



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103608241 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201280025895.3

(22)申请日 2012.05.23

(30)优先权数据

102011076510.7 2011.05.26 DE

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.11.26

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/059592 2012.05.23

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/160090 DE 2012.11.29

(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 M·费尔恩格尔 C·海尔

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 吴鹏 马江立

(51)Int.Cl.

B62D 5/04(2006.01)

H02P 29/02(2016.01)

H02P 6/24(2006.01)

(56)对比文件

CN 103548254 A,2014.01.29,

JP 2007-186195 A,2007.07.26,

US 2007/0169986 A1,2007.07.26,

CN 101883708 A,2010.11.10,

审查员 丁培丽

权利要求书2页 说明书5页 附图5页

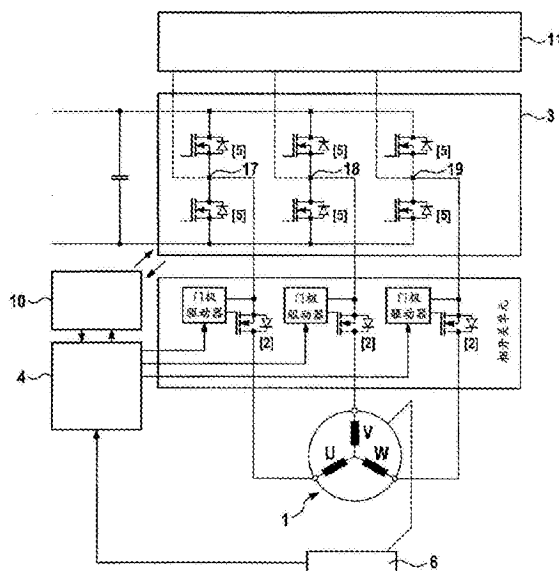
(54)发明名称

用于运行无刷电机的方法和装置

(57)摘要

本发明涉及一种用于运行无刷电机的方法，该无刷电机的绕组由逆变器借助于六个开关控制，其中该逆变器具有三个对应于电机各绕组的输出端，在逆变器的输出端与绕组之间各设有一功率半导体开关，设有用于对有故障的开关进行识别的识别单元、用于在逆变器的输出端上进行电压测量的单元以及用于确定出电机角度位置的电机角度位置传感器。此外本发明涉及一种用于运行无刷电机的装置。为了不损坏功率半导体开关而设计为，在识别到有故障的开关(5)之后通过以下方式关断逆变器(3)，使得不再有进一步的功率引入到电机(1)的绕组(U、V、W)中，并且电机角度位置传感器(6)依次在预先确定的电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)上断开功率半导体开关(2)。电机角度位置传感器(6)位于功率路径之外并且也可以在逆变器(3)中在开关(5)有故障的情况下可靠地断开功率半导体开关

(2)。



1. 一种用于运行无刷电机(1)的方法,所述无刷电机的绕组(U、V、W)由逆变器(3)借助于六个开关(5)控制,其中所述逆变器(3)具有三个对应于电机(1)各绕组(U、V、W)的输出端(17、18、19),在所述逆变器(3)的输出端(17、18、19)与绕组(U、V、W)之间各设有一功率半导体开关(2),设有用于对有故障的开关(5)进行识别的识别单元(10)、用于在所述逆变器(3)的输出端(17、18、19)上进行电压测量的单元(11)以及用于确定出电机角度位置(φ)的电机角度位置传感器(6),其特征在于,在识别到有故障的开关(5)之后通过以下方式关断所述逆变器(3),使得不再有进一步的功率引入到所述电机(1)的绕组(U、V、W)中,并且所述电机角度位置传感器(6)依次在预先确定的电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)上断开各功率半导体开关(2)。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)分别对应于绕组(U、V、W)及其功率半导体开关(2)并且如此选择,使得对应的功率半导体开关(2)在断开时不被损坏。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,如此选择电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$),使得在功率半导体开关(2)上的漏极电流(I_D)是零。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,如此选择电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$),使得在功率半导体开关(2)上的漏极电流(I_D)是负的。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)与有故障的开关(5)的位置无关并且仅仅与电机(1)的旋转方向有关地确定。

6. 一种用于运行无刷电机(1)的装置,所述无刷电机的绕组(U、V、W)由逆变器(3)借助于六个开关(5)控制,其中所述逆变器(3)具有三个分别对应于电机(1)各绕组(U、V、W)的输出端(17、18、19),在所述逆变器(3)的输出端(17、18、19)与所述绕组(U、V、W)之间各设有一功率半导体开关(2),设有用于对有故障的开关(5)进行识别的识别单元(10)、用于在所述逆变器(3)的输出端(17、18、19)上进行电压测量的单元(11)以及用于确定出电机角度位置(φ)的电机角度位置传感器(6),其特征在于,在识别到有故障的开关(5)之后由微控制器(4)通过以下方式关断所述逆变器(3),使得不再有进一步的功率引入到所述电机(1)的绕组(U、V、W)中,并且所述电机角度位置传感器(6)设置用于,依次在预先确定的电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)上断开各功率半导体开关(2)。

7. 根据权利要求6所述的装置,其特征在于,所述电机角度位置传感器(6)设置用于,使得电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$)分别对应于绕组(U、V、W)及其功率半导体开关(2)并且如此选择,使得对应的功率半导体开关(2)在断开时不被损坏。

8. 根据权利要求6或7所述的装置,其特征在于,所述电机角度位置传感器(6)设置用于,如此选择电机角度位置($\varphi_U, \varphi_V, \varphi_W$),使得在功率半导体开关(2)上的漏极电流(I_D)是零或是负的。

9. 根据权利要求6或7所述的装置,其特征在于,所述功率半导体开关(2)设计为功率金属氧化物半导体场效应管。

10. 根据权利要求6或7所述的装置,其特征在于,用于对有故障的开关(5)进行识别的

识别单元(10)和用于在逆变器(3)的输出端(17、18、19)上进行电压测量的单元(11)被集成到所述微控制器(4)中。

用于运行无刷电机的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于运行无刷电机的方法,该无刷电机的绕组由逆变器借助于六个开关控制,其中逆变器具有三个对应于电机各绕组的输出端,在逆变器的输出端与绕组之间各设有一功率半导体开关,设有用于对有故障的开关进行识别的识别单元、用于在逆变器的输出端上进行电压测量的单元以及用于确定出电机角度位置的电机角度位置传感器。此外本发明涉及一种用于运行无刷电机的装置。

背景技术

[0002] 用于控制无刷电机的逆变器通常由六个开关组成。每个开关可以在发生故障之后原则上具有两种不同特征:不导通,亦即在断开的开关位置上被卡死/失灵;或者导通,亦即在闭合的开关位置上被卡死。一个导通的有故障的开关也俗称为短路。特别是在与安全相关的应用中重要的是,非常快速地在紧急运行中继续运行或立刻断开电机。

[0003] 功率半导体开关的应用相对于机械继电器所具有的缺点在于,在关断电感负载时根据负载电流的水平和负载的电感会释放这样大小的能量,使得功率半导体开关在关断瞬间被破坏并且由此不再能完成其任务。特征是在无刷电机应用中在安全性很重要的应用——其中在用于保护功能的功率路径中需要关断电机——时必须避免功率半导体开关被损坏。一种安全性很重要的应用是无刷电机在机动车机电式转向系中的应用。

[0004] 对于这样的应用——其中在负载电路中的感应能量超过功率半导体开关的允许的吸收能力——已知的是,取而代之地应用机械继电器,其相对于当今市场上常见的功率半导体开关与结构类型相关地具有显著更高的吸收能力。机械继电器虽然能承受关断能量——其在接通电感负载时在电流作用下必然出现——并且可以因此随时被操作。但是其作为机械系统具有非常大的可用性问题。另一种可能性在于,将在关断时出现的能量转移到能阱/能源吸收汇(Energiesenke)——例如去除功率半导体开关的负载的抑制二极管中。

发明内容

[0005] 因此本发明的目的在于,实现一种方法和一种装置,其中可靠地避免在关断电感负载时功率半导体开关被损坏。

[0006] 该目的通过独立权利要求的特征来实现。在此,在识别到有故障的开关之后通过以下方式关断逆变器,使得不再有进一步的功率引入到电机的绕组中,并且电机角度位置传感器依次在预先确定的电机角度位置上断开各功率半导体开关。

[0007] 有利的改进方案可由从属权利要求得知。

[0008] 因此,在按照本发明的方法的一个优选的改进方案中设计为,电机角度位置分别对应于绕组及其功率半导体开关并且如此选择,使得对应的功率半导体开关在断开时不被损坏。如此选择电机角度位置,使得在功率半导体开关上的漏极电流是零、接近零或是负的。

[0009] 在此设计为,其中在功率半导体开关上的漏极电流瞬时值——其允许无损坏的关断——决定性地取决于电机角度。重要的是,对于该方法不强制地需要直接以测量技术监控相电流,这是因为对于该目的需要的信息可以由测量的电机角度得到。

[0010] 该目的也通过一种装置来实现,其中在识别到有故障的开关之后由微控制器通过以下方式关断逆变器,使得不再有进一步的功率引入到电机的绕组中,并且电机角度位置传感器设置用于,依次在预先确定的电机角度位置上断开各功率半导体开关。

[0011] 在本发明对象的一个特别有利的改进方案中,电机角度位置传感器设置用于,使得电机角度位置分别对应于绕组及其功率半导体开关并且如此选择,使得对应的功率半导体开关在断开时不被损坏。在此,电机角度位置传感器设置用于,如此选择电机角度位置,使得在功率半导体开关上的漏极电流是零、接近零或是负的。

[0012] 提出了,功率半导体开关设计为功率金属氧化物半导体场效应管(Leistungs-MOSFET)。

[0013] 本发明对象的另一有利的改进方案提出,用于对有故障的开关进行识别的单元和用于在逆变器的输出端上进行电压测量的单元被集成到微控制器中。

附图说明

[0014] 下面根据两个实施例结合附图进一步阐明本发明。附图中示出:

[0015] 图1示出根据现有技术的无刷电机的绕组以及逆变器的示意原理图;

[0016] 图2a示出具有在电机正转时用于关断对应的功率半导体开关的电机角度位置的图示;

[0017] 图2b示出具有在电机反转时用于关断对应的功率半导体开关的电机角度位置的图示;

[0018] 图3示出根据现有技术的相应于图1的原理图;

[0019] 图4示出按照本发明的装置的示意原理图;

[0020] 图5示出第二实施例的示意原理图。

具体实施方式

[0021] 在图1中示意地示出了无刷电机1,其绕组U、V、W由一个逆变器3控制。出于该目的逆变器3具有六个开关5,其中在图1中上面的开关5对应于正供电电压而在图1中下面的开关5对应于负供电电压。如由图1进一步可得知的那样,在对应于正供电电压的上面的开关5与对应于负供电电压的下面的开关5之间设有分接点17、18、19,在这些分接点处分接出在绕组U、V、W上的电压并且该电压被输送给用于电压测量的单元11。用于电压测量的单元11的测量结果被输送给微控制器4,该微控制器一方面控制开关5而另一方面分析处理由电压测量单元11产生的信息。此外设有一个用于对有故障的开关5进行识别的识别单元10。由识别单元10产生的信息同样被输送给微控制器4以便进行分析处理。在连接到绕组U、V、W的相线中设有功率半导体开关2。

[0022] 在实践中的一个实施形式中,开关5通过半导体开关或晶体管或金属氧化物半导体场效应管(MOSFET)形成。识别单元10在实践中设计为桥式驱动器并且施加电压到设计为晶体管的开关5上并且控制是否对晶体管的开关位置进行切换。用于在分接点17、18、19处

的电压测量的单元11在实践中设计为分压器并且得出经脉宽调制的电压的占空比。该占空比在此相应于脉冲持续时间与周期持续时间的商。

[0023] 每个开关5可以原则上具有两种不同类型的故障或者在发生故障之后原则上处于下述两种状态之一中：不导通故障，亦即在断开的开关位置上被卡死；或者导通故障，亦即在闭合的开关位置上被卡死。导通故障的开关5也俗称短路。

[0024] 特别是在与安全相关的应用中，如在机电转向装置中，重要的是，非常快速地在紧急运行中继续运行或立刻关断电机1。导通故障的开关5的故障情况导致提高的转向力矩，这是因为在故障情况下车辆驾驶员使电机1以发电机运行模式运动并且在此感应出电流，其正好反作用于在方向盘上的转向移动。该反作用于车辆驾驶员的旋转方向的力矩在下文中称为阻滞力矩。通过在逆变器3中的短路在一个永磁激励的同步电机中产生根据转速的阻滞力矩。通过导通故障的开关5通过感应产生经由电机绕组U、V、W的电流闭合。

[0025] 对于无刷电机1的应用情况，电机1的相连接端经由功率半导体开关2与驱动的逆变器3的输出端连接。该设置的目的在于，在逆变器3中有故障的情况下使得电机1无电流并继而使得没有刚才所述的阻滞力矩。这也称为安全关断。在通过微控制器4识别到在逆变器3中的故障之后首先关断逆变器3，亦即将开关5断开，从而不再有进一步的电功率引入到电机1中。如果电机1由于惯性或者由于来自外部的驱动还是处于旋转状态中，那么通过经寄生二极管和在逆变器3内假设有导通故障的开关5对电机1的感应电压的整流周期性地产生电流峰部/波动(Stromkuppe)，这引起不期望的阻滞力矩。在相线中的功率半导体开关2的关断阻止这种情况发生。为了使得功率半导体开关2在此不会由于来自电机1的不允许的高感应能量而损坏，单独地在确定的电机角度位置 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 窗中关断这些功率半导体开关，其中在相应的涉及的绕组U、V、W中的电流历程的步进对相应的功率半导体开关2是无害的。功率半导体开关2设计为金属氧化物半导体场效应管并且漏极电流 I_D 的短时值为零、负值或小的正值时是无害的。在此在该方法中特征在于，适合的电机角度位置窗 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 与在逆变器3中导通故障的开关5的位置无关地而总是保持相同并且仅仅与电机1的旋转方向有关。因此，根据通过微控制器4对允许的电机角度位置窗 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 的识别来适宜地关断各个功率半导体开关2就足够了。借助于电机角度位置传感器6进行对电机角度位置 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 的检测。对电机角度位置 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 的检测对于无刷电机1的控制是必要的。因此，为实施在此描述的方法无需其它的传感器。

[0026] 如刚刚所提及的那样，适合的电机角度位置窗 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 与在逆变器3中导通故障的开关5的位置无关。更确切地说，适合的电机角度位置 φ_U 、 φ_V 、 φ_W 总是保持相同。这种关系在图2中示出。

[0027] 在三相的BLDC电机中电机角度位置窗——其中通过感应的电压并且通过在逆变器3中导通故障的开关5引起的电流在各个相中为零——理论上可达 120° 宽。如果在U相的从外部驱动的电机1的感应电压具有其最大值的位置将电机角度定义为 $\varphi=0^\circ$ ，那么无电流的角度窗对于三相而言位于区间 $\varphi_U=[300^\circ; 60^\circ]$ 、 $\varphi_V=[60^\circ; 180^\circ]$ 和 $\varphi_W=[180^\circ; 300^\circ]$ 中。

这些值适用于理想化的条件,其中,通过电机的机械转速 N 产生的电周期时间 $T_{PER}=1/(N \cdot \text{极对数})$ 相对于相阻抗的时间常数 $\tau_{ph}=L/R$ 保持很小并且因此在电机中的电流和电压还大概相一致地变化。在实践中然而没有强制地给出这样理想化的条件。因此必须考虑,根据电机参数以及最高的待考虑的转速,电机角度位置窗可以小于 120° 并且此外可以与旋转方向相关,如在图2a和2b中示出的那样。电机角度位置窗的边界值必须针对具体的应用情况来确定大小。但在预定的电机角度位置窗内关断的基本方法不变。

[0028] 然而,用于关断的电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W 并不是对于每种应用都是相同的。电机轴的由外部强迫进行的旋转虽然总是产生相应于用于三相无刷电机1的三相系统的、具有相互分别错开 120° 的正弦曲线的三个感应电压并且这随后导致电流峰部的产生,然而这些电流峰部不是与感应电压相一致地变化而是受限于电机U、V、W相的复阻抗首先经受时间延迟并且其次受限于具有在逆变器3中的短路的外部边界条件而经受波形失真。此外电流峰部随着上升的电机转速 N 扩宽并且电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W 相应地变小。最后,电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W 的确定是一测定任务,该测定任务考虑到所应用的电机的特性值/特征参数以及最大的可以考虑的转速 N 。对于功率半导体开关2而言允许的能量也是一标准:该能量越高,在关断时相电流的短时值就还可以越大,这在电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W 的最大化方面是有帮助的。

[0029] 在图2a和2b中以黑色实线框表示在相电感与相电阻之间比例非常小的电机中的理想化条件。在这些理想条件下,对于绕组U而言电机角度位置窗 Φ_U 为从 300° 至 60° ,相应地对于绕组V而言电机角度位置窗 Φ_V 为从 60° 至 180° ,而对于绕组W而言电机角度位置窗 Φ_W 为从 180° 至 300° 。在其下方以阴影框表示出具有高 L/R 比例和高转速的电机的电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W ,该电机角度位置窗与上面简短描述的相比原则上被缩短了。

[0030] 在图3中选择相应于图1的一个视图。电机1由逆变器3控制,其方法是断开或闭合开关5,该开关在图3中作为共同的框示出。在开关5与电机1的绕组U、V、W之间设有功率半导体开关2。如根据图1和2已经阐明的那样,在故障情况下根据电机角度位置窗 Φ_U, Φ_V, Φ_W 断开功率半导体开关2。在这些前述的装置中电机角度位置传感器6提供其输出信号到微控制器4。微控制器4控制功率半导体开关2。

[0031] 在逆变器3中开关5存在导通故障的情况下存在危险,即微控制器4作为故障后果同样被破坏。为了微控制器4在逆变器3中开关5发生故障的情况下总是还可以可靠地断开功率半导体开关2,在逆变器3与微控制器4之间的高成本的解耦(Entkopplung)是必要的。

[0032] 按照本发明的构思因此在于,功率半导体开关2不再由微控制器4控制,而是直接由电机角度位置传感器6控制。因此在图4中示出的装置中直接从电机角度位置传感器6生成用于可靠地断开功率半导体开关2的信号。这是特别有利的,因为所有对于可靠断开功率半导体开关2必要的信息、如电机角度位置 Φ 、电机速度和旋转方向已经在该电机角度位置传感器6中存在。

[0033] 按照本发明的构思在于,用于断开功率半导体开关2的主动权不再基于微处理器4而是基于给出电机角度和电机速度的电机角度位置传感器6。该解决方案与微处理器4无关并且可以因此非常低成本地被集成到给出电机角度和电机速度的系统中。

[0034] 随着提高的电机转速,用于可靠断开功率半导体开关2的角度窗变得更小并且此外电机1的更高转速导致,变得更小的角度窗也还更快地步进。出于这个原因在非常高的转速的情况下为了可靠地断开功率半导体开关2而需要具有短延迟时间的非常精确的信号,从而在断开功率半导体开关2的时间点总是存在很小的或负的电机电流。因此,用于断开功率半导体开关2的信号直接从给出电机角度和电机速度的电机角度位置传感器6生成是非常有利的,因为这个设置在最短的处理时间下允许极高的更新速度。非常短的处理时间主要也由此实现:不必将电机角度信息和电机速度信息传输到微处理器4。

[0035] 因此,在直接从给出角的电机角度位置传感器6控制的情况下能在与借助来自微控制器4的控制相比更高的转速下允许可靠地断开功率半导体开关2。

[0036] 在图5中示出了第二实施形式,其具有作为“星点开关(Sternpunktschalter)”的功率半导体开关2的拓扑结构:功率半导体开关2又设计为功率金属氧化物半导体场效应管并且将电机U、V、W相的端接头连接到“星点”。在利用电机角度位置 φ 从而在适合的电机角度位置窗 φ_U , φ_V , φ_W 内单独关断功率半导体开关2方面,相对于在图4中示出的实施形式没有变化。

[0037] 所述方法的应用也使得功率半导体开关2能作为安全特性应用在用于运行无刷电机1的系统中,即使当通过这种系统的电机电感的大小和电机电流的大小最大可能产生的感应能量超过可用的和/或可经济地实现的功率半导体开关的吸收能力时也是如此。机械继电器——其经常由于缺乏可靠性、易磨特征、湿度敏感性、可变的接触特征等是不希望的——的应用可以由此被避开,并且可以使用常常在构造方面更优选的、具有功率半导体开关的解决方案,而不必引入用于外部能量吸收的附加开关元件——如抑制二极管或用于电流测量的装置。

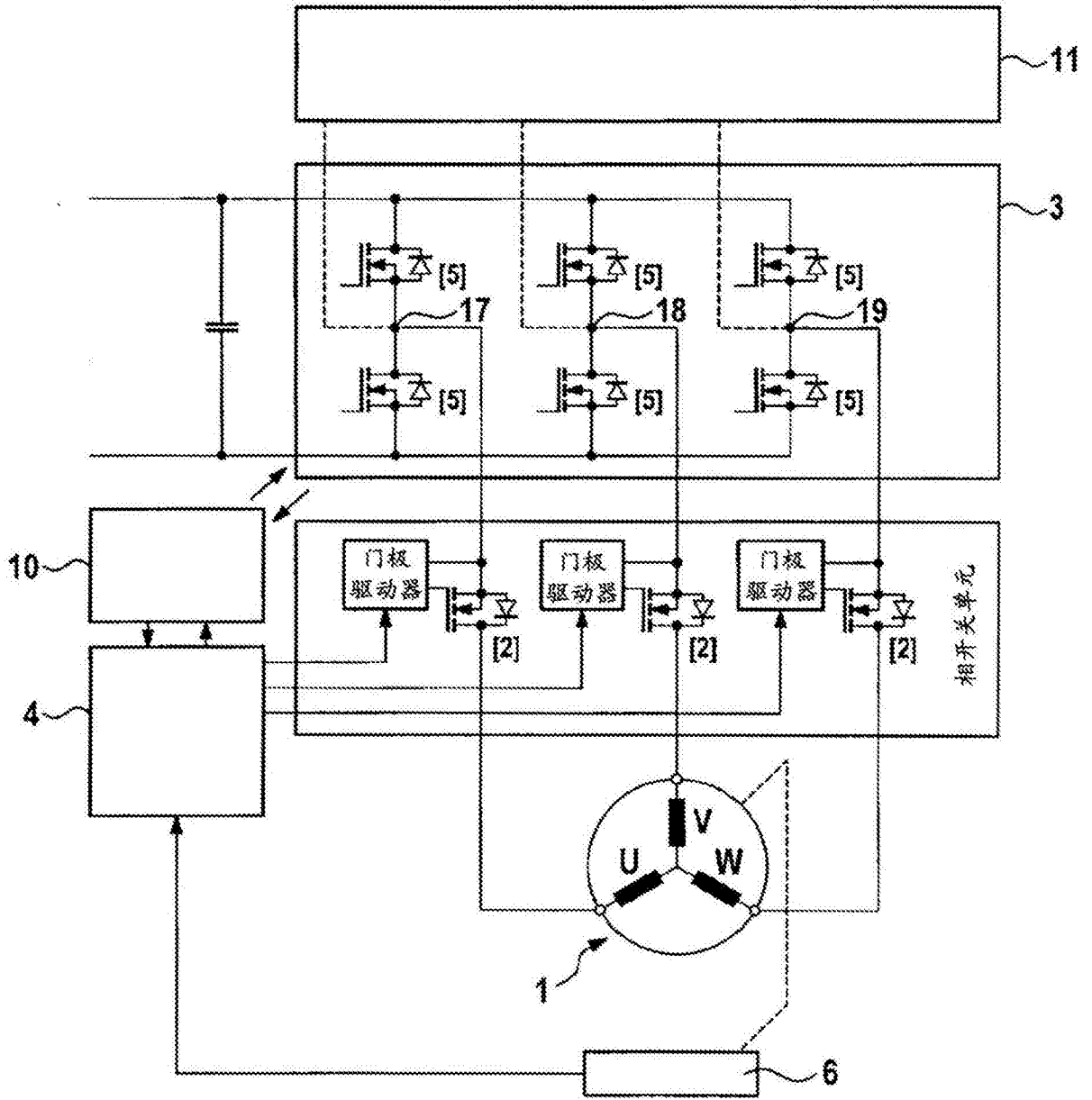


图1

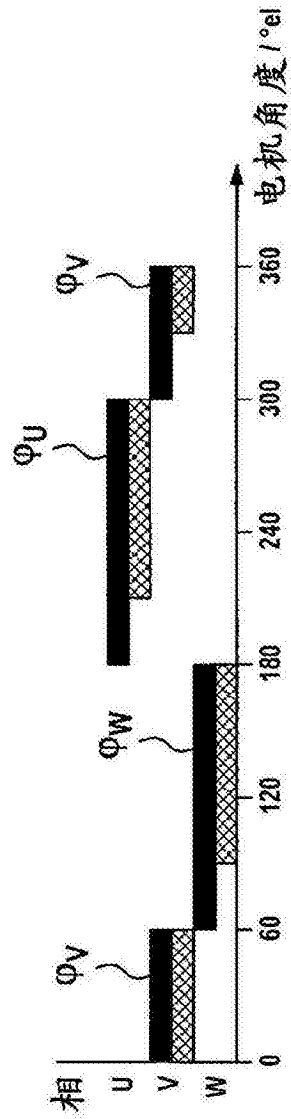


图2a

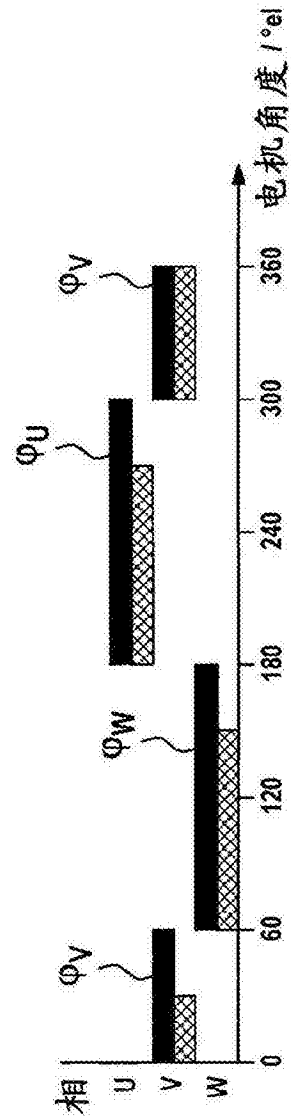


图2b

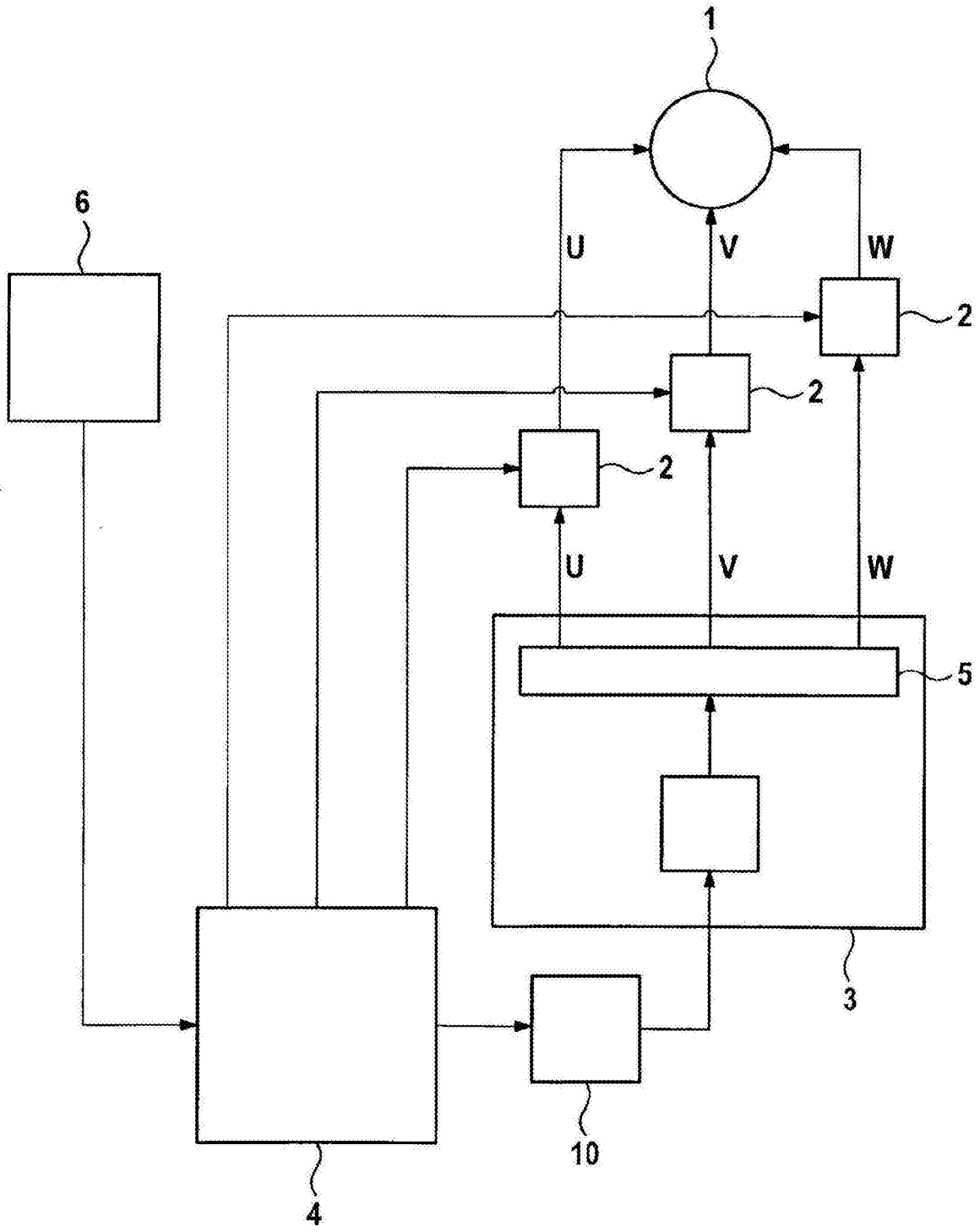


图3

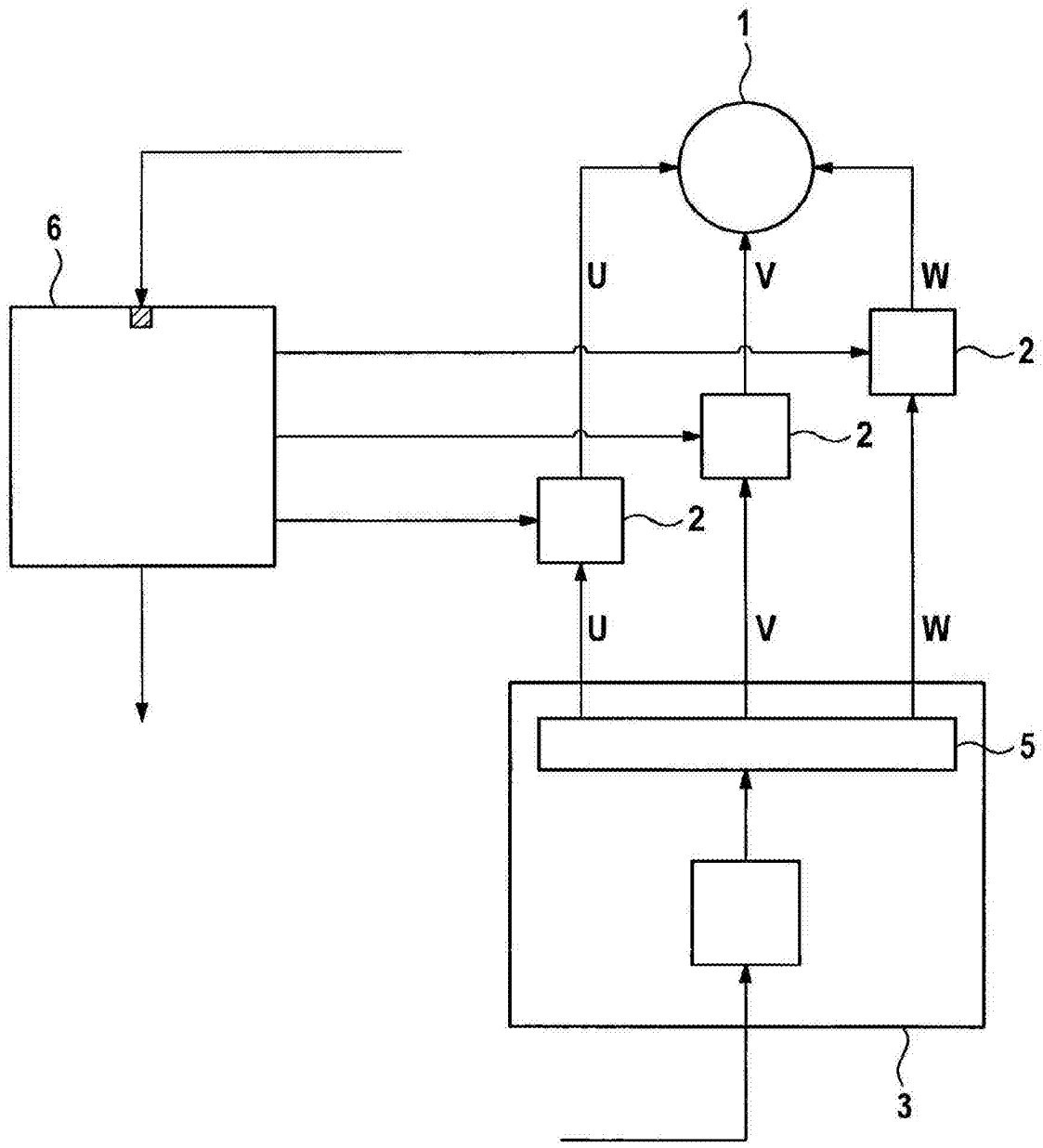


图4

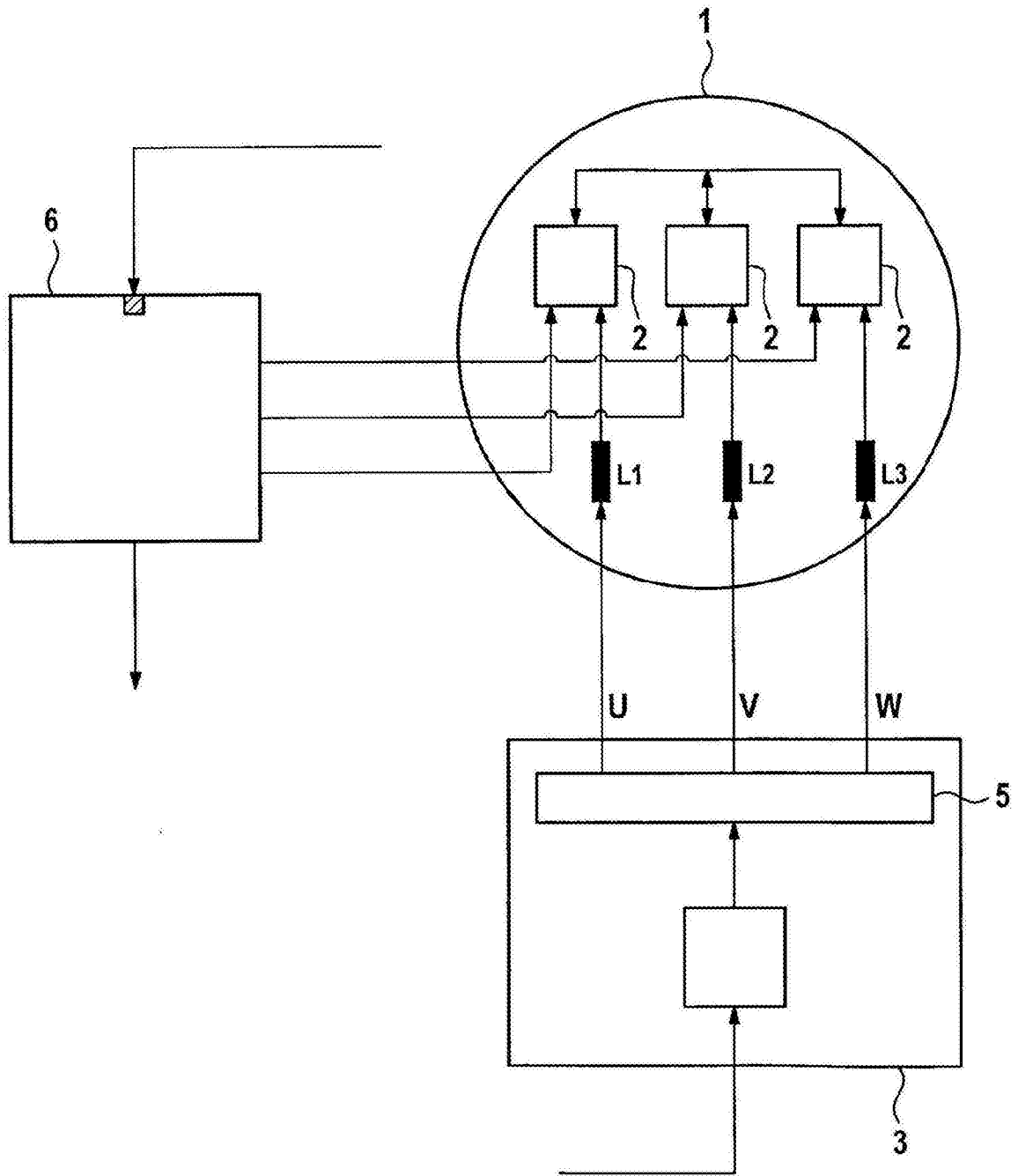


图5