



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99111294.6

[45] 授权公告日 2005 年 5 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1203601C

[22] 申请日 1999.8.6 [21] 申请号 99111294.6

[71] 专利权人 爱德利工业股份有限公司

地址 中国台湾

[72] 发明人 朱守昱

审查员 刘平

[74] 专利代理机构 厦门市新华专利商标代理有限公司

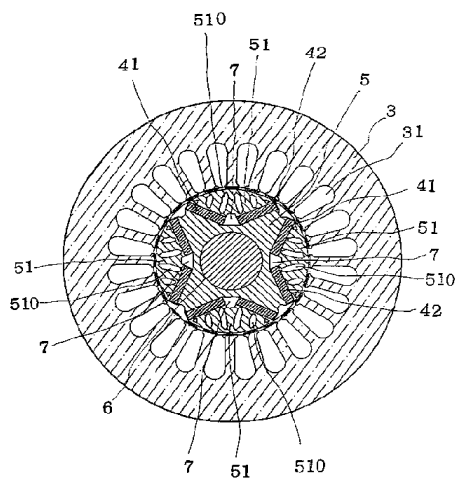
代理人 翁素华

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 25 页

[54] 发明名称 永磁式电动机

[57] 摘要

本发明涉及一种永磁式电动机，该电动机是由定子与转子组合而成，其定子线圈是使用三相绕组，转子则使用内嵌式永久磁铁构成主磁极，其中，主磁极设置隔磁空槽，使电动机在重负载操作时，因定子线圈通电所产生的电枢反应磁场对电动机主磁极磁场的退磁效应得以有效降低；又，主磁极是采用多侧位的内嵌式永久磁铁以合成激磁方式构成，使电动机的运转效率提高。



- 1、 一种永磁式电动机，由定子与转子组合而成，其定子线圈使用三相绕组，转子则具有多个主磁极，每一主磁极采用内嵌式永久磁铁构成，其特征在于：主磁极设置有呈间隔排列的隔磁空槽，该隔磁空槽的设置系与定子的齿对准，使转子矽钢片与定子矽钢片不产生等效齿槽效应而降低顿转转矩；且主磁极是由两侧位呈夹角状态的内嵌式永久磁铁采用合成激磁构成，两侧位永久磁铁的夹角角度介于 90 度与 180 度之间，且永久磁铁相邻间设置有中间空槽。
- 2、 根据权利要求 1 所述的永磁式电动机，其特征在于：主磁极隔磁空槽顶缘呈开放口的完全分离隔磁空槽。
- 3、 根据权利要求 2 所述的永磁式电动机，其特征在于：隔磁空槽填注有不导磁且不导电的材料。
- 4、 根据权利要求 1 所述的永磁式电动机，其特征在于：主磁极是由三侧位内嵌式永久磁铁采用合成激磁构成，永久磁铁相邻间设置有中间空槽。

## 永磁式电动机

5            本发明涉及一种永磁式电动机，特别是涉及一种具有多个主磁极的转子，每一主磁极是使用内嵌式永久磁铁所构成的永磁式电动机。

          一般使用永久磁铁的永磁式电动机，当其操作转速被要求提高时，为防止永久磁铁在转子高转速旋转造成飞脱，通常皆会将永久磁铁由转子外表面黏着的方式，改为以内嵌式的组装方式，如此可通过  
10            矽钢片的支撑力，抵抗电动机在高速旋转时造成永久磁铁飞脱的离心力。电动机转子采用永久磁铁以内嵌式的组装方式的现有应用例，请参阅图 24 和图 25 所示，图 24 显示电动机转子 10 的结构，包括电动机心轴 101、永久磁铁 102 和四个主磁极 103，每一主磁极 103 都是由单一侧位的永久磁铁 102 所构成；图 25 亦显示具有永久磁铁 202、  
15            电动机心轴 201 及主磁极 203 的电动机转子 20。前述的现有应用例所使用的结构，可使电动机的操作转速得以提高，永久磁铁仍不至飞脱。请一并参阅图 26 和图 27 所示，当电动机需得到最大输出转矩时，由于定子线圈通电激磁时所构成的激磁磁场，必须与永久磁铁所构成主磁极面中心线（通称为直轴（11） Direct-axis 亦称 d 轴）维持九十度的电气角（此方位通称为交轴（12） Quadrature-axis 亦称 q 轴），如此若使用图 24 与图 25 的内嵌式组装方式，其主磁极 103、203（即每一主磁极永久磁铁 102、202 与转子外缘间的矽钢片部份），恰好提供一低磁阻（ Low reluctance ）路径，该一低磁阻路径使定子线圈通电激磁时所构成的激磁磁场，对电动机主磁极永久磁铁的逆转子旋转方向部份，造成退磁（ Demagnetization ）效应（一般通称为电枢反应 Armature reaction ）。当电动机亦需要在重负载的使用情形下操作时，该电枢反应退磁效应，将随定子线圈通电电流的增加而更严重；此外电枢反应由对主磁极永久磁铁的逆转子旋转方向部份造成退磁效应，  
20            亦造成主磁极磁场的扭曲。若此一电动机其定子线圈通电电流的切换  
25            30

控制，是采用转子磁场检测的方式进行（如使用霍尔感知器 Hall effect sensor），电枢反应所造成主磁极磁场的扭曲，将导致转子磁极中性轴（Neutral axis）的转移（一般为偏移至逆转子旋转方向），使定子线圈通电电流的切换控制时序错误，而无法维持前述定子线圈通电激磁时所构成的激磁磁场，必须与永久磁铁所构成主磁极面中心线维持九十度电气角的关系（即激磁电流必须固定于交轴（12）），致使电动机的输出转矩降低，而当电动机在重负载的使用情形下操作时，电动机的输出转矩则无法随定子线圈通电电流的增大，而直接有效增加。

5

故，前述现有应用例，存在无法同时兼顾高转速与重负载应用的缺点，本发明的主要目的在于提供一种永磁式电动机，使其可有效利用永久磁铁，提高电动机的操作效率，且同时可防止电动机在高速旋转时造成永久磁铁飞脱，亦可有效减轻电动机在重负载操作时的电枢反应退磁效应，以使电动机的输出转矩有效增加。

10

本发明的目的是由以下技术方案实现的。

永磁式电动机是由矽钢片所冲制的定子与转子所组合而成，其定子的线圈采用三相绕组；转子则具有多个主磁极，主磁极的形成是采用内嵌式的片状永久磁铁，其中主磁极设置多个隔磁空槽，可使电动机在重负载操作时，因定子线圈通电所产生的电枢反应磁场，对电动机主磁极磁场的退磁效应得以有效降低；

20

本实用新型的目的还可以通过以下技术措施来进一步实现。

25

前述的永磁式电动机，其中主磁极隔磁空槽顶缘呈开放口的完全分离隔磁空槽。

前述的永磁式电动机，其中所述隔磁空槽填注有不导磁且不导电的材料。

30

前述的永磁式电动机，其中所述主磁极是由两侧位呈夹角状态的内嵌式永久磁铁采合成激磁构成，两侧位永久磁铁的夹角角度介于90度~180度之间，且永久磁铁相邻间设置有中间空槽。

5

前述的永磁式电动机，其中所述主磁极是由三侧位内嵌式永久磁铁采合成激磁构成，永久磁相邻间设置有中间空槽。

本实用新型与现有技术相比具有明显的优点和积极效果。由以上技术方案可知，本实用新型本发明与现有技术相比具有明显的优点及积极效果。

本发明主磁极为多侧位的内嵌式永久磁铁以合成激磁方式构成，可提高气隙磁通密度，使电动机的运转效率提高。每一主磁极设置有多个隔磁空槽，可将电枢反应磁场旁导并使其集中于隔磁空槽二端边缘的矽钢片部份与永久磁铁与心轴间的内矽钢片部份，以减少其平行于主磁极永久磁铁在逆转子旋转方向部份磁场的退磁磁场分量，使电动机在重负载操作时，仍不会构成太强的电枢反应退磁磁场，以不使主磁极磁场的强度过度减弱，以提高电动机在重负载操作时的输出转矩与操作效率；此外因电枢反应磁场亦导致电动机主磁极磁场的不对称分布，即电动机的磁极中性轴（即N磁极与S磁极的分界线）造成偏移，且此中性轴偏移角度尚随负载的强弱变动所形成的不同电枢反应磁场而变动，使电动机的输出特性造成改变，当主磁极使用多个隔磁空槽时，由于适当减弱电枢反应对主磁极磁场的影响，电动机重负载所造成磁极中性轴角度的偏移，亦同时减少，此外此隔磁空槽的设置，尚可减少每一主磁极的旋转惯量，使电动机转子在高速旋转时，减少每一主磁极所产生的离心力量。主磁极为多侧位的内嵌式永久磁铁以合成激磁方式构成主磁极，可得到较仅使用单一侧位永久磁铁为强的主磁极磁场，因而可以使用磁气特性与等级较弱的永久磁铁，仍可得到相当的主磁极磁场，可提高气隙磁通密度，使电动机的运转效

率提高，同时永久磁铁相邻间设有中间空槽，使相邻永久磁铁的激磁磁通得以合成。此外隔磁空槽的顶缘可设置成开放口的完成分离隔磁空槽，可完整阻断定子线圈通电时所产生的电枢反应磁场的低磁阻路径（即每一主磁极部位），而将大部份的电枢反应磁场旁导至永久磁铁与心轴间的内矽钢片部份，可更大幅减少其平行于主磁极永久磁铁磁场的退磁磁场分量，将电枢反应对主磁极磁场的影响降至最低，使电动机在重负载操作时，维持接近无载操作（即电动机定子线圈未通电激磁时）时的主磁极磁场，同时并更减少磁极中性轴的偏移，而获得更理想的输出特性。总之，本发明与现有技术相比，具有以下优点：

10           1、使用多个隔磁空槽或多个完全分离隔磁空槽，可有效减低定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响，减少其平行于主磁极永久磁铁于逆转子旋转方向部份磁场的退磁磁场分量，使电动机在重负载操作时，仍不会构成太强的电枢反应退磁磁场，并不使主磁极磁场的强度过度减弱，以提高电动机在重负载操作时的输出转矩与操作效率；同时减少电动机在重负载操作所造成磁极中性轴角度的偏移。

15           2. 本发明电动机使用多侧位永久磁铁合成激磁的方式构成主磁极，可得到较仅使用单一侧位永久磁铁为强的主磁极磁场，因而可以使用磁气特性与等级较弱的永久磁铁，仍可得到相当的主磁极磁场。

20           3. 使用完全分离隔磁空槽时，可降低主磁极磁场与定子矽钢片的齿槽效应，使主磁极磁场的气隙磁通密度径向值的分布较接近弦波，如此在电动机运转时，其运转转矩可有效降低。

25           综上所述，本发明所提供的永磁式电动机确实符合高转速、重负载的高效率功效，提供了一种可有效减低电动机定子线圈通电激磁磁场电枢反应的新颖永磁式电动机。

本实用新型的具体结构由以下实施例及其附图详细给出。

图 1 是本发明第一实施例的结构剖视图。

图 2 是本发明第一实施例在定子线圈未通电激磁时的磁通分布。

30           图 3 是本发明第一实施例以未设置隔磁空槽而定子线圈未通电激

磁时的磁通分布。

图 4 是在图 2 状态下的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

图 5 是在图 3 状态下的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

5 图 6 是本发明第一实施例在定子线圈通电激磁时转子位置与永久磁铁极性的正确关系图。

图 7 是本发明第一实施例以未设置永久磁铁而定子线圈通电激磁时的磁通分布。

图 8 是本发明第一实施例以未设置隔磁空槽与未设置永久磁铁而定子线圈通电激磁时的磁通分布。

10 图 9 是图 2 在定子线圈通电激磁时的磁通分布。

图 10 是图 2 在定子线圈通电激磁时的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

图 11 是图 3 在定子线圈通电激磁时的磁通分布。

15 图 12 是图 3 在定子线圈通电激磁时的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

图 13 是输出转矩比较表。

图 14 是本发明第一实施例的变化结构平面图。

图 15 是图 14 在定子线圈未通电激磁时的磁通分布。

20 图 16 是图 14 在定子线圈未通电激磁时的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

图 17 是图 14 在定子线圈通电激磁时的磁通分布。

图 18 是图 14 在定子线圈通电激磁时的气隙磁通密度径向值的分布与大小。

图 19 是输出转矩比较表。

25 图 20 是依本发明实施的转子剖面图。

图 21 是本发明第二实施例的剖面图。

图 22 是输出转矩比较表。

图 23 是本发明第三实施例结构剖面图。

图 24 是现有电动机的转子结构平面图。

30 图 25 是另一现有电动机的转子结构平面图。

图 26 和图 27 是电动机的电气角位置关系图。

以下结合附图及较佳实施例，对依据本发明提出的永磁式电动机，其具体结构、特征及其功效，详细说明如后。

5

图 1 显示本发明的永磁式电动机是由矽钢片所冲制的定子 3 与转子 5 所组合而成，其定子设有线圈槽 31 供线圈采用三相绕组，转子 5 则具有多个主磁极 51，每一个主磁极由两侧位的永久磁铁 41、42 采用夹角合成激磁方式构成，两侧位永久磁铁相邻间设置中间空槽 7，该中间空槽 7 的设置以不产生漏磁路径且两侧位永久磁铁 41、42 的激磁磁通得以合成。每一个主磁极 51 设置多个呈间隔布列的隔磁空槽 510，请一并参阅图 2 与图 3 所示，分别为本发明设置与未设置隔磁空槽(510)而定子线圈未通电激磁时的磁通分布。实施例所使用永久磁铁 41、42 的材质为 N33H 钕铁硼 (NdFeB) 烧结磁铁，其残留磁通密度 (Br) 为 1.05-1.17 Tesla，内在矫顽磁力 (iHc) 为 1353 kA/m，最大磁能积( (BH) max )为 32-34 MGOe，温度系数为-0.58%/degree C。图 2 与图 3 二者比较可知隔磁空槽 510 的设置会使主磁极 51 磁通因隔磁空槽间 510 的隔绝而集中于隔磁空槽相邻间的矽钢片部份。由于电动机主磁极磁场对电动机输出转矩具直接的影响(即直轴磁场)，其变化可由气隙磁通密度径向值的分布与大小直接观察得知。但再请参阅图 4 与图 5，分别为设置与未设置隔磁空槽 510 时其气隙磁通密度径向值的分布与大小，可知并无太大差异与改变。因此定子线圈未通电激磁时隔磁空槽 510 的设置，对电动机的整体磁路并不造成影响。由于电枢反应是在定子线圈通电激磁时方产生，因此可由独立观察定子线圈通电激磁时其磁场的分布，探讨隔磁空槽 510 的设置与否，对电动机整体磁路的影响。本发明电动机定子线圈通电激磁时通电线圈与电动机转子 5 位置与永久磁铁 41、42 极性的正确关系如图 6 所示，如此可满足电动机直交轴维持九十度的电气角，以获得最大输出转矩。实施例所使用的线性激磁电流密度 (Linear current density) 为 180 安匝/cm，图 7 与图 8 为本发明在电动机设置与未设置隔磁空槽 510

30



时，但皆未设置永久磁铁(图示显示永久磁铁定位槽 400)而定子线圈通电激磁时的磁通分布。观察图 8 可得知当未设置隔磁空槽时，电动机定子线圈通电激磁时所构成的磁场，几乎完全以两侧位永久磁铁定位槽 400 夹角间的低磁阻路径，作为其通过电动机转子的通路，此磁场对直接对电动机主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份，造成强烈的退磁效应，使主磁极磁场的强度减弱，并造成主磁极磁场的不对称分布。再次观察图 7 可得知当设置隔磁空槽 510 时，对电动机定子线圈通电激磁时所构成的磁场而言，夹角间的主要通路，其磁阻因隔磁空槽 510 的设置而升高，因而大部份被旁导并使其集中于隔磁空槽二端边缘的矽钢片部份与永久磁铁 41、42 与心轴 6 间的内矽钢片部份，由于隔磁空槽二端边缘的矽钢片部份相当狭窄，仅能通过有限的磁通，迫使定子线圈通电激磁时所构成的部份磁通，尚需以永久磁铁与心轴间作为通路，如此可有效降低定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响，减弱此磁场对电动机主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份的退磁效应，同时降低对主磁极磁场所造成的扭曲变形。当电动机操作时，其内部磁场是由定子线圈通电激磁时所构成的磁场与转子主磁极永久磁铁所构成的磁场所合成，因此观察电动机设置永久磁铁 41、42 而定子线圈通电激磁时的磁通分布，可直接明了电枢反应对主磁极磁场的影响。该影响亦可由电动机气隙磁通密度径向值的分布与大小得知。图 9、图 10 与图 11、图 12 为本发明在电动机设置与未设置隔磁空槽 510 且定子线圈通电激磁时的磁通分布与其相对应的气隙磁通密度径向值的分布与大小。可明显观察得知未设置隔磁空槽 510 时，主磁极磁场的扭曲变形与主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份的退磁效应；但当设置隔磁空槽 510 时，主磁极磁场的扭曲变形获得改善，亦减轻主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份的退磁效应。观察气隙磁通密度径向值的分布与大小，亦可得知主磁极于逆转子旋转方向部份的气隙磁通密度径向值明显升高，而每一主磁极磁场亦较完整对称；由于图示的气隙磁通密度径向值的分布与大小，其横轴为电动机的气隙部份的圆周位置，起始点 100 为图 6 所示，纵轴为气隙磁通密度径向值的大小(其单位为 Tesla)，气隙磁通密度径向值为零时，可等效视为

电动机的磁极中性轴所在位置，而观察图 10 与图 12 可知设置与未设置隔磁空槽 510，而定子线圈通电激磁时，其磁极中性轴 200 所在位置。当设置隔磁空槽时，较接近前述图 4 与图 5 所示，在未通电激磁时其磁极中性轴的所在。使用隔磁空槽 510 对电动机输出转矩的影响，可由图 13 得知，图 13 为电动机定子线圈通电激磁时，设置与未设置隔磁空槽时的输出转矩比较表，由输出转矩比较表可知，在前述的条件下，未设置隔磁空槽时的输出转矩显 3.8N·m，设置隔磁空槽时的输出转矩为 4.6N·m，电动机加设置隔磁空槽时，其输出转矩约可增加 20%。请参阅图 14，本发明隔磁空槽的顶缘形成开放口的完全分离隔磁空槽 520 的结构，配合参照图 20 采用注射成型法将不导磁及不导电的材料 8 填注该完全分离隔磁空槽 520 可对转子 5 矽钢片间提供固结力，使转子矽钢片成为完整的个体。图 15 为本发明于电动机设置完全分离隔磁空槽 520 但定子线圈未通电激磁时的磁通分布，图 16 为其气隙磁通密度径向值的分布与大小。综合观察图 15 与图 16 可知，使用完全分离隔磁空槽 520 时，可降低主磁极磁场与定子矽钢片的齿槽效应，（所称齿槽效应为马达定子与转子间依设计上的配置，常有突出状的小齿和凹入状的槽，若其配置使齿与齿及槽与槽对准，则会使马达产生顿转，称为“齿槽效应”，其中如果没有明显的槽而刻意设置如上述的隔磁空槽，也会产生等值的效应，称为“等效齿槽效应”，本案将齿与槽对准则会减低等效齿槽效应），与图 4 与图 5 比较，主磁极磁场的气隙磁通密度径向值的分布较接近弦波（Sinusoidal wave），如此在电动机运转时，其顿转转矩（Cogging torque）可有效降低。由于主磁极 51 设置完全分离隔磁空槽 520 使得该部位的磁通近于完全阻断，定子线圈通电激磁时所构成的大部份磁通，只能以永久磁铁 41、42 与心轴 6 间的内矽钢片部份作为其通路，如此定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响将大幅减低，其效果可由图 17 与图 18 得知。主磁极磁场的扭曲变形极其轻微，且其气隙

磁通密度径向值的分布与大小几乎与图 16 所示相同，为一近乎对称的分布，主磁极于逆转子旋转方向部份的气隙磁通密度径向值仅微弱降低（仍有极微量激磁磁场通过主磁极 51 部份）。至于中性轴偏移量的减少效果，则因定子线圈通电激磁磁场仍存在永久磁铁与心轴间的内矽钢片部份作为其通路，而与设置隔磁空槽时接近。完全分离隔磁空槽 520 由于其大幅减低定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响，可观察其对电动机输出转矩的影响，如图 19 所示其输出转矩为 5.8N·m，较未设置隔磁空槽时的输出转矩约增加 50%，较设置隔磁空槽时的输出转矩约增加 26%，电动机的输出特性，因完全分离隔磁空槽的设置，获得大幅的提高。图 20 为本发明所实施的转子断面图，其中不导磁和不导电的材料 8 被填充在完全分离的隔磁空槽 520 中。

图 21 为本发明的隔磁空槽 510 应用于单一侧位的内嵌式永久磁铁电动机的应用例，每一主磁极 51 设置多个隔磁空槽 510，由于电动机定子线圈通电激磁时所构成的磁场是以主磁极 51 的低磁阻路径作为其通过电动机转子的通路，该磁场直接对电动机主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份，造成强烈的退磁效应，使主磁极磁场的强度减弱，并造成主磁极磁场的不对称分布，因此对电动机定子线圈通电激磁时所构成的磁场而言，主磁极 51 的主要通路，其磁阻因隔磁空槽 510 的设置而升高，因而大部份被旁导并使其集中于隔磁空槽二端边缘的矽钢片部份，由于隔磁空槽二端边缘的矽钢片部份相当狭窄，仅能通过有限的磁通，迫使定子线圈通电激磁时所构成的部份磁通，尚需以永久磁铁 43 与心轴 6 间的内矽钢片部份作为通路，如此可有效降低定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响，减弱此磁场对电动机主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份的退磁效应，同时降低主磁极磁场所造成的扭曲变形。使用隔磁空槽对单一侧位内嵌式永久磁铁电动机输出转矩的影响，可由图 22 得知，图 22 所载为单一侧位内嵌式

永久磁铁电动机定子线圈通电激磁时，设置与未设置隔磁空槽时的输出转矩比较表，所使用的线性激磁电流密度（Linear current density）为 180 安匝/cm，电动机转子叠积厚度为 100mm，且激磁电流固定于交轴，而电动机矽钢片材质为 H23，永久磁铁材质为 N33H。由输出转矩比较表可知，在所述的条件下，未设置隔磁空槽时的输出转矩为 3.6N-m，设置隔磁空槽时的输出转矩为 4.5N-m，单一侧位内嵌式永久磁铁电动机加设隔磁空槽时，其输出转矩约可增加 25%。图 23 显示永磁式电动机转子 5 以三侧位永久磁铁 41、42、43 采合成激磁方式构成主磁极，在主磁极永久磁铁相邻间设置中间空槽 7，该种三侧位永久磁铁可得到较高的主磁极磁场。如图所示，每一主磁极 51 设置多个隔磁空槽 510，对电动机定子线圈通电激磁时以主磁极 51 的低磁阻路径为磁场通路而言，因隔磁空槽 510 的设置而提升磁阻，使其仅能通过有限的磁通，如此可有效降低定子线圈通电激磁磁场对主磁极磁场的影响，减弱该磁场对电动机主磁极永久磁铁逆转子旋转方向部份的退磁效应，同时降低主磁极磁场所造成的扭曲变形。

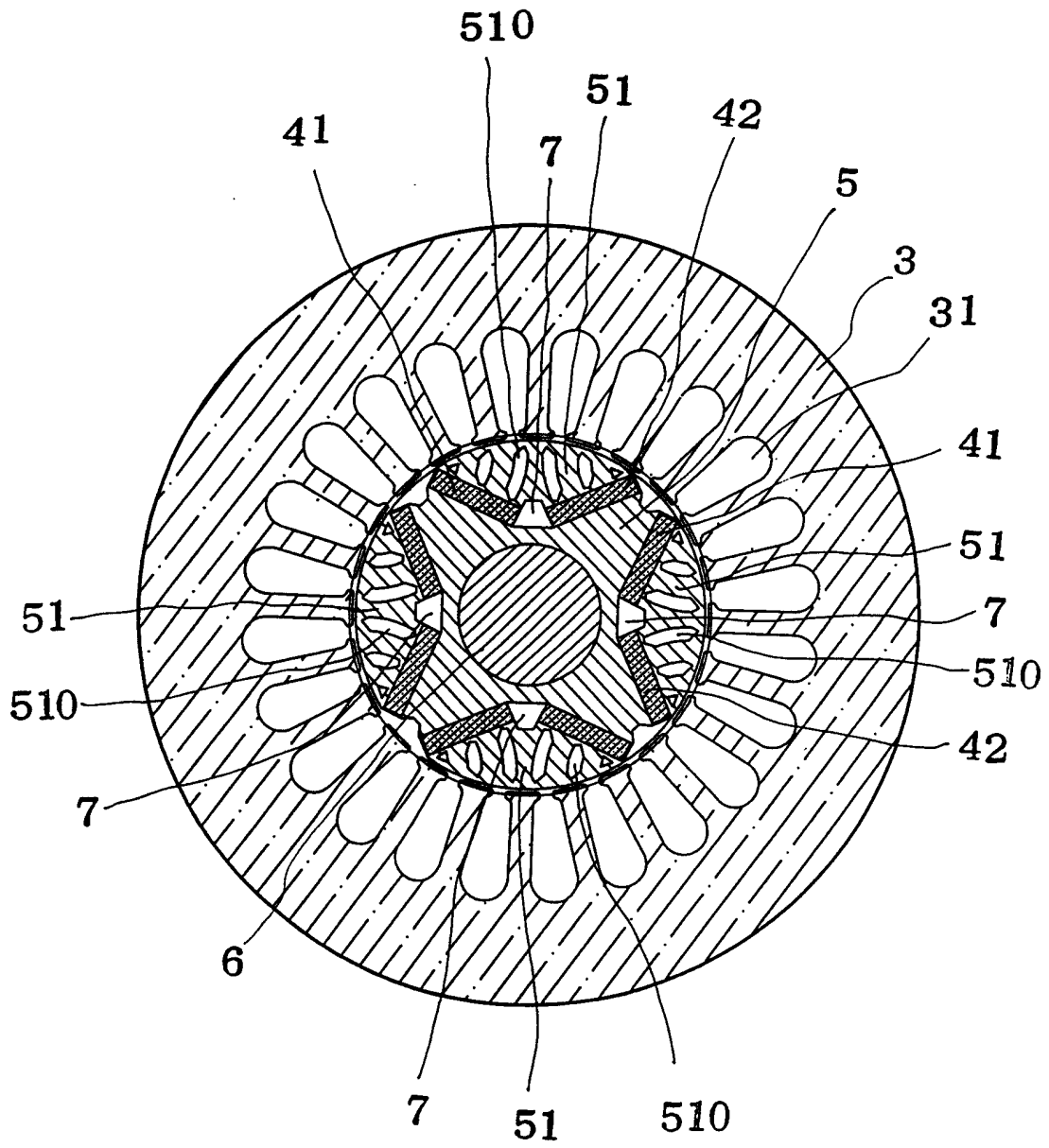


图 1

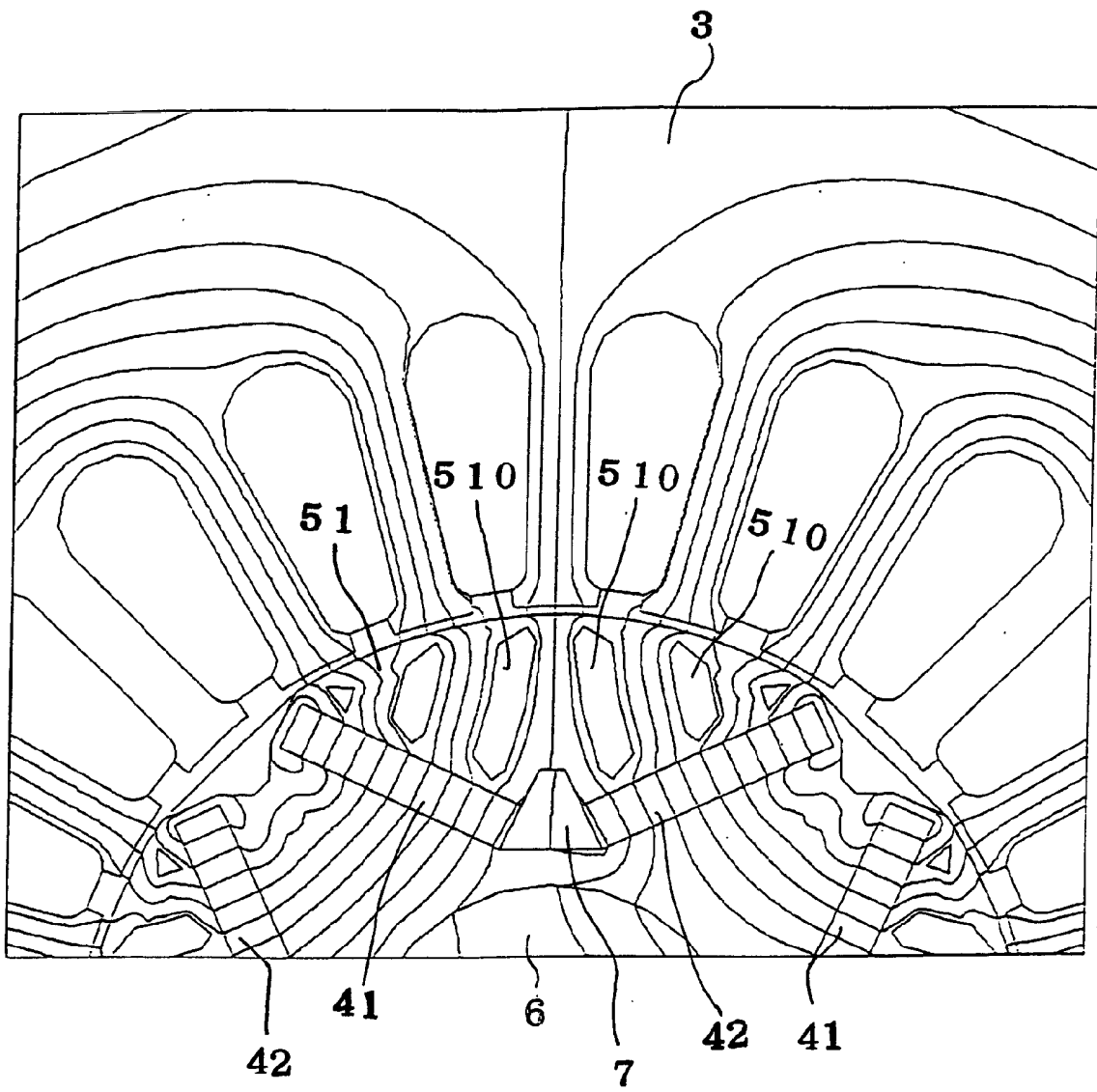


图 2

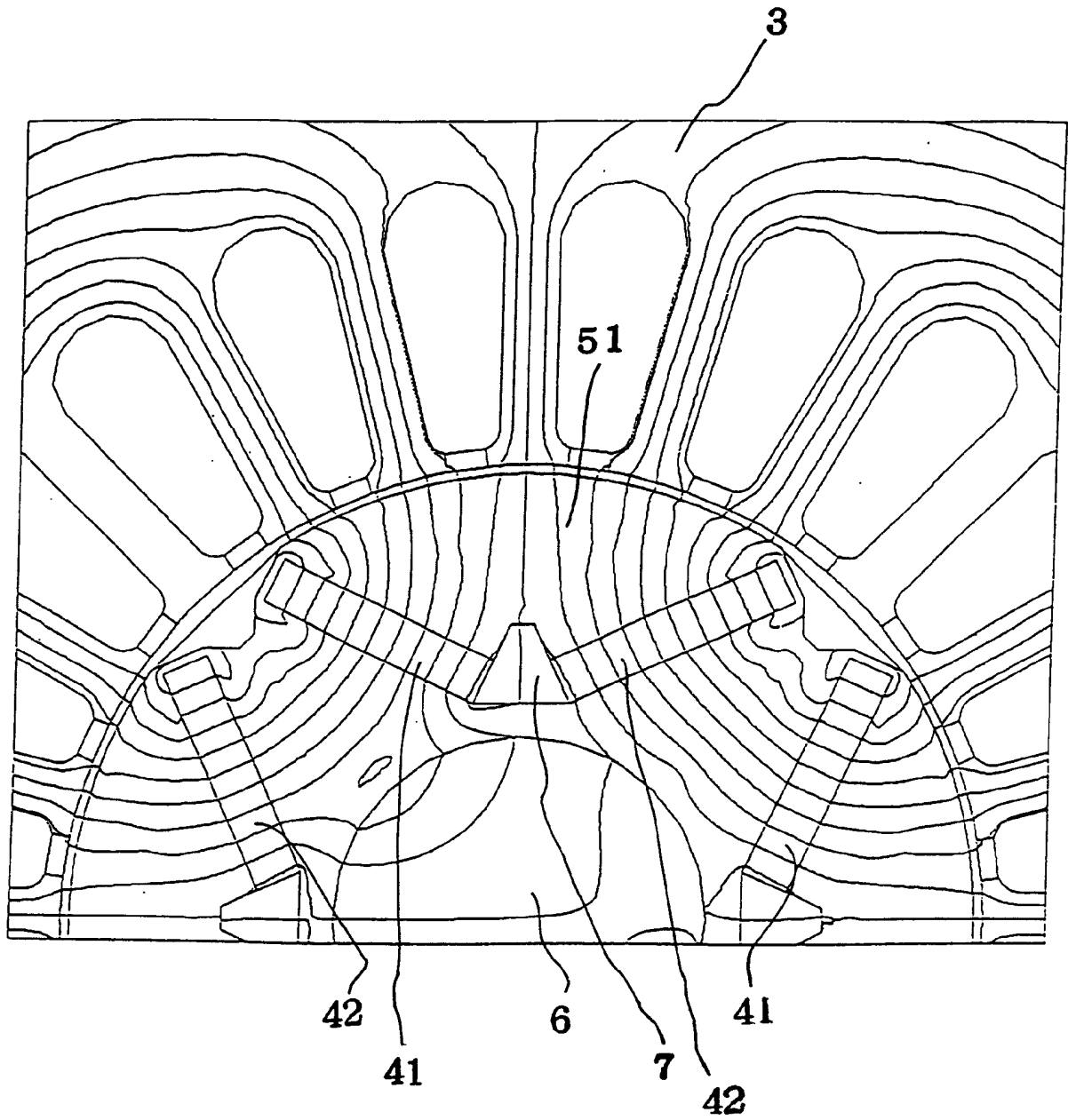


图 3

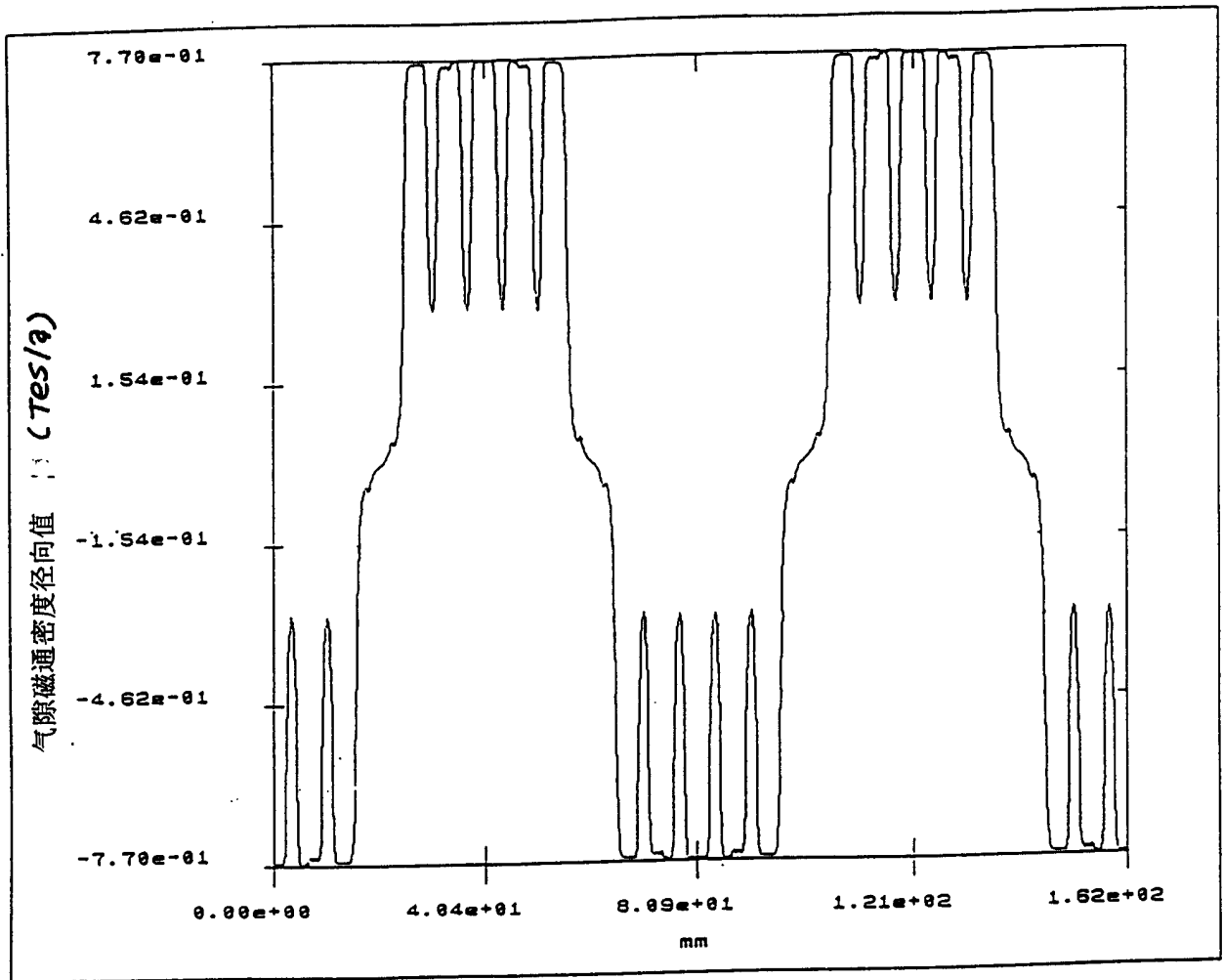


图 4



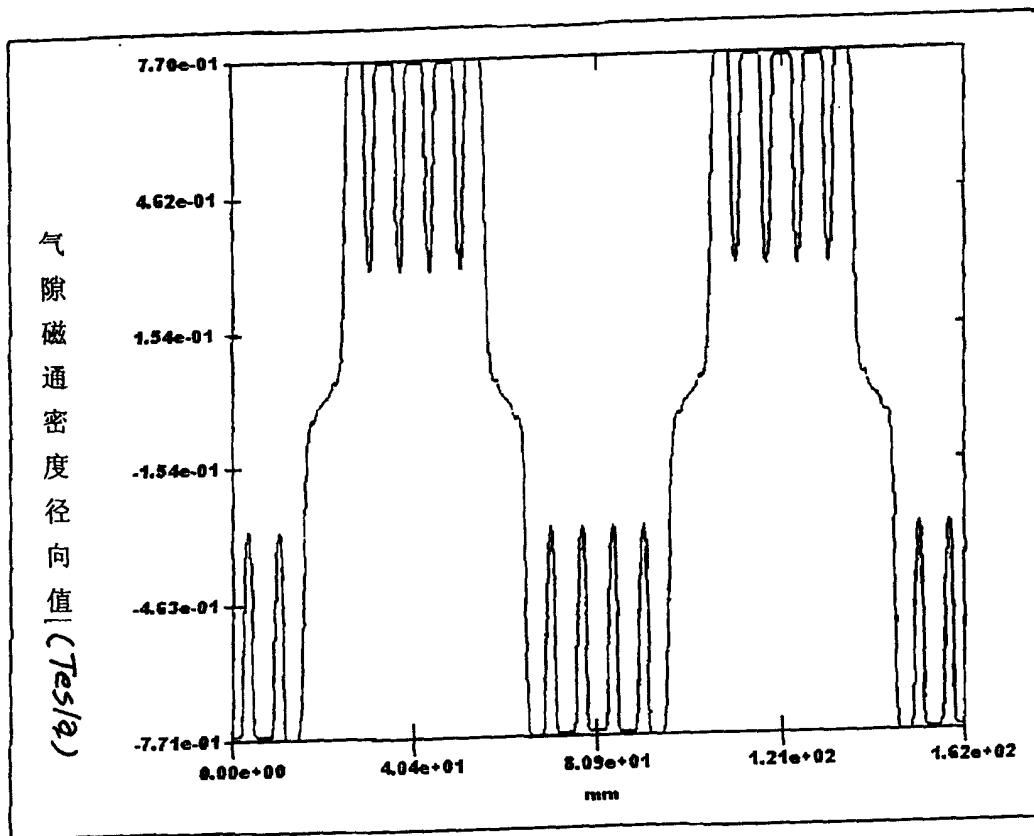


图 5

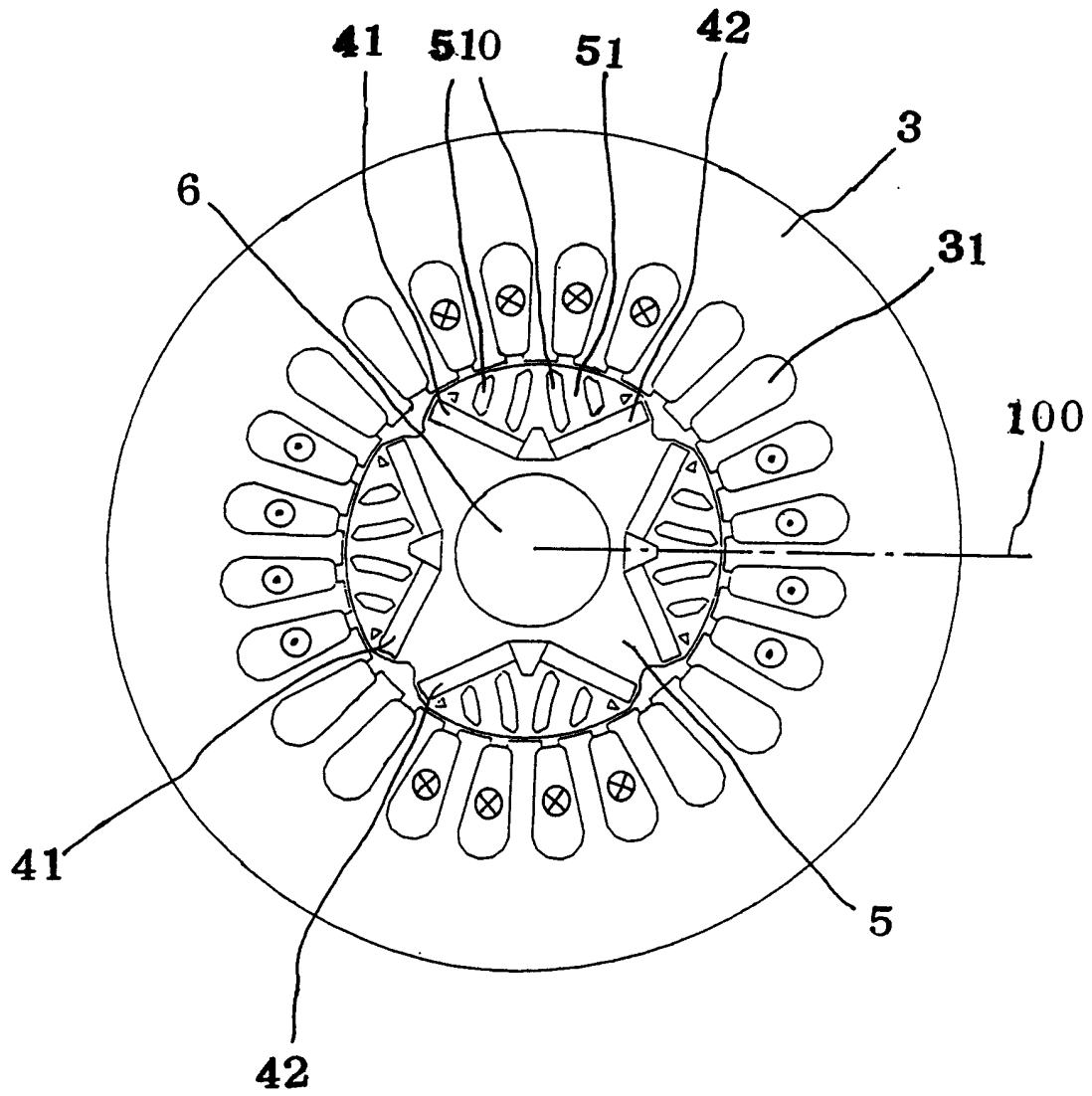


图 6

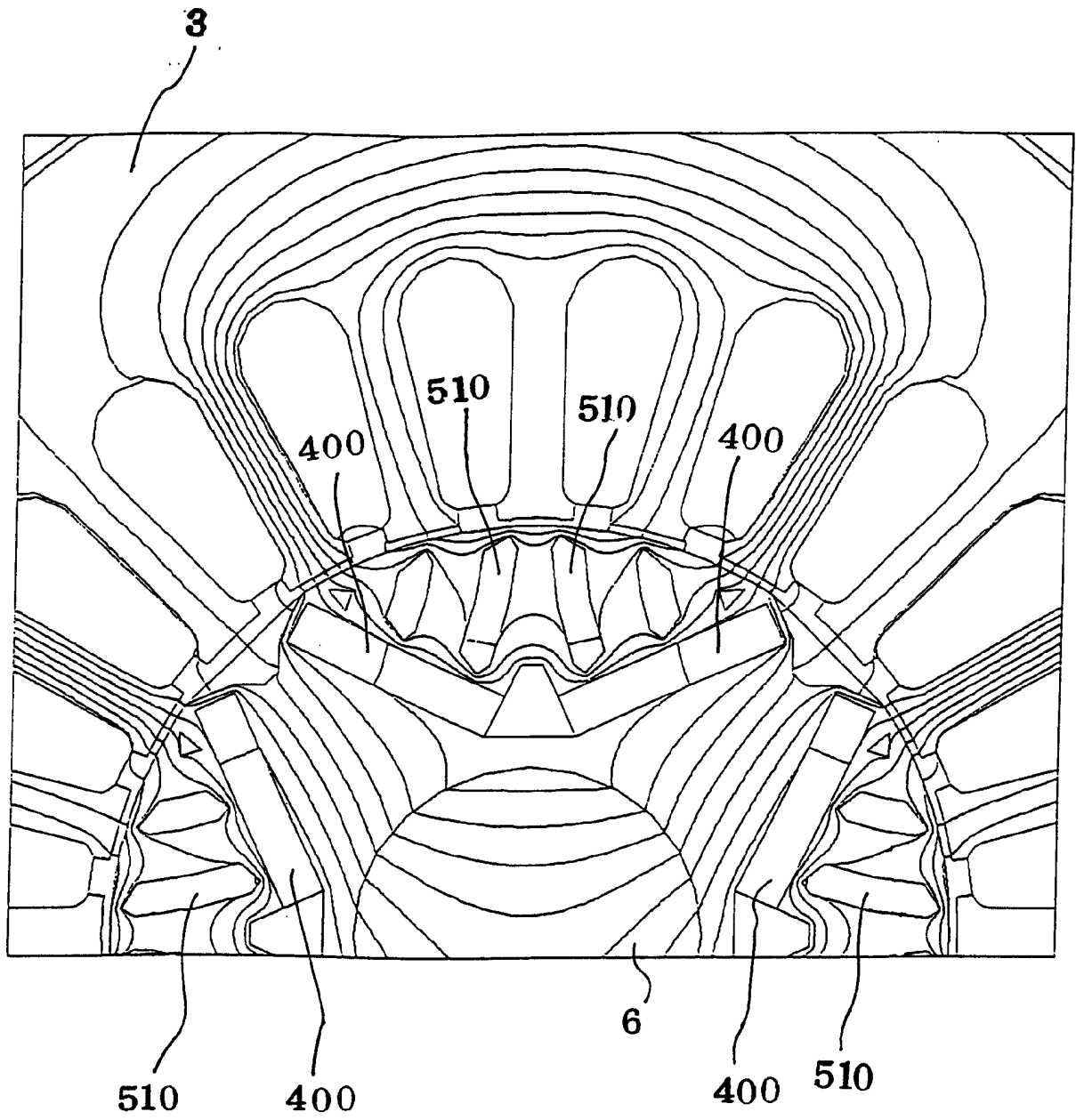


图 7

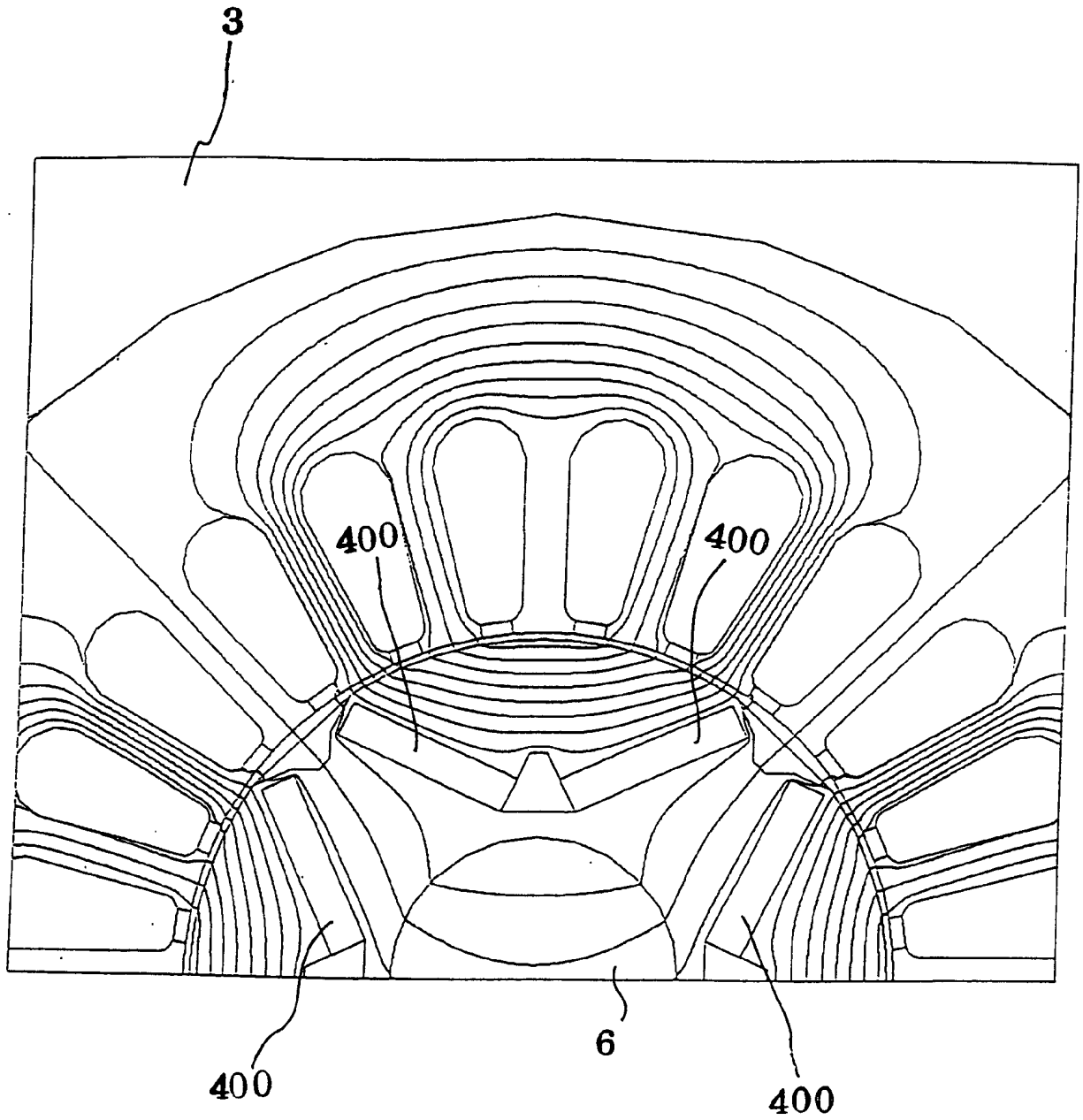


图 8

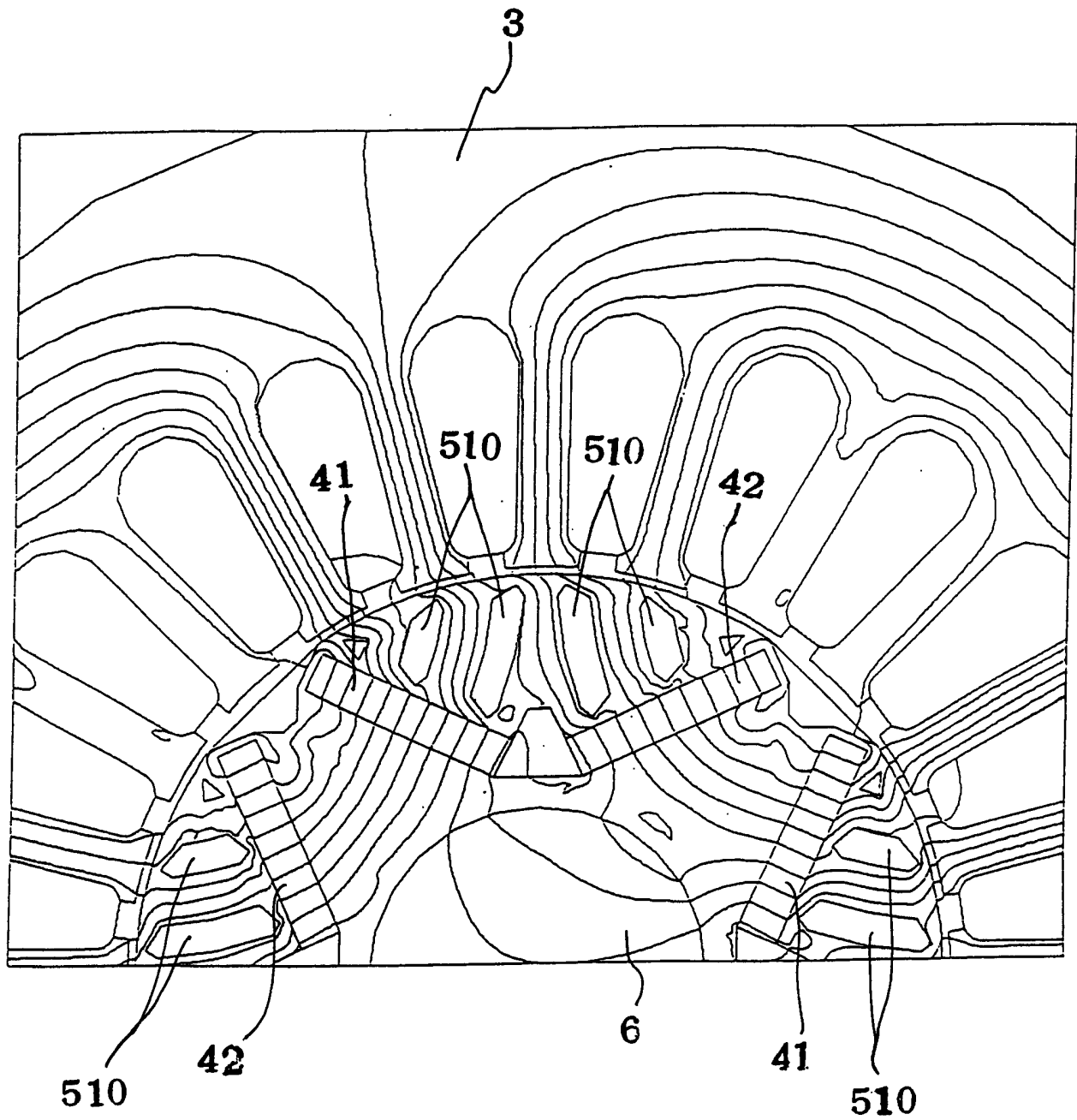


图 9

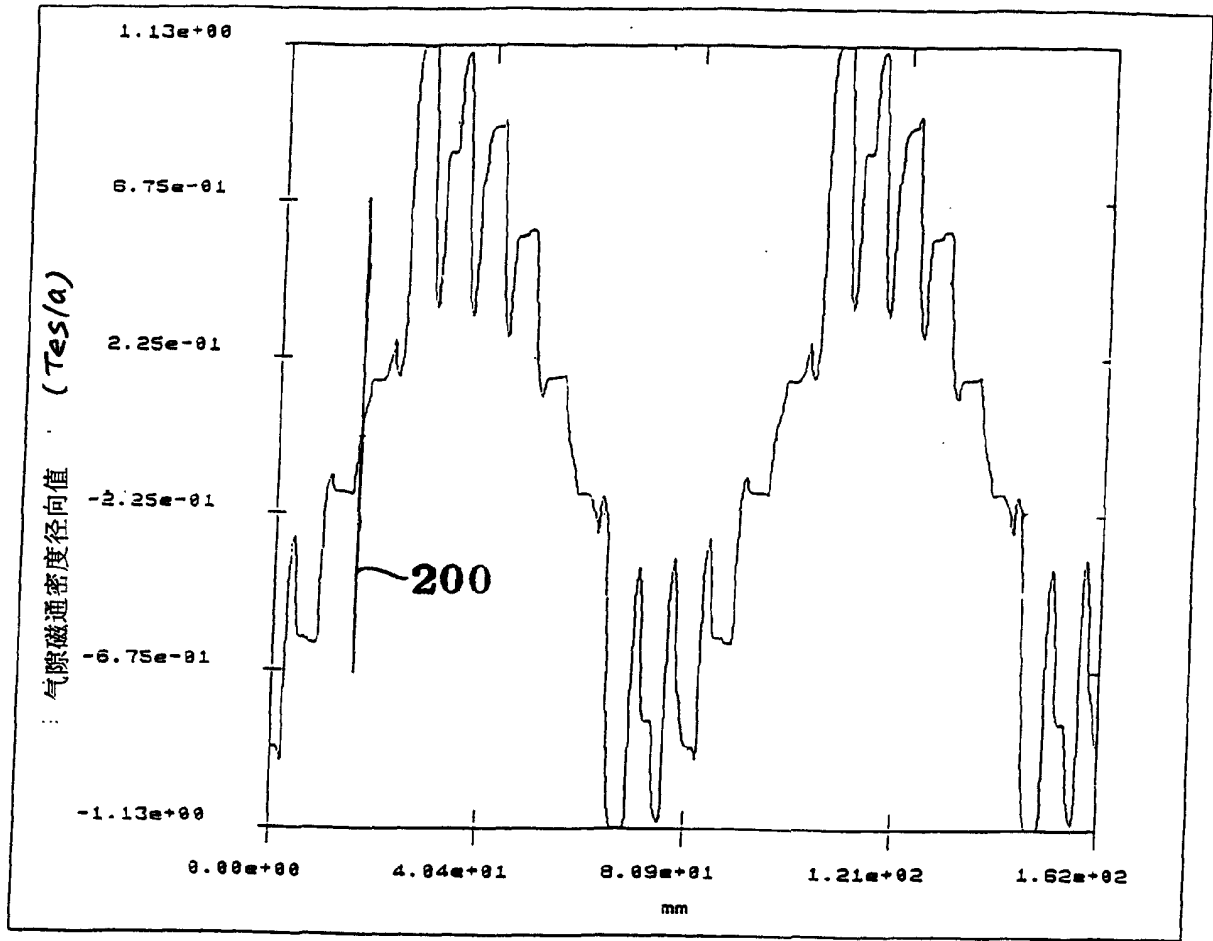


图 10

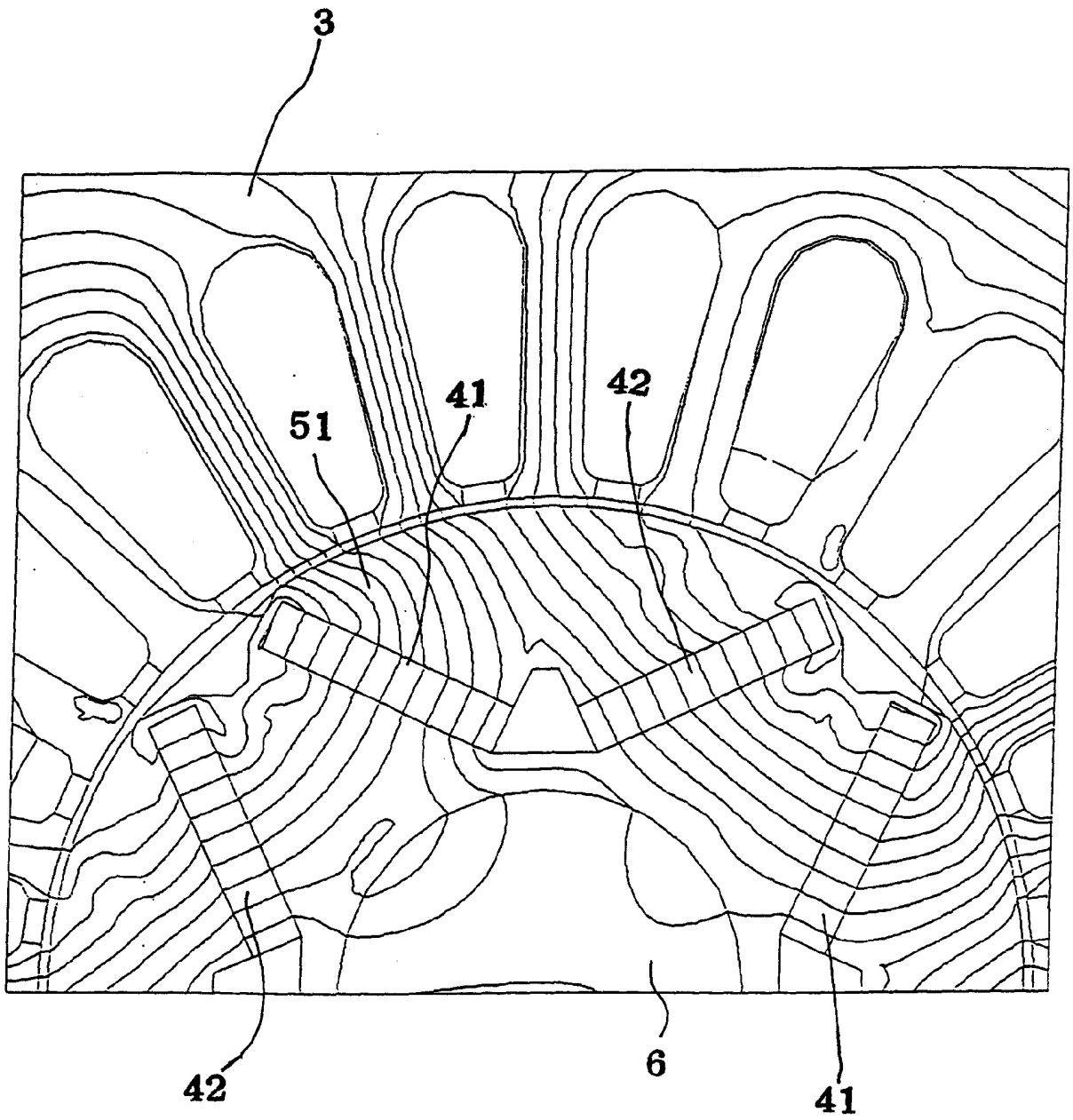


图 11

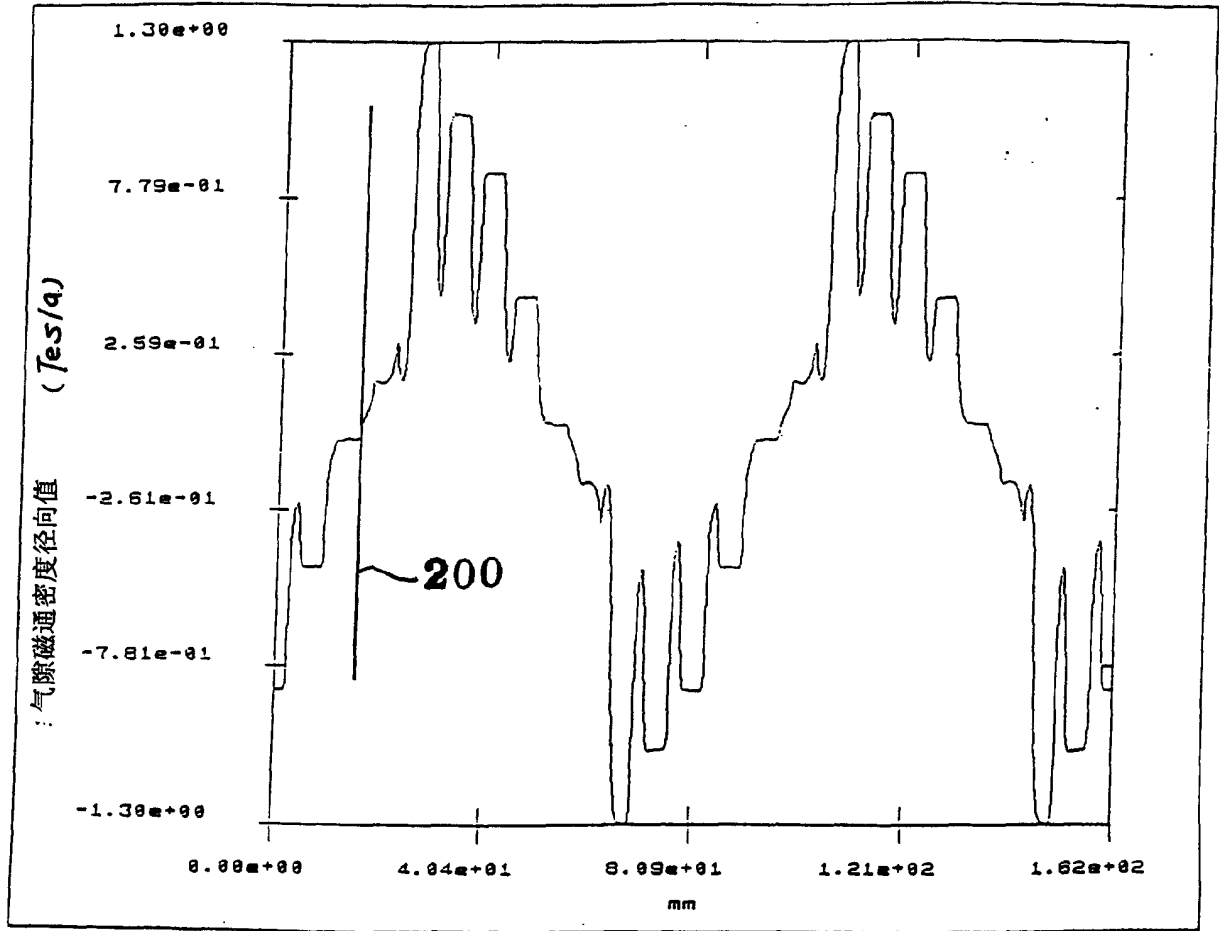


图 12



|        | 本发明第一实施例未<br>设置隔磁空槽 | 本发明第一实施例<br>设置隔磁空槽 |
|--------|---------------------|--------------------|
| 激磁电流密度 | <b>180 安匝/cm</b>    | <b>180 安匝/cm</b>   |
| 激磁电流方向 | 交轴                  | 交轴                 |
| 永久磁铁材质 | <b>N33H</b>         | <b>N33H</b>        |
| 叠积厚度   | <b>100mm</b>        | <b>100mm</b>       |
| 矽钢片材质  | <b>H23</b>          | <b>H23</b>         |
| 输出转矩   | <b>3.8 N·m</b>      | <b>4.6 N·m</b>     |

图 13

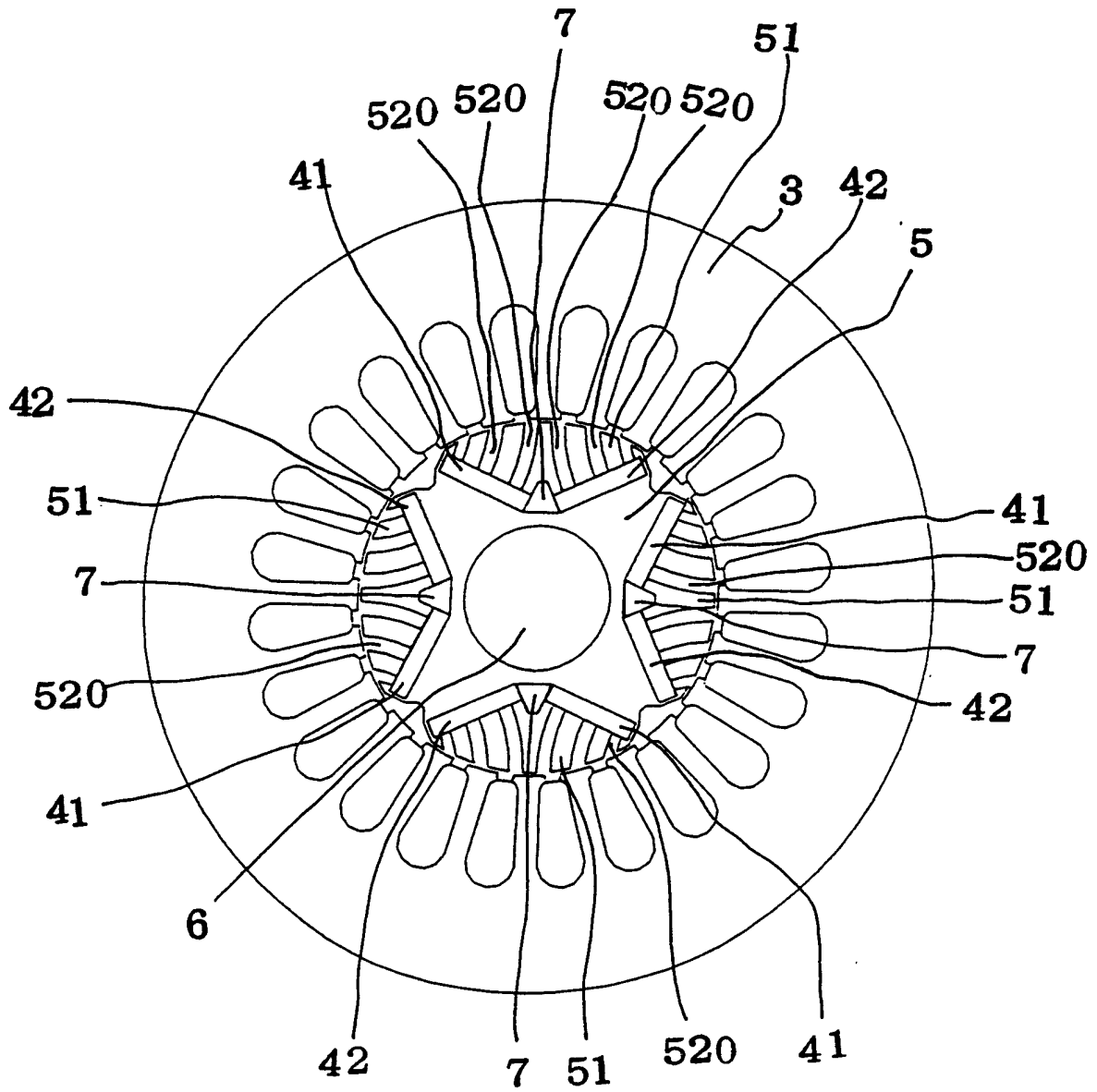


图 14

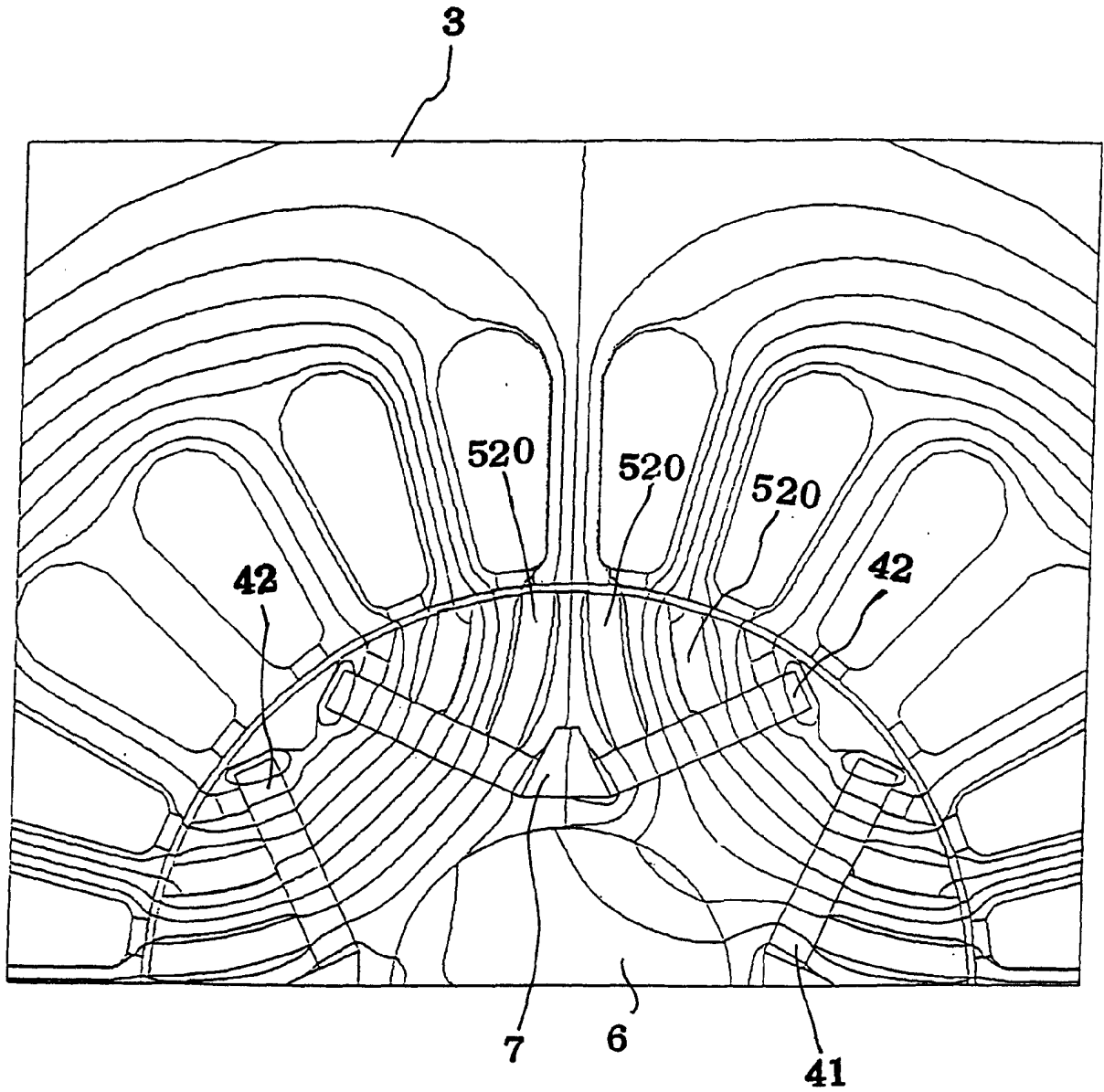


图 15

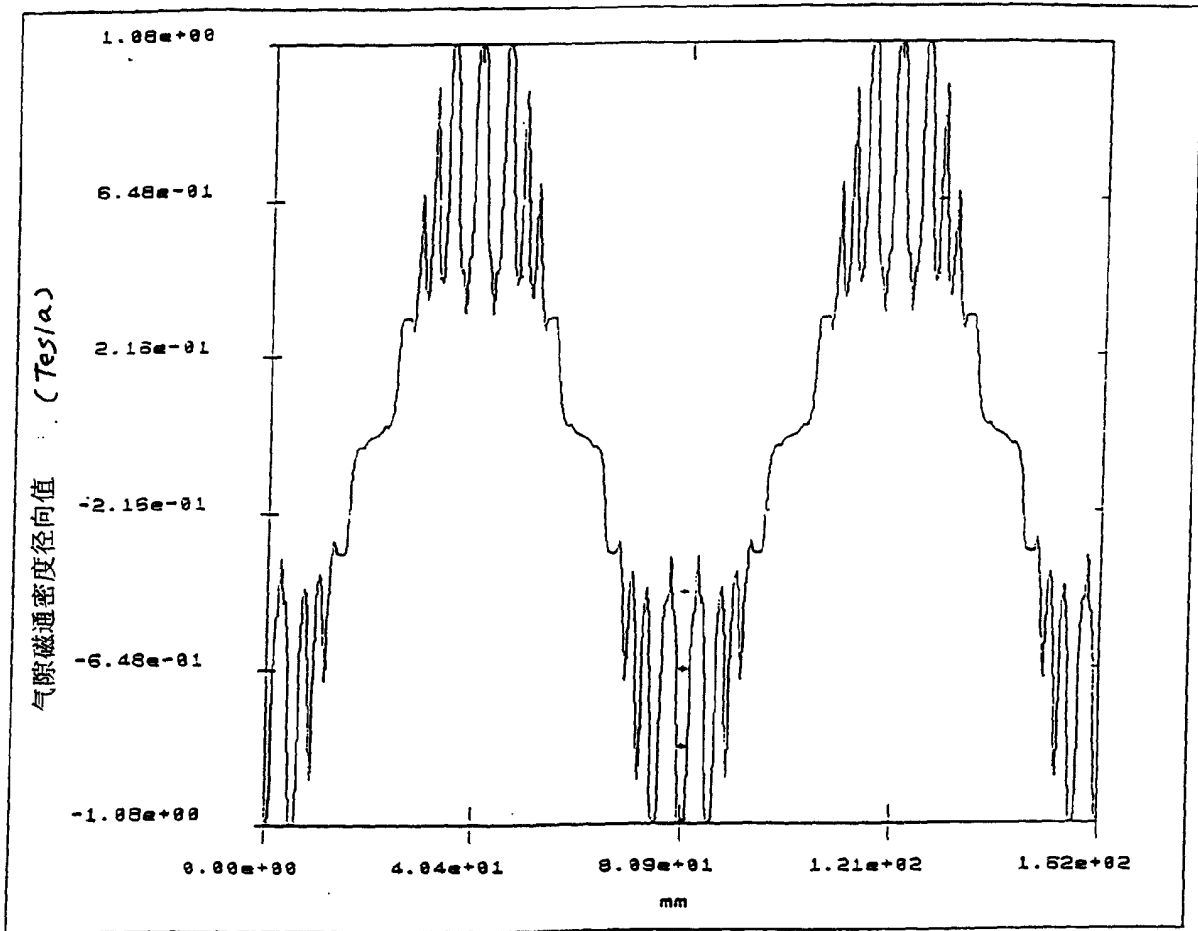


图 16

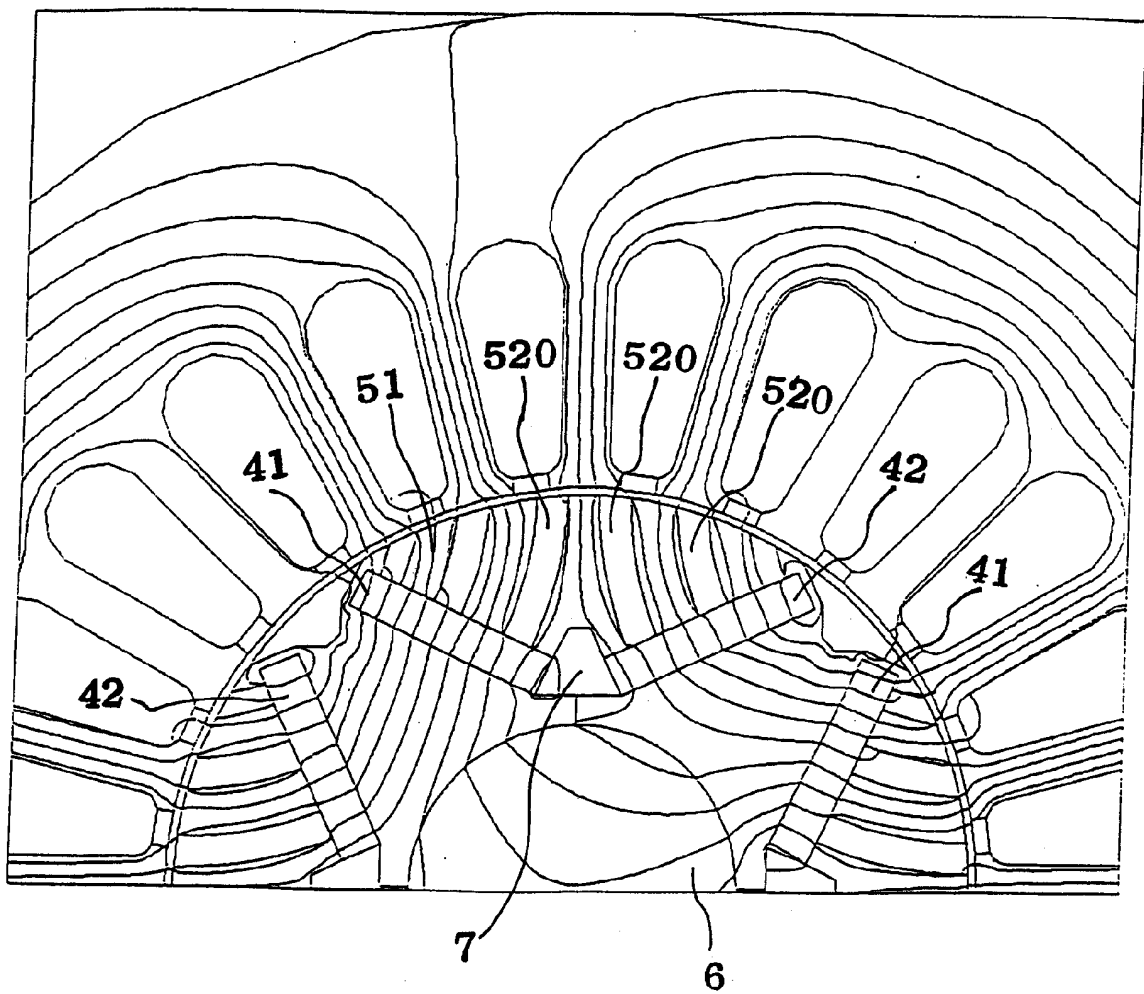


图 17

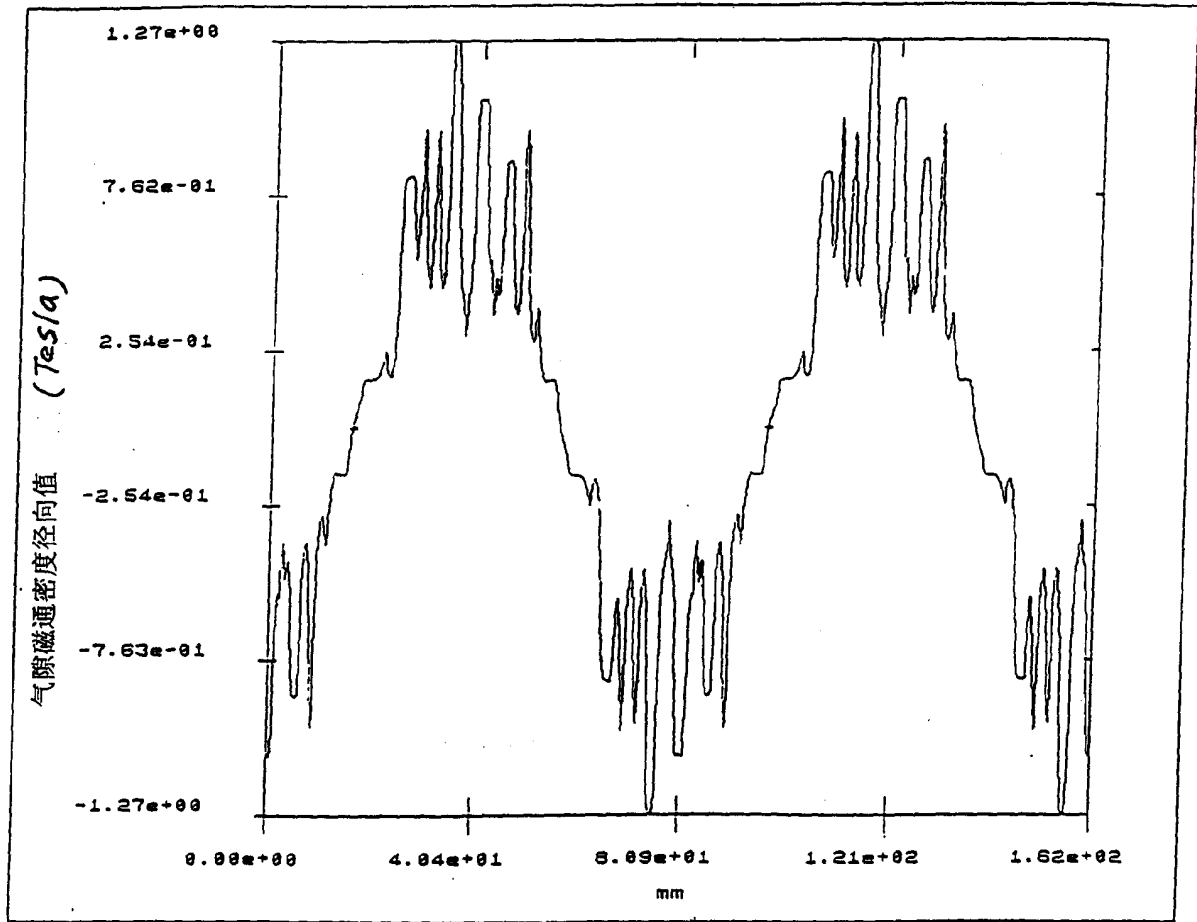


图 18

|        | 本发明第一实施例未<br>设置隔磁空槽 | 本发明第一实施例设<br>置隔磁空槽 | 本发明第一实施例设<br>置完全分离隔磁空槽 |
|--------|---------------------|--------------------|------------------------|
| 激磁电流密度 | <b>180 安匝/cm</b>    | <b>180 安匝/cm</b>   | <b>180 安匝/cm</b>       |
| 激磁电流方向 | 交轴                  | 交轴                 | 交轴                     |
| 永久磁铁材质 | <b>N33H</b>         | <b>N33H</b>        | <b>N33H</b>            |
| 叠积厚度   | <b>100mm</b>        | <b>100mm</b>       | <b>100mm</b>           |
| 矽钢片材质  | <b>H23</b>          | <b>H23</b>         | <b>H23</b>             |
| 输出转矩   | <b>3.8N-m</b>       | <b>4.6N-m</b>      | <b>5.8N-m</b>          |

图 19

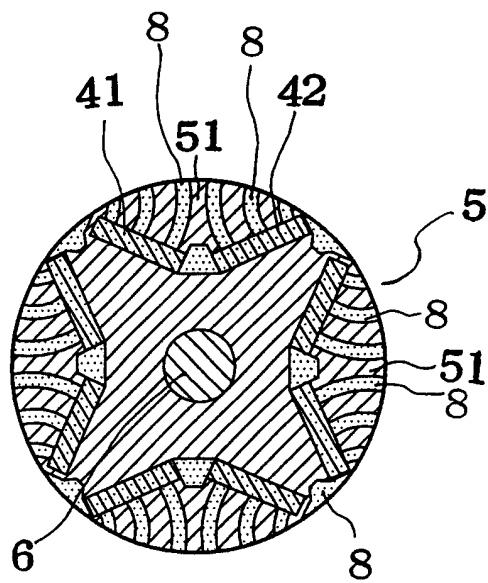


图 20



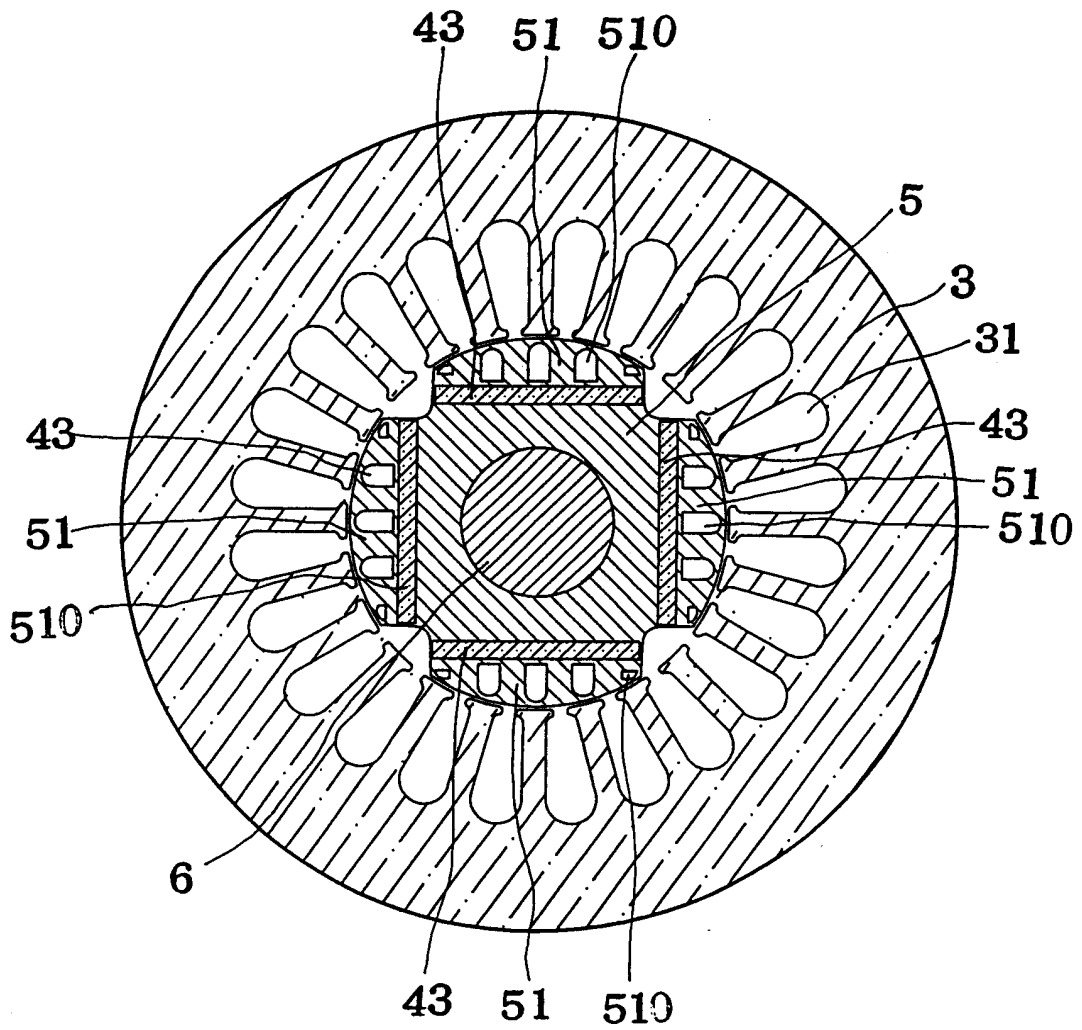


图 21

|        | 本发明第二实施例未<br>设置隔磁空槽 | 本发明第二实施例<br>设置隔磁空槽 |
|--------|---------------------|--------------------|
| 激磁电流密度 | <b>180 安匝/cm</b>    | <b>180 安匝/cm</b>   |
| 激磁电流方向 | 交轴                  | 交轴                 |
| 永久磁铁材质 | <b>N33H</b>         | <b>N33H</b>        |
| 叠积厚度   | <b>100mm</b>        | <b>100mm</b>       |
| 矽钢片材质  | <b>H23</b>          | <b>H23</b>         |
| 输出转矩   | <b>3.8 N-m</b>      | <b>4.6 N-m</b>     |

图 22

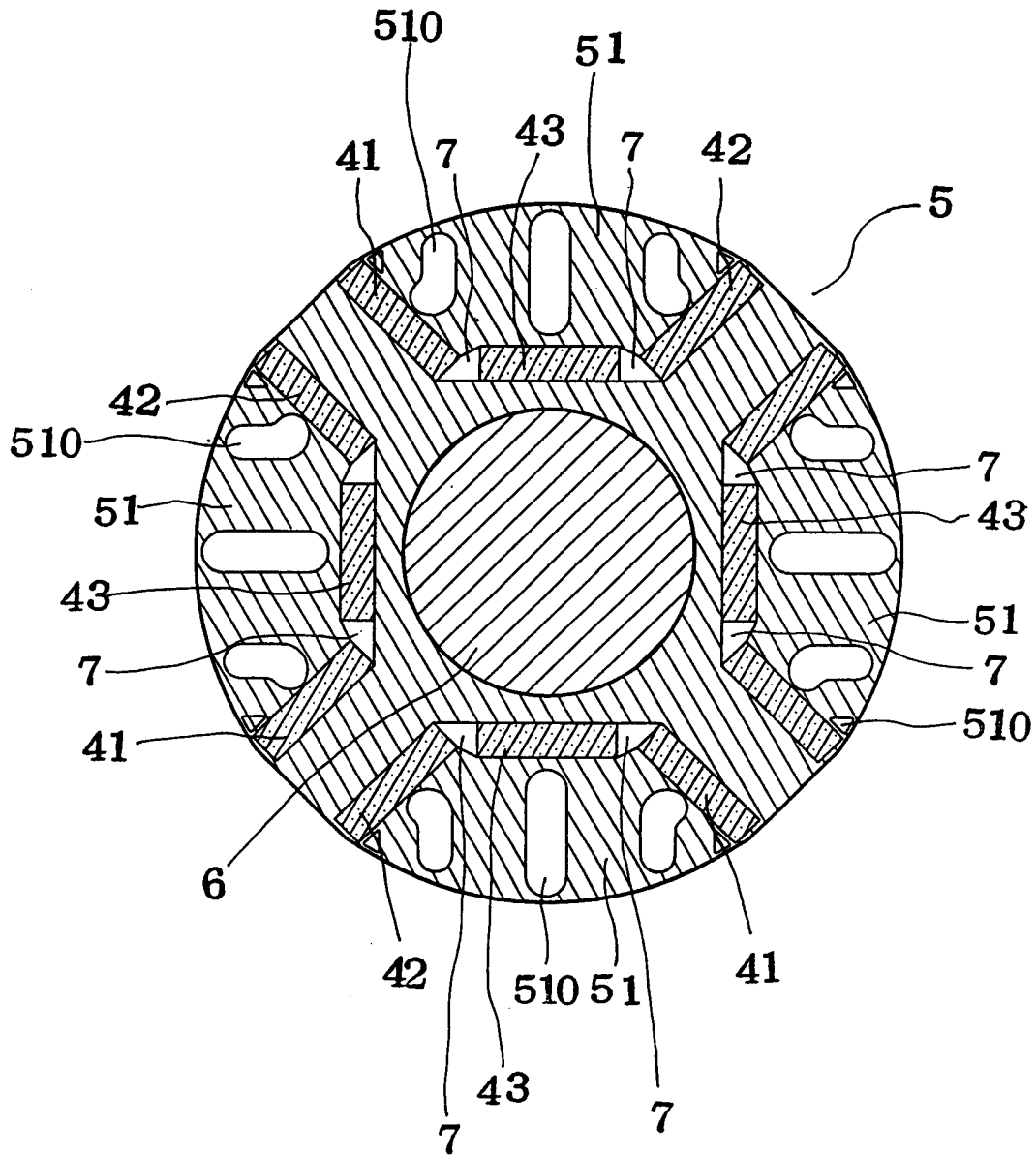


图 23

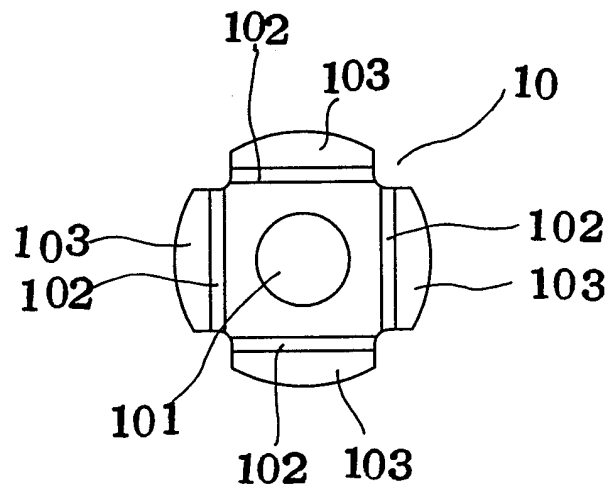


图 24

