铁心是闭合的,三相绕组为旋转对称的,这样三相绕组之间的互感是相等的,与旋转电机不同的是,该种电机由于定子铁心长度是有限长的,三相绕组在空间不是对称的,这样就使三相绕组之间的互感大小不相等。这样即使给电机施加三相对称的电压,在电机的绕组中也不能形成三相对称的电流,从而致使绕组中有高次电流谐波的存在,从而使电机产生较大的力矩波动,尤其在电机低速运行的时候会造成较大的力矩波动,影响电机的跟踪性能,难以满足大型低速旋转设备的应用需要。

发明内容

[0003] 本发明的技术解决问题:克服现有技术的不足,提供一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,可以有效减小弧形直线电机由于边端力和三相绕组不对称造成的力矩波动,以实现电机低速、平稳、高精度运行,满足大型低速旋转设备的应用需要。

[0004] 本发明的技术解决方案:一种能够减少力矩波动的多定子弧形直线电机,所述弧形直线电机为三相交流永磁同步弧形直线电机,由三块结构相同的定子A、B、C和一个转子装配而成;所述转子由转子磁轭和粘贴在转子磁轭上的永磁体组成;所述三块定子A、B、C在空间按相距120度的机械角度排列;每块定子A或B或C由含铁心的三相定子绕组A1、B1、C1或A2、B2、C2或A3、B3、C3构成,所述三块定子中的三相定子绕组A1、B1、C1,A2、B2、C2,A3、B3、C3采用错相位连接构成三相整体绕组U、V、W,即三相定子绕组A1、B2、C3相连接构成U相整体绕组,三相定子绕组B1、C2、A3相连接构成V相整体绕组,三相定子绕组C1、A2、B3相连接构成W相整体绕组,且构成的三相整体绕组U、V、W的电阻、电感、互感大小相等,所述三相整体绕组U、V、W采用Y型连接。

[0005] 所述每块定子A或B或C为11极10槽,所述每块定子A或B或C中的三相定子绕组采用跨相邻槽的方式缠绕,从一端至另一端,即三相定子绕组中的线圈分别按A1a1a1A1A1a1B1b1b1B1B1b1C1c1c1C1C1c1

[0006] 或A2a2a2A2A2a2B2b2b2B2B2b2C2c2c2C2C2c2

[0007] 或 A3a3a3A3A3a3B3b3B3b3C3c3C3C3c3 的方式缠绕,其中 A1 或 A2 或 A3 表示 A1 或 A2 或 A3 相绕组中的线圈绕进,a1 或 a2 或 a3 表示 A1 或 A2 或 A3 相绕组中的线圈绕出,B1 或 B2 或 B3 表示 B1 或 B2 或 B3 相绕组中的线圈绕进,b1 或 b2 或 b3 表示 B1 或 B2 或 B3 相绕组中的线圈绕出,C1 或 C2 或 C3 表示 C1 或 C2 或 C3 相绕组中的线圈绕进,c1 或 c2 或 c3 表示 C1 或 C2 或 C3 相绕组中的线圈绕出。

[0008] 所述三块定子 A 或 B 或 C 中的三相定子绕组中的相邻线圈节距为 5° ,即 160° 电角度,每块定子的每相绕组由相邻的三个线圈串联而成。

[0009] 所述每块定子 A 或 B 或 C 分别通过 4 个 $\Phi 9$ 的通孔固定在安装设备的静止部位上,转子通过 8 个 $\Phi 11$ 的定位孔固定在安装设备的转动部位上。

[0010] 所述转子与定子最小气隙为 1.2mm,误差为 $\pm 0.01\text{mm}$,整个装置的有效厚度为 30mm。

[0011] 所述转子 D 的外半径 198.8mm,内半径 178mm,转子磁轭采用导磁性良好的 45 号钢;永磁体的外形采用弧形设计,永磁体的最高高度为 8mm,最低高度为 6.8mm,永磁体材料为钕铁硼,永磁体剩磁达到 0.96T,矫顽力达到 690KA/m。

[0012] 所述每块定子由 100 块厚度为 0.5mm 的矽钢片压制而成,定子外半径 240mm,内半径 200mm,中心角为 54° ,外弧长为 226.2mm。

[0013] 所述转子磁轭上粘接有 32 对永磁体。

[0014] 本发明与现有技术相比的优点在于:

[0015] (1) 传统的弧形直线电机连接方式为,线圈 A1、A2、A3 相连接构成 U 相绕组,线圈 B1、B2、B3 相连接构成 V 相绕组,线圈 C1、C2、C3 相连接构成 W 相绕组。该种连接方式实际上将三块相同的电机串联在一起,由于单块电机的三相绕组不对称,串联在一起的 U、V、W 三相绕组同样不对称。而本发明中采用的错相位连接方式通过将三块不同定子的不同相绕组进行串联组成新的三相绕组,这样减小了由于弧形直线电机定子绕组电感不对称造成的力矩波动;此外采用三块定子,每块定子之间错开 $k_p+1/3p$ (p 为极距)的距离,使定子之间保持一定的机械角度可以使定子产生的边端力相互抵消,从而使电机在低速情况下产生较小的力矩波动,保证电机平稳、高精度运行,满足大型低速旋转设备的应用需要。

[0016] (2) 本发明中弧形直线电机可以分成多块分别进行加工,这样可以减小弧形直线电机的加工难度,节约加工、运输成本。

[0017] (3) 本发明中的每块定子的绕组按 AaaAAaBbbBBbCccCCc 的方式缠绕,可以保证三相绕组空间相位相差 120° ,进一步使定子之间保持一定的机械角度使定子产生的边端力相互抵消,从而可以使电机进一步在低速情况下产生较小的力矩波动。

[0018] (4) 本发明中弧形直线电机为永磁同步电机,与直流电机相比,该种电机具有单位体积出力大、低速性能稳定等优点。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明弧形直线电机的整体结构图;

[0020] 图 2 为本发明弧形直线电机三相定子连接后组成新的绕组的示意图;

[0021] 图 3 为本发明弧形直线电机的单块定子结构图;

[0022] 图 4 为本发明的弧形直线电机的单块永磁体结构图;

- [0023] 图 5 为本发明的弧形直线电机的反电动势；
- [0024] 图 6 为采用普通弧形直线电机进行控制得到的输出力矩图；
- [0025] 图 7 采用本发明进行控制得到的输出力矩图。

具体实施方式

[0026] 如图 1 所示，本发明的弧形直线电机为三相交流永磁同步弧形直线电机，由三块结构相同的定子 A、B、C 和一个转子 D 装配而成。转子 D 由转子磁轭 2-1 和贴接在转子磁轭 2-1 上的 32 对（64 极）永磁体 2-2 组成。三块定子 A、B、C 在空间按相距 120 度的机械角度排列安装，三块定子可以单独进行加工和运输，在使用时再安装在一起。每块定子 A 或 B 或 C 分别通过 4 个 $\Phi 9$ 的通孔 1-3 固定在安装设备的静止部位上，转子 D 通过 8 个 $\Phi 11$ 的定位孔 2-3 固定在安装设备的转动部位上。转子 D 的外半径 198.8mm，内半径 178mm，转子磁轭 2-1 采用导磁性良好的 45 号钢，每块定子由 100 块厚度为 0.5mm 的矽钢片压制而成，定子外半径 240mm，内半径 200mm，中心角为 54°，外弧长为 226.2mm。转子 D 与三块定子之间的最小气隙为 1.2mm，误差为 ± 0.01 mm，整个的弧形直线电机有效厚度为 30mm。

[0027] 每块定子 A 或 B 或 C 由定子铁芯 1-1 和三相定子绕组 A1、B1、C1 或 A2、B2、C2 或 A3、B3、C3 构成，三块定子中的三相定子绕组 A1、B1、C1，A2、B2、C2，A3、B3、C3 采用错相位连接构成新的三相整体绕组 U、V、W，即三相定子绕组 A1、B2、C3 相连接构成 U 相整体绕组，三相定子绕组 B1、C2、A3 相连接构成 V 相整体绕组，三相定子绕组 C1、A2、B3 相连接构成 W 相整体绕组，且构成的三相整体绕组 U、V、W 的电阻、电感、互感大小相等，三相整体绕组 U、V、W 采用 Y 型连接，如图 2 所示。

[0028] 如图 3 所示，每块定子 A 或 B 或 C 为 11 极 10 槽，每块定子 A 或 B 或 C 中的三相定子绕组采用跨相邻槽的方式缠绕，从一端至另一端，即三相定子绕组中的线圈 2-2 分别按 A 1a1a1A1a1B1b1b1B1b1C1c1c1C1C1c1

[0029] 或 A2a2a2A2A2a2B2b2b2B2B2b2C2c2c2C2C2c2

[0030] 或 A3a3a3A3A3a3B3b3B3B3b3C3c3C3C3c3 的方式缠绕，其中 A1 或 A2 或 A3 表示 A1 或 A2 或 A3 相绕组中的线圈绕进，a1 或 a2 或 a3 表示 A1 或 A2 或 A3 相绕组中的线圈绕出，B1 或 B2 或 B3 表示 B1 或 B2 或 B3 相绕组中的线圈绕进，b1 或 b2 或 b3 表示 B1 或 B2 或 B3 相绕组中的线圈绕出，C1 或 C2 或 C3 表示 C1 或 C2 或 C3 相绕组中的线圈绕进，c1 或 c2 或 c3 表示 C1 或 C2 或 C3 相绕组中的线圈绕出。三块定子 A 或 B 或 C 中的三相定子绕组中的相邻线圈节距为 5°，即 160° 电角度，每块定子的每相绕组由相邻的三个线圈串联而成。

[0031] 如图 4 所示，本发明中的永磁体 2-2 最高高度为 8mm，最低高度为 6.8mm，该种永磁体材料为钕铁硼，型号为 XG196/96，该种永磁体剩磁达到 0.96T，矫顽力达到 690KA/m。永磁体的形状对于电机的性能有重要的影响，本发明中永磁体 2-2 的外形采用弧形设计，这样可以使电机的反电动势很好地逼近正弦形，电机实测的反电动势如图 5 所示。

[0032] 图 6 为对普通弧形直线电机进行控制得到的力矩输出曲线，可以看出由于边端力和绕组不对称等因素的影响电机的力矩波动比较大，可以达到 4% 左右。而采用本发明后的力矩输出特性曲线如图 7 所示，可以看出力矩波动降到 1% 以下。从对比的结果中可以看出本发明弧形直线电机及减少力矩波动的方法对于减小电机的低速力矩波动有很明显的效果。

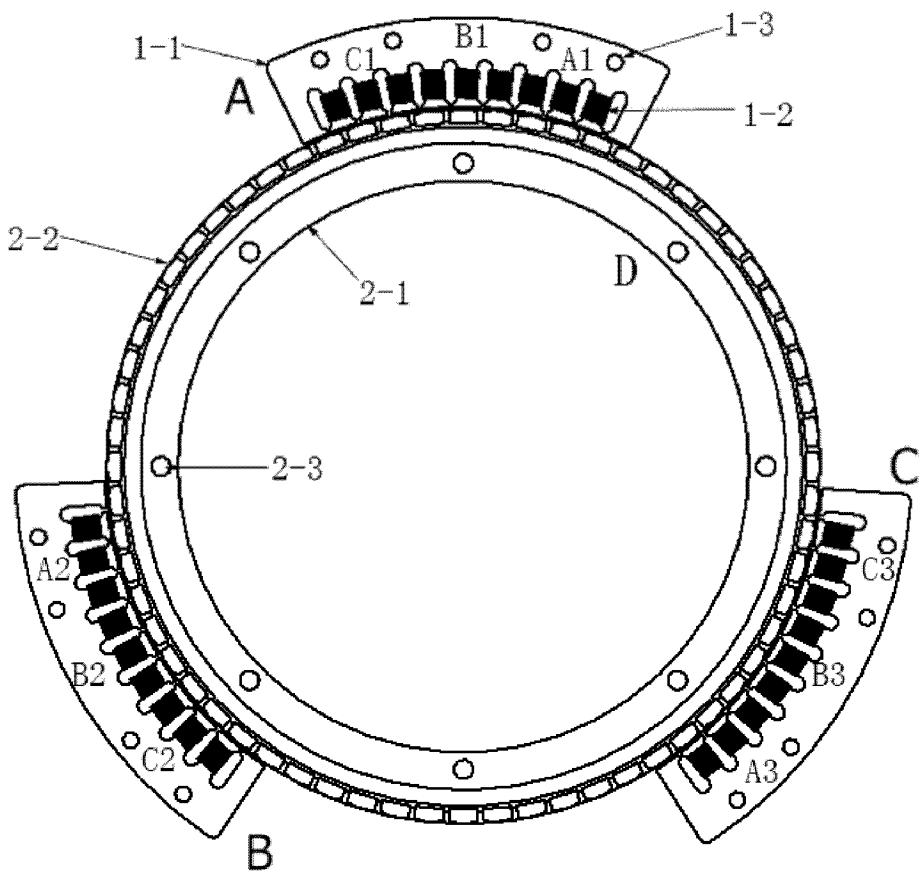


图 1

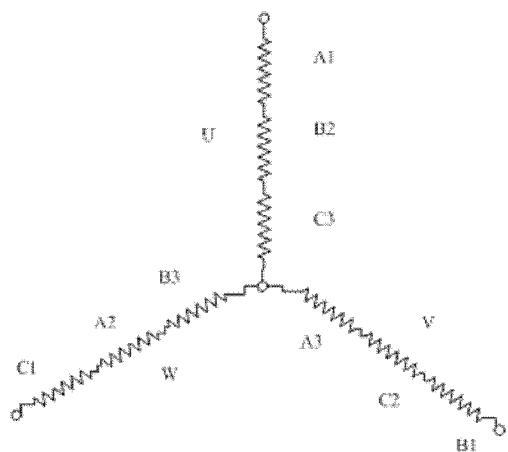


图 2

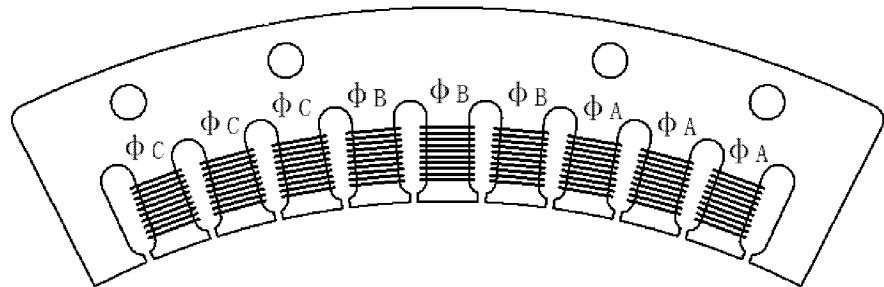


图 3

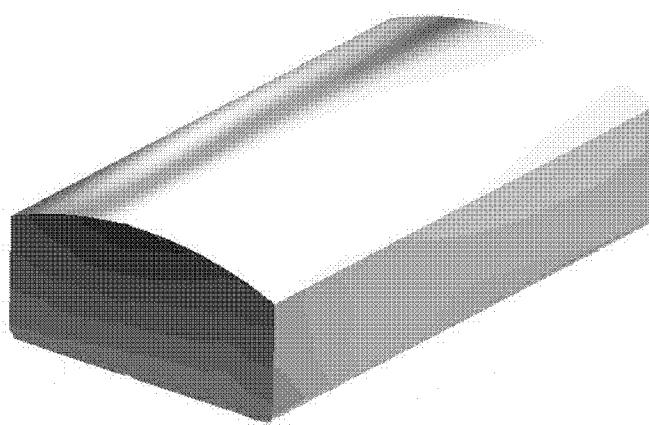


图 4

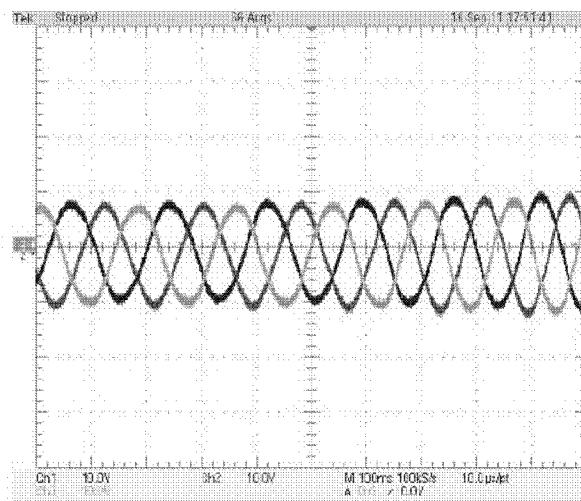


图 5

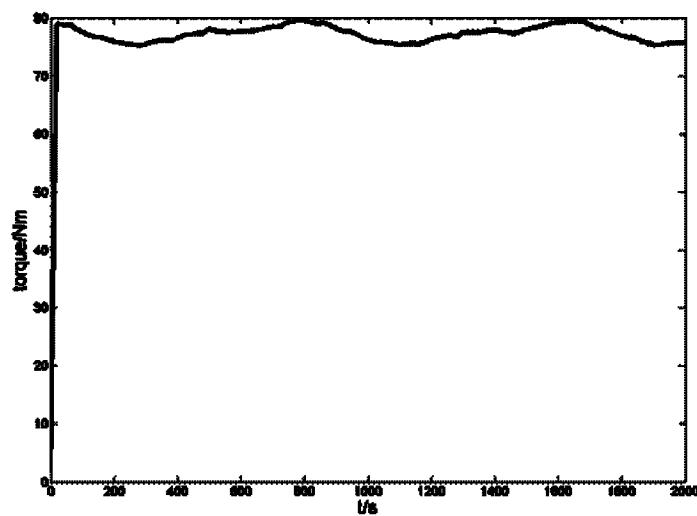


图 6

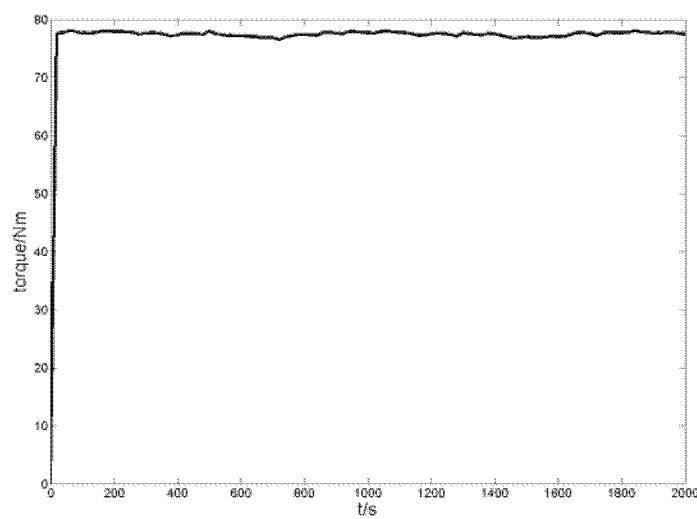


图 7