



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118830165 A

(43) 申请公布日 2024. 10. 22

(21) 申请号 202280092277.4

(22) 申请日 2022.09.02

(30) 优先权数据

17/690,623 2022.03.09 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.08.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/CN2022/116808 2022.09.02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/168915 EN 2023.09.14

(71) 申请人 精进电动科技股份有限公司

地址 100015 北京市朝阳区将台路5号普天  
实业科技园内7座

(72) 发明人 李景川 余平 王海斌

(74) 专利代理机构 北京市隆安律师事务所

11323

专利代理师 权鲜枝

(51) Int. Cl.

H02K 1/22 (2006.01)

H02K 17/12 (2006.01)

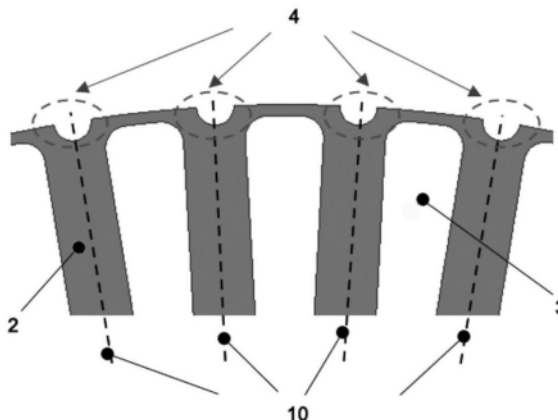
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

感应电机转子和具备它的感应电机

(57) 摘要

本申请提供一种感应电机的转子,包括转子本体(1)、沿着转子本体(1)的圆周设置的相互交替的转子齿(2)和转子槽(3)、以转子齿(2)的中心线(10)为中心对称地设置的设置于转子齿(2)的端部的多个沟槽(4)或设置于转子齿(2)的端部以内的多个空隙(5)。本申请的转子、具备该转子的感应电机例如能够减少因齿槽效应造成的NVH的50%左右。因此,能够极大地提高用户的使用舒适度,同时提高感应电机的效率,延长感应电机的寿命。



1. 一种感应电机的转子,包括转子本体(1)、沿着转子本体(1)的圆周设置的相互交替的转子齿(2)和转子槽(3)、以转子齿(2)的中心线(10)为中心对称地设置的设置于转子齿(2)的端部的多个沟槽(4)或设置于转子齿(2)的端部以内的多个空隙(5)。

2. 根据权利要求1所述的感应电机的转子,其特征在于,所述沟槽(4)或所述空隙(5)的数量少于转子齿(2)的数量。

3. 根据权利要求1所述的感应电机的转子,其特征在于,在每个转子齿(2)上设置所述沟槽(4)或所述空隙(5)。

4. 根据权利要求1所述的感应电机的转子,其特征在于,所述沟槽(4)的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形、梯形、或其他不规则形状。

5. 根据权利要求1所述的感应电机的转子,其特征在于,所述空隙(5)的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形、梯形、或其他不规则形状。

6. 根据权利要求4所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子齿(2)的至少一部分相互连接起来。

7. 根据权利要求5所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子齿(2)的至少一部分相互连接起来。

8. 根据权利要求1所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子槽(3)是开槽的。

9. 一种感应电机,具备感应电机的转子,其特征在于,该感应电机的转子包括转子本体(1)、沿着转子本体(1)的圆周设置的相互交替的转子齿(2)和转子槽(3)、以转子齿(2)的中心线(10)为中心对称地设置的设置于转子齿(2)的端部的多个沟槽(4)或设置于转子齿(2)的端部以内的多个空隙(5)。

10. 根据权利要求9所述的感应电机的转子,其特征在于,所述沟槽(4)或所述空隙(5)的数量少于转子齿(2)的数量。

11. 根据权利要求9所述的感应电机的转子,其特征在于,在每个转子齿(2)上设置所述沟槽(4)或所述空隙(5)。

12. 根据权利要求9所述的感应电机的转子,其特征在于,所述沟槽(4)的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形、梯形、或其他不规则形状。

13. 根据权利要求9所述的感应电机的转子,其特征在于,所述空隙(5)的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形、梯形、或其他不规则形状。

14. 根据权利要求12所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子齿(2)的至少一部分相互连接起来。

15. 根据权利要求13所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子齿(2)的至少一部分相互连接起来。

16. 根据权利要求9所述的感应电机的转子,其特征在于,所述转子槽(3)是开槽的。

17. 一种转子冲片,其特征在于,包括冲片本体(1)、沿着冲片本体(1)的圆周设置的相互交替的转子齿(2)和转子槽(3)、以转子齿(2)的中心线(10)为中心对称地设置的设置于转子齿(2)的端部的多个沟槽(4)或设置于转子齿(2)的端部以内的多个空隙(5)。

## 感应电机转子和具备它的感应电机

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电机转子和具备它的感应电机,特别涉及能够降低感应电机的NVH的电机转子。

### [0002] 发明背景

[0003] 随着汽车制造业的发展,汽车的NVH性能已经成为现代汽车制造质量的一个综合性技术指标。NVH是噪声、振动、以及声振粗糙度(Noise、Vibration、Harshness)的英文缩写。NVH给汽车用户的感受是最直接和最显著的。车辆的NVH问题是国际汽车业各大整车制造企业和零部件企业关注的问题之一。有统计资料显示,整车约有1/3的故障问题是和车辆的NVH问题有关系。影响车内NVH大小的主要激励源有发动机、电机、减速机、轮胎等部件。对于电动汽车,主要激励源来自电机。汽车中使用的电机数量很多,因此电机的振动、噪声研究变得越来越重要。

[0004] 在电机的NVH中,NVH最大的来源是电磁噪声,而电磁噪声主要集中在电机定子上。电机的定子受到两部分的电磁力的作用,一个是切向力,这部分力主要是转矩脉动;另一部分是径向力,其比切向力更大,是电机的定子振动、噪声的主要来源。电磁噪声是由在时间上和空间上变化并在电机的各部分之间作用的磁拉力引起的。对于异步电机的电磁噪声的形成原因可以归为以下几种:第一,在气隙空间的磁场中存在旋转力波,旋转力波的径向力波分量使定子和转子发生径向变形和周期性振动,而产生电磁噪声。第二,在气隙磁场中除了电源基波分量外,还有高次谐波分量,高次谐波的径向力波也都分别作用于定转子铁心上,使它们产生径向变形和周期振动,在一般情况下,对高次谐波来说,电机转子刚度相对较强,定子铁心的径向变形是主要的,有可能产生较大的振动、噪声。第三,定子铁心的不同阶次谐波的变形有不同的固有频率,当径向力波的频率与铁心的某个固有频率接近或相等时,就会引起“共振”。在这种情况下,即使径向力的波幅不大,也会导致铁心变形、周期性振动和产生较大噪声。最后,定子变形后引起周围空气振动,从而产生噪声。因此,可以说定子齿的受力,尤其是径向受力是引起振动和噪声(NVH)的主要来源。

[0005] 为了减少NVH,存在各种改进方案,作为一个例子,例如在CN210404878U中公开了一种电机斜极转子,有效解决了现有技术中电机NVH较高的技术问题。该电机斜极转子包括轴,所述轴上设置有铁芯,所述铁芯包括N段铁芯段, $N \geq 2$ ,相邻的所述铁芯段的磁极之间设置有预定夹角 $\theta$ ,所述轴上设置有至少一条沿轴向延伸的键槽安装所述铁芯段;所述键槽包括基准键槽,所述轴的一端设置有旋变器安装槽,所述基准键槽与所述旋变器安装槽的径向中心线同向。其通过转子中的铁芯斜极设计可以有效减小齿槽转矩,降低转矩波动,从而减小电机震动,降低电机启动功耗,有效降低了电机的NVH。

[0006] 但是,斜极转子能够用于减小转矩脉动,但如上所述,作为电机NVH的主要来源的定子齿径向受力存在多种原因。只减小转矩脉动,有可能无法有效地减小定子齿的径向受力。特别在向转子槽插入转子导条(rotor bar)的感应电机等中,由于制造限制,斜极转子有可能不适用。另外,电机的斜极转子还存在对转子的加工变得复杂而成本变高的问题。

## 发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的上述问题,本发明的目的在于提供一种感应电机转子和具备它的感应电机,其能够更高效地降低感应电机的NVH,特别是能够高效地降低向转子槽插入转子导条的感应电机等的NVH。

[0008] 为了达到上述目的,如下这样实现本发明的技术方案:

[0009] 根据本发明的一个方面,是一种感应电机的转子,包括转子本体、沿着转子本体的圆周设置的相互交替的转子齿和转子槽、设置于转子齿的端部的沟槽或设置于转子齿的端部以内的空隙,其以转子齿的中心线为中心对称地设置的。

[0010] 优选地,多个所述沟槽或多个所述空隙的每2个设置在中心线重合的2个转子齿上。

[0011] 优选地,在每个转子齿上设置所述沟槽或所述空隙。

[0012] 优选地,所述沟槽的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形和梯形中的任意一种。

[0013] 优选地,所述空隙的形状为半圆、半椭圆、三角形、矩形和梯形中的任意一种。

[0014] 优选地,所述转子齿的至少一部分相互连接起来。

[0015] 优选地,所述转子槽采用开槽形式。

[0016] 另外,是一种感应电机,其具备以上所述的感应电机的转子。

[0017] 另外,是一种转子冲片,包括冲片本体、沿着冲片本体的圆周设置的相互交替的转子齿、转子槽、以转子齿的中心线为中心对称地设置的设置于转子齿的端部的沟槽或设置于转子齿的端部以内的空隙。

[0018] 本发明具有以下优点及有益效果:本发明的电机转子和具备它的感应电机通过在转子齿表面上设置沟槽(缺口)或在转子齿中靠近转子齿表面地增加空隙来解决现有技术的问题。减少了气隙中因转子的开槽效应引起的谐波磁通,从而能够与转子槽数相应地降低NVH。

[0019] 附图简要说明

[0020] 图1(a)是本申请的实施例1的感应电机的转子的俯视图。

[0021] 图1(b)是本申请的实施例1的感应电机的在转子的外周面上设置沟槽的示意图。

[0022] 图2是表示本申请的设置在转子齿上的沟槽的形状的图。

[0023] 图3(a)是本申请的实施例2的感应电机的转子的俯视图。

[0024] 图3(b)是本申请的实施例2的感应电机的在转子齿中设置空隙的示意图。

[0025] 图4是表示本申请的设置在转子齿中的空隙的形状的图。

[0026] 图5(a)是表示现有的定子的定子齿的径向受力与本申请的在感应电机的转子上设置有沟槽的情况下的定子齿的径向受力的比较图。

[0027] 图5(b)是表示现有的定子的定子齿的径向受力与本申请的在感应电机的转子中设置有空隙的情况下的定子齿的径向受力的比较图。

[0028] 附图标记:

[0029] 1:转子本体;2:转子齿;3:转子槽;4:沟槽;5:空隙;10:转子齿的中心线。

[0030] 实施本发明的方式

[0031] 现有的感应电机一般采用齿槽结构,齿用来引导磁力线、降低磁阻,槽用来镶嵌绕组并与齿中的磁力线交链,齿与槽的不同导磁性使转子在不同位置有着数量不等的磁力

线,在磁极对准定子齿的位置时,磁铁相吸而阻碍了电机转子的转动,这就称为电机的齿槽效应。

[0032] 更具体地说,由于铁芯槽的存在,铁芯内圆表面是起伏的,对磁极来说,气隙的磁阻实际上是变化的。在磁极对着齿部分时,磁阻变小,在磁极对着铁芯槽部分时,气隙磁阻变大。随着磁极的转动,气隙磁阻不断变化,由此在定子绕组中感应出电势。这种由于齿槽效应在绕组中感生的电势就称为齿谐波电势。

[0033] 这些齿谐波电势产生的径向力波分别作用于定子、转子的铁心上,使它们产生径向变形和周期振动。在一般情况下,对于高次谐波来说,高次谐波使定子铁心产生径向变形,由此会产生较大的振动、噪声。

[0034] 针对这样的情况,为了减少定子铁心产生的径向变形,一种可能的方式是转子斜极。但是,转子斜极有时可能无法有效地减小定子齿径向受力。另外,特别在向转子槽插入转子导条的感应电机等中,由于制造限制,斜极转子有可能不适用。

[0035] 为了解决以上的问题,更高效地降低感应电机的NVH,本申请提出一种通过在转子外周表面上设置沟槽或在靠近转子表面的转子齿中增加空隙的解决方案。具体地说,在转子表面以转子齿的中心线为中心对称地设置沟槽、或在转子齿的内部以转子齿的中心线为中心对称地设置空隙。在转子冲片的情况下,沿着冲片的周向,在冲片的外周表面以转子齿的中心线为中心对称地设置沟槽或在转子齿的内部以转子齿的中心线为中心对称地设置空隙。由此,减少主要的谐波分量。

[0036] 更具体地说,所设置的沟槽或空隙本身会产生谐波,当沟槽或空隙产生的谐波与定子产生的谐波同相位变化时,会使齿槽力矩(torque ripple)升高;相反,当沟槽或空隙产生的谐波与定子产生的谐波为不同相位时,会使齿槽力矩降低。在旋转过程中转子的转子齿的中心线与定子的定子齿的中心线产生夹角,会使齿槽力矩降低。另外,所设置的沟槽或空隙产生的谐波将会抵消原来有害的谐波分量的高次谐波。并且,原来有害的谐波分量的高次谐波的波形会被平滑化,从而消除了有害的震荡。

[0037] 具体地如图5所示那样,在图5中表示出带有和不带有转子沟槽或空隙的感应电机的定子齿的径向受力的比较,其中“基线”代表没有应用沟槽或空隙。从图5可知,在转子不带沟槽和空隙的情况下,如基线所示那样,由于气隙中的因转子的齿槽效应引起的谐波磁通所产生的高次谐波的影响,定子齿产生大致25~26N的径向受力。相应地,在以转子齿的中心线为中心对称地设置沟槽或空隙的情况下,通过沟槽或空隙减少了谐波分量,由此定子齿的径向受力减少为大致12~14N。由此看出,通过以转子齿的中心线为中心对称地设置沟槽或空隙,能够极大地减少定子齿的径向受力。如以上说明的那样,由于定子齿的受力、尤其是径向受力是引起振动和噪声(NVH)的主要来源,因此极大地减少了感应电机的NVH。特别在向转子槽插入转子导条的感应电机等中由于制造限制而斜极转子不适用的情况下,能够解决这类感应电机的NVH大的问题。

[0038] 为了更加清楚地说明本发明的目的、技术方案和优点,下面结合附图对本发明的实施方式作进一步地详细描述。当然,这些实施例只不过是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。本领域的技术人员基于这些实施例不需要创造性劳动就能够获得的其他实施例也包含在本发明的保护范围内。

[0039] 实施例一

[0040] 图1(a)是本发明的感应电机的转子铁芯的俯视图。如图1所示,本发明提供一种感应电机的转子,包括转子本体1、沿着转子本体1的圆周设置的相互交替的转子齿2和转子槽3、以转子齿2的中心线10为中心对称地设置的沟槽4。其中,沟槽4设置在转子齿2的外表面上,转子槽3用于插入导条。

[0041] 沟槽4可以设计为各种形状,除了可以如图1(b)所示那样是半圆或半椭圆以外,例如也可以如图2所示那样,是三角形、矩形、梯形、或其他不规则形状。但是,该沟槽4的形状以转子齿2的中心线10为中心对称。例如,在圆形的情况下,该圆形的直径线与转子齿2的中心线10重合,即转子齿2的中心线10穿过该圆形的圆心。在椭圆形的情况下,该椭圆形的长轴或短轴与转子齿2的中心线10重合。在三角形的情况下,应该为等腰三角形或等边三角形,其中例如在顶角朝向转子本体1的圆心而形成倒三角形的情况下,等腰三角形的顶角平分线与转子齿2的中心线10重合,或等边三角形的中线与转子齿2的中心线10重合。

[0042] 在感应电机的运行过程中,例如在电动机运行模式下,在处于转子的外围的感应电机(未图示)的定子连接电源后,在定子与转子之间的气隙中产生旋转磁场。通过电磁感应而产生的电磁转矩作用在转子上,转子便在电磁转矩的作用下转动起来,由此向外输出机械功率。此时感应电机是从定子输入电能,从转子输出机械能,电动机处于运行状态。

[0043] 但是,在转子齿2与未图示的定子磁极(定子绕组)相对时,气隙相对变小而磁阻变小,在转子槽3与所述定子磁极相对时,气隙相对地变大而磁阻变大,这称为齿槽效应。通过该齿槽效应,在定子导条中感应出谐波电势。该谐波电势所产生的径向力作用于定子、转子上而产生振动、噪声。

[0044] 例如在转子齿2与定子磁极(未图示)相对时,如上所述产生因齿槽效应而在定子上产生朝向转子的圆心的径向力F1。但是在以上所述的本申请的设置有沟槽4的转子的情况下,由于在转子齿2上设置有该沟槽4,气隙相对变大,因此产生与上述的径向力F1相反的径向力F2(未图示)。由于该径向力F2的方向与径向力F1的方向相反,因此会抵消一部分径向力F1,即减小了径向力F1。由此,也就减小因该径向力F1造成的振动、噪声。同样地,该沟槽4也能够减小作用于转子齿2上的径向力,从而减小由此产生的振动、噪声。

[0045] 另外,在感应电机的发电机运行模式中,转子按照与上述的电动机运行模式相反的方向旋转,由此从转子输入机械能,从定子输出电能。与电动机运行模式时同样地,沟槽4产生方向与上述F1相反的径向力F2,与定子产生的径向力F1相互抵消,也同样地减小了定子的径向受力。

[0046] 另外,由于沟槽4的作用也同样减小了因齿槽效应产生的谐波电势,因此还能够减小输出电能的振动、噪声。

[0047] 进而,在感应电机的电磁制动运行模式中,与在上述过程中的沟槽4的作用相同,在此省略说明。

[0048] 根据本发明人的研究和实验,如图5所示那样,例如能够将定子的径向受力减少大致50%左右。由于定子齿的径向受力是引起振动和噪声(NVH)的主要来源,因此相对地大致能够减少因齿槽效应造成的NVH的50%左右。在安装了本申请的转子的感应电机、以及安装了该感应电机的电动汽车等产品中,能够极大地提高用户的使用舒适度,同时提高感应电机的效率,延长感应电机的寿命。

[0049] 另外,由于每个沟槽4所产生的方向与定子的径向受力F1相反的径向力F2会抵消

相应的定子齿的受力,因此优选在每个转子齿2上设置该沟槽4。由此,能够与所设置的沟槽4的数量(即转子齿的数量)对应地减小定子的径向受力,即相应地减小NVH。但是沟槽4的数量也可以少于转子齿2的数量,在该情况下,只要将沟槽4配置得抵消定子齿的受力即可,即以转子齿2的中心线10为中心对称地设置的沟槽4。

#### [0050] 实施例二

[0051] 本实施例与实施例一的不同点在于,在转子齿2的内部设置作用与沟槽4相同的空隙5,即将空隙5设置于转子齿2的内部,其位置靠近转子齿2的表面。

[0052] 如图3(a)所示,该空隙5以穿透转子齿2的方式设置于转子齿2的顶端的内部。在该情况下,与以上所述同样地,该空隙5能够改变气隙的大小。具体地说,在转子齿2与定子磁极(未图示)相对时,定子与转子之间的气隙相对变小而磁阻变小,但是,由于空隙5的存在,在转子齿2的内部产生相应的气隙,而使总体的气隙变大,而减少了气隙的整体变化。即,与因转子齿2与定子磁极相对造成的定子的径向受力 $F_1$ 相反地,因空隙5产生的气隙的变大,产生了与定子齿的径向受力 $F_1$ 相反的径向受力 $F_2$ ,与以上所述同样地,减小了施加到定子齿上的径向力,由此同样能够减小NVH。

[0053] 对于空隙5的形状,除了图3(b)所示那样的半圆形以外,也可以如图4所示那样,例如是半椭圆(或半环)、三角形、矩形、梯形、椭圆(或环)、或不规则形状等。各种形状所起到的作用是同样的。

[0054] 对于设置有该空隙5的转子,根据图5(b)所示的不带有空隙的情况下的定子的径向受力与带有空隙的情况下的定子齿的径向受力的比较图,定子齿的径向受力从基线的26~27N左右减小为右侧的17~18N,径向受力大致减小了1/3。由于定子齿的径向受力是引起振动和噪声(NVH)的主要来源,因此相对地大致能够减少因齿槽效应造成的NVH的1/3左右。同样能够取得提高用户的使用舒适度、同时提高感应电机的效率、延长感应电机的寿命等效果。

[0055] 另外,对于空隙5的数量,与上述的沟槽4相同。

#### [0056] 变形实施例

[0057] 以上简述了本申请的转子、感应电机的结构和优点,但本申请的转子、感应电机并不限于以上实施例,可以有各种变形实施例。例如,如图1(a)、图3(a)所示那样,本发明的转子的转子槽3为闭口槽(即转子齿2相互连接起来)。闭口的转子槽3的漏抗较大,杂散损耗较小,有利于减小振动、噪声,有利于减小启动电流,有利于减小齿槽转矩;但是,启动转矩会降低,功率因数会降低,特别是转子的槽型对启动性能影响较大。因此,本发明的转子也能够应用于开口槽形式的转子,即各个转子齿2之间相互不连接,而在转子槽3处形成开口。在该情况下,也同样可以如以上那样,在转子齿2上设置沟槽4或在转子齿2的内部设置空隙5,也能够取得与以上说明的效果同样的效果。

[0058] 进而,以上说明了本申请的设置有沟槽4或空隙5的转子的结构,但是,现今的转子除了铸造形的一体转子以外,一般都是将例如用硅钢片等制造的冲片堆叠在一起而形成的。即,本申请的转子可以由多个转子冲片堆叠而构成。因此,可以在该转子冲片上同样地设置以上所述的沟槽4或空隙5,在将该转子冲片堆叠为本申请的转子时,将所设置的沟槽4或空隙5对齐即可。如果是在每个转子齿2上都设置有沟槽4或空隙5的情况下,则只需要将各个转子齿2对齐即可。

[0059] 本申请的设置有沟槽4或空隙5的转子、具备该转子的感应电机例如能够将因齿槽效应造成的定子的径向受力减少大致50%左右。由于定子齿的径向受力是引起振动和噪声(NVH)的主要来源,因此相对地能够大致减少因齿槽效应造成的NVH的50%左右。在安装了本申请的转子的感应电机、以及安装了该感应电机的电动汽车等产品中,能够极大地提高用户的使用舒适度,同时提高感应电机的效率,延长感应电机的寿命。

[0060] 以上所述仅为本申请的实施方式,根据以上说明,本领域的技术人员基于以上实施例能够获得各种改进或变形。本领域的技术人员应该明白以上描述只是为了更好地说明本发明,而本发明的保护范围应该与权利要求的保护一致。

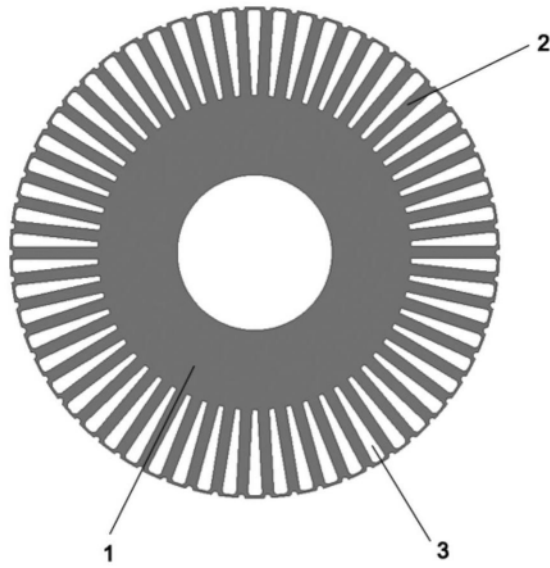


图1a

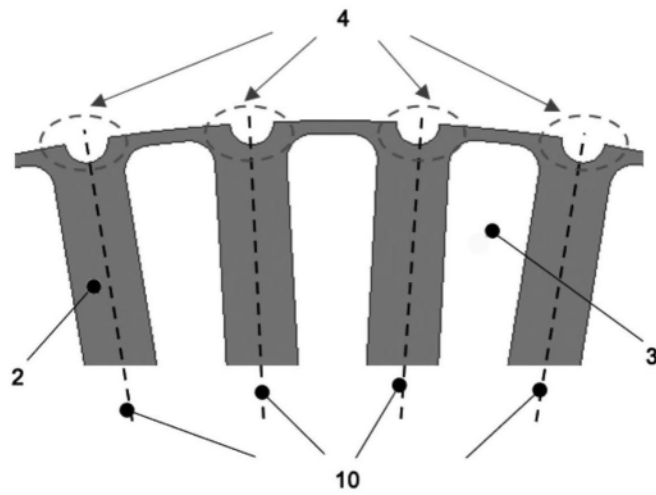


图1b



图2

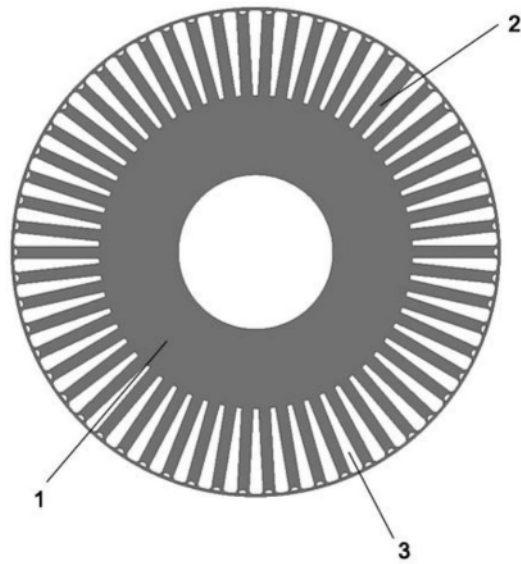


图3a

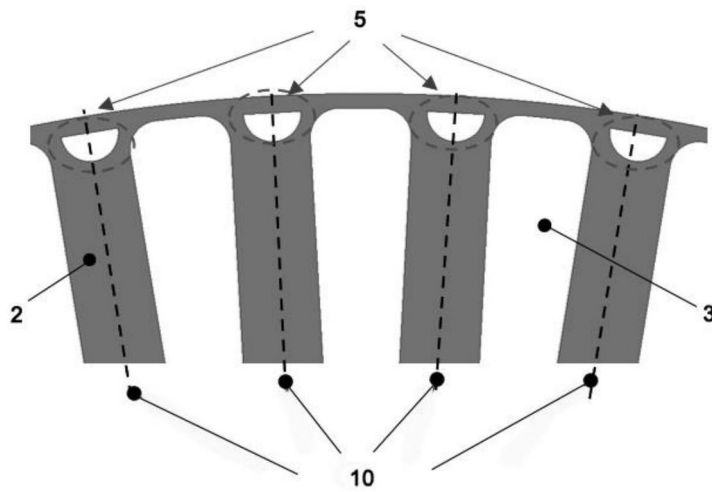


图3b

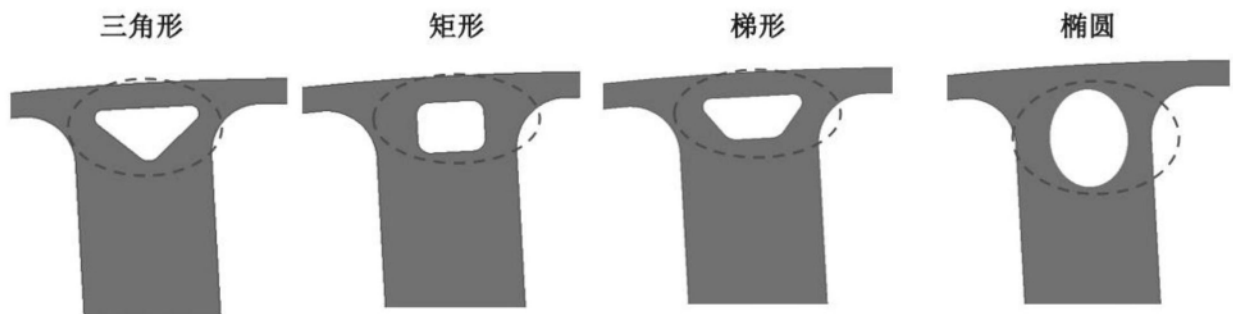


图4

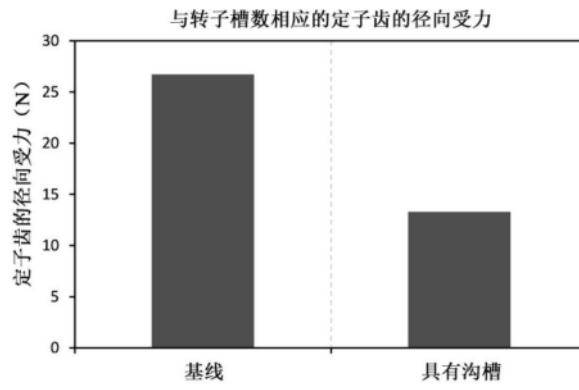


图5a

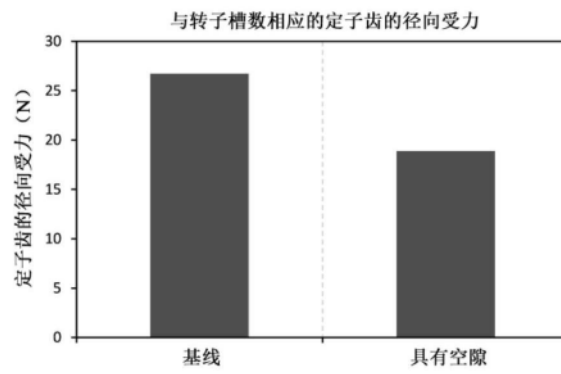


图5b