



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105406629 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201510927661. 3

(22) 申请日 2015. 12. 14

(71) 申请人 新疆金风科技股份有限公司

地址 830026 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市
经济技术开发区上海路 107 号

(72) 发明人 高亚州 夏静 赵祥

(74) 专利代理机构 北京金律言科知识产权代理
事务所(普通合伙) 11461

代理人 罗延红 杨移

(51) Int. Cl.

H02K 3/28(2006. 01)

H02K 1/14(2006. 01)

H02K 1/27(2006. 01)

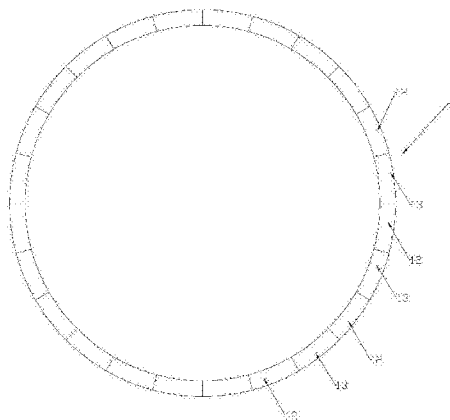
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

电机定子、永磁发电机

(57) 摘要

本发明提供一种电机定子、永磁发电机。该电机定子的每极每相槽数 q 为 $2/5$, 且包括两套 Y 接的定子绕组, 该两套定子绕组间相差 30° 电角度, 电机定子包括独立加工的至少一个第一定子模块和至少一个第二定子模块。此种结构的电机定子应用至电机中可以提高电机性能。



1. 一种电机定子,其特征在于,所述电机定子的每极每相槽数 q 为 $2/5$,且包括两套 Y 接的定子绕组,该两套定子绕组间相差 30° 电角度,所述电机定子包括独立加工的至少一个第一定子模块 (12) 和至少一个第二定子模块 (13)。

2. 根据权利要求 1 所述的电机定子,其特征在于,所述定子的定子槽为开口槽。

3. 根据权利要求 1 所述的电机定子,其特征在于,两套所述定子绕组的绕组线圈 (11) 节距为 1,且每个所述绕组线圈 (11) 的匝数相等。

4. 根据权利要求 1 所述的电机定子,其特征在于,所述定子包括相间设置的至少一个第一定子模块 (12) 和至少一个第二定子模块 (13)。

5. 根据权利要求 4 所述的电机定子,其特征在于,所述第一定子模块 (12) 为 12 个,所述第二定子模块 (13) 为 12 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 6 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 6 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 4 个,所述第二定子模块 (13) 为 4 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 18 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 18 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 24 个,所述第二定子模块 (13) 为 24 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 3 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 3 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 36 个,所述第二定子模块 (13) 为 36 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 2 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 2 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 72 个,所述第二定子模块 (13) 为 72 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 1 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 1 个。

6. 根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的电机定子,其特征在于,所述定子包括多个定子齿,所述定子齿为平行齿。

7. 一种永磁发电机,包括定子 (10) 和转子 (20),其特征在于,所述永磁发电机为双 3 相,且所述永磁发电机的每极每相槽数 q 为 $2/5$,所述定子 (10) 包括两套定子绕组,且两套所述定子绕组间相差 30° 电角度,两套所述定子绕组均为 Y 接,且两套所述定子绕组均为双层集中绕组。

8. 根据权利要求 7 所述的永磁发电机,其特征在于,所述定子 (10) 的定子槽为开口槽。

9. 根据权利要求 7 所述的永磁发电机,其特征在于,所述定子 (10) 包括多个定子齿,所述定子齿为平行齿。

10. 根据权利要求 7 所述的永磁发电机,其特征在于,两套所述定子绕组的绕组线圈 (11) 节距为 1,且每个所述绕组线圈 (11) 的匝数相等。

11. 根据权利要求 7 所述的永磁发电机,其特征在于,所述定子 (10) 包括相间设置的至少一个第一定子模块 (12) 和至少一个第二定子模块 (13)。

12. 根据权利要求 11 所述的永磁发电机,其特征在于,所述第一定子模块 (12) 为 12 个,所述第二定子模块 (13) 为 12 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 6 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 6 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 4 个,所述第二定子模块 (13) 为 4 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 18 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 18 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 24 个,所述第二定子模块 (13) 为 24 个,则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 3 个,所述第二定子模块 (13) 的齿数为 3 个;或

所述第一定子模块 (12) 为 36 个, 所述第二定子模块 (13) 为 36 个, 则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 2 个, 所述第二定子模块 (13) 的齿数为 2 个; 或

所述第一定子模块 (12) 为 72 个, 所述第二定子模块 (13) 为 72 个, 则所述第一定子模块 (12) 的齿数为 1 个, 所述第二定子模块 (13) 的齿数为 1 个。

13. 根据权利要求 11 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述第一定子模块 (12) 上的六个绕组线圈 (11) 由第一端至第二端的引出线依次是 AX、xa、YB、by、CZ、zc。

14. 根据权利要求 11 或 13 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述第二定子模块 (13) 上的六个绕组线圈 (11) 由第一端至第二端的引出线依次是 XA、ax、BY、yb、ZC、cz。

15. 根据权利要求 7 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述转子 (20) 包括径向表贴式磁钢 (21)。

16. 根据权利要求 15 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述磁钢 (21) 与所述定子 (10) 的外径的最大气隙长度与最小气隙长度之比为 3 : 2。

17. 根据权利要求 15 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述转子 (20) 磁极为斜极, 所述磁钢 (21) 的第一侧的第一端与第二端在所述转子 (20) 的周向上具有间距 K_t , 所述第一端为沿所述转子 (20) 轴向的第一端, 所述第二端为沿所述转子 (20) 轴向的第二端。

18. 根据权利要求 17 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述间距 K_t 为 1 倍定子齿距。

19. 根据权利要求 15 至 18 中任一项所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述磁钢 (21) 的侧边与所述磁钢 (21) 的底边之间具有第一夹角 α , 所述第一夹角 α 的取值范围为 40° 至 80° 。

20. 根据权利要求 19 所述的永磁发电机, 其特征在于, 所述第一夹角 α 的取值范围为 65° 至 75° 。

电机定子、永磁发电机

技术领域

[0001] 本发明涉及发电机领域,尤其涉及一种电机定子、永磁发电机。

背景技术

[0002] 随着大型永磁发电机容量的提高,发电机的体积和尺寸也相应增大,从而造成发电机定子制造和运输方面的成本增加。定子铁心分瓣技术能够很好地解决由于定子尺寸增大带来的制造成本高和运输不便的问题。目前,定子铁心分瓣技术主要应用于每极每相槽数为 1 的单层绕组结构或集中绕组结构。

[0003] 单层绕组技术虽然能解决定子制造成本高和运输不便的问题,但是由于单层绕组的定子采用整距节距设计,其无法有效地削弱 5、7 次谐波磁场的含量,会带来较大的转矩脉动问题,使得发电机的振动和噪声超标。

[0004] 此外,单层绕组的不同相位下的线圈端部形状不同,线圈制造比较困难。集中绕组具有线圈端部长度小,不同相位下的线圈形状相同等优点。但现有技术中,采用集中绕组的永磁电机为了提高磁钢利用率,定子均采用半闭口槽设计原则,导致电机不能整体下线,只能进行单齿下线,然后再与定子轭部和定子支架装配在一起。对于大型永磁电机而言,由于其定子槽数较多,定子采用半闭口槽设计使得电机装配工艺复杂,此外由于电机装配部件较多,无形中增加了电机潜在隐患点的数量,降低了电机的可靠性。

发明内容

[0005] 本发明的实施例提供一种电机定子、永磁发电机,以解决永磁发电机性能差的问题。

[0006] 为达到上述目的,本发明的实施例提供一种电机定子,电机定子的每极每相槽数 q 为 $2/5$,且包括两套 Y 接的定子绕组,该两套定子绕组间相差 30° 电角度,电机定子包括独立加工的至少一个第一定子模块和至少一个第二定子模块。

[0007] 进一步地,定子的定子槽为开口槽。

[0008] 进一步地,两套定子绕组的绕组线圈节距为 1,且每个绕组线圈的匝数相等。

[0009] 进一步地,定子包括相间设置的至少一个第一定子模块和至少一个第二定子模块。

[0010] 进一步地,第一定子模块为 12 个,第二定子模块为 12 个,则第一定子模块的齿数为 6 个,第二定子模块的齿数为 6 个;或第一定子模块为 4 个,第二定子模块为 4 个,则第一定子模块的齿数为 18 个,第二定子模块的齿数为 18 个;或第一定子模块为 24 个,第二定子模块为 24 个,则第一定子模块的齿数为 3 个,第二定子模块的齿数为 3 个;或第一定子模块为 36 个,第二定子模块为 36 个,则第一定子模块的齿数为 2 个,第二定子模块的齿数为 2 个;或第一定子模块为 72 个,第二定子模块为 72 个,则第一定子模块的齿数为 1 个,第二定子模块的齿数为 1 个。

[0011] 进一步地,定子包括多个定子齿,定子齿为平行齿。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供一种永磁发电机,包括定子和转子,永磁发电机为双 3 相,且永磁发电机的每极每相槽数 q 为 $2/5$,定子包括两套定子绕组,且两套定子绕组间相差 30° 电角度,两套定子绕组均为 Y 接,且两套定子绕组均为双层集中绕组。

[0013] 进一步地,定子的定子槽为开口槽。

[0014] 进一步地,定子包括多个定子齿,定子齿为平行齿。

[0015] 进一步地,两套定子绕组的绕组线圈节距为 1,且每个绕组线圈的匝数相等。

[0016] 进一步地,定子包括相间设置的至少一个第一定子模块和至少一个第二定子模块。

[0017] 进一步地,第一定子模块为 12 个,第二定子模块为 12 个,则第一定子模块的齿数为 6 个,第二定子模块的齿数为 6 个;或第一定子模块为 4 个,第二定子模块为 4 个,则第一定子模块的齿数为 18 个,第二定子模块的齿数为 18 个;或第一定子模块为 24 个,第二定子模块为 24 个,则第一定子模块的齿数为 3 个,第二定子模块的齿数为 3 个;或第一定子模块为 36 个,第二定子模块为 36 个,则第一定子模块的齿数为 2 个,第二定子模块的齿数为 2 个;或第一定子模块为 72 个,第二定子模块为 72 个,则第一定子模块的齿数为 1 个,第二定子模块的齿数为 1 个。

[0018] 进一步地,第一定子模块上的六个绕组线圈由第一端至第二端的引出线依次是 AX、xa、YB、by、CZ、zc。

[0019] 进一步地,第二定子模块上的六个绕组线圈由第一端至第二端的引出线依次是 XA、ax、BY、yb、ZC、cz。

[0020] 进一步地,转子包括径向表贴式磁钢。

[0021] 进一步地,磁钢与定子的外径的最大气隙长度与最小气隙长度之比为 3:2。

[0022] 进一步地,转子磁极为斜极,磁钢的第一侧的第一端与第二端在转子的周向上具有间距 K_t ,第一端为沿转子轴向的第一端,第二端为沿转子轴向的第二端。

[0023] 进一步地,该间距 K_t 为 1 倍定子齿距。

[0024] 进一步地,磁钢的侧边与磁钢的底边之间具有第一夹角 α ,第一夹角 α 的取值范围为 40° 至 80° 。

[0025] 进一步地,第一夹角 α 的取值范围为 65° 至 75° 。

[0026] 本发明的实施例的电机定子采用双 Y 移 30° 集中绕组结构,其每极每相槽数 q 为 $2/5$,应用在永磁发电机中时能够在有效地降低发电机定子绕组和铁心装配难度,提高定子绕组系数和转子磁钢的利用率,减小永磁发电机负载电流和在负载工况下的转矩脉动值,降低发电机的振动和噪声,延长发电机的寿命及提高发电机的可靠性;还可以应用于大功率永磁发电机的模块化设计。其包括独立加工的至少一个第一定子模块和至少一个第二定子模块,采用分瓣技术可以降低加工难度和成本。

附图说明

[0027] 图 1 为本发明的实施例的永磁发电机的定子分瓣的结构示意图;

[0028] 图 2 为本发明的实施例的永磁发电机的定子的第一定子模块的结构示意图;

[0029] 图 3 为本发明的实施例的永磁发电机的第一定子模块的绕组线圈引出线的结构示意图;

- [0030] 图 4 为本发明的实施例的永磁发电机的定子的第二定子模块的结构示意图；
- [0031] 图 5 为本发明的实施例的永磁发电机的第二定子模块的绕组线圈引出线的结构示意图；
- [0032] 图 6 为本发明的实施例的永磁发电机的转子的横截面的局部结构示意图；
- [0033] 图 7 为本发明的实施例的永磁发电机的转子的轴向的局部结构示意图；
- [0034] 图 8 为本发明的实施例的永磁发电机的转子与定子的气隙的局部放大图；
- [0035] 图 9 为本发明的实施例的永磁发电机的定子的其中一套定子绕组的连线示意图；
- [0036] 图 10 为本发明的实施例的永磁发电机的定子的另一套定子绕组的连线示意图。
- [0037] 附图标记说明：
- [0038] 1、第一定子模块的第一齿；1'、第二定子模块的第一齿；2、第一定子模块的第二齿；2'、第二定子模块的第二齿；3、第一定子模块的第三齿；3'、第二定子模块的第三齿；4、第一定子模块的第四齿；4'、第二定子模块的第四齿；5、第一定子模块的第五齿；5'、第二定子模块的第五齿；6、第一定子模块的第六齿；6'、第二定子模块的第六齿；10、定子；11、绕组线圈；12、第一定子模块；13、第二定子模块；20、转子；21、磁钢。

具体实施方式

- [0039] 下面结合附图对本发明实施例的电机定子、永磁发电机进行详细描述。
- [0040] 参阅图 1, 在本实施例中, 电机定子 10 采用定子分瓣技术加工, 该电机定子的每极每相槽数 q 为 $2/5$, 且包括两套 Y 接的定子绕组, 该两套定子绕组间相差 30° 电角度, 电机定子包括独立加工的至少一个第一定子模块 12 和至少一个第二定子模块 13。该电机定子可以应用至发电机中, 也可以应用至电动机中, 其具有加工成本低、运输方便、电磁和机械性能好的优点。
- [0041] 为了降低定子的运输和生产成本, 定子 10 采用定子分瓣技术加工。定子 10 包括相间设置的至少一个第一定子模块 12 和至少一个第二定子模块 13。将定子 10 沿圆周方向均匀分割成多瓣, 每瓣单独加工可以提高加工效率且减小加工模具和工装尺寸, 进而降低加工成本, 同时更加便于运输, 降低运输成本。使用时只需将各瓣依照预定的顺序和位置组合在一起即可形成定子 10。由于本实施例中, 一套定子绕组的三相呈 120° 电角度, 因此第一定子模块 12 和第二定子模块 13 相间设置。
- [0042] 参阅图 2, 优选地, 为了方便下线生产, 定子的定子槽为开口槽, 定子 10 的定子齿均为平行齿, 这样可以顺利下线加工。由于绕组线圈 11 的两个边相互平行, 为使绕组线圈 11 可以很好地与定子齿配合, 因而定子齿为平行齿。
- [0043] 优选地, 为了提高可靠性, 两套定子绕组的绕组线圈 11 节距为 1, 且每个绕组线圈 11 的匝数相等。绕组线圈 11 的节距为 1 可以使定子齿较宽, 使绕线更容易, 且不易将绕组折断。
- [0044] 第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的数量及其齿数可以根据需要确定, 包括但不限于以下几种示例性情况：
- [0045] 第一定子模块 12 为 12 个, 第二定子模块 13 为 12 个, 则第一定子模块 12 的齿数为 6 个, 第二定子模块 13 的齿数为 6 个。或者
- [0046] 第一定子模块 12 为 4 个, 第二定子模块 13 为 4 个, 则第一定子模块 12 的齿数为

18 个,第二定子模块 13 的齿数为 18 个。或者

[0047] 第一定子模块 12 为 24 个,第二定子模块 13 为 24 个,则第一定子模块 12 的齿数为 3 个,第二定子模块 13 的齿数为 3 个。或者

[0048] 第一定子模块 12 为 36 个,第二定子模块 13 为 36 个,则第一定子模块 12 的齿数为 2 个,第二定子模块 13 的齿数为 2 个。或者

[0049] 第一定子模块 12 为 72 个,第二定子模块 13 为 72 个,则第一定子模块 12 的齿数为 1 个,第二定子模块 13 的齿数为 1 个。

[0050] 在另一实施例中,还提供一种永磁发电机,其包括定子和转子,永磁发电机为双 3 相,且永磁发电机的每极每相槽数 q 为 $2/5$,定子包括两套定子绕组,且两套定子绕组间相差 30° 电角度,两套定子绕组均为 Y 接,且两套定子绕组均为双层集中绕组。采用分数槽且使两套定子绕组之间的电角度相差 30° 可以减少定子绕组的第 5 次和第 7 次谐波磁场含量、降低脉动转矩。

[0051] 优选地,定子 10 的定子槽为开口槽。采用双层集中绕组和开口槽可以提高永磁发电机的可靠性。

[0052] 再如图 1 所示,为了降低永磁发电机的运输和生产成本,永磁发电机的定子 10 采用定子分瓣技术加工。定子 10 包括相间设置的至少一个第一定子模块 12 和至少一个第二定子模块 13。将定子 10 沿圆周方向均匀分割成多瓣,每瓣单独加工可以提高加工效率且减小加工模具和工装的尺寸,进而降低加工成本,同时更加便于运输,降低运输成本。使用时只需将各瓣依照预定的顺序和位置组合在一起即可形成定子 10。

[0053] 在本实施例中,永磁发电机为外转子,内定子结构。永磁发电机的相数为双 3 相(即 6 相),极数为 120 极,定子槽数为 144 槽,定子 10 的相邻两个定子槽的相差为 150° 电角度。当然,永磁发电机的极数和定子槽数并不限于此,在其他实施例中,永磁发电机的极数和定子槽数可以根据需要选择,只要保证每极每相槽数 q 为 $2/5$ 即可。

[0054] 当然,永磁发电机也可为外定子,内转子结构。

[0055] 在本实施例中,每个第一定子模块具有 6 个定子齿,每个第二定子模块具有 6 个定子齿,定子 10 具有 12 个第一定子模块和 12 个第二定子模块 13。当然,在其他实施例中,第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的齿数可以根据需要确定,相应的,定子 10 包括的第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的数量也可根据需要确定。例如:若第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的齿数是 18,则定子 10 包括第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的数量为各 4 个。若第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的齿数是 12、24、36 或 72,则对应的定子 10 包括第一定子模块 12 和第二定子模块 13 的数量为各 6、3、2 或 1。

[0056] 再如图 2 和图 3 所示,第一定子模块 12 的定子铁芯上的定子槽为开口槽。第一定子模块 12 上的绕组线圈 11 由第一端至第二端的引出线依次是 AX、xa、YB、by、CZ、zc。

[0057] 也即单个第一定子模块 12 中,A1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第一定子模块的第一齿 1 上的绕组 AX,其中引出端 A 从第一定子模块的第一齿 1 的左侧(此左侧为图 2 和图 3 中的左侧)引出,引出端 X 从第一定子模块的第一齿 1 的右侧(此右侧为图 2 和图 3 中的右侧)引出。

[0058] B1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第一定子模块的第三齿 3 上的绕组 YB,其中引出端 Y 从第一定子模块的第三齿 3 的左侧引出,引出端 B 从第一定子模块的第三齿 3 的

右侧引出。

[0059] C1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第一定子模块的第五齿 5 上的绕组 CZ,其中引出端 C 从第一定子模块的第五齿 5 的左侧引出,引出端 Z 从第一定子模块的第五齿 5 的右侧引出。

[0060] 其中 A1 相、B1 相和 C1 相为一套定子绕组的组成部分。此套定子绕组中,引出端 X、引出端 Y 和引出端 Z 连接在一起,引出端 A、引出端 B 和引出端 C 引出形成此套 Y 接法定子绕组的出线端(如图 9 所示)。

[0061] A2 相的绕组线圈为 1 个,即绕设在第一定子模块的第二齿 2 上的绕组 xa,其中引出端 x 从第一定子模块的第二齿 2 的左侧引出,引出端 a 从第一定子模块的第二齿 2 的右侧引出。

[0062] B2 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第一定子模块的第四齿 4 上的绕组 by,其中引出端 b 从第一定子模块的第四齿 4 的左侧引出,引出端 y 从第一定子模块的第四齿 4 的右侧引出。

[0063] C2 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第一定子模块的第六齿 6 上的绕组 zc,其中引出端 z 从第一定子模块的第六齿 6 的左侧引出,引出端 c 从第一定子模块的第六齿 6 右侧引出。

[0064] 其中 A2 相、B2 相和 C2 相为另一套定子绕组的组成部分。该另一套定子绕组中,引出端 x、引出端 y 和引出端 z 连接在一起,引出端 a、引出端 b 和引出端 c 形成该另一套 Y 接法定子绕组的出线端(如图 10 所示)。

[0065] 参见图 4 和图 5 所示,第二定子模块 13 的定子铁芯上的定子槽为开口槽。第二定子模块 13 上的绕组线圈 11 由第一端至第二端的引出线依次是 XA、ax、BY、yb、ZC、cz。

[0066] 也即单个第二定子模块 13 中,A1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块的第一齿 1' 上的绕组 XA,其中引出端 X 从第二定子模块的第一齿 1' 的左侧引出,引出端 A 从第二定子模块的第一齿 1' 的右侧引出。

[0067] B1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块的第三齿 3' 上的绕组 BY,其中引出端 B 从第二定子模块 13 的第三齿 3' 的左侧引出,引出端 Y 从第二定子模块 13 的第三齿 3' 的右侧引出。

[0068] C1 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块 13 的第五齿 5' 上的绕组 ZC,其中引出端 Z 从第二定子模块 13 的第五齿 5' 的左侧引出,引出端 C 从第二定子模块 13 的第五齿 5' 的右侧引出。

[0069] 同样地,第二定子模块 13 中的 A1 相、B1 相和 C1 相与第一定子模块 12 中的 A1 相、B1 相和 C1 相相同,为同一套定子绕组的组成部分。引出端 X、引出端 Y 和引出端 Z 连接在一起,引出端 A、引出端 B 和引出端 C 引出形成此套 Y 接法定子绕组的出线端(如图 9 所示)。

[0070] A2 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块 13 的第二齿 2' 上的绕组 ax,其中引出端 a 从第二定子模块 13 的第二齿 2' 的左侧引出,引出端 x 从第二定子模块 13 的第二齿 2' 的右侧引出。B2 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块 13 的第四齿 4' 上的绕组 yb,其中引出端 y 从第二定子模块 13 的第四齿 4' 的左侧引出,引出端 b 从第二定子模块 13 的第四齿 4' 的右侧引出。

[0071] C2 相的绕组线圈 11 为 1 个,即绕设在第二定子模块 13 的第六齿 6' 上的绕组 cz,

其中引出端 c 从第二定子模块 13 的第六齿 6' 的左侧引出,引出端 z 从第二定子模块 13 的第六齿 6' 的右侧引出。

[0072] 同样地,第二定子模块 13 中的 A2 相、B2 相和 C2 相与第一定子模块 12 中的 A2 相、B2 相和 C2 相相同,为该另一套定子绕组的组成部分。引出端 x、引出端 y 和引出端 z 连接在一起,引出端 a、引出端 b 和引出端 c 形成该另一套 Y 接法定子绕组的出线端(如图 10 所示)。

[0073] 定子 10 由多个第一定子模块 12 和第二定子模块 13 相间设置构成。每个第一定子模块 12 和每个第二定子模块 13 的引出端 A、引出端 B、引出端 C、引出端 a、引出端 b 和引出端 c 根据设计需要和其他定子模块中的同相引出端进行串并联连接或直接与端环连接。最终形成定子 10 的两套定子绕组。

[0074] 这两套定子绕组之间相差 30° 电角度。同一套定子绕组中的三相绕组互差 120° 电角度,由此可以确保降低第 5 次和第 7 次谐波含量,减小转矩脉动。同时每个绕组线圈 11 均为双层集中式绕组,绕组线圈 11 的节距为 1,且每个绕组线圈 11 的匝数都相等,且定子槽为开口槽使得在定子分瓣生产时,线圈制造工艺简单,降低采用集中式绕组的发电机装配工艺的复杂度并提高可靠性。

[0075] 在本实施例中,定子 10 的定子齿均为平行齿,这样可以顺利下线加工。由于绕组线圈 11 的两个边相互平行,为使绕组线圈 11 可以很好地与定子齿配合,因而定子齿为平行齿。参见图 6 和图 7 所示,在本实施例中,转子 20 包括径向表贴式磁钢 21,由此可以降低永磁体的漏磁系数,提高永磁体的利用率。具体地,沿转子支架的圆周方向,永磁体依次间隔地固定在转子支架的支架内壁上。且永磁体朝向定子 10 的磁极为 N 极与 S 极相间。由此在转子 20 上形成了 120 个磁极。图 6 和图 7 中示出了转子的局部结构,图中共 5 个磁极,两个 N 极朝向定子 10 的磁钢 21,三个 S 极朝向定子 10 的磁钢 21,其中 N 极朝向定子 10 的磁钢 21 与 S 极朝向定子 10 的磁钢 21 相间地固定在转子支架的内壁上。

[0076] 优选地,磁钢 21 采用斜极设计。也即磁钢 21 的第一侧的第一端(第一端为沿转子 20 轴向的第一端)与第二端(第二端为沿转子 20 轴向的第二端)在转子 20 的周向上具有间距 Kt 。磁钢 21 的斜极尺寸(也即间距 Kt)为一倍定子齿距。

[0077] 也即,如图 7 所示,磁钢 21 的相同边的最上端(第一端)和最下端(第二端)在圆周方向上的间距 Kt 的弧长在该磁极圆周上所对应的机械角度为 2.5° ,正好等于 1 个定子齿距对应的机械角度 $360^\circ \div 144 = 2.5^\circ$ 。

[0078] 如图 8 所示,优选地,磁钢 21 的朝向定子 10 的一面为弧面,每个磁钢 21 与定子 10 的外圆形成不均匀气隙,且每个磁钢 21 与定子 10 的外径的最大气隙长度与最小气隙长度的比值为 3:2(即 1.5:1),以提高气隙磁场的正弦性。

[0079] 磁钢 21 的侧边与磁钢 21 的底边(靠近转子支架的一边)之间的具有第一夹角 a ,该第一夹角 a 的取值范围为 40° 至 80° 。优选地,该第一夹角 a 的取值范围为 65° 至 75° 。例如, 65° 、 70° 或 75° 。此外,为了减小磁钢 21 中的涡流损耗,每块磁钢 21 在永磁电机轴向上的长度不宜过大,具体尺寸可以根据设计需求来确定。

[0080] 采用上述的定子 10 和转子 20 可以使永磁发电机容量增大的同时,降低永磁发电机定子制造和运输的成本;保证永磁发电机气隙磁场波形正弦性好,空载反电动势波形好,空载转矩脉动小;且基本上消除了定子绕组的第 5 次和第 7 次谐波磁动势,提高了定子绕组

系数,降低了永磁发电机负载电流和负载转矩脉动值,削弱了永磁发电机振动和噪声的激励源。

[0081] 此外,由于采用了集中绕组结构,大大简化了绕组线圈制造成本;定子的开口槽的设计实现永磁发电机的绕组线圈的整体下线工艺,降低了下线难度,提高了电机铁芯和绕组的整体可靠性。采用双 Y 移 30° 电角度的绕组连接方法,在不增加线圈主要尺寸和制造成本的基础上,提高了绕组利系数,且能够有效地削弱第 5 次和第 7 次绕组谐波磁动势,降低发电机负载电流和负载转矩脉动,提高发电机效率和可靠性,而且能够实现定子分瓣设计的目的。本发明的永磁发电机具有如下效果:

[0082] 永磁发电机定子采用分瓣设计,以降低定子制造和运输的成本。

[0083] 永磁发电机采用每极每相槽数 q 为 $2/5$ 的设计原则,相数为双 3 相,定子槽采用开口槽设计,定子齿为平行齿;并采用集中绕组结构,定子绕组由两套电角度相差 30° 的绕组构成,定子两套绕组的连接方式均为 Y 连接,使得采用分瓣技术的大容量永磁发电机能够有效地削弱第 5 次和第 7 次谐波磁场,降低转矩脉动,同时降低线圈制造难度。此外还能够降低电机装配复杂度,提高可靠性。使得发电机制造工艺简单、可靠性更高。

[0084] 永磁发电机转子磁极采用斜极设计,斜极尺寸为 1 倍定子齿距,能够降低电机的齿槽转矩和负载脉动转矩。

[0085] 永磁发电机转子磁钢采用径向表贴式,磁钢与定子外径的最大气隙长度与最小气隙长度之比为 1.5,能够使气隙磁场分布接近正弦性,并提高转子永磁体利用率,大大削弱齿槽转矩。

[0086] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

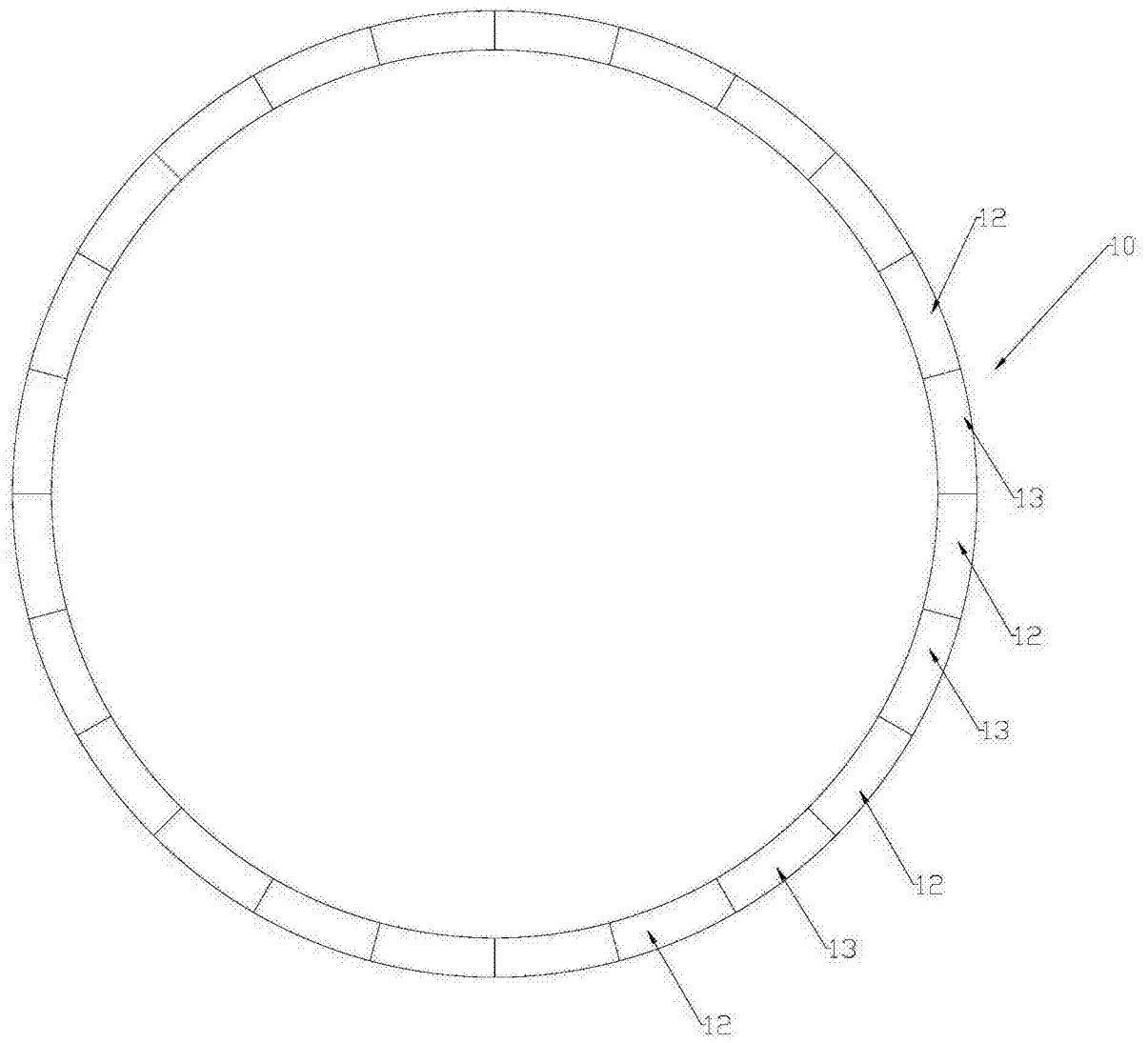


图 1

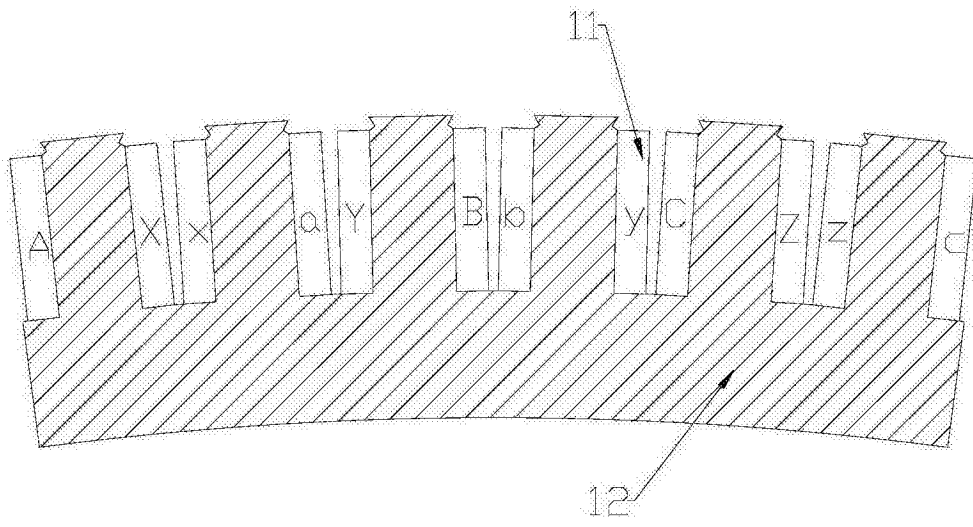


图 2

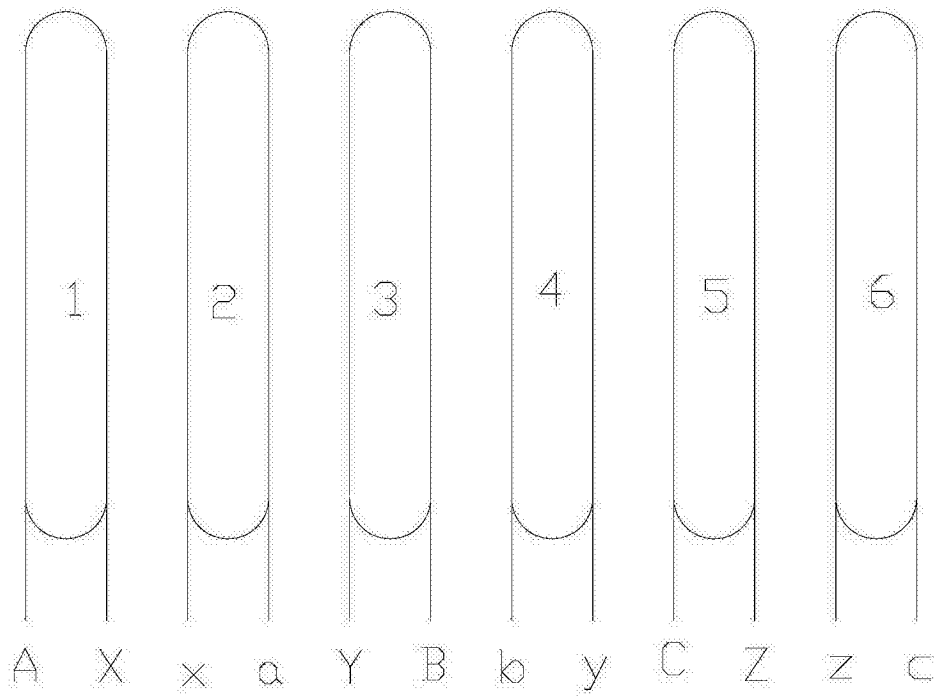


图 3

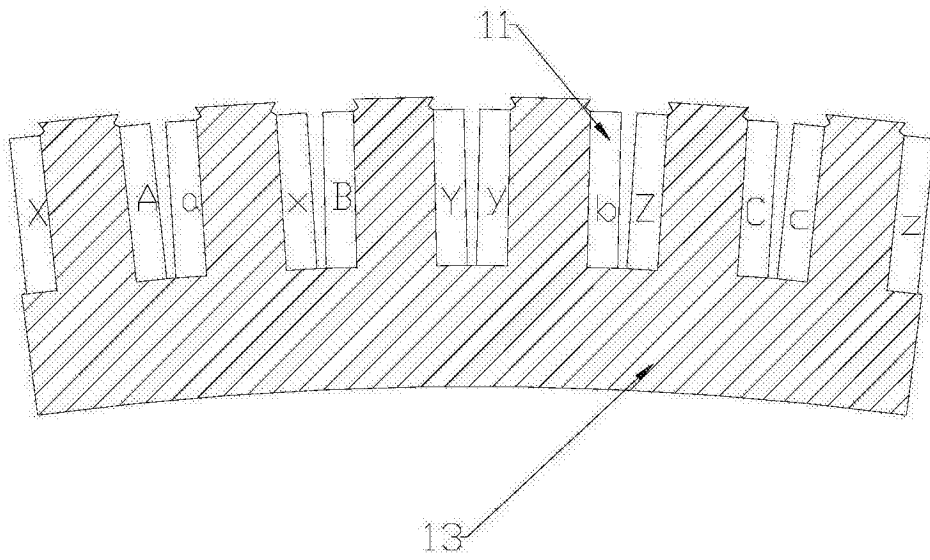


图 4

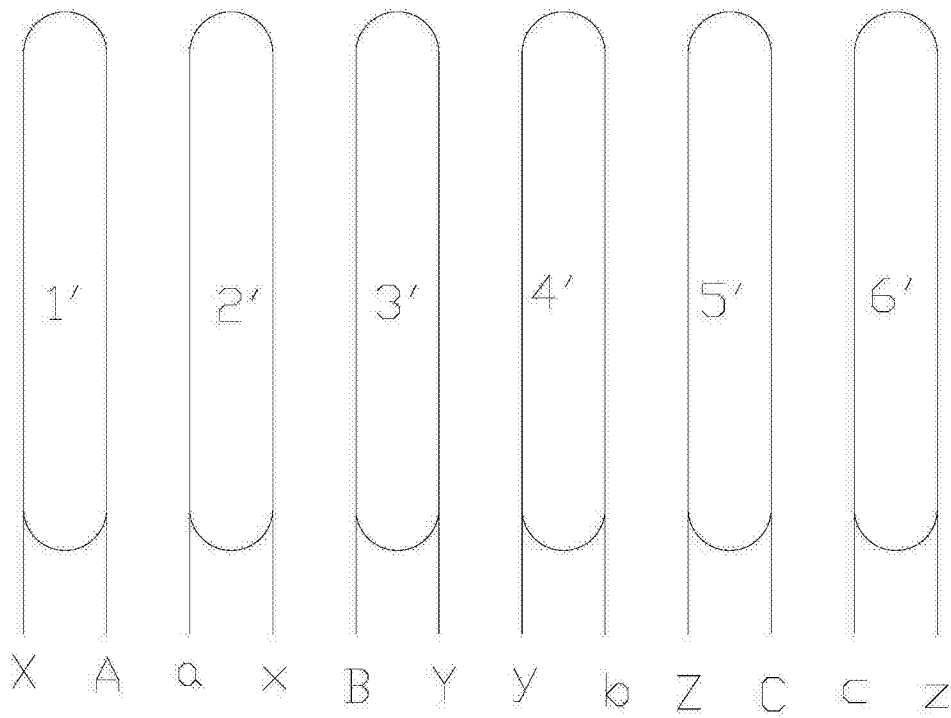


图 5

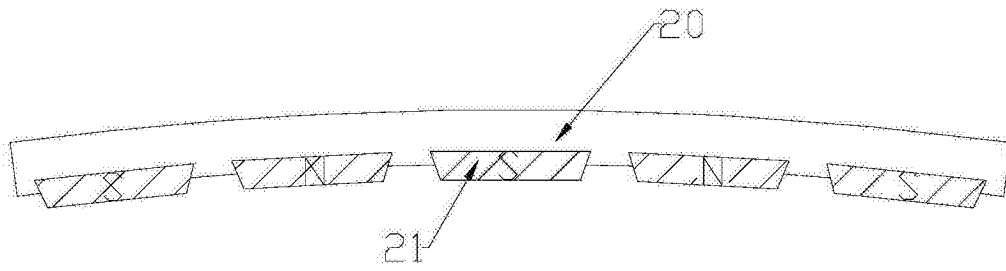


图 6

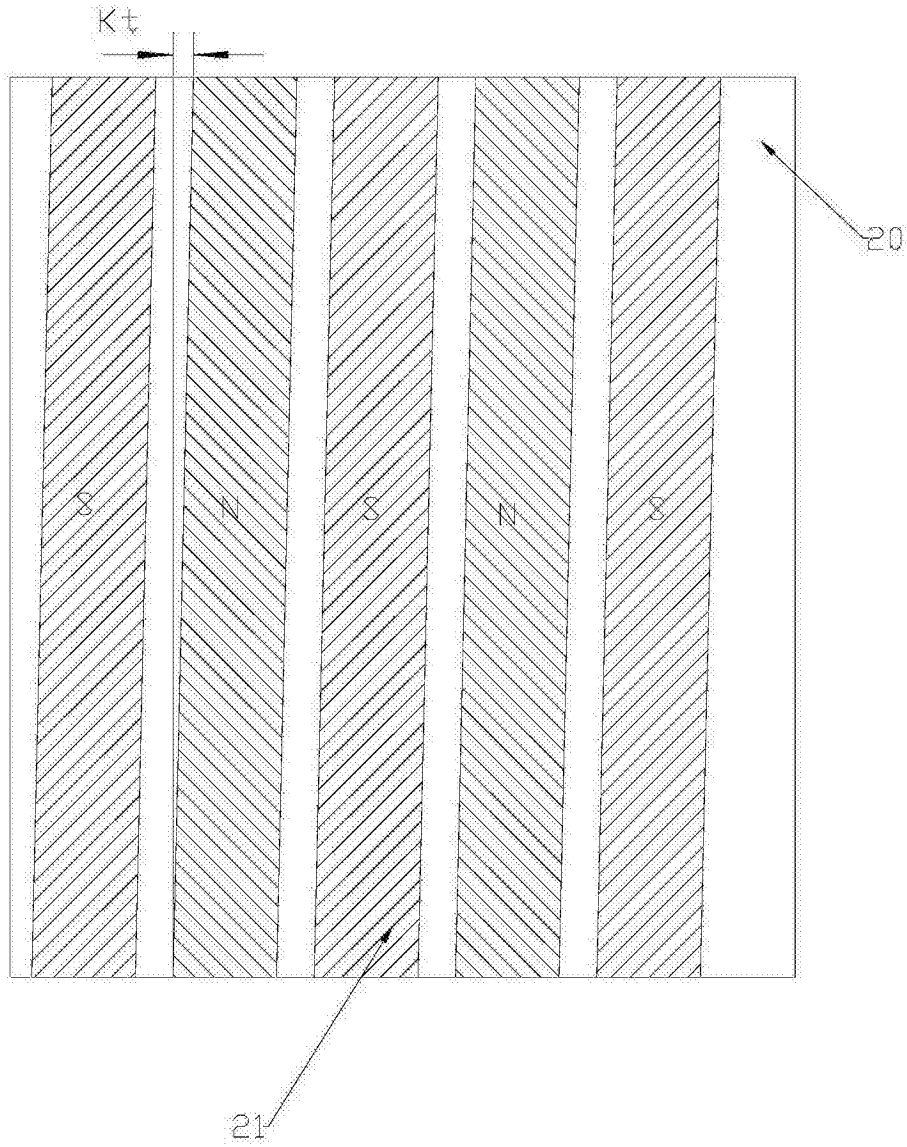


图 7

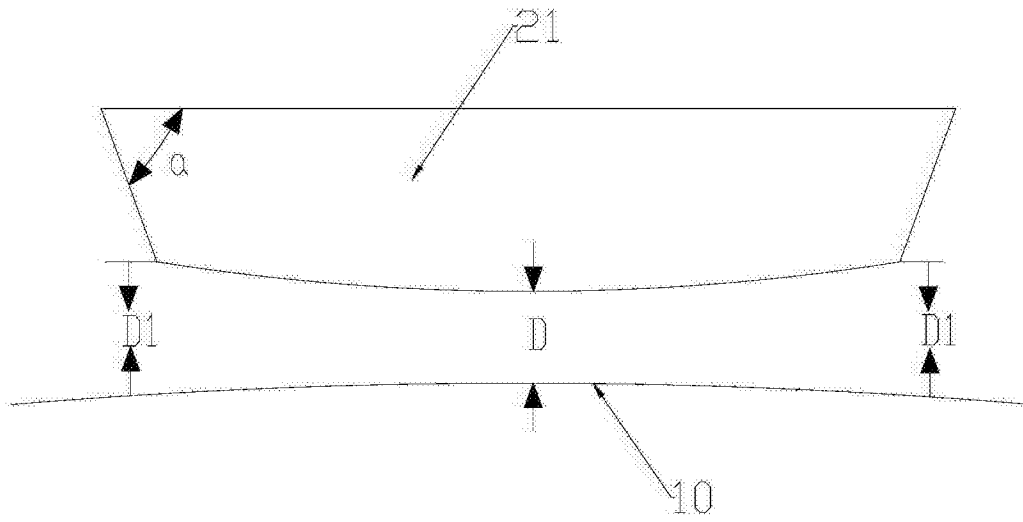


图 8

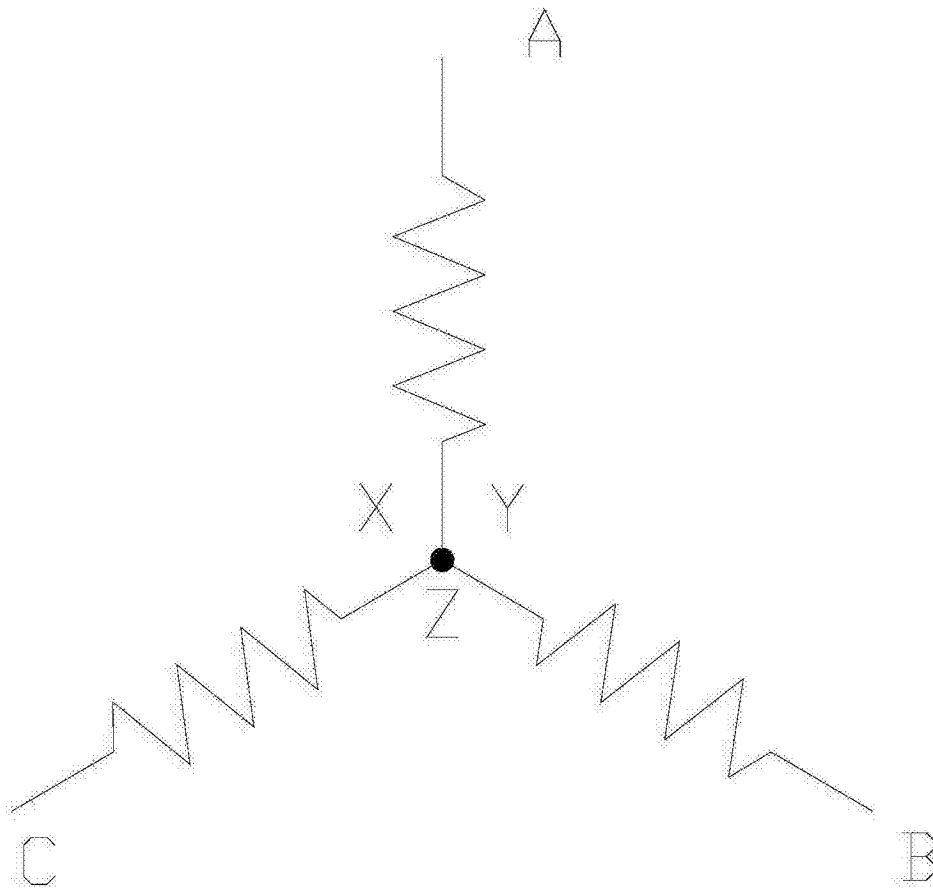


图 9

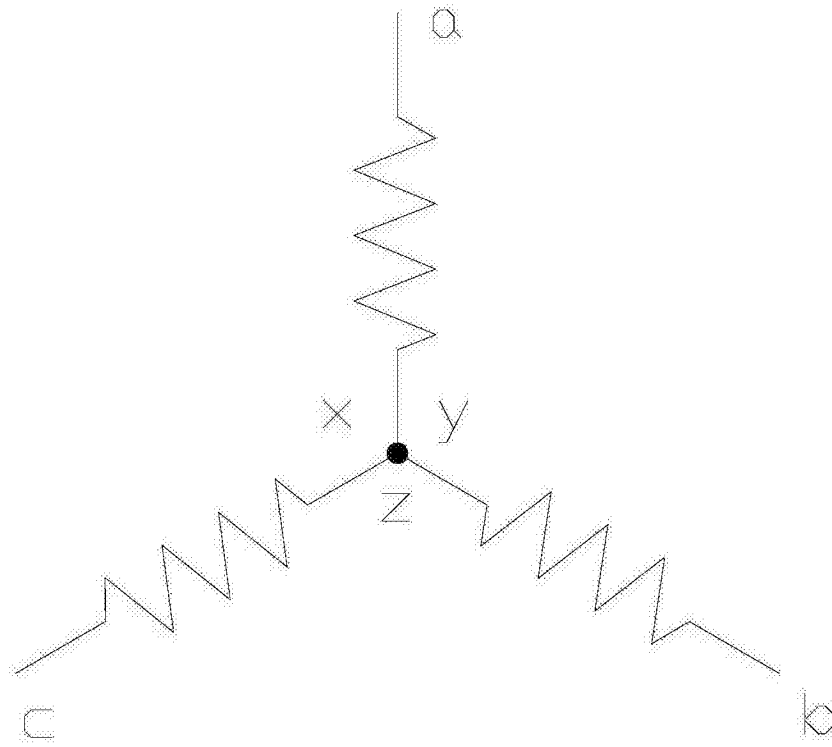


图 10