



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106451964 A

(43)申请公布日 2017. 02. 22

(21)申请号 201610956189.0

(22)申请日 2016.10.27

(71)申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市学府路301号

(72)发明人 陈坤华 孙玉坤 吉奕 张冬梅

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207

代理人 高桂珍

(51) Int. Cl.

H02K 16/00(2006.01)

H02K 1/16(2006.01)

H02K 1/27(2006.01)

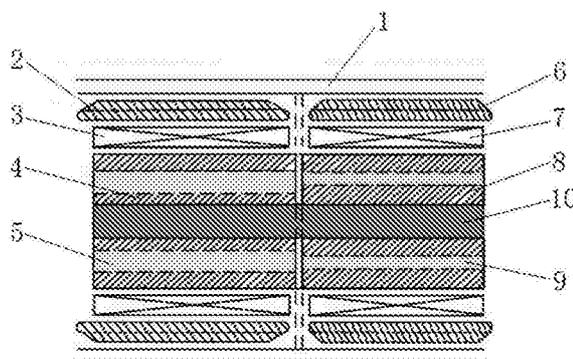
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

## (54)发明名称

一种并列式双定子混合励磁永磁电机

## (57)摘要

本发明公开了一种并列式双定子混合励磁永磁电机,属于永磁电机技术领域。本发明包括外壳、并列设于外壳内的电机组A和电机组B,电机组A的定子A上具有高反电动势绕组A,转子A上具有钕铁硼永磁体,电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A,且在转速超过额定运行点A时,采用弱磁控制方式控制;电机组B的定子B上具有低反电动势绕组B,转子B上具有铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体,电机组B选择高转速且能够满足高速带载能力的工作点作为额定运行点B,且在转速超过额定运行点B时,采用磁链调节控制方式控制。本发明既具有低速大转矩特性,又具有高速运行特性,同时具有宽转速范围和高效率特点,并能够提高系统能源利用率。



1. 一种并列式双定子混合励磁永磁电机,包括外壳(1)、并列设于外壳(1)内的电机组A和电机组B,其特征在于:

所述的电机组A包括定子A(2)和转子A(4),所述的定子A(2)固定在外壳(1)内,所述的转子A(4)位于定子A(2)内,且安装于转轴(10)上,所述的定子A(2)上具有高反电动势绕组A(3),所述的转子A(4)上具有永磁体A(5),所述的永磁体A(5)为钕铁硼永磁体,所述的电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A,且在电机组A的转速超过额定运行点A时,对电机组A采用弱磁控制方式进行控制;

所述的电机组B包括定子B(6)和转子B(8),所述的定子B(6)固定在外壳(1)内,所述的转子B(8)位于定子B(6)内,且安装于转轴(10)上,所述的定子B(6)上具有低反电动势绕组B(7),所述的转子B(8)上具有永磁体B(9),所述的永磁体B(9)为铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体,所述的电机组B选择高转速且能够满足高速带载能力的工作点作为额定运行点B,且在电机组B的转速超过额定运行点B时,对电机组B采用磁链调节控制方式进行控制。

2. 根据权利要求1所述的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其特征在于:所述的电机组A和电机组B能够独立运行或同时运行。

3. 根据权利要求1或2所述的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其特征在于:所述的转子A(4)采用切向式结构,所述的转子B(8)采用轴向式结构。

4. 根据权利要求3所述的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其特征在于:所述的定子A(2)和定子B(6)的铁芯采用冲压硅钢片叠片结构,且定子A(2)和定子B(6)采用分数槽、短距和分布绕组联结结构。

## 一种并列式双定子混合励磁永磁电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁电机,更具体地说,涉及一种并列式双定子混合励磁永磁电机,适用于低速大转矩和高速调磁运行场合。

### 背景技术

[0002] 驱动电机是混合动力汽车等新能源汽车应用领域中的重要技术之一,混合动力汽车驱动用电机需要有宽的调速范围、高效的运行区域和高的能源利用率。普通永磁电机结构简单,工作效率高,但由于其恒转矩特性,难以满足宽的调速范围、高效的运行区域以及高的能源利用率要求,因此难以满足混合动力汽车用电机高性能要求。

[0003] 随着电机技术的不断发展,并列式双定子永磁电机也得到了很好的研究和发 展,出现了许多易于启动、便于调速的双定子永磁电机,这类双定子永磁电机的基本结构是:外壳内设有双定子结构,转轴上设有双转子结构,但由于定转子匹配和电机工作点设计存在非常复杂的关系,因此如何使两组定转子之间形成满足负载要求的互补关系成为本领域技术人员亟待解决的技术问题,研究发现,目前还没有一款既具有低速大转矩特性,又具有高速运行特性,同时能够解决驱动电机宽转速范围内高效率需求问题,以及能源利用率高的双定子永磁电机出现。

### 发明内容

[0004] 1.发明要解决的技术问题

[0005] 本发明的目的在于克服现有并列式双定子永磁电机存在的上述不足,提供一种并列式双定子混合励磁永磁电机,采用本发明的技术方案,既具有低速大转矩特性,又具有高速运行特性,同时能够解决驱动电机宽转速范围内高效率需求问题,并能够提高系统能源利用率,具有动态性能好、整体运行效率高、能源利用率高和可靠性高等特点,在新能源汽车的驱动电机领域具有良好的应用前景。

[0006] 2.技术方案

[0007] 为达到上述目的,本发明提供的技术方案为:

[0008] 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,包括外壳、并列设于外壳内的电机组A和电机组B,其中:

[0009] 所述的电机组A包括定子A和转子A,所述的定子A固定在外壳内,所述的转子A位于定子A内,且安装于转轴上,所述的定子A上具有高反电动势绕组A,所述的转子A上具有永磁体A,所述的永磁体A为钕铁硼永磁体,所述的电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A,且在电机组A的转速超过额定运行点A时,对电机组A采用弱磁控制方式进行控制;

[0010] 所述的电机组B包括定子B和转子B,所述的定子B固定在外壳内,所述的转子B位于定子B内,且安装于转轴上,所述的定子B上具有低反电动势绕组B,所述的转子B上具有永磁体B,所述的永磁体B为铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体,所述的电机组B选择高转速且能够满

足高速带载能力的工作点作为额定运行点B,且在电机组B的转速超过额定运行点B时,对电机组B采用磁链调节控制方式进行控制。

[0011] 作为本发明进一步改进,所述的电机组A和电机组B能够独立运行或同时运行。

[0012] 作为本发明进一步改进,所述的转子A采用切向式结构,所述的转子B采用轴向式结构。

[0013] 作为本发明进一步改进,所述的定子A和定子B的铁芯采用冲压硅钢片叠片结构,且定子A和定子B采用分数槽、短距和分布绕组联结结构。

[0014] 3.有益效果

[0015] 采用本发明提供的技术方案,与已有的公知技术相比,具有如下显著效果:

[0016] (1) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,由并列设置的电机组A和电机组B组成,电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A,且在电机组A的转速超过额定运行点A时,对电机组A采用弱磁控制方式进行控制,可获得低速大转矩性能;电机组B选择高转速且能够满足高速带载能力的工作点作为额定运行点B,且在电机组B的转速超过额定运行点B时,对电机组B采用磁链调节控制方式进行控制,可获得高速带载性能;实现了电机既具有低速大转矩特性,又具有高速运行特性,同时能够解决驱动电机宽转速范围内高效率需求问题,并能够提高系统能源利用率,具有动态性能好、整体运行效率高、能源利用率高和可靠性高等特点,在新能源汽车的驱动电机领域具有良好的应用前景;

[0017] (2) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其低转速、大转矩的电机组A的定子具有高反电动势绕组,且采用弱磁控制方式进行控制,可获得更大起动转矩,能够提高电机低速区域的运行效率,提高电机转速,拓宽恒功率运行区域;高转速且能够满足高速带载能力的电机组B的定子具有低反电动势绕组,且采用磁链调节控制方式进行控制,适于高速运行,能够提高电机高速区域的运行效率,并可进一步提高电机转速,降低定子绕组的直轴电流,有效提高能源利用率;

[0018] (3) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其电机组A和电机组B能够独立运行或同时运行,独立运行时可以分别提高电机低速区域和高速区域的运行效率,从而拓宽电机高效率运行区域;在同时运行时可以提高电机起动转矩和高速带载能力;

[0019] (4) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其转子A采用切向式结构,转子B采用轴向式结构,转子A直轴电感大,充分利用转子A中的钕铁硼永磁体高剩余磁通密度的特点,可以获得更大的每极磁通,钕铁硼永磁体处的气隙磁通密度大,可以获得大起动转矩,并且可以充分利用磁阻转矩,提高电机功率密度和扩展恒功率运行范围;转子B可以充分利用铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体低矫顽力的特点,容易采用定子直轴电流分量进行磁链调节,降低电机高速运行时的永磁磁场,从而降低感应反电动势,同时铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体处的气隙磁通密度较小,易于实现高速运行;

[0020] (5) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,其定子A和定子B的铁芯采用冲压硅钢片叠片结构,有效减小电机运行时的铁耗;定子A和定子B采用分数槽、短距和分布绕组联结结构,绕组具有较高的正弦度,可以获得较为正弦的相绕组磁链波形,进而获得较为正弦的反电动势;

[0021] (6) 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,能够同时实现驱动电机的低速大转矩和高速调磁,具有功率密度大、驱动控制灵活、响应快、转矩波动小等优点。

## 附图说明

[0022] 图1为本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机的结构示意图；

[0023] 图2为本发明中定子A和定子B的绕组配置展开示意图；

[0024] 图3为本发明中的转子A的结构示意图；

[0025] 图4为本发明中的转子B的结构示意图。

[0026] 示意图中的标号说明：

[0027] 1、外壳；2、定子A；3、高反电动势绕组A；4、转子A；5、永磁体A；6、定子B；7、低反电动势绕组B；8、转子B；9、永磁体B；10、转轴。

## 具体实施方式

[0028] 为进一步了解本发明的内容，结合附图对本发明作详细描述。

[0029] 图1为本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机的结构示意图，如图1所示，该并列式双定子混合励磁永磁电机，包括外壳1、电机组A和电机组B，电机组A和电机组B并列设于外壳1内，电机组A包括定子A 2和转子A 4，定子A 2固定在外壳1内，转子A 4位于定子A 2内，且安装于转轴10上，定子A2上具有高反电动势绕组A 3，转子A 4上具有永磁体A 5；电机组B包括定子B 6和转子B 8，定子B 6固定在外壳1内，转子B 8位于定子B 6内，且安装于转轴10上，定子B 6上具有低反电动势绕组B 7，转子B 8上具有永磁体B 9。定子A2和转子A4组成的电机组A可独立启动转轴10运行，定子B 6和转子B 8组成的电机组B也可独立启动转轴10运行，且电机组A和电机组B也可同时驱动转轴10旋转。永磁体A5为钕铁硼永磁体，电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A，且在电机组A的转速超过额定运行点A时，对电机组A采用弱磁控制方式进行控制；永磁体B 9为铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体，电机组B选择高转速且能够满足高速带载能力的工作点作为额定运行点B，且在电机组B的转速超过额定运行点B时，对电机组B采用磁链调节控制方式进行控制。

[0030] 图2为本发明中定子A和定子B的绕组配置展开示意图，定子A2和定子B 6的铁芯采用冲压硅钢片叠片结构，且定子A2和定子B 6采用分数槽、短距和分布绕组联结结构，可以获得较为正弦的相绕组磁链波形，进而获得较为正弦的反电动势。

[0031] 图3为本发明中的转子A的结构示意图，由图3可以看出，本发明中的转子A采用切向式结构，该结构直轴电感大，可充分利用转子A中的钕铁硼永磁体高剩余磁通密度的特点，可以获得更大的每极磁通，钕铁硼永磁体处的气隙磁通密度大，可以获得大起动转矩，并且可以充分利用磁阻转矩，提高电机功率密度和扩展恒功率运行范围。

[0032] 图4为本发明中的转子B的结构示意图，由图4可以看出，本发明中的转子B采用轴向式结构，该结构可以充分利用铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体低矫顽力的特点，容易采用定子直轴电流分量进行磁链调节，降低电机高速运行时的永磁磁场，从而降低感应反电动势，同时铝镍钴永磁体处的气隙磁通密度较小，易于实现高速运行。

[0033] 下面结合实施例对本发明作进一步的描述。

[0034] 实施例

[0035] 结合图1所示，本实施例的一种并列式双定子混合励磁永磁电机，包括外壳1、并列设于外壳1内的电机组A和电机组B，其中，电机组A包括定子A 2和转子A 4，定子A 2固定在

外壳1内,转子A 4位于定子A2内,且安装于转轴10上,定子A 2上具有高反电动势绕组A 3,转子A 4上具有永磁体A 5,永磁体A 5为钕铁硼永磁体,电机组A选择低转速、大转矩的工作点作为额定运行点A,且在电机组A的转速超过额定运行点A时,对电机组A采用弱磁控制方式进行控制,不仅可以获得大的起动转矩,还可以提高电机转速,拓宽恒功率运行区域。电机组B包括定子B 6和转子B 8,定子B 6固定在外壳1内,转子B 8位于定子B 6内,且安装于转轴10上,定子B 6上具有低反电动势绕组B 7,转子B 8上具有永磁体B 9,永磁体B 9为铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体,电机组B选择高转速且能够满足高速带载能力的工作点作为额定运行点B,适于高速运行,且在电机组B的转速超过额定运行点B时,对电机组B采用磁链调节控制方式进行控制,可以提高电机转速,降低定子B 6上的低反电动势绕组B 7的直轴电流。本实施例中的电机组A和电机组B均采用内嵌式转子结构,具有动、静态性能好等特点,可广泛用于要求动态性能高的应用场合。根据驱动性能要求,电机组A和电机组B能够独立运行或同时运行,当电机组A和电机组B独立驱动转轴10运行时,可以分别提高电机低速区域和高速区域的运行效率,从而拓宽电机高效率运行区域;当电机组A和电机组B同时驱动转轴10运行时,可以提高电机起动转矩和高速带载能力;并且,当电机组A发生故障时,电机组B可以独立运行,当电机组B发生故障时,电机组A同样可以独立运行,使双定子混合励磁永磁电机具有一定的容错能力。

[0036] 在本实施例中,根据电机运行速度不同,通过控制定子A 2的高反电动势绕组A 3的直轴电流,实现弱磁控制;通过控制定子B 6的低反电动势绕组B 7的直轴电流,采用磁链调节控制方式对永磁体B 9进行充磁或去磁;在提高了电机转速,拓宽了恒功率运行区域的同时,进一步提高了能源利用率。上述的弱磁控制方式和磁链调节控制方式的原理与现有技术类似,在此不再赘述。

[0037] 结合图3和图4所示,本实施例中的永磁体A 5和永磁体B 9分别嵌放于转子A 4和转子B 8内部,形成两段永磁转子结构,其中转子A 4采用切向式结构(如图3所示),转子A4直轴电感大,充分利用转子A 4中的钕铁硼永磁体高剩余磁通密度的特点,可以获得更大的每极磁通,钕铁硼永磁体处的气隙磁通密度大,可以获得大起动转矩,并且可以充分利用磁阻转矩,提高电机功率密度和扩展恒功率运行范围;转子B 8采用轴向式结构(如图4所示),转子B 8可以充分利用铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体低矫顽力的特点,容易采用定子直轴电流分量进行磁链调节,降低电机高速运行时的永磁磁场,从而降低感应反电动势,同时铝镍钴永磁体或铁氧体永磁体处的气隙磁通密度较小,易于实现高速运行;由于磁链调节时所加的直轴电流分量时间很小,使得实际控制时电机直轴电流分量大大减小,因此也提高了能源利用率。

[0038] 另外,为了减小电机运行时的铁耗,在本实施例中,定子A 2和定子B 6的铁芯采用冲压硅钢片叠片结构;且为了使定子A 2和定子B 6的绕组反电动势具有较高的正弦度,如图2所示,本实施例中的定子A 2和定子B 6采用分数槽、短距和分布绕组联结结构,绕组具有较高的正弦度,可以获得较为正弦的相绕组磁链波形,进而获得较为正弦的反电动势;同时,为降低电机的齿槽力矩,电机极数与槽数可以选择较大数值,增加定位力矩次数。

[0039] 本发明的一种并列式双定子混合励磁永磁电机,既具有低速大转矩特性,又具有高速运行特性,同时能够解决驱动电机宽转速范围内高效率需求问题,并能够提高系统能源利用率,具有功率密度大、驱动控制灵活、响应快、转矩波动小等优点,还具有动态性能

好、整体运行效率高和可靠性高等特点,并具有一定的容错能力,在新能源汽车的驱动电机领域具有良好的应用前景。

[0040] 以上示意性地对本发明及其实施方式进行了描述,该描述没有限制性,附图中所示的也只是本发明的实施方式之一,实际的结构并不局限于此。所以,如果本领域的普通技术人员受其启示,在不脱离本发明创造宗旨的情况下,不经创造性地设计出与该技术方案相似的结构方式及实施例,均应属于本发明的保护范围。

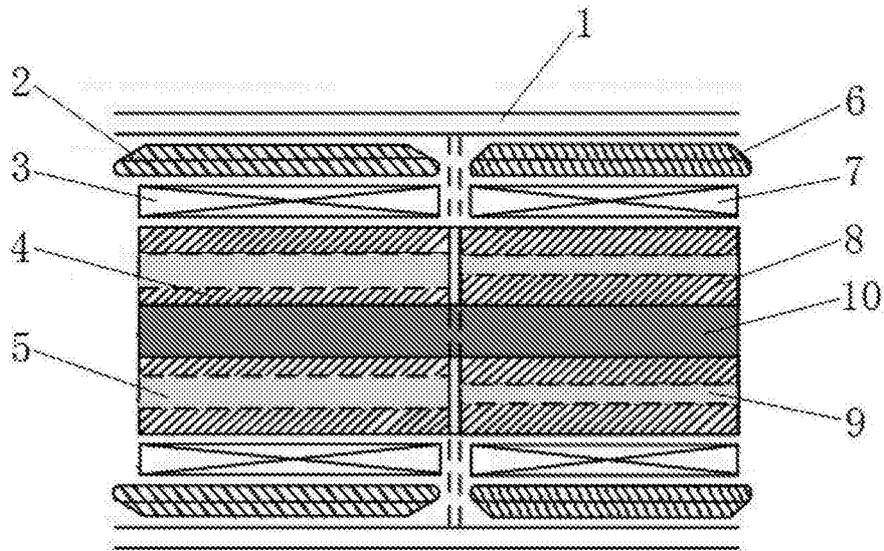


图1

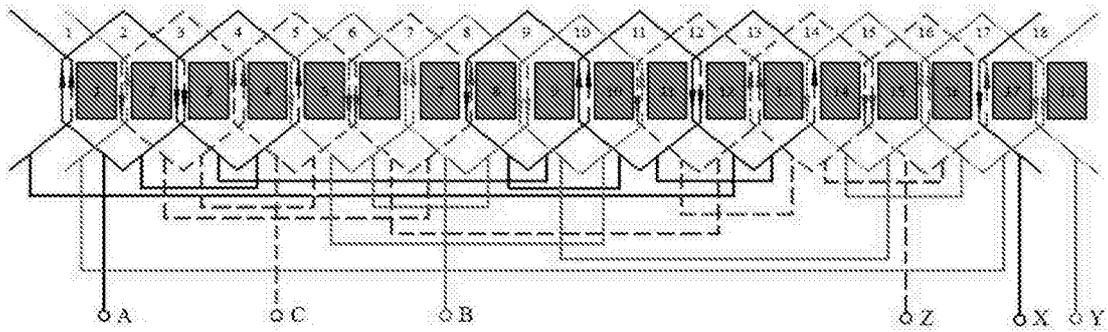


图2

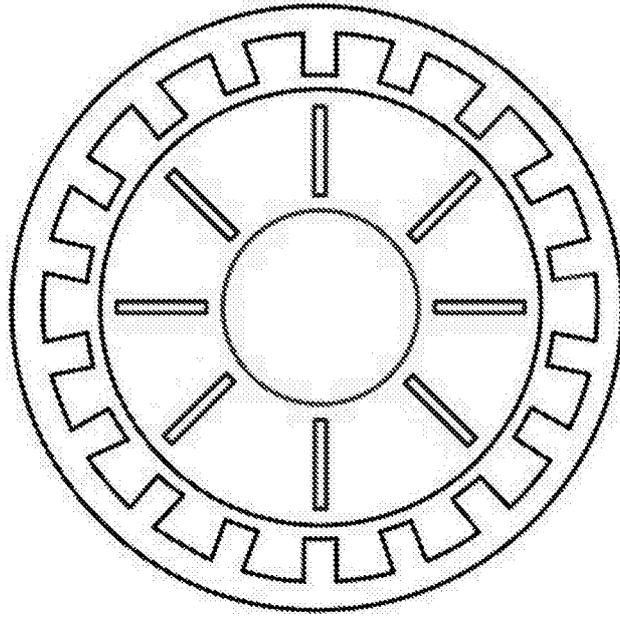


图3

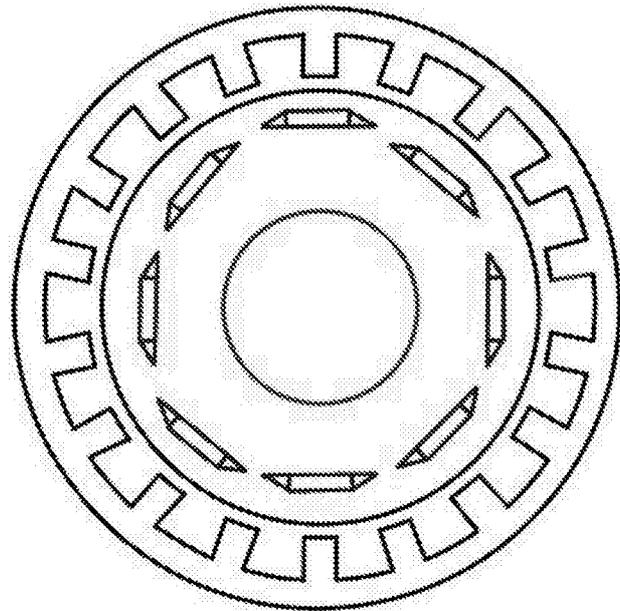


图4