



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 87102051.3

[51] Int.Cl<sup>4</sup>  
H02N 11/00

[43] 公开日 1989年1月11日

[22] 申请日 87.6.29

[71] 申请人 袁刚之

地址 湖南省长沙市楚湘街189号

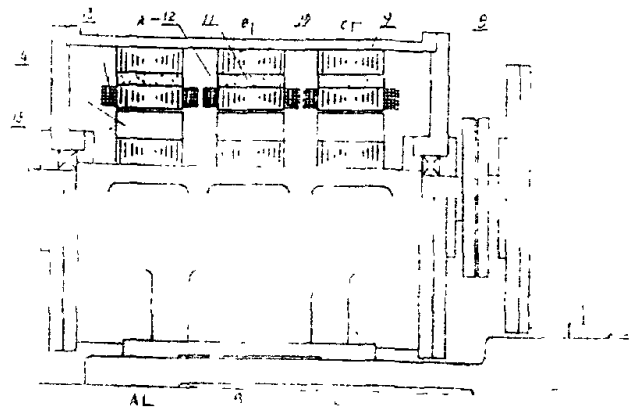
[72] 发明人 袁刚之

说明书页数: 9 附图页数: 6

[54] 发明名称 磁能发电机

[57] 摘要

磁能发电机。它是一种利用磁极物质产生电能的装置。本发明在类似多段式反应同步电机或步进电机的定子铁芯中装设永久磁极、导磁铁芯和电枢绕组,每段为其一相,定、转子极数、极距、极宽相等,转子由直流电动机或同步电动机驱动,而驱动电机由磁能发电机本身产生的电能供电。



1. 一种利用永久磁极磁贮能产生电能的磁能发电机，包括发电机〔1〕、驱动电机〔6〕、整流装置〔2〕、切换控制装置〔4〕、蓄电池组〔5〕，本发明的特征是在类似反应式同步或步进电机的定子铁芯〔10〕上，放置永久磁极〔11〕、导磁铁芯〔12〕和电枢绕组〔13〕，转子铁芯〔14〕用高导磁材料制作，电枢绕组〔13〕与永久磁极〔11〕间无相对运动，电枢绕组匝链的磁通方向不变，但大小随转子旋转周期变化，而产生感应电势，电枢绕组〔13〕经单向半导体功率器件组成的整流装置与电负载〔3〕连接，电枢绕组〔13〕内只通过脉宽为 $\pi$ 或 $\frac{2\pi}{m}$ （相数 $m \geq 3$ 时）的脉冲去磁电流。

2. 按权利要求1所述的磁能发电机，其特征是定、转子可由 $m$ 段铁芯组成，每段为磁能发电机的一相。 $m$ 段定、转子铁芯的位置装配应保证得到 $m$ 相平衡系统，单相磁能发电机为减小速度波动轴上可加装飞轮。

3. 按权利要求1所述的磁能发电机，其特征是定、转子铁芯的极数、极距、极宽应相等。

4. 按权利要求1所述的磁能发电机，其特征是整流装置〔2〕与电枢绕组〔13〕连接时的极性使整流装置〔2〕只允许电枢绕组〔13〕在其匝链磁通由小变大的半周内有电流通过。

5. 按权利要求1所述的磁能发电机，其特征是永久磁极矫顽磁势为常值不变，而定、转子磁路磁阻是转子失调角 $\theta$ 的函数即磁路磁链当转子旋转时是不断变化的。

6. 按权利要求 1 所述的磁能发电机，其特征是驱动电机可以是直流电动机，当有公用电源时也可以是同步电动机。

## 磁能发电机

本发明涉及一种利用永久磁极磁贮能产生电能的磁能发电机。

现有的永磁发电机是恒磁链系统，永久磁铁的磁贮能在工作过程中保持不变，磁铁磁贮能不向外释放，永久磁铁磁场仅仅是机械能转换为电能的媒介，永磁发电机中电枢线圈与永久磁铁间有相对运动，电枢线圈匝链的主磁通是交变的，故需外界输入机械能克服电枢电流与磁场间的互感力矩才能维持转子速度不变，可以证明输出电能与输入机械能相等，故永久磁铁磁贮能没有得到利用。

本发明的目的是充分利用永久磁极磁贮能，提供一种将磁贮能转换为电能的新型发电机，为人类生产廉价电能。

本发明是根据以下见解实现的：根据相对论，如果一个物体放出能量  $\Delta E$ ，不管能量形式如何，其质量将减少  $\Delta m = \frac{\Delta E}{C^2}$ （式中  $m$ ——质量， $C$ ——光速）， $\Delta E$  可以是机械能、热能、光能、电能、磁能或任何其他形式能量，当设法使磁极放出磁能时，磁极质量将减小，即磁极的质量转换为能量。

永久磁极内部有磁贮能，要使永久磁极放出磁能应满足以下一些条件：

- 1、系统应为恒磁势系统，永久磁极矫顽磁势为常值不变，永久磁极的磁通和内部磁储能随磁路磁阻变化而变化。
- 2、磁阻是周期变化的，在转子失调角  $\theta = \pm \pi$  点与  $\theta = 0$  点处定，转子磁路的磁阻相差越大越好。
- 3、磁路内设有与磁通匝链的电枢线圈，电枢线圈匝链的主磁

通方向不变，但大小随转子旋转而周期变化，线圈与永久磁极间应无相对位移，以保证磁能只能转换为电能输出。

4、电枢电流方向应为去磁方向，即只当磁阻由大变小的半周内（ $-\pi < \theta < 0$  区间）才使电枢绕组内流过电流，磁极的磁能变为电能由线圈输出，而在  $0 < \theta < \pi$  区间电枢绕组电流为零，线圈功率为零，磁极不吸收外能也不增磁。

5、为使转子旋转平稳，驱动电机功率最小，应采用多段式磁路结构，以保证当电枢线圈内电流为零时，转子轴上的合成力矩为零。当电枢线圈内有电流时，驱动电机只需克服电枢反应产生的不平衡力矩。

6、电枢线圈电流产生的磁势越大越好，但以不使永久磁极产生永久性退磁为限。

7、转子旋转时在电枢线圈内产生的电能  $W_d$  应大于维持转子旋转的机械能  $W_J$ ，即  $W_d / W_J > 1$ 。

8、磁能发电机转子速度越高输出功率越大性能指标越好。

下面结合附图和实施例（以三相八极3000转/分磁能发电机为例）进一步详细说明发明是怎样实现的。

图1是系统方框图

图2是本发明一种具体结构的纵向剖面图

图3是图2磁能发电机沿A—A线的剖视图

图4是图2磁能发电机沿B—B线和C—C线的剖视图

图5是本发明另一种具体结构的横向剖面图。

图6是本发明的原理电路图

参照图1，【6】为驱动电机，驱动电机的作用有二，一是将磁能发电机转子从静止加速到额定转速，二是维持磁能发电机转子

速度恒定因磁能发电机向外输出电能时，负载电流将产生阻力矩，轴承摩擦和风损等机械损耗也产生阻力矩，必须由驱动电机输入机械能才能维持转子速度恒定。磁能发电机的驱动电机可以采用直流电动机（当有公用电源时驱动电机也可采用同步电动机）。起动磁能发电机时，直流电动机〔6〕经切换控制装置〔4〕由蓄电池组〔5〕供电（有公用电源时可用整流装置代替蓄电池组）当转子速度达到额定速度后操纵切换控制装置〔4〕将驱动直流电动机〔6〕接向磁能发电机的整流装置〔2〕，驱动直流电动机〔6〕由磁能发电机〔1〕本身供电，消耗磁能发电机〔1〕的部分电能。

整流装置〔2〕由单向半导体功率器件组成，将磁能发电机电枢绕组产生的交流电整流变成直流电，保证每相电枢绕组只在使永久磁极退磁的半个周期内流过脉宽为 $\pi$ 或 $\frac{2\pi}{m}$ （当相数 $m \geq 3$ 时）的脉冲电流，因此电负载〔3〕应接在整流装置〔2〕后。

切换控制装置〔4〕可用单向可控半导体功率器件（如可控硅、大功率晶体管、大功率场效应管、可关断可控硅等）或继电器——接触器组成。视使用场合和需要将切换控制装置〔4〕设计成手动操作或自动控制装置，必要时也可采用恒速调节装置。

在磁能发电机纵向剖面图2中，可见有三段环形定子铁芯〔10〕装配在机壳〔9〕内，永久磁极〔11〕则装在导磁铁芯〔12〕与定子铁芯〔10〕之间，电枢线圈〔13〕套装在导磁铁芯〔12〕处。转子铁芯〔14〕同样有三段装在转子轴〔15〕上，且分别与各段定子铁芯〔10〕对齐。轴〔15〕由两端端盖〔8〕上的轴承支承，联轴器〔7〕则将驱动电机〔6〕与转子轴〔15〕联在一起。

图3、图4示出永久磁极径向布置结构，图5示出永久磁极

【11】切向布置结构。定子铁芯【10】、永久磁极【11】、导磁铁芯【12】（仅径向布置结构有）电枢线圈【13】间的相互关系在图3、图4、图5中进一步清楚示出。定子铁芯【10】和导磁铁芯【12】可用高导磁硅钢片冲制叠装而成。永久磁极【11】可用钕铁硼、稀土钴或其他高性能永磁材料制成。定子铁芯【10】、永久磁极【11】、导磁铁芯【12】三者之间可用高强度粘结剂粘结也可用机械方法固紧。

电枢线圈【13】用绝缘导线或新近出产的超导线材绕制。

每台磁能发电机有 $m$ 段定子铁芯【10】（ $m$ 为发电机相数，本实施例 $m=3$ ），为减小驱动电机容量及转子速度波动值，各段定子铁芯磁极中心应相互错开 $\frac{360^\circ}{2Pm}$ （ $2P$ 为磁极数）即相互错开 $\frac{360^\circ}{m}$ 电角度（由图3，图4可见本实施例各相定子磁极中心相互错开 $15^\circ$ 机械角 $120^\circ$ 电角度），使各段永久磁极产生的定位力矩相位相互错开 $\frac{360^\circ}{m}$ 电角度， $m$ 段定位力矩之和当电枢电流为零时必然为零，磁能发电机起动时驱动电机仅需克服机械损耗力矩。小功率磁能发电机当作成单相时，由于轴上转矩是脉动的，为减小转子速度波动应在转子轴上配置飞轮。

由图2可见转子也由 $m$ 段铁芯组成，转子装配时应使 $m$ 段铁芯的极中心落在同一平面内，转子铁芯【14】由高导磁硅钢片冲制叠装而成，转子铁芯极数 $2P$ 、极距 $\tau$ 、极宽 $b_c$ 与定子相同，由上可见磁能发电机的定、转子和磁路结构类似多段式反应同步电机或步进电机。

图6为三相（ $m=3$ ）磁能发电机的电原理图，由图可见，磁能发电机【1】的三相电枢绕组【13】与二极管组成的三相半波整流电路【2】相连，发电机经整流器向外供应直流电能，整流装置【2】与

电枢绕组〔13〕连接时的极性应保证只在电枢绕组〔13〕内匝链磁通由小变大的半周内通过电流，即电枢电流产生的磁势是去磁的。切换控制装置〔4〕由主令开关LK、接触器1JC、2JC、3JC、4JC和起动电阻RQ1、RQ2组成（以最简单的手动切换控制为例）。当需要起动磁能发电机时，操作主令开关LK使1JC吸合，直流电动机经起动电阻RQ1，RQ2与蓄电池组〔5〕相连，随着转子速度逐渐升高，转动LK逐级闭合接触器2JC、3JC，逐级短接起动电阻RQ1，RQ2使转子加速到额定速度，然后切断接触器1JC，2JC，3JC接通接触器4JC，直流电动机〔6〕改由磁能发电机〔1〕本身供电而完成起动过程。

下面叙述磁能发电机产生电能和维持转子持续运转的原理。

磁能发电机中，永久磁极的磁势为不变值，当转子磁极中心与定子磁极中心对齐时（转子失调角 $\theta = 0$ 稳定平衡点）磁路磁阻最小，磁通最大、磁极内储能最大、电枢绕组中匝链磁通最大。当转子槽中心与定子磁极中心对齐时，（ $\theta = \pm \pi$ ，不稳定平衡点）磁路磁阻最大，磁通最小，磁极内储能最小，电枢绕组中匝链磁通最小。因此当转子旋转时，电枢绕组中匝链磁通虽然方向不变但大小将周期变化而产生感应电势。转子在（ $-\pi < \theta < 0$ ）区间，永久磁极吸引转子对转子施加加速力矩 $T_+$ （平均值）；转子在（ $0 < \theta < \pi$ ）区间永久磁极吸引转子对转子施减速力矩 $T_-$ （平均值）。当电枢电流为零时，因结构是对称的故有 $T_+ = T_-$ 。

由于磁能发电机是 $m$ 相平衡系统，为简单计只考查A相中转子的一个极从 $\theta = -\pi$ 至 $\theta = 0$ （严格说来为 $\theta = -\frac{5\pi}{6}$ 至 $\theta = -\frac{\pi}{6}$ 区间）区间的能量转换关系。 $\theta = -\pi$ 时，A相电枢线圈匝链的磁通



为最小值，当转子向前旋转磁路磁阻逐渐减小、磁极内储能逐渐增大与电枢线圈匝链的磁通逐渐增大，在电枢线圈内产生感应电势  $w_e$  ( $w$ ——每极匝数， $e$ ——匝电势)。此时若电枢线圈外部回路经过负载闭合则将产生电流  $i$ ，根据楞次感应定律，电枢线圈电流的方向为阻止电枢线圈内磁通的增大，即电枢电流所产生的磁势  $w_i$  为去磁磁势，它将使磁路内的磁通以低于没有电流时的值逐渐增长，在此过程中有部分磁能转换为电能输出。同时定子磁极与转子极间的吸引力也因磁通有所削弱而减小，加速力矩平均值减小为  $T_+'$  (力矩减小程度与电流波形形状及大小有关)。由于是三相半波整流，当 A 相绕组流过电流时，B 相、C 相绕组中没有电流，因此 B 段和 C 段定子磁极对转子极产生的减速力矩和仍为  $T_-$  (因没有电流时三相合成力矩为零) 于是转子轴上力矩不再平衡，平均减速力矩  $T_-$  大于平均加速力矩  $T_+'$ ，转子速度将降低，欲维持转子速度不变需由驱动电机向转子轴补充机械能  $w_J$ 。

$$w_J = (T_- - T_+' ) \Delta \theta_M \quad (1)$$

(1) 式中  $\Delta \theta_M = \frac{\Delta \theta}{2P}$  为机械失调角

而在  $(-\pi < \theta < 0)$  区间，A 相电枢绕组流过电流时产生电能

$$w_a = \int_{-\pi}^0 \frac{\pi}{\omega} w_i e d t = \int_{-\pi}^0 w_i e d \theta \quad (2)$$

(2) 式中  $\omega$  为角频率

电能  $w_a$  表达式(2)表明磁极磁通随转角  $\theta$  变化的函数关系将决定  $w_a$  的大小，而磁通变化规律由磁阻变化规律决定，故可根据电机设计已有知识设计出符合给定变化规律的磁极、导磁铁芯及定、转子磁

路各部分的几何形状及尺寸。

下面结合实施例具体参数，计算出磁能发电机产生的电能  $W_d$ ，消耗的机械能  $W_J$  及净输出电能  $(W_d - W_J)$  进一步说明磁能发电机的运行原理。

本实施例永久磁极径向布置，永久磁极尺寸  $22 \times 80 \times 10\text{mm}$  永久磁极剩余磁通  $\phi_r = 158400\text{Mx}$  矫顽磁势  $F_c = 5750\text{A}$ ，磁极数  $2P = 8$ ，极宽  $b_p = 22\text{mm}$ ，磁极长  $L = 80\text{mm}$  转子极外表半径  $R = 74\text{mm}$ ，气隙  $g = 0.4\text{mm}$ ， $\theta = 0$  时最大工作磁通  $\phi_{\max} = 151000\text{Mx}$ ， $\theta = \pm\pi$  时最小工作磁通  $\phi_{\min} = 114000\text{Mx}$  ( $0 < \theta < \pi$ ) 或 ( $0 > \theta > -\pi$ ) 区间磁通最大变化量  $\Delta\phi = 37000\text{Mx}$ 。

为计算出转子极从  $\theta = -\pi$  至  $\theta = 0$  区间所生电能  $W_d$  和消耗的机械能  $W_J$ ，设磁通  $\phi$  按  $\theta$  角的余弦规律变化，电枢线圈产生的电枢反应磁势幅值  $W_I$  为永久磁极矫顽磁势  $F_c$  的  $0.3$  倍，即  $W_I = 0.3F_c = 1725\text{A}$ 。根据(2)式并考虑电枢反应对合成磁通值的影响计算得到  $W_d = 0.32112\text{ [ J ]}$ 。

力矩  $T_+$ ， $T_-$  按“磁性材料及部件”杂志 1985 年第 1 期“磁力耦合传动的设计和计算”一文式 (10) 计算。

$$T_+ = T_- = \left( \frac{B_g}{4962.8} \right)^2 S_0 R$$

式中  $B_g$  —— 气隙磁感应强度 [Gs]

$S_0$  —— 气隙侧面积 [cm<sup>2</sup>]

$R$  —— 转子极外表半径 [m]

代入本实施例参数求得

$$T_+ = T_- = \left( \frac{151000}{4962.8 \times 2.2 \times 8} \right)^2 \times 8 \times 0.04 \times 0.074$$

$$= 0.0707692 \text{ [ Kg f } \cdot \text{ m ]}$$

设磁路为线性磁路，磁通与合成磁势成正比则有  $T_+' = T_+$

$$\left(1 - \frac{W_I}{F_C}\right)^2 = 0.070692 (1 - 0.3)^2 = 0.0346769 \text{ [ Kg f } \cdot \text{ m ]}$$

转子极从  $\theta = -\pi$  至  $\theta = 0$  所需机械能  $W_J$  由 (1) 式有

$$\begin{aligned} W_J &= (T_- - T_+' ) \Delta \theta_M \\ &= (0.0767692 - 0.0346769) \frac{\pi}{8} \times 9.81 \\ &= 0.1388994 \text{ [ J ]} \end{aligned}$$

输出电能  $W_d$  与输入机械能  $W_J$  之比  $W_d / W_J =$

$$= \frac{0.32112}{0.1388994} = 2.311889$$

磁能发电机 A 相一个极净输出电能

$$W_d - W_J = 0.32112 - 0.1388994 = 0.18222 \text{ [ J ]}$$

B 相、C 相在对应区间的能量转换过程与 A 相相同，因此整台磁能发电机净输出电功率  $P_d$  为

$$P_d = m(2P)^2 f_M (W_d - W_J) \quad (3)$$

式中  $f_M$  —— 转子每秒转数，本实施例  $f_M = 50$  转/秒

$$\therefore P_d = 3 \times (8)^2 \times 50 \times 0.18222 = 1749.312 \text{ [ W ]}$$

由式(3)可见，当一台磁能发电机制造好后，转子速度越高，净输出电功率  $P_d$  越大，性能指标也越好。

本实施例运转一年净输出能  $\Delta E$  为

$$\Delta E = 1749.312 \times 365 \times 24 \times 3600 = 5.516630323 \times 10^9 \text{ [ J ]}$$

所消耗的磁极质量  $\Delta m$  为

$$\Delta m = \frac{5.516630323 \times 10^{10}}{(2.998 \times 10^8)^2} = 6.137770214 \times 10^{-7} \text{ (kg)}$$

即本实施例运转一年仅消耗 0.6138 毫克磁钢，按 1000 元/公斤计算，其价值可忽略不计，足见磁能发电机所生电能的成本是最低的。

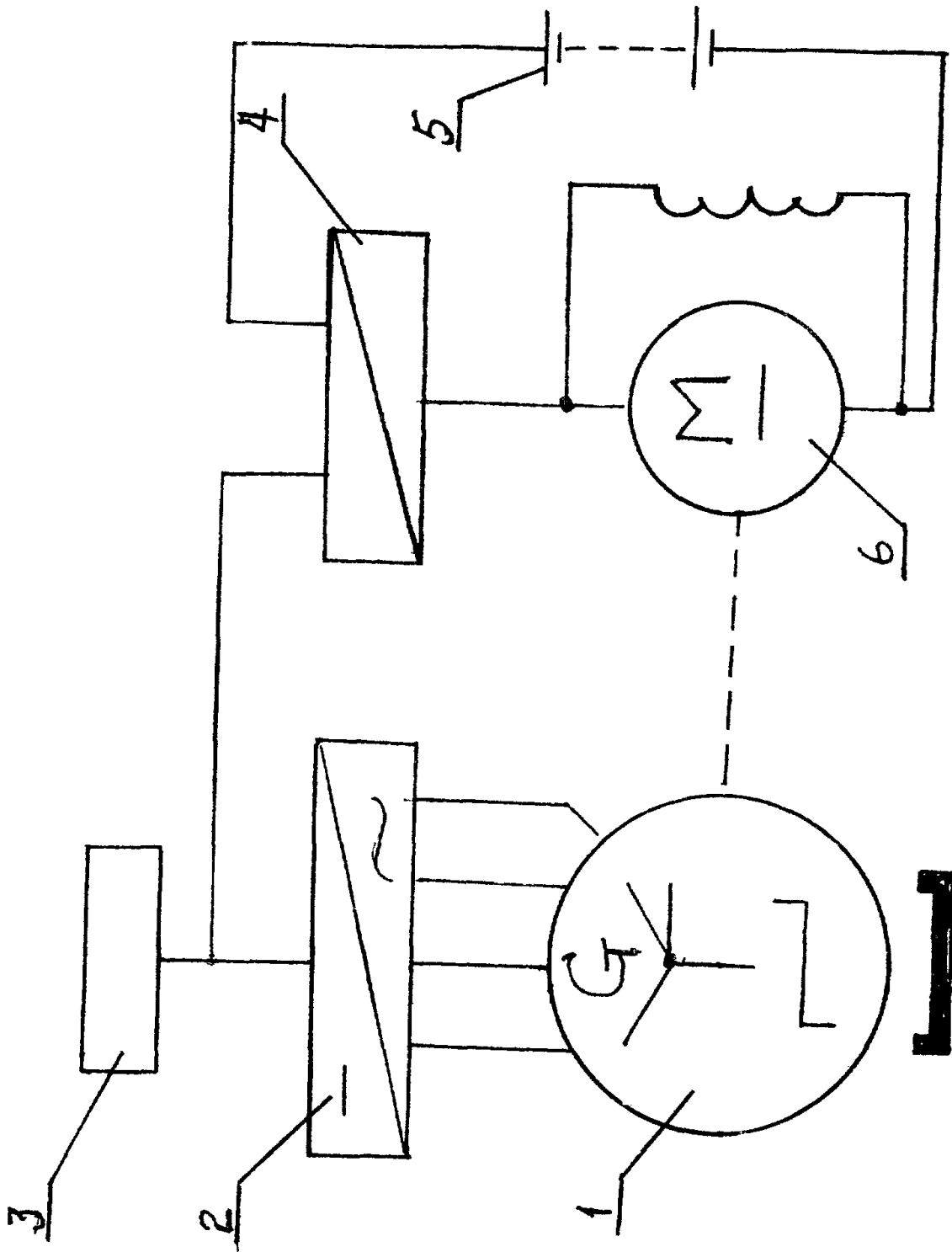
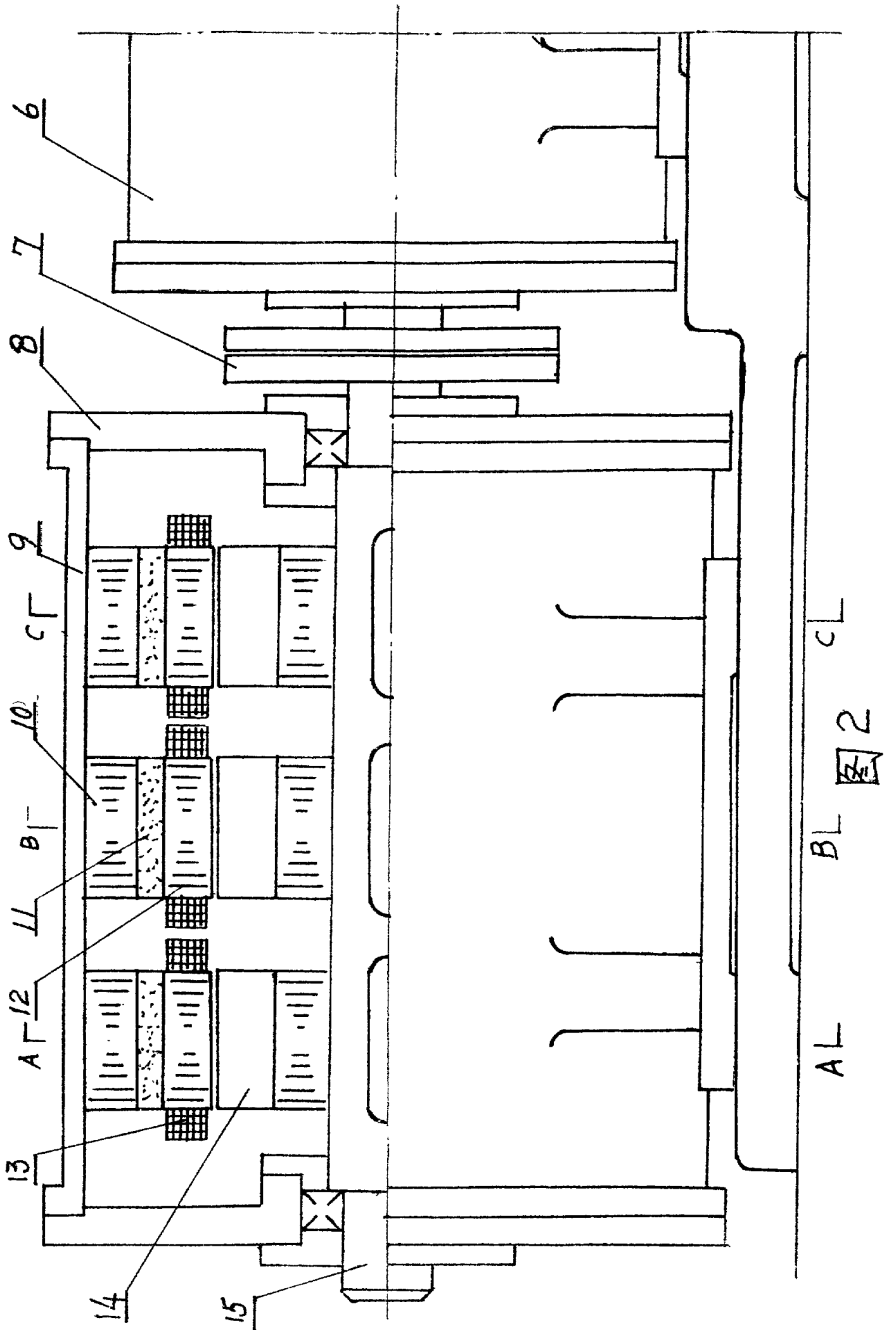


图 1



A-A

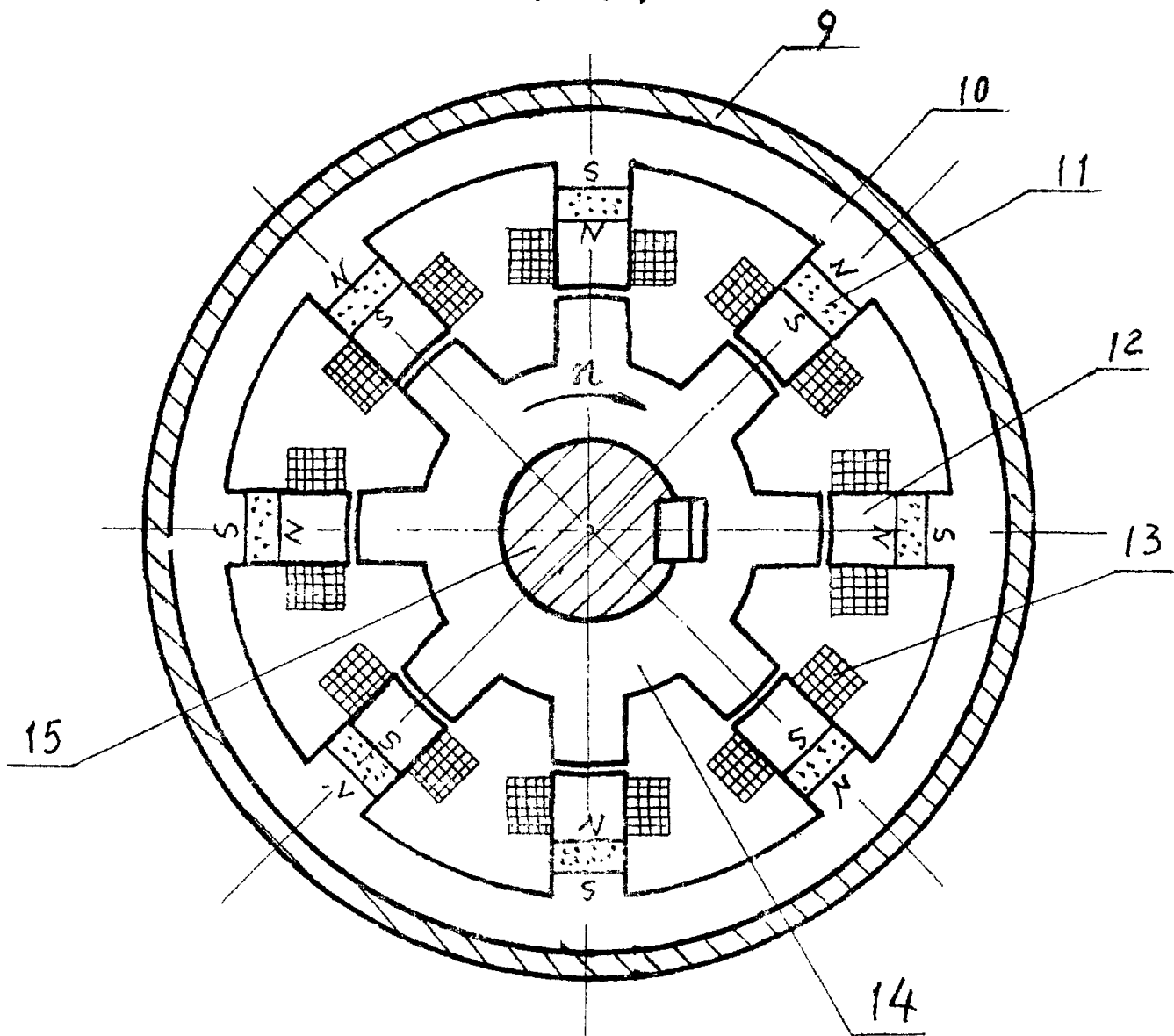


图 3

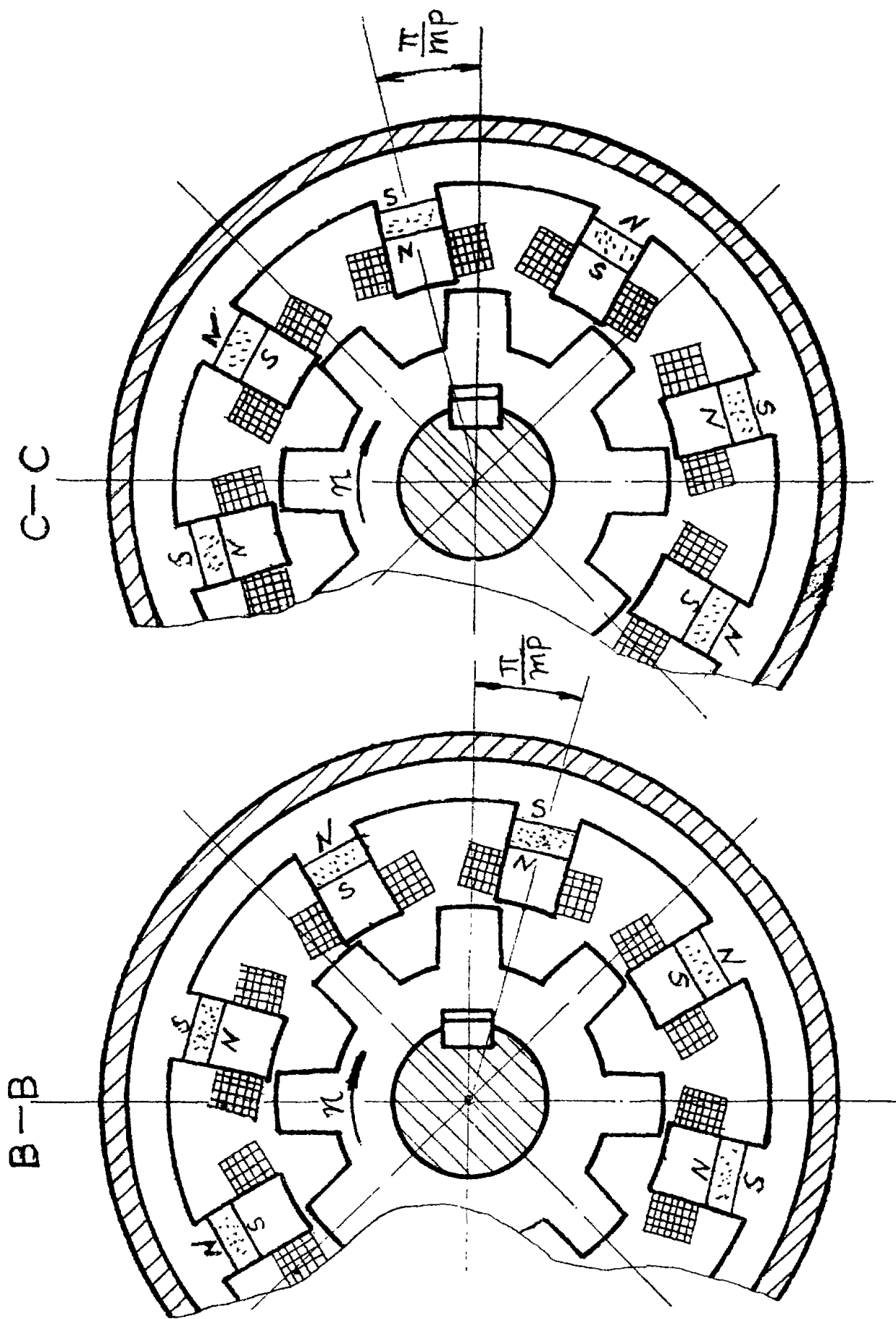


图 4



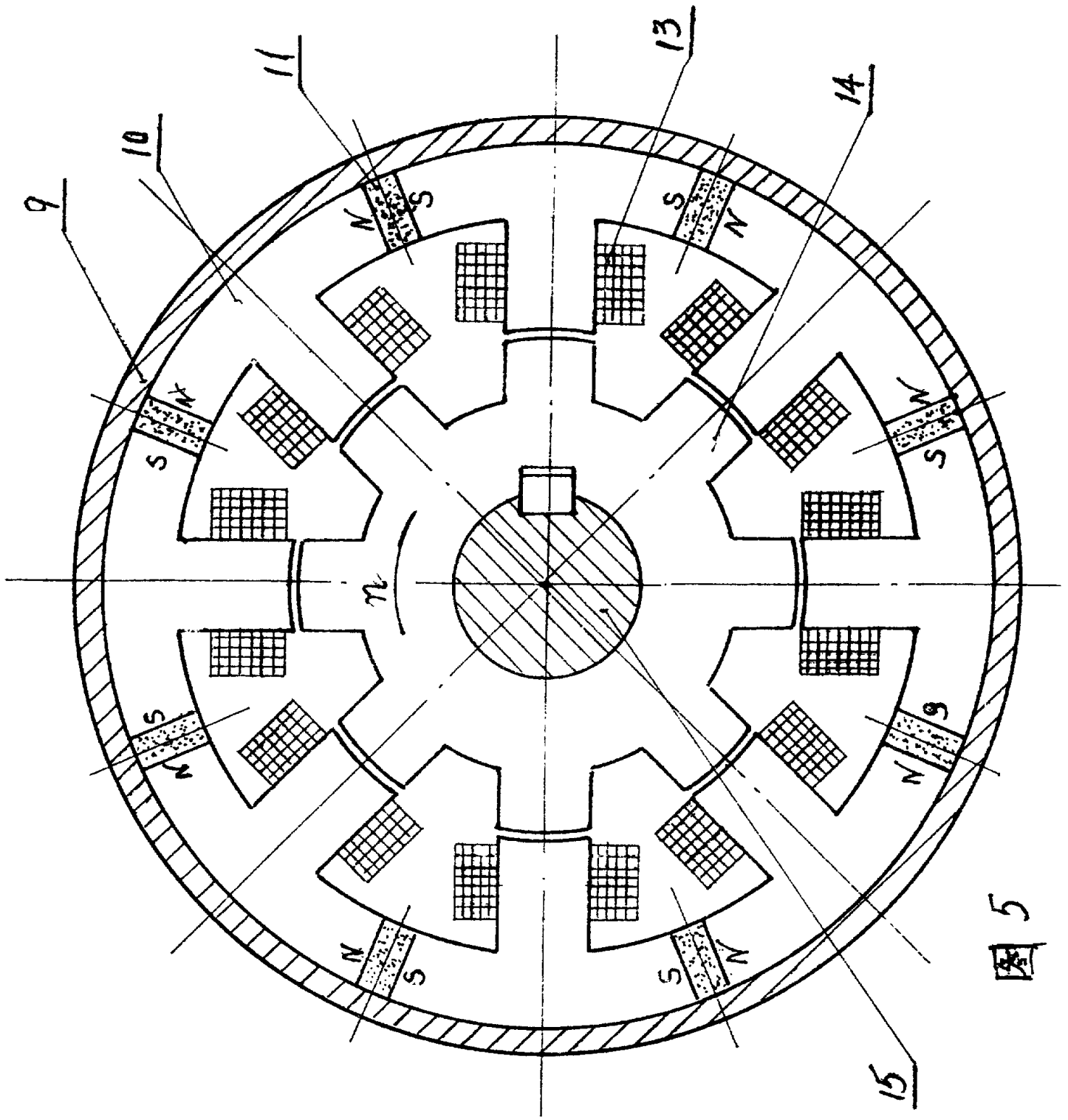


图 5

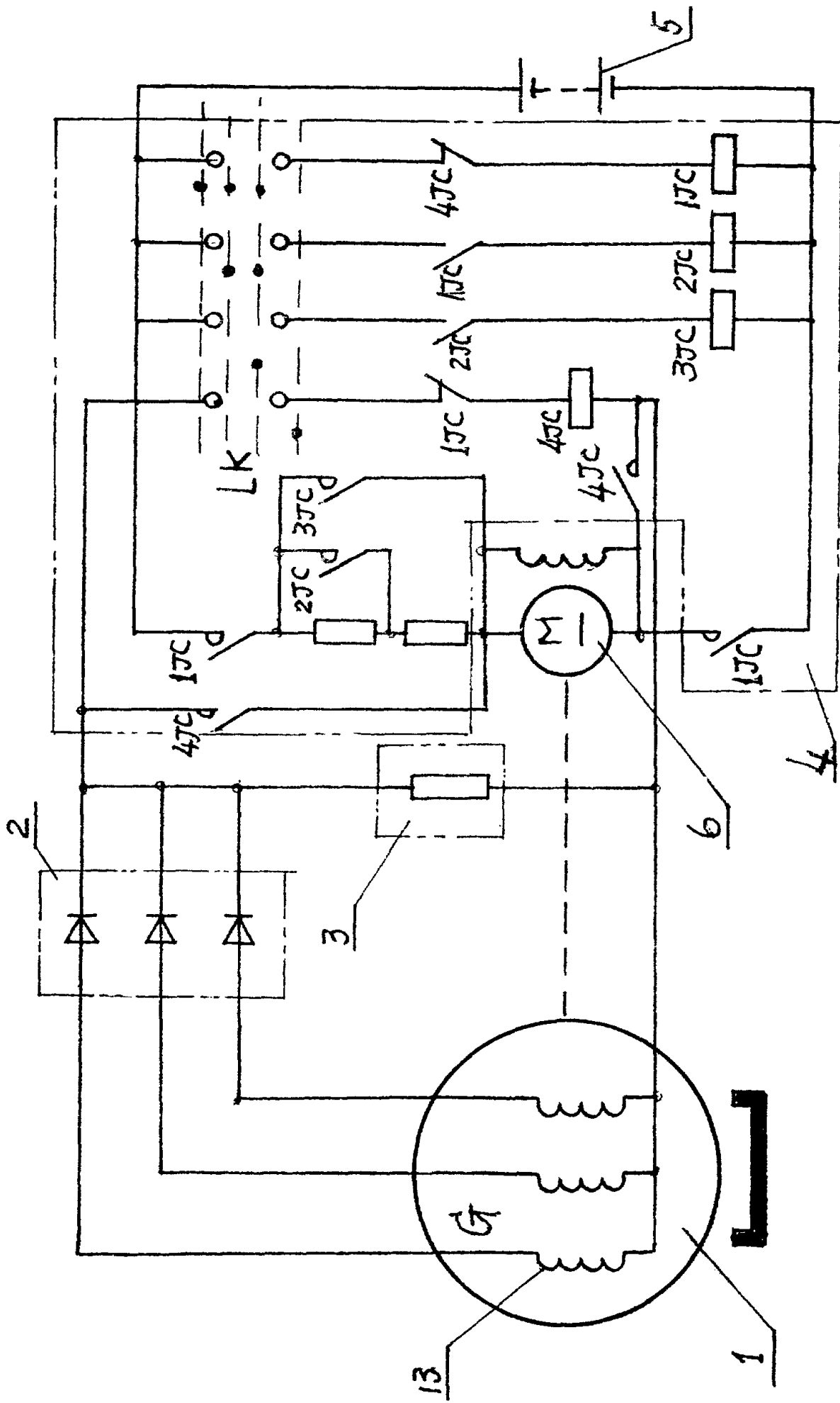


图 6