



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105449881 B

(45)授权公告日 2018.05.22

(21)申请号 201510817625.1

H02K 3/28(2006.01)

(22)申请日 2015.11.23

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105449881 A

CN 104779760 A, 2015.07.15,

CN 2266219 Y, 1997.10.29,

CN 103812319 A, 2014.05.21,

CN 104579067 A, 2015.04.29,

(43)申请公布日 2016.03.30

(73)专利权人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

审查员 代煜

(72)发明人 赵星 周波 史立伟 杨岚

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237

代理人 贺翔

(51)Int.Cl.

H02K 1/14(2006.01)

H02K 1/16(2006.01)

H02K 1/17(2006.01)

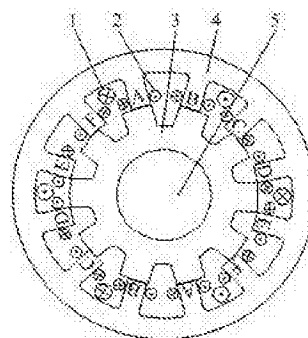
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

低互感容错型六相双凸极无刷直流电机

(57)摘要

本发明公开了一种低互感容错型六相双凸极无刷直流电机,包括同转轴设置的定子组件和转子铁心;定子组件包括定子铁心、励磁元件以及六相定子绕组;定子铁心上设有 $12N$ 个定子极, N 为自然数;转子铁心上设有 $10N$ 或者 $14N$ 个转子极,励磁元件的数目为 $6N$ 个,每个励磁元件跨两个定子极进行排布,相邻励磁元件相连且极性相反;每一相定子绕组均由同相位的 $2N$ 个定子线圈串联或并联而成,且定子绕组之间的相位角相差为 60° ;励磁元件与其对应的两相定子绕组的定子线圈匝链,且励磁元件与其所匝链的定子绕组的极性一致。本发明实现了六相绕组之间的电气隔离,具备较好的容错性能,换相转矩脉动小。



1. 低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 包括同转轴设置的定子组件和转子铁心; 所述定子组件包括定子铁心、励磁元件以及六相定子绕组; 所述定子铁心上设有定子极, 所述励磁元件以及六相定子绕组嵌装在相对应的定子极上; 所述转子铁心上设有转子极, 其特征在于:

所述定子铁心上定子极的数目为 $12N$ 个, 转子铁心上转子极的数目为 $10N$ 或者 $14N$ 个, N 为自然数;

所述励磁元件的数目为 $6N$ 个, 每个励磁元件跨两个定子极进行排布, 相邻励磁元件相连且极性相反;

每一相定子绕组均由同相位的 $2N$ 个定子极上的定子线圈串联或并联而成, 且定子绕组之间的相位角相差为 60° ;

所述励磁元件与其对应的两相定子绕组的定子线圈匝链, 且励磁元件与其所匝链的定子绕组的极性一致。

2. 根据权利要求1所述低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 其特征在于, 当电机极数采用 $12N/10N$ 匹配时, 定子极弧系数为 0.4 , 转子极弧系数为 0.5 或 0.33 。

3. 根据权利要求1所述低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 其特征在于, 当电机极数采用 $12N/14N$ 匹配时, 定子极弧系数为 0.4 , 转子极弧系数为 0.7 或 0.46 。

4. 根据权利要求1所述低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 其特征在于, 所述励磁元件为励磁绕组、永磁体或者由励磁绕组、永磁体构成的混合励磁元件。

5. 根据权利要求1所述低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 其特征在于, 还包含两个三相全桥变换器, 所述六相定子绕组分别与两个三相全桥变换器的桥臂中点一一对应相连。

6. 根据权利要求1所述低互感容错型六相双凸极无刷直流电机, 其特征在于, 还包含六个H桥变换器, 所述六相定子绕组分别与六个H桥变换器的桥臂中点一一对应相连。

低互感容错型六相双凸极无刷直流电机

技术领域

[0001] 本发明涉及特种电机本体设计领域,尤其涉及一种低互感容错型六相双凸极无刷直流电机。

背景技术

[0002] 双凸极电机是一种由位置传感器、电力电子功率变换器、永磁或电磁励磁单元、控制器和凸极定转子结构的电机本体组成的新式电机。作为一种新型的变磁阻电机,其磁阻最大值和最小值比值大,有良好的机电能量转换特性和应用前景。

[0003] 传统的双凸极电机为三相电机,采用内转子的6N/4N极结构,定子极数为6N,转子极数为4N,N为自然数,表示单元电机数。为了进一步提高电机的可靠性,要求电机能在故障后主动重构系统的软硬件结构,在不损失性能或仅降低部分性能指标的情况下,使系统实现容错运行。六相电机拥有六相定子绕组,这种相数冗余的设计使得六相电机成为容错电机的研究热点和发展方向。

[0004] 目前已有的技术中,研究最多的为三相6N/4N结构的电励磁双凸极电机,该电机的励磁绕组跨3个定子极绕制。也有一些关于多相容错型双凸极电机的研究,例如申请号为201110062872.7的中国发明专利:四相双凸极电机,公开了一种单元电机为8/6结构的四相双凸极电机,其定子上每隔4个凸极齿槽内嵌绕励磁元件或安放永磁磁钢,每个定子的凸极齿上分别套装有集中电枢线圈。但是关于六相双凸极电机的研究相对较少,目前公开的报告只有申请号为201510010687.3的中国发明专利:一种直驱电动滚筒用电机,提出了一种单元电机为12/10结构的外转子六相双凸极电机,其定子上每个凸极齿槽内都嵌绕励磁元件或安放永磁磁钢,每个定子的凸极齿上分别套装有集中电枢线圈。

[0005] 已有技术中所涉及的六相双凸极电机的每一个定子槽内都布置有励磁元件,相邻的励磁元件极性相反,每个定子极上的集中电枢线圈根据相应励磁元件的极性绕制,因此相邻定子极上电枢线圈的绕制极性也相反。这种励磁元件的排布方式以及相应电枢线圈的绕制形式使得六相定子绕组之间存在较为明显的互感,严重削弱了六相双凸极电机的容错性能。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术中的六相双凸极电机存在相间互感较强,容错性能较差的问题,提供一种低互感容错型六相双凸极无刷直流电机。

[0007] 本发明为解决上述技术问题采用以下技术方案:

[0008] 低互感容错型六相双凸极无刷直流电机,包括同转轴设置的定子组件和转子铁心;所述定子组件包括定子铁心、励磁元件以及六相定子绕组;所述定子铁心上设有定子极,所述励磁元件以及六相定子绕组嵌装在相对应的定子极上;所述转子铁心上设有转子极;

[0009] 所述定子铁心上定子极的数目为12N个,转子铁心上转子极的数目为10N或者14N

个, N 为自然数;

[0010] 所述励磁元件的数目为 $6N$ 个, 每个励磁元件跨两个定子极进行排布, 相邻励磁元件相连且极性相反;

[0011] 每一相定子绕组均由同相位的 $2N$ 个定子极上的定子线圈串联或并联而成, 且定子绕组之间的相位角相差为 60° ;

[0012] 所述励磁元件与其对应的两相定子绕组的定子线圈匝链, 且励磁元件与其所匝链的定子绕组的极性一致。

[0013] 作为本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机进一步的优化方案, 当电机极数采用 $12N/10N$ 匹配时, 定子极弧系数为 0.4 , 转子极弧系数为 0.5 或 0.33 。

[0014] 作为本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机进一步的优化方案, 当电机极数采用 $12N/14N$ 匹配时, 定子极弧系数为 0.4 , 转子极弧系数为 0.7 或 0.46 。

[0015] 作为本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机进一步的优化方案, 所述励磁元件为励磁绕组、永磁体或者由励磁绕组、永磁体构成的混合励磁元件。

[0016] 作为本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机进一步的优化方案, 还包含两个三相全桥变换器, 所述六相定子绕组分别与两个三相全桥变换器的桥臂中点一一对应相连。

[0017] 作为本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机进一步的优化方案, 还包含六个 H 桥变换器, 所述六相定子绕组分别与六个 H 桥变换器的桥臂中点一一对应相连。

[0018] 本发明采用以上技术方案与现有技术相比, 具有以下技术效果:

[0019] 1. 相对于已有技术中的六相双凸极电机, 本发明所述六相双凸极电机具有较小的相间互感, 实现了绕组之间的电气隔离, 具备较好的容错性能;

[0020] 2. 相对于传统三相双凸极电机, 本发明所述六相双凸极电机在任意时刻都有四相定子绕组同时工作, 在两相导通的同时给另外两相换相, 换相转矩脉动小。

附图说明

[0021] 图1是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机结构示意图;

[0022] 图2是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机用永磁励磁的示意图;

[0023] 图3是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机用永磁和电磁混合励磁的示意图;

[0024] 图4是已有技术中六相双凸极无刷直流电机的绕组自感与相间互感图;

[0025] 图5是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机的绕组自感与相间互感图;

[0026] 图6是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机磁链图;

[0027] 图7是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机反电势图;

[0028] 图8是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机六相定子绕组与双通道全桥变换器连接图;

[0029] 图9是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机六相定子绕组与六相 H 桥变换器连接图。

[0030] 图中, 1-励磁绕组, 2-电枢绕组, 3-转子铁心, 4-定子铁心, 5-轴, 6-永磁体。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图对本发明的技术方案做进一步的详细说明：

[0032] 本发明公开了一种低互感容错型六相双凸极无刷直流电机，包括同转轴设置的定子组件和转子铁心；所述定子组件包括定子铁心、励磁元件以及六相定子绕组；所述定子铁心上设有定子极，所述励磁元件以及六相定子绕组嵌装在相对应的定子极上；所述转子铁心上设有转子极；

[0033] 所述定子铁心上定子极的数目为 $12N$ 个，转子铁心上转子极的数目为 $10N$ 或者 $14N$ 个， N 为自然数；

[0034] 所述励磁元件的数目为 $6N$ 个，每个励磁元件跨两个定子极进行排布，相邻励磁元件相连且极性相反；

[0035] 每一相定子绕组均由同相位的 $2N$ 个定子极上的定子线圈串联或并联而成，且定子绕组之间的相位角相差为 60° ；

[0036] 所述励磁元件与其对应的两相定子绕组的定子线圈匝链，且励磁元件与其所匝链的定子绕组的极性一致。

[0037] 当电机极数采用 $12N/10N$ 匹配时，定子极弧系数为 0.4 ，转子极弧系数为 0.5 或 0.33 。

[0038] 当电机极数采用 $12N/14N$ 匹配时，定子极弧系数为 0.4 ，转子极弧系数为 0.7 或 0.46 。

[0039] 励磁元件可以采用励磁绕组，也可以采用永磁体，或者采用由励磁绕组、永磁体构成的混合励磁元件。

[0040] 图1是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机 $12/10$ 结构示意图。低互感容错型六相双凸极无刷直流电机包括励磁绕组、电枢绕组、定子铁心、转子铁心、轴承、电机端盖和电机外壳等，所述定子极和转子极采用凸极式结构，定子极数为 12 ，转子极数为 10 ，定子极弧系数为 0.4 ，转子极弧系数为 0.5 ；励磁元件数为 6 ，每个励磁元件跨两个定子极进行排布，相邻励磁元件的极性相反，即 6 个励磁线圈分为 3 个S极和 3 个N极，N极与S极间隔排列，每一个定子极上都缠绕有集中电枢线圈，其绕制方向与其所匝链的励磁元件的极性保持一致，同相位的两个线圈串联或并联后可得到相位角依次相差 60° 的A相、B相、C相、D相、E相、F相六相定子绕组；现有技术中六相双凸极电机的 12 个电枢线圈按照NSNS的形式进行绕制，导致任意一个电枢线圈产生的磁链总是通过相邻的电枢线圈闭合，因此相间互感较大，而本文所述的六相双凸极无刷直流电机的 12 个电枢线圈按照NNSS的形式进行绕制，相邻两相绕组的绕制极性相同，相互排斥，任意一个电枢线圈产生的磁链只能通过该相绕组所对应的另外一个电枢线圈闭合，因此相间互感较小。

[0041] 图2是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机用永磁励磁的示意图。电机的励磁功能全部用永磁体取代，即每两个定子极与另外两个定子极之间安装有永磁体，相邻永磁体极性相反。电机的定子绕组绕制方式与图1所示电机相同。

[0042] 图3是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机用永磁和电磁混合励磁的示意图。电机的励磁功能有励磁绕组和永磁体提供，即每两个定子极之间安装有励磁绕组和永磁体。电机定子绕组绕制方式与图1所示电机相同。

[0043] 图4是已有技术中六相双凸极无刷直流电机的绕组自感与相间互感图。从图中可以看出相对于六相定子绕组之间存在较为明显的相间互感,其值与绕组自感值相比已经不能忽略,因此已有技术中六相双凸极无刷直流电机的相与相之间存在较强的电磁耦合,不符合多相容错电机的设计规范。

[0044] 图5是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机的绕组自感与相间互感图。从图中可以看出相对于六相定子绕组之间的互感明显减小,其值与绕组自感值相比近似可以忽略,因此本发明所提出的六相双凸极无刷直流电机实现了相与相之间的电磁隔离,符合多相容错电机的设计规范,具备较好的容错性能。

[0045] 图6是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机磁链图。从图中可以看出,六相定子绕组磁链依次相差 60° 电角度,且与传统双凸极电机相似,都是单极性脉振磁链。

[0046] 图7是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机反电势图。从图中可以看出,六相定子绕组反电势依次相差 60° 电角度,且反电势平顶部分较为宽广,适合采用直流无刷方式电动运行。

[0047] 图8是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机六相定子绕组与双通道全桥变换器连接图。在定子圆周方向上的定子绕组依次排列的A相、B相、C相、D相、E相和F相六相定子绕组相位差依次为 60° 电角度,把相位依次相差 120° 电角度的A相、C相和E相定子绕组星形连接至第一个三相全桥变换器的对应三个桥臂中点;把相位依次相差 120° 电角度的B相、D相和F相定子绕组星形连接至第二个三相全桥变换器的对应三个桥臂中点,即可构成六相双通道双凸极容错电机系统。

[0048] 图9是本发明低互感容错型六相双凸极无刷直流电机六相定子绕组与六相H桥变换器连接图。在定子圆周方向上的定子绕组依次排列的A相、B相、C相、D相、E相和F相六相定子绕组分别接至六个H桥变换器的桥臂中点即可构成六相H桥双凸极容错电机系统。六相H桥变换器对各相绕组独立控制,当其中任意一相出现故障时,通过及时切除不会影响其他相正常工作,电机具有较强的容错能力。

[0049] 本技术领域技术人员可以理解的是,除非另外定义,这里使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明所属领域中的普通技术人员的一般理解相同的意义。还应该理解的是,诸如通用字典中定义的那些术语应该被理解为具有与现有技术的上下文中的意义一致的意义,并且除非像这里一样定义,不会用理想化或过于正式的含义来解释。

[0050] 以上所述的具体实施方式,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施方式而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

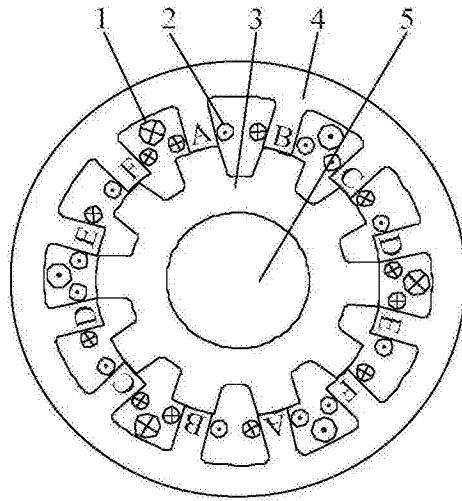


图1

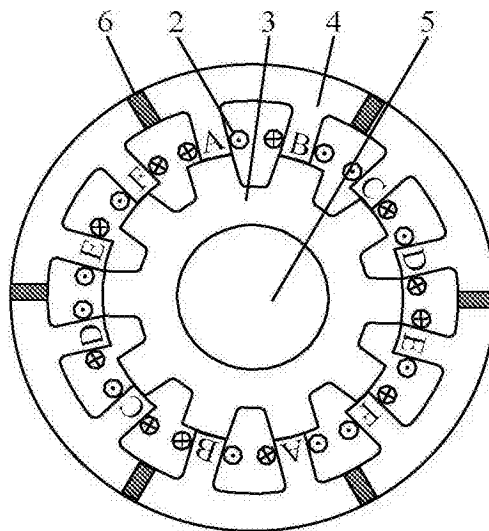


图2

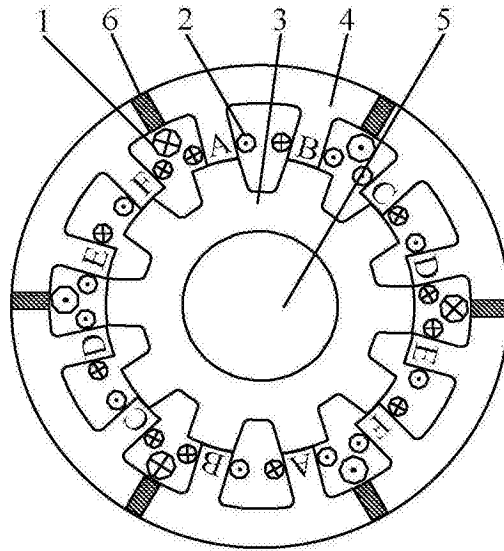


图3

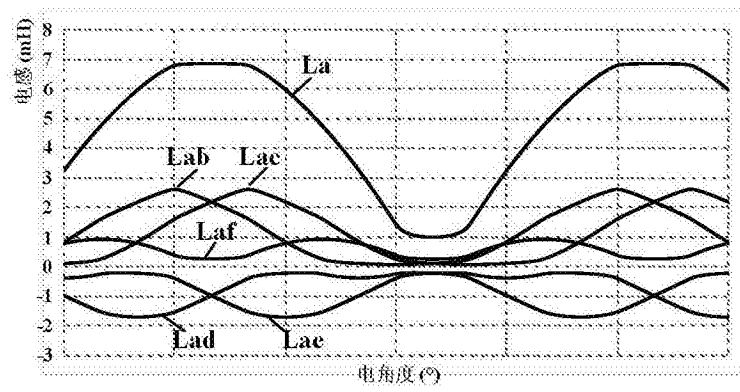


图4

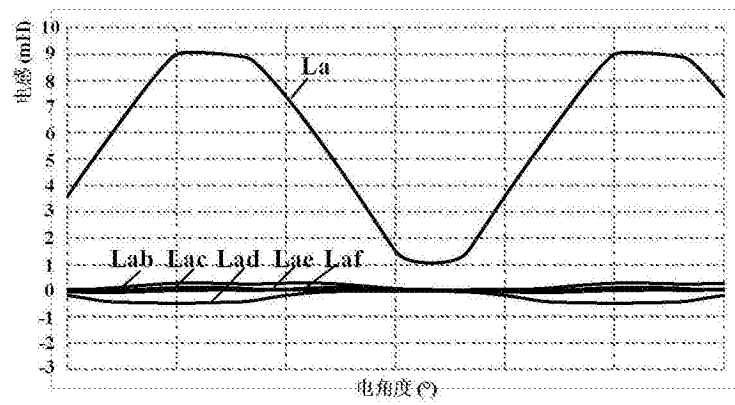


图5

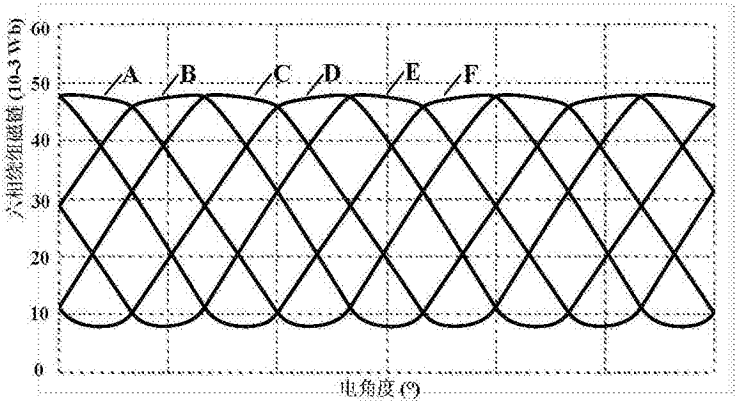


图6

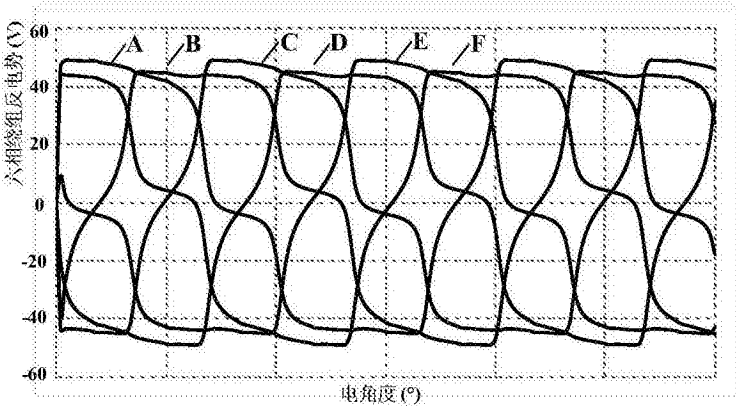


图7

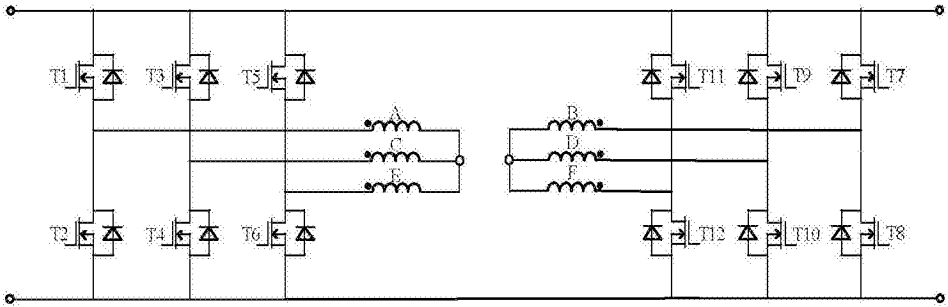


图8

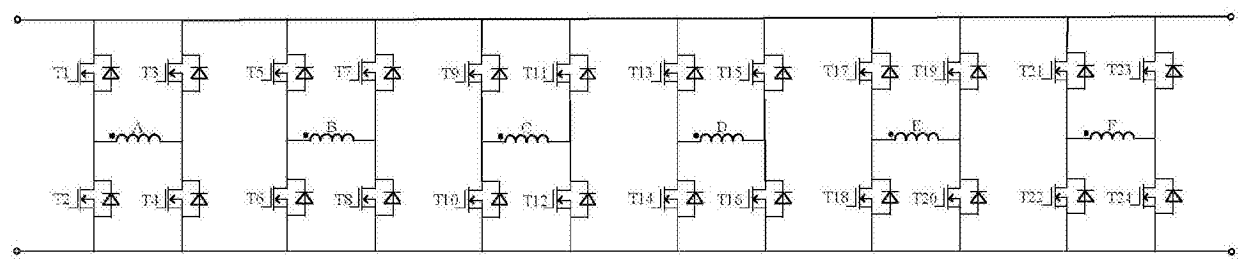


图9