



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102934357 B

(45)授权公告日 2016.10.05

(21)申请号 201180015057.3

(22)申请日 2011.03.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 102934357 A

(43)申请公布日 2013.02.13

(30)优先权数据
102010003149.6 2010.03.23 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.09.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/054477 2011.03.23

(87)PCT国际申请的公布数据
W02011/117311 DE 2011.09.29

(73)专利权人 大陆汽车有限责任公司
地址 德国汉诺威

(72)发明人 C·冈塞尔曼 M·费尔恩格尔
N·布鲁扬特 L·吉夏尔
M·帕勒特

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247
代理人 郭晓华 杨晓光

(51)Int.Cl.
H02P 6/08(2016.01)
H02P 29/032(2016.01)
B62D 5/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 101401295 A,2009.04.01,
US 6653812 B1,2003.11.25,
JP 2005153570 A,2005.06.16,
审查员 舒红芳

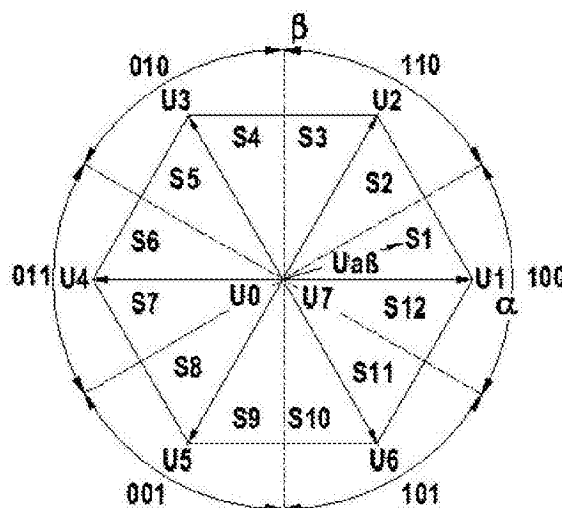
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

用于运行无刷电动机的方法

(57)摘要

本发明涉及用于运行无刷电动机的方法,其绕组由逆变器通过六个开关致动。提供识别单元,用于识别缺陷开关,提供一单元,用于测量逆变器的输出上的电压,提供微控制器,用于控制开关,并用于产生用于绕组的脉宽调制电压供给。短路开关(11,12,13,14,15,16)在电动机(1)中导致与电动机(1)的致动方向相反的转矩。根据本发明的方法因此提出,在检测到短路的开关(11,12,13,14,15,16)被识别出之后,绕组(U、V、W)以这样的方式被通电:产生整体为正的电动机转矩。为此目的,电动机(1)的致动周期被分为多个扇区(S1到S12),其中,根据缺陷开关(例如S16),用于致动绕组(U、V、W)的个体扇区(S1,S2,S11,S12)被解除致动,而其他扇区(S3-S8)用于致动绕组(V、W)。



1. 一种用于运行无刷电动机(1)的方法,无刷电动机(1)的绕组(U、V、W)由逆变器(2)借助六个开关(11,12,13,14,15,16)致动,其中,提供识别单元(A),用于识别缺陷开关(11,12,13,14,15,16);提供一单元(B),用于逆变器(2)的输出(17,18,19)上的电压测量;提供微控制器(C),用于控制开关(11,12,13,14,15,16),以及产生用于绕组(U、V、W)的脉宽调制电源(PWM_U,PWM_V,PWM_W),所述方法的特征在于,在有缺陷地开通的开关(11,12,13,14,15,16)被识别出之后,根据预先定义的脉宽调制电压值(PWM_U,PWM_V,PWM_W)以这样的方式致动绕组(U、V、W):借助非缺陷开关(11,12,14,15)产生抵消负电动机力矩(M_{brake})的支撑电动机力矩(M_{add}),以便产生平均为正的电动机力矩,

无刷电动机(1)的致动周期被细分为多个扇区(S1到S12),其中,取决于缺陷开关(例如16),用于致动绕组(U、V、W)的个体扇区(S1,S2,S11,S12)被解除致动,而根据规定的电压值将其他的扇区(S3-S10)用于致动绕组(V,W)。

2. 根据权利要求1所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于,致动周期被细分为十二个扇区(S1到S12),其中,各个扇区(S1-S12)对应于30°。

3. 根据权利要求1或2所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于,绕组(V、W)在这些扇区(S3-S10)中被致动:其中,有缺陷地开通的开关(例如16)在正常模式下也被闭合。

4. 根据权利要求1或2所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于,抵消缺陷开关(16)的效应的电压值(PWM_V,PWM_W)在用于致动的扇区(S3-S10)中被施加到绕组(V,W)。

5. 根据权利要求1或2所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于,开关(11,12,13,14,15,16)被组合为开关对(11,14;12,15;13,16),并且,在开关对(11,14;12,15;13,16)的开关(11,12,13,14,15,16)有缺陷地开通时,开关对(11,14;12,15;13,16)不再被致动。

6. 根据权利要求1或2所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于下面的步骤:

- a. 识别缺陷开关(11,12,13,14,15,16);
- b. 分析缺陷开关(16)被有缺陷地开通还是关断;以及
- c. 逐扇区地致动绕组(U,V,W)。

7. 根据权利要求6所述的用于运行无刷电动机(1)的方法,其特征在于,一旦存在安全的外部状态,或在先前规定的时间段后,无刷电动机(1)被关闭。

用于运行无刷电动机的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于运行无刷电动机的方法,其绕组由逆变器借助六个开关致动,其中,识别单元被提供,用于识别缺陷开关,一单元被提供,用于逆变器输出上的电压测量,微控制器被提供,用于控制开关以及用于产生用于绕组的脉宽调制电源。

背景技术

[0002] DE 10 2010 000 852 A1公开了一种用于定位缺陷开关以及用于确定缺陷性质的方法。先前已知的方法检测缺陷开关是否被有缺陷地开通或关断。

[0003] 用于致动无刷电动机的逆变器一般包含六个开关。在缺陷后,各个开关可具有基本上两种不同的特性:关断,也就是说阻塞在断开的开关位置;或者,开通,也就是说阻塞在闭合的开关位置。有缺陷地开通的开关一般也称为短路。有缺陷地开通的开关导致电动机中与电动机运行方向相反的转矩。特别是在安全相关(safety-relevant)应用中,重要的是继续以应急模式运行电动机。

发明内容

[0004] 因此,本发明要解决的问题在于提供一种用于运行无刷电动机的方法,其中,缺陷开关的效应至少部分地得到补偿。

[0005] 此问题通过具有权利要求1的特征的方法来解决。在这一实施形态中提供:在有缺陷地开通的开关已经被识别之后,绕组以产生平均为正的电动机力矩的方式被致动。

[0006] 根据按照本发明的方法的发展,电动机的致动周期被细分为多个扇区,其中,取决于缺陷开关,用于致动绕组的个体扇区被解除致动,同时,其他的扇区用于致动绕组。在特定实施例中,致动周期被细分为十二个扇区,其中,各个扇区对应于 30° 。

[0007] 进一步有利的发展提供,绕组在这些扇区中被致动:其中,故障地开通的开关在正常模式中也闭合。

[0008] 另外,提供了:抵消缺陷开关的效应的电压值在扇区中被施加到绕组,其用于致动。

[0009] 开关被组合为开关对,并且规定,在开关对的开关被有缺陷地开通时,开关对不再被致动。

[0010] 根据本方法提供下面的方法步骤,通过下面的方法步骤:

[0011] ● 识别缺陷开关;

[0012] ● 分析缺陷开关被缺陷地开通还是关断;以及

[0013] ● 逐扇区地(sector-by-sector)致动绕组。

[0014] 电动机在先前定义的时间周期后关闭,或者一旦存在安全的外部状态时关闭。

附图说明

[0015] 下面结合附图参照一示例性实施例更为详细地阐释本发明,在附图中:

- [0016] 图1示出了在其上能够实现根据本发明的方法的逆变器和无刷电动机绕组的原理概略图；
- [0017] 图2示出了用于阐明(clarify)有缺陷地开通的开关的效应的测量值的图表；
- [0018] 图3示出了电动机的致动周期的原理图；
- [0019] 图4示出了将本方法考虑在内的与图2对应的图表；
- [0020] 图5a、b示出了使用本方法的机电转向系统的转向力矩和转向轮角度的图示；
- [0021] 图6a、b示出了在另一转向操纵(maneuver)时的与图5a、b对应的图表。

具体实施方式

[0022] 图1原理性地示出了机电转向装置的无刷电动机1,该电动机的绕组U、V、W由逆变器2致动。为此目的,逆变器2具有六个开关11、12、13、14、15、16,其中,图1中的上开关11、12、13与正电源电压相关联,图1中的下开关14、15、16与负电源电压相关联。举例而言,开关11、14因此向绕组V供给合适的电源电压。绕组U、V、W借助由微控制器C预先定义的脉宽调制电压值 PWM_u 、 PWM_v 、 PWM_w 来致动。如同样可从图1看到的那样,在与正电源电压相关联的开关11、12、13和与负电源电压相关联的开关14、15、16之间存在分接点17、18、19,在该分接点上,绕组U、V、W的电压被分接出,并供到用于电压测量的单元B。来自用于电压测量的单元B的测量结果被供到微控制器C,其在一方面控制开关11、12、13、14、15、16,在另一方面评估由电压测量单元B产生的信息。另外,提供识别单元A,用于识别缺陷开关11、12、13、14、15、16。识别单元A所产生的信息类似地被供到微控制器C,用于评估。

[0023] 在一实施例中,实际上,开关11、12、13、14、15、16由半导体开关构成,更为精确的是,由晶体管或MOSFET构成。实际上,识别单元A被形成为桥驱动器,在被形成为晶体管的开关11、12、13、14、15、16上施加电压,并检查晶体管的开关位置是否改变。实际上,用于分接点17、18、19上的电压测量的单元B被形成为分压器,并确定脉宽调制电压的占空比。在这种情况下,占空比与脉冲持续时间和周期持续时间的商(quotient)对应。

[0024] 各个开关11、12、13、14、15、16可具有基本上两种不同的缺陷类型。也就是说,在缺陷后,其原则上处于下面介绍的两种状态中的一种:有缺陷地关断,也就是说,阻塞在断开的开关位置;或者,有缺陷地开通,也就是说,阻塞在闭合的开关位置。有缺陷地开通的开关11、12、13、14、15、16一般也称为短路。由于有缺陷地开通的开关11、12、13、14、15、16对于操作机电转向装置实质上是危险的,在下文中假设这种故障事件。在当前示例性实施例中,根据图1,开关16——其与绕组U相关联——被示为有缺陷地开通。

[0025] 特别是在安全相关的应用中,例如在机电转向装置中,重要的是非常迅速地作出反应,以便将电动机1转移到应急模式中。有缺陷地开通的开关的故障事件导致增大的转向力矩,因为车辆操作者在故障情况下以发电机模式移动电动机1,在这样做时,感生出直接抵消转向轮上的转向运动的电流。此力矩——其与车辆操作者的旋转方向相反——在下文中被称为制动力矩。借助逆变器2中的短路,依赖于旋转速度的制动力矩在永磁激励同步电机(permanently excited synchronous machine)中产生。借助有缺陷地开通的开关16以及开关14、15的体二极管,经由电动机绕组U、V、W,通过感应发生电力连接。

[0026] 图2示出了测量值的图表,其在具有有缺陷地开通的开关16的电动机1中被记录。正弦曲线表示旋转的电动机1的不同电动机相。一个致动周期是 2π 或 360° 。图2的图表的下

部示出了在三个电动机绕组U、V、W中的感应电流 $I_{induced}$ 。上半部示出了电动机1的转矩 M_{motor} 。感应电流 $I_{induced}$ 使得电动机转矩 M_{motor} 在大约 180° 的角度范围中达到值 M_{brake} 。同时,还可看到,不感应电流的角度范围内的电动机力矩 M_{motor} 不会下降到 $0Nm$,相反,其保持剩余水平 $M_{friction}$ 。感应电流 $I_{induced}$ 仅仅在大约 180° 的受限的角度范围内流动。在其余的角度范围内,电动机1被断电,没有扰动制动力矩作用。

[0027] 即使电动机1的致动停止,在机电转向装置的情况下问题仍未解决:借助转向轮的旋转,车辆操作者将会不断感应新的电流 $I_{induced}$,其抵消他对转向轮的旋转。因此,关断电动机1的致动是不利的。然而,当这种故障发生时,电动机1在正常模式下的连续致动能产生极高的电动机电流,其能导致系统进一步破坏的情况。因此,必须避免正常模式下的连续致动,无论有缺陷地开通的开关16如何。

[0028] 从现有技术中可以获知为了移除由于阻塞在开通状态的开关16引起的短路,在有缺陷地开通的开关16的情况下断开安全开关的解决方案。例如,这种安全开关被布置在绕组U、V、W的星形点(star point)3上,并且也称为星形点继电器。通过断开安全开关,车辆操作者的部分上的增大的转向作用得到减小。然而,车辆操作者仍没有接收来自电动机1的任何转向辅助。

[0029] 形成对比的是,这里介绍的方法提供:免于星形点3的断开,并且,电动机1继续以应急模式运行。为此目的而规定:在有缺陷地开通的开关16被识别后,绕组U、V、W以这样的方式被致动:产生平均为正的电动机力矩。为此,如图3所示,将电动机1的致动周期细分为各自为 30° 的十二个扇区S1到S12。取决于开关11、12、13、14、15、16的哪一个被有缺陷地开通,解除致动个体扇区,同时,其余扇区用于致动绕组U、V、W。在这里介绍的情况下,绕组U的下开关16被有缺陷地开通,用于致动绕组U、V、W的四个扇区S1、S2、S11、S12被解除致动,而其他八个扇区S3-S10用于致动绕组U、V、W。不活动(passive)的扇区S1、S2、S11、S12不用于致动,因为在这些扇区中致动绕组U、V、W将进一步增大与电动机1的期望操作方向相反地作用的制动力矩的制动效应。原则上,故障开关也将开通——也就是说,闭合——的这些扇区在电动机1的正常模式中是活动(active)的。在这里介绍的示例性实施例中,它们是左半平面内的扇区S3-S10。这可从标记010、011、001的开头的零看出,其中,第一个数字代表绕组U,0意味着下开关16开通,也就是说,闭合。另外,各自直接邻近的两个扇区S10和S3用于致动绕组。

[0030] 原则上,具有故障的开关对的两个开关13、16不再被致动。根据先前定义的方案在八个活动扇区S3-S10中致动开关对11,14;12,15的其余四个开关11、12、14、15。致动方案依赖于电动机1的旋转方向。在这种情况下,致动方案可依赖于系统的运行状态而变化,例如,依赖于车辆速度、转向轮角度、车辆驱动电动机的旋转速度、车载电源电压。在活动扇区S3-S10内,经由逆变器2的开关,规定的电压值被施加在绕组V、W上。

[0031] 图4示出了绕组U、V、W的这种逐扇区致动的效果。再一次地,正弦曲线显示出电动机旋转。负电动机力矩 M_{brake} 被通过在活动扇区S3-S10中的致动获得的、附加的支撑电动机力矩 M_{add} 补偿,达到电动机力矩 M_{motor} 整体为正的程。阐释起见,注意,图4的图表中所示的正平均电动机力矩 M_{motor} 在这种情况下用负值表示。一旦机动车转换到安全状态,电动机1被解除致动。

[0032] 参照图5a、b和图6a、b,将所介绍的方法与现有技术的断开星形点3的解决方案相

比较。图5a、6a示出了在各自的情况下的转向轮角度,其被车辆操作者施加到转向轮,图5b、6b示出了转向力矩。在所有附图中,时间在X轴上表示。虚线代表当星形点3断开时的转向轮角度或转向力矩,连续线代表代表根据上面介绍的方法的相同的值。作为故障,绕组U的下开关16又一次被假设为有缺陷地开通。

[0033] 图5a、b所示的转向操纵对应于车辆速度为10km/h、半径为20m的圆形轨道上的转向。从图5a可以看出,在两种情况下,车辆操作者在圆形轨道上以大约相同的速度转向。图5b示出了车辆操作者在转向轮上经受的转向力矩。这里,虚线为在断开星形点3的情况下的转向力矩。可以清楚地看出,连续线代表的、根据这里介绍的方法实现的转向力矩受到来自电动机1的显著支撑。无论内部制动力矩如何,借助所介绍的控制实现了正的电动机力矩。

[0034] 图6a、b示出了在机动车绕桩(slalom)运动情况下的转向轮角度和转向力矩。由图6a可以看出,在这种绕桩运动期间,车辆操作者向左旋转转向轮大约100度,向右大约100度。当星形点断开时的转向力矩在图6b中用虚线(红色)示出,其比在这里介绍的方法的情况下车辆操作者经受的转向力矩更为规则。两个转向力矩在大小上大致相等。在预先定义的时间段之后,或者,一旦存在安全的外部状态,电动机1关闭。

[0035] 由图5a、b和6a、b可见,可以免除星形点3上的继电器,有缺陷地开通开关的故障能纯粹用致动措施来补偿。这意味着可以免除例如星形点继电器的电子部件。

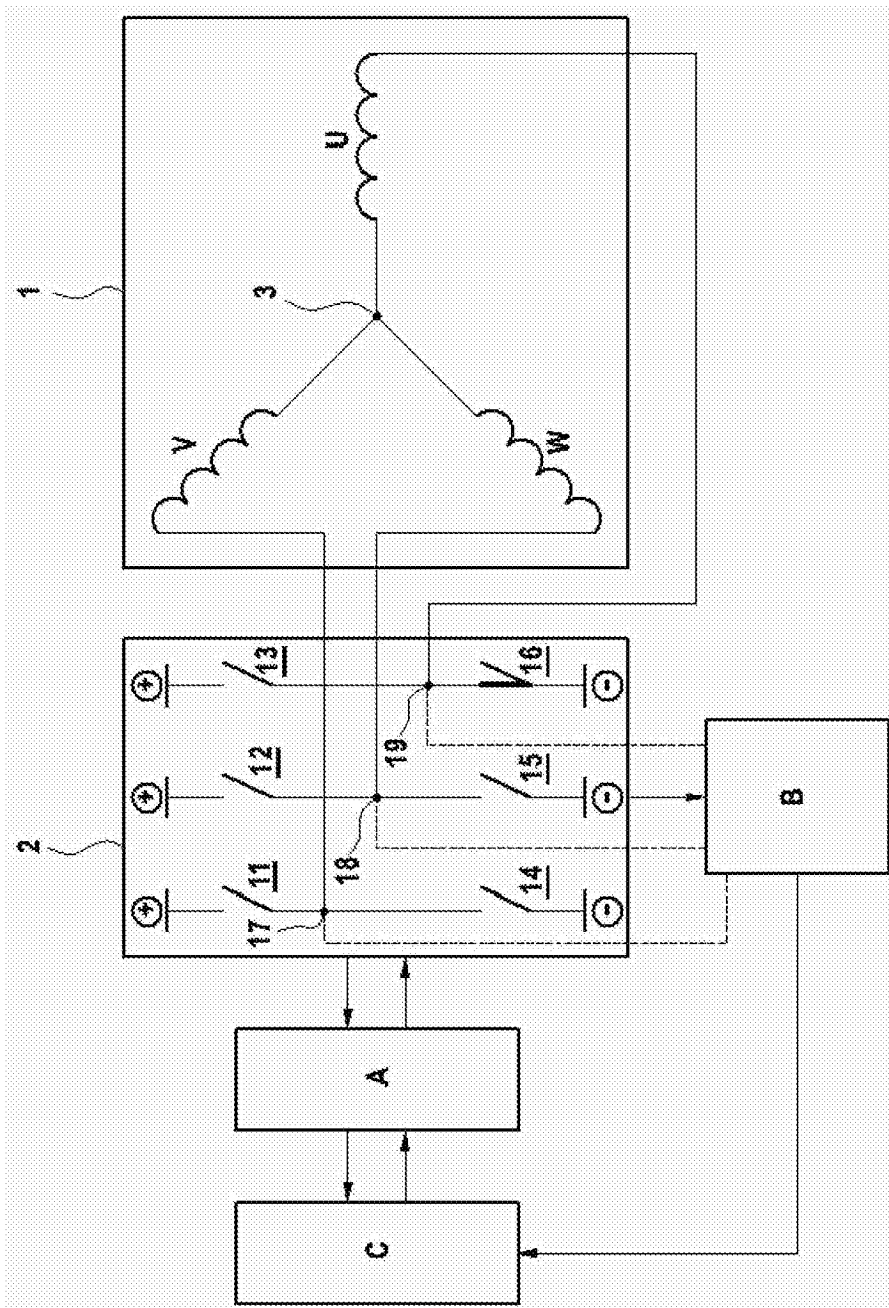


图1

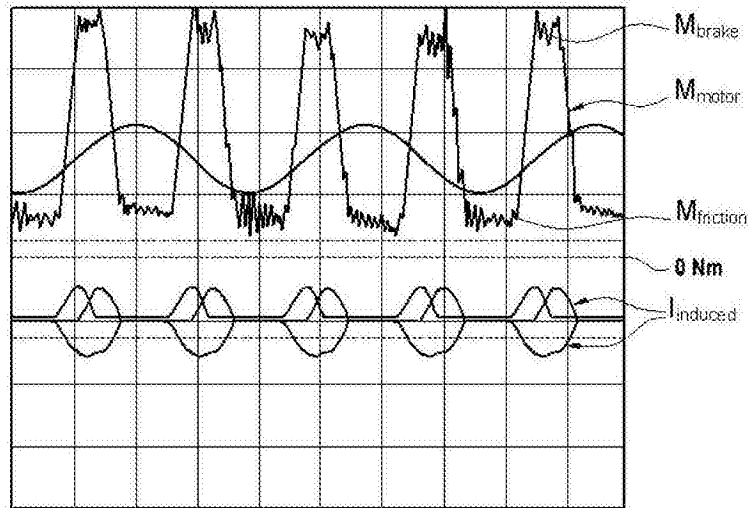


图2

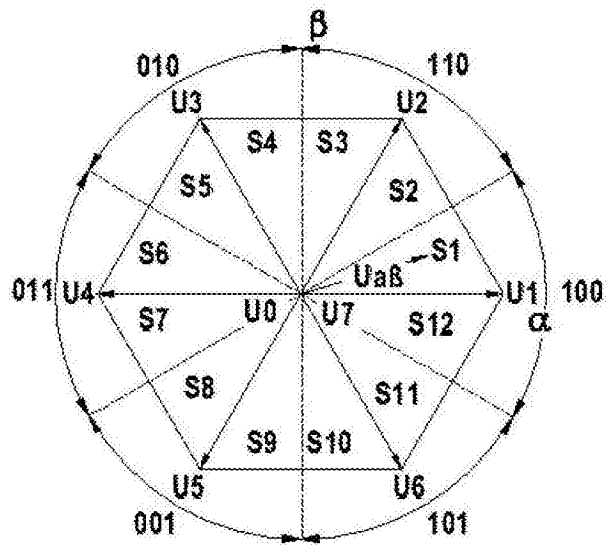


图3

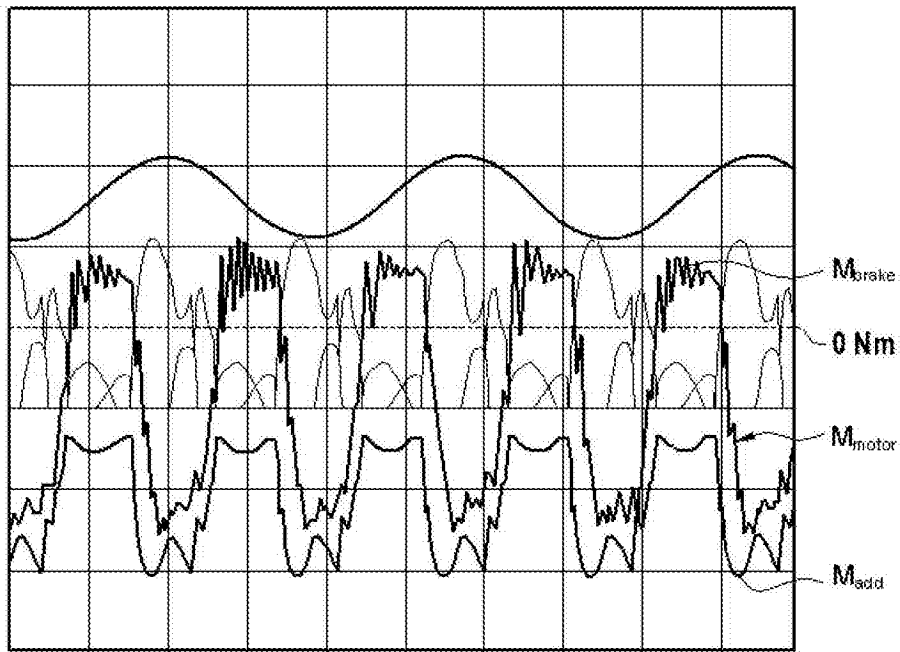


图4

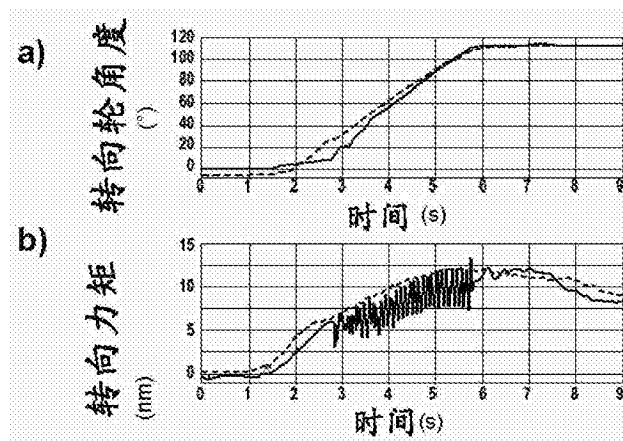


图5

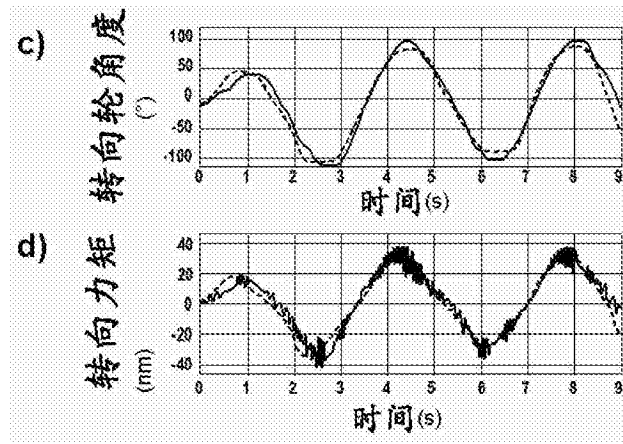


图6