

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 7 月 7 日 (07.07.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/107483 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02K 15/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/098613
- (22) 国际申请日: 2015 年 12 月 24 日 (24.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510007702.7 2015 年 1 月 4 日 (04.01.2015) CN
- (71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。
- (72) 发明人: 程小华 (CHENG, Xiaohua); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。
- (74) 代理人: 广州市华学知识产权代理有限公司 (GUANGZHOU HUAXUE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD); 中国广东省广州天河区五山路 381 号物资大楼首层, Guangdong 510640 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD FOR DESIGNING THIRD HARMONIC EXCITING WINDING OF SALIENT-POLE SYNCHRONOUS GENERATOR

(54) 发明名称: 一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法

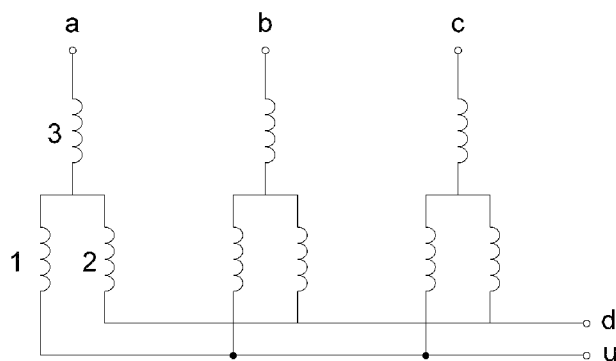


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: A method for designing a third harmonic excitation winding of a salient-pole synchronous generator comprises the following steps: combining two monopole-pair slot-number phase diagrams and drawing same together by means of a two-pole-pair slot-number phase diagram method, the horizontal direction representing the slot-number phase diagram of one number of pole-pairs, and the vertical direction representing the slot-number phase diagram of a same number of slots having a different number of pole-pairs; and selecting a slot number and coil pitch for the stator winding of a salient-pole synchronous generator according to the two-pole-pair slot-number phase diagram. The present design method provides a simple structure and lower copper consumption.

(57) 摘要: 一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法, 包含以下顺序的步骤: 采用双极对槽号相位图法, 将两个单极对槽号相位图合并绘制在一起, 其水平方向代表一种极对数的槽号相位图, 在垂直方向上又代表同一槽数在另一种极对数下的槽号相位图; 根据双极对槽号相位图选择凸极同步发电机定子绕组的槽号和线圈节距。该设计方法结构简单、铜耗更少。



WO 2016/107483 A1

一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法

技术领域

本发明涉及电流励磁领域，特别涉及一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法。

背景技术

传统的三次谐波电流励磁凸极同步发电机的定子槽内有两套独立的绕组：一套是电枢绕组，输出三相交流电能；另一套是附加的三次谐波励磁绕组，用作交流励磁电源。由于定子上采用两套绕组，因此这种同步发电机的绕组用铜较多，成本也相应增加。为了克服其缺点，国外学者提出了定子共用绕组——通过改变定子绕组的接线方式，能够在定子绕组切割气隙磁场时感生出基波和三次谐波交流电势。其中，三次谐波电势产生的谐波电流经过整流后，连接到转子上的励磁绕组中。

目前，三次谐波电流励磁的凸极同步发电机定子共用绕组的设计主要采用的是槽矢量星型图法。这一方法的缺点是设计定子共用绕组时无法直观得到两种极对数均具有良好对称性和较高分布系数的绕组方案。而且采用这种设计方法时，必须先在一极对数下采取某一种槽号分布方案，然后判断该方案在另一种极对数下的性能，如果无法满足要求，再返回重新调整槽号分布方案。因此，该种设计方法步骤繁琐，灵活性差，也很难满足设计要求。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足，提供一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法。

本发明的目的通过以下的技术方案实现：

一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，包含以下顺序的步骤：

S1. 采用双极对槽号相位图法，将两个单极对槽号相位图合并绘制在一起，其水平方向代表一种极对数的槽号相位图，在垂直方向上又代表同一槽数在另一种极对数下的槽号相位图；

S2. 根据双极对槽号相位图选择凸极同步发电机定子绕组的槽号和线圈节距。

所述的双极对槽号相位图的画法采用单元绕组参数法，利用单元绕组参数来确定槽号相位图的参数。

所述的单元绕组参数法，具体为双极对槽号相位图的列数由变后极极对数与槽数一起来规定，双极对槽号相位图的行数则由变前极极对数与槽数一起来规定，同时，变前极和变后极各自确定各自方向的步长；通过单元绕组参数法画出定子共用绕组的双极对槽号相位图后，即可根据该图选择定子绕组的槽号和线圈节距。槽号相位图的传统画法以三相为依据来画槽号相位图，从概念上引起错觉，不利于把握绕线式感应电机转子绕组的设计规律。反之，单元绕组参数法利用单元绕组参数来确定槽号相位图的参数，概念清晰、操作简便，有助于把握槽号相位图本身的物理本质。

所述的凸极同步发电机定子绕组变前极极数 $2p_1=4$ ，变后极极数 $2p_2=12$ 。

所述的凸极同步发电机的定子槽数 z 必须满足3个要求：（1）槽数 z 是奇数；（2）槽数 z 可被3整除；（3）槽数 $z \geq 27$ 。

所述的三次谐波励磁绕组为三相绕组，所述三相绕组包含绕组A、B、C，绕组A的端子A1、绕组B的端子B1、绕组C的端子C1分别用导线引出，构成a、b、c三个接线端，用于提供50HZ的三相基波电流；绕组A的端子A2、绕组B的端子B2、绕组C的端子C2用导线接在一起，构成d接线端，绕组A的端子A3、绕组B的端子B3、绕组C的端子C3用导线接在一起，构成u接线端，d、u端提供150HZ的单相三次谐波电流，该交流电流通过整流后接到转子上的励磁绕组中进行励磁。

本发明与现有技术相比，具有如下优点和有益效果：

- 1、由三次谐波电流励磁的凸极同步发电机的定子共用绕组具有结构简单、铜耗更少的优点。
- 2、通过双极对槽号相位图，定子共用绕组的设计变得简单而清晰。
- 3、依据单元绕组参数法绘制双极对槽号相位图，可以直接利用单元绕组的槽数来预见是否存在对称绕组方案，减少绕组设计的繁琐性和重复性。
- 4、单元绕组参数法把实际绕组的问题转化为单元绕组的问题，物理概念直观，便于理解和掌握定子共用绕组的结构和原理。

附图说明

图1为凸极同步发电机的定子共用绕组接线图；

图2为根据凸极同步发电机的定子槽数和变极前后的绕组极对数画出的双极对槽号相位图。

具体实施方式

下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，包含以下顺序的步骤：

S1. 采用双极对槽号相位图法，将两个单极对槽号相位图合并绘制在一起，其水平方向代表一种极对数的槽号相位图，在垂直方向上又代表同一槽数在另一种极对数下的槽号相位图；

S2. 根据双极对槽号相位图选择凸极同步发电机定子绕组的槽号和线圈节距。

所述的双极对槽号相位图的画法采用单元绕组参数法，利用单元绕组参数来确定槽号相位图的参数。

所述的单元绕组参数法，具体为双极对槽号相位图的列数由变后极极对数与槽数一起来规定，双极对槽号相位图的行数则由变前极极对数与槽数一起来规定，同时，变前极和变后极各自确定各自方向的步长；通过单元绕组参数法画出定子共用绕组的双极对槽号相位图后，即可根据该图选择定子绕组的槽号和线圈节距。

所述的凸极同步发电机定子绕组变前极极数 $2p_1=4$ ，变后极极数 $2p_2=12$ 。

所述的凸极同步发电机的定子槽数 z 必须满足3个要求：（1）槽数 z 是奇数；（2）槽数 z 可被3整除；（3）槽数 $z \geq 27$ 。

所述的三次谐波励磁绕组为三相绕组，所述三相绕组包含绕组A、B、C，绕组A的端子A1、绕组B的端子B1、绕组C的端子C1分别用导线引出，构成a、b、c三个接线端，用于提供50HZ的三相基波电流；绕组A的端子A2、绕组B的端子B2、绕组C的端子C2用导线接在一起，构成d接线端，绕组A的端子A3、绕组B的端子B3、绕组C的端子C3用导线接在一起，构成u接线端，d、u接线端提供150HZ的单相三次谐波电流，该交流电流通过整流后接到转子上的励磁绕组中进行励磁。

下面通过更为具体的实施例对本发明进一步说明：

选择凸极同步发电机的定子槽数 $z=39$ ，变前极极数 $2p_1=4$ ，变后极极数 $2p_2=12$ ，定子共用绕组的结构如图1所示。该绕组结构能同时提供两种频率的交流电流，其中a、b、c三个接线端提供三相对称的50HZ基波电流，作为凸极同步发电机的输出；d、u两个接线端提供单相50HZ三次谐波电流，经过整流后接到转子励磁绕组中，作为励磁电流。

用单元绕组参数法画出定子绕组的双极对槽号相位图，具体步骤为：

(1) 单元绕组参数为：

1) 变前极单元绕组参数：

定子槽数与变前极极对数的最大公约数 $t_1 = GCD(z, p_1) = GCD(39, 2) = 1$ ；

经最大公约数换算后的定子槽数 $z_{t1} = z / t_1 = 39 / 1 = 39$ ；

经最大公约数换算后的变前极极对数 $p_{t1} = p_1 / t_1 = 2 / 1 = 2$ 。

2) 变后极单元绕组参数：

定子槽数与变后极极对数的最大公约数 $t_2 = GCD(z, p_2) = GCD(39, 6) = 3$ ；

经最大公约数换算后的定子槽数 $z_{t2} = z / t_2 = 39 / 3 = 13$ ；

经最大公约数换算后的变后极极对数 $p_{t2} = p_2 / t_2 = 6 / 3 = 2$ 。

(2) 由于 z_{t1} 为奇数，所以双极对槽号相位图的行数 $L_1 = 2z_{t1} = 2 \times 39 = 78$ ，纵向步长 $F_1 = 2p_{t1} = 2 \times 2 = 4$ ；由于 z_{t2} 也为奇数，所以有双极对槽号相位图的列数 $L_2 = 2z_{t2} = 2 \times 13 = 26$ ，横向步长 $F_2 = 2p_{t2} = 2 \times 2 = 4$ 。

(3) 依据 (2) 中求出的行、列数和横向、纵向步长画出双极对槽号相位图如图 2 所示，图中只画出了 a 相部分，b、c 相的画法完全相同，故不再赘述。

根据以下规则选择每个并联支路的槽号：

- (1) 并联支路 1 和 2 的基波电势同相位；
- (2) 并联支路 1 和 2 的三次谐波电势相位相反；
- (3) 支路 3 和 1 的基波电势同相位。

为了实现以上要求，在双极对槽号相位中，每相绕组三条支路的槽号必须沿双极对槽号相位图的横向和纵向中心线对称。在图 2 中，将支路 1 的槽号安排在中心线两边，支路 2 和支路 3 的槽号分别向两边对称扩展。由于离中心线越远的槽，其槽电势与中心线所在槽电势之间的相位越大，为了保证三条支路的基波和三次谐波电势的相位要求，经计算可确定支路 1 包括 6 个槽号，支路 2 包括 8 个槽号，支路 3 包括 10 个槽号。每条并联支路（只列出 a 相）的线圈边如下所示：

支路 1: 23, -33, 4, -14, 24, -34;

支路 2: 21, -31, 2, -12, 6, -16, 26, -36;

支路 3: 1, -11, -32, 3, -13, 5, -15, 25, 7, -17。

为了让线圈连接更简单，以上设计中没有用到槽号 9, 22, 35。包含所有槽的设计方式会让绕组连接方式变得非常复杂。

为了减少铜耗并且保证线圈整齐，选择线圈边的合适线圈节距如下所示：

在支路 1 中：线圈节距=9 槽；

在支路 2 中：线圈节距=10 槽；

在支路 3 中：线圈节距=8 槽。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于，包含以下顺序的步骤：

S1. 采用双极对槽号相位图法，将两个单极对槽号相位图合并绘制在一起，其水平方向代表一种极对数的槽号相位图，在垂直方向上又代表同一槽数在另一种极对数下的槽号相位图；

S2. 根据双极对槽号相位图选择凸极同步发电机定子绕组的槽号和线圈节距。

2、根据权利要求 1 所述的凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于：所述的双极对槽号相位图的画法采用单元绕组参数法，利用单元绕组参数来确定槽号相位图的参数。

3、根据权利要求 2 所述的凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于：所述的单元绕组参数法，具体为双极对槽号相位图的列数由变后极极对数与槽数一起来规定，双极对槽号相位图的行数则由变前极极对数与槽数一起来规定，同时，变前极和变后极各自确定各自方向的步长；通过单元绕组参数法画出定子共用绕组的双极对槽号相位图后，即可根据该图选择定子绕组的槽号和线圈节距。

4、根据权利要求 1 所述的凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于：所述的凸极同步发电机定子绕组变前极极数 $2p_1=4$ ，变后极极数 $2p_2=12$ 。

5、根据权利要求 1 所述的凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于：所述的凸极同步发电机的定子槽数 z 必须满足 3 个要求：（1）槽数 z 是奇数；（2）槽数 z 可被 3 整除；（3）槽数 $z \geq 27$ 。

6、根据权利要求 1 所述的凸极同步发电机三次谐波励磁绕组的设计方法，其特征在于：所述的三次谐波励磁绕组为三相绕组，所述三相绕组包含绕组 A、B、C，绕组 A 的端子 A1、绕组 B 的端子 B1、绕组 C 的端子 C1 分别用导线引出，构成 a、b、c 三个接线端，用于提供 50HZ 的三相基波电流；绕组 A 的端子 A2、绕组 B 的端子 B2、绕组 C 的端子 C2 用导线接在一起，构成 d 接线端，绕组 A 的端子 A3、绕组 B 的端子 B3、绕组 C 的端子 C3 用导线接在一起，构成 u 接线端，d、u 端提供 150HZ 的单相三次谐波电流，该交流电流通过整流后接到转子上的励磁绕组中进行励磁。

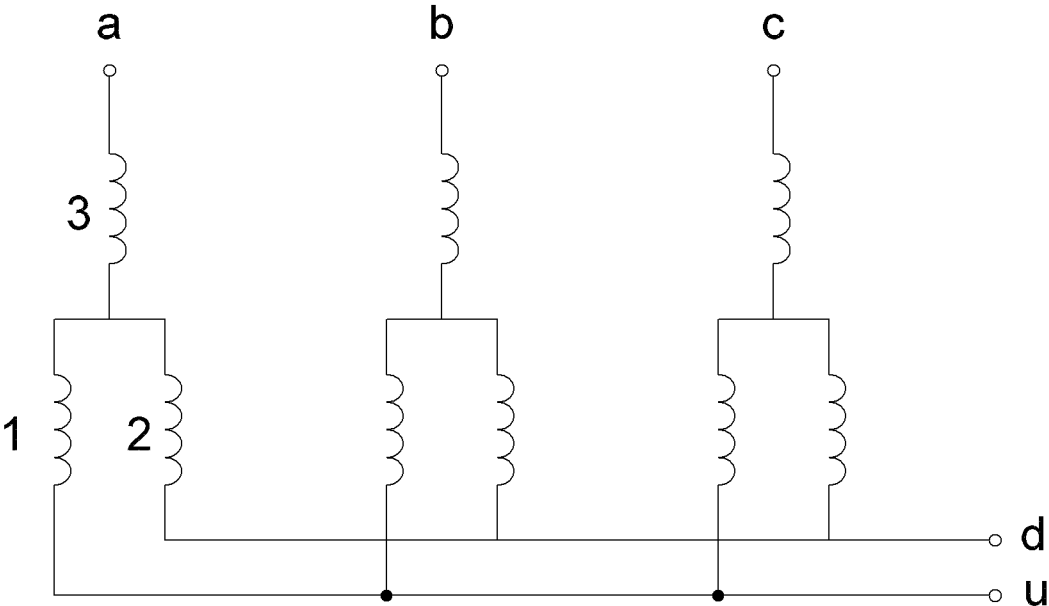


图 1

0^0

2 对极

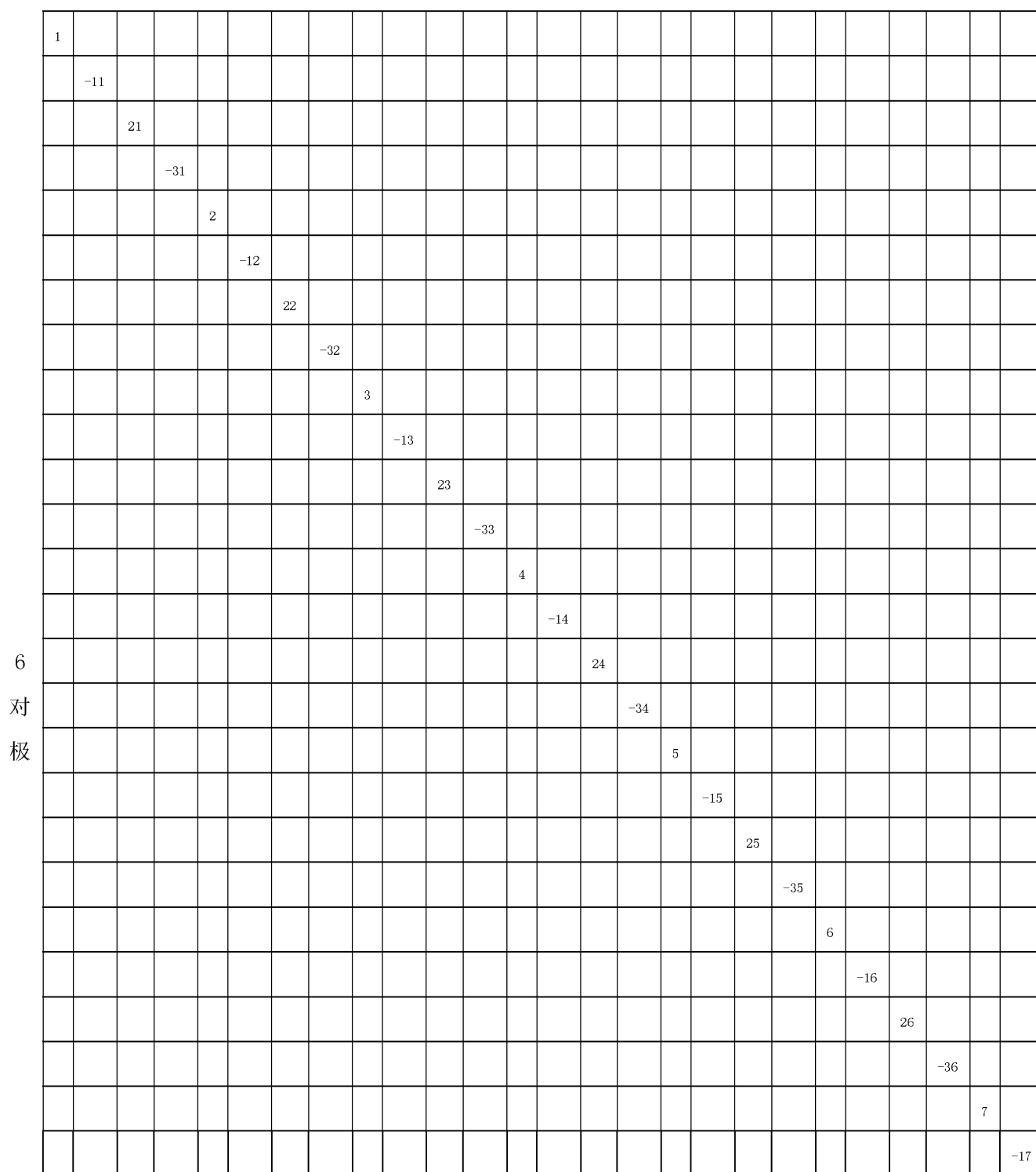
 120°  360°

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/098613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K 15/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CPRSABS, WPI, EPODOC: salient pole, salient, pole, in-phase, synchronization, generator, third harmonic, triple harmonic, excitation winding, slots-number, phase chart

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104578611 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 29 April 2015 (29.04.2015), claims 1-6	1-6
A	CN 104184289 A (SHANGHAI ELECTRIC TIMAC CO., LTD.), 03 December 2014 (03.12.2014), the whole document	1-6
A	CN 101702606 A (HUAZHONG UNIVEERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. et al.), 05 May 2010 (05.05.2010), the whole document	1-6
A	YU, Kexun et al., "A Twin Pole-pair Slot-number Phase Diagram For The Design Of Pole-changing Windings", JOURNAL OF HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 22, no. 4, 30 April 1994 (30.04.1994), ISSN: 1671-4512, section 1.2, and figure 3	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 March 2016 (23.03.2016)	Date of mailing of the international search report 31 March 2016 (31.03.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer DING, Dongxia Telephone No.: (86-10) 62089125

International application No.
PCT/CN2015/098613

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类 H02K 15/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CPRSABS, WPI, EPODOC 凸极, 同步, 发电机, 三次谐波, 励磁绕组, 槽号, 相位图, salient, pole, in-phase, synchronization, generator, third harmonic, triple harmonic, excitation winding, slots-number, phase chart		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104578611 A (华南理工大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 权利要求1-6	1-6
A	CN 104184289 A (上海上电蒂马克电机有限公司) 2014年 12月 3日 (2014 - 12 - 03) 全文	1-6
A	CN 101702606 A (华中科技大学 等) 2010年 5月 5日 (2010 - 05 - 05) 全文	1-6
A	于克训 等. "变极电机绕组设计的“双极对数槽号相位图”" 华中理工大学学报, 第22卷, 第4期, 1994年 4月 30日 (1994 - 04 - 30), ISSN: 1671-4512, 第1.2部分和图3	1-6
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2016年 3月 23日		国际检索报告邮寄日期 2016年 3月 31日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 丁东霞 电话号码 (86-10)62089125

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/098613

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104578611	A	2015年 4月 29日	无	
CN	104184289	A	2014年 12月 3日	无	
CN	101702606	A	2010年 5月 5日	CN 101702606 B	2011年 8月 10日