

Изобретение относится к производству электрических машин с постоянными магнитами и может быть использовано при изготовлении многополюсных роторов электрических машин.

Известен многополюсный магнит (Авторское свидетельство СССР №662979, кл. H01F7/00, 1979), выполненный из материала с постоянной намагниченностью в виде полого цилиндра, собранного из секторов с различным направлением намагниченности и фиксированным ее направлением, причем угол между направлением намагниченности каждого из секторов и осью сектора выбран из условия $\gamma = \pm P \cdot \alpha$, где P - число пар полюсов; α - угол между той же осью и осью симметрии сечения магнита, проходящей через пару его полюсов.

Недостатком такого устройства является несинусоидальность в распределении поля и отсутствие соотношения между размерами ротора и его центрального отверстия, что приводит к неэффективному использованию магнитотвердого материала.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому является ротор электрической машины, выполненный в виде монолитного полого цилиндра с внутренним и внешним радиусами R_1 и R_2 соответственно, намагниченность материала J которого в каждой точке магнита определяется выражением

$$\vec{J} = J \{ \vec{r}_r \cos P \alpha - \vec{r}_\alpha \sin P \alpha \},$$

где P - число пар полюсов, J - модуль вектора намагниченности; \vec{r}_r , \vec{r}_α - орты полярной системы координат; α - угловая координата точки ротора. Ротор имеет синусоидальное распределение индукции магнитного поля.

Этот ротор, создавая синусоидальное распределение магнитного поля, имеет недостаток - уменьшение магнитного потока и неэффективное использование магнитотвердого материала, обусловленные изменением размеров ротора.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствовать многополюсный ротор электрической машины, в котором ротор выполнен с центральным отверстием заданного размера, что обеспечивает получение магнитного потока с минимально возможными затратами магнитотвердого материала и за счет этого повысить эффективность использования магнитотвердого материала.

Поставленная задача решается тем, что в многополюсном роторе электрической машины, выполненном в виде монолитного полого цилиндра с числом пар полюсов $P \geq 2$ из магнитотвердого материала, причем намагниченность материала в каждой точке ротора определена выражением $\vec{J} = J \{ \vec{r}_r \cos P \alpha - \vec{r}_\alpha \sin P \alpha \}$, где J - модуль вектора намагниченности; \vec{r}_r , \vec{r}_α - орты полярной системы координат; P - число пар полюсов; α - угловая координата точки ротора, согласно изобретению, размер центрального отверстия ротора определяется соотношением

$$R_1 = R_2 \frac{P + b}{cP + d}, \text{ где } R_1 - \text{радиус внутреннего центрального отверстия, } R_2 - \text{внешний радиус ротора; } b = -0,0055; c = 0,993; d = 3,261, \text{ а}$$

ротор выполнен из высококоэрцитивного материала.

На фиг.1 представлено сечение четырехполюсного ротора с изображением ориентации вектора намагниченности \vec{J} ; на фиг.2 для различного числа полюсов представлены графики зависимостей отношения Φ/Φ_0 , где Φ - поток, созданный ротором с центральным отверстием, Φ_0 - поток такого ротора, но без центрального отверстия, в зависимости от радиуса отверстия R_1 (R_1 выражен в единицах R_2).

Устройство выполнено в виде полого монолитного кругового цилиндра 1 с внутренним и внешним радиусами соответственно R_1 и R_2 . Соотношение между радиусами R_1 и R_2

$$R_1 = R_2 \frac{P + b}{cP + d},$$

определяется формулой

Монолитный ротор изготавливается и работает следующим образом. В прессформу, ограниченную двумя цилиндрическими круговыми поверхностями радиусов R_1 и R_2 , связанных соотношением

$$R_1 = R_2 \frac{P + b}{cP + d}, \text{ где } R_1 - \text{радиус внутренней цилиндрической поверхности, } R_2 - \text{радиус внешней цилиндрической поверхности, } b = -0,0055; c = 0,993; d = 3,261,$$

засыпается порошковый материал высококоэрцитивного сплава, например, сплава КС37. Ориентация осей легкого намагничивания частиц порошкового материала, т.е. текстурование и прессование, осуществляется в магнитном поле с напряженностью 400 - 500 А/м (Сергеев В.В., Булыгина Т.И. Магнитотвердые материалы. - М.: Энергия, 1980. - С.82), далее порошок подвергается спеканию и термообработке (Сергеев В.В., Булыгина Т.Н. Магнитотвердые материалы. - М.: Энергия, 1980. - С.90). Намагничивание магнита осуществляется в магнитном поле с напряженностью и более 2000 А/м (Ледовский А.Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - С.15). Текстурование порошка и намагничивание магнита с синусоидальным распределением поля может быть произведено в устройстве (Авторское свидетельство СССР №1690001, 1991), обеспечивающем требуемую топографию магнитного поля. После намагничивания ротор перемещается в статор электрической машины.

При использовании некоторых магнитотвердых материалов магнитный поток в зазоре магнитоэлектрической машины, создаваемый ротором, не остается неизменным при изменении нагрузки. Зависимость намагниченности магнитотвердого материала от напряженности магнитного поля приводит к тому, что после снятия или изменения внешнего размагничивающего поля рабочая точка перемещается по кривой возврата.

В заявленном техническом решении используются высококоэрцитивные редкоземельные постоянные магниты, из свойств которых следует, что, во-первых, при проектировании машин можно не принимать во внимание кратковременное увеличение размагничивающего магнитного поля, и, во-вторых, магнитный поток ротора, изготовленного из высококоэрцитивного редкоземельного магнита, в электрической машине остается неизменным, т.к. размагнитить указанный магнит в электрической машине практически невозможно (Кенио Т.,

Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - С.22 - 29).

Таким образом, магнитный поток ротора, выполненного из высококоэрцитивного редкоземельного магнита, не зависит от процессов, происходящих в электрической машине. И поэтому конструкция такого ротора, выраженная соотношением радиусов R_1 и R_2 , позволяет сохранить величину магнитного потока, равную магнитному потоку ротора, выполненного без центрального отверстия, т.е. позволяет повысить эффективность использования магнитотвердого материала.

Графики (фиг.2) получены с помощью численных расчетов на ЭВМ. Как видно из этих зависимостей, увеличение размера центрального отверстия сначала не приводит к существенному уменьшению магнитного потока ротора. Используя их, можно указать для различного числа полюсов значения радиуса R_1 , соответствующие толщине магнитоактивного слоя, при которой поток ротора составляет 96% от потока такого же ротора, но без центрального отверстия. Эти значения R_1 приведены в табл.1. Увеличение R_1 по сравнению с данными таблицы приведет к дополнительным потерям потока, превосходящим 5%, что отрицательно скажется на характеристиках электрической машины. Уменьшение же размера центрального отверстия также нецелесообразно, т.к. вклад в поток дополнительной внутренней части объема магнита составляет менее 5% и ведет к неоправданным затратам дорогостоящего магнитотвердого материала. Таким образом, размеры R_1 , приведенные в табл.1, наиболее приемлемы с точки зрения эффективного использования магнитотвердого материала. Значения радиуса R_1 можно аппроксимировать формулой

$$R_1 = R_2 \frac{P + b}{cP + d},$$

где $b = -0,0055$; $c = 0,993$; $d = 3,261$. Величины, полученные по аппроксимирующей формуле, также приведены в таблице. Как видно из данных таблицы, аппроксимирующая формула позволяет получать значения R_1 с высокой степенью точности.

Соотношение радиусов ротора для различных высококоэрцитивных редкоземельных постоянных магнитов сохранится постоянным, так как это соотношение выбиралось из условия, что поток Φ ротора с центральным круговым отверстием составляет 95% от потока Φ_0 такого же ротора, но без центрального отверстия. Таким образом, при выборе величины R_1 всегда анализируется значение отношения Φ/Φ_0 , и, следовательно, анализируется относительная, а не абсолютная характеристика, справедливая для различных марок высококоэрцитивных магнитотвердых материалов.

За счет наличия центрального отверстия определенных размеров заявляемый многополюсный ротор обладает следующими преимуществами:

1. Сохраняется величина магнитного потока. Выполнение отверстия с меньшим радиусом R_1 ведет к неоправданным затратам магнитотвердого

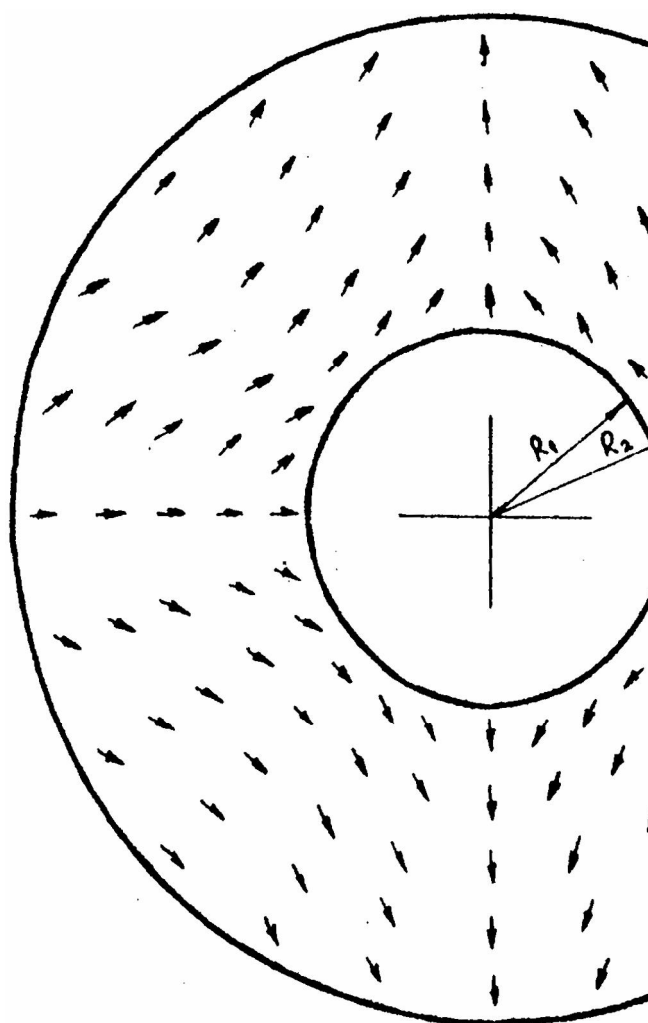
материала (МТМ), т.к. элементы объема магнита, находящиеся на расстоянии $r < R_1$ от центра ротора, где R_1 определяется соотношением (1), дают вклад в магнитный поток ротора, не превосходящий 5% общего магнитного потока, что не оказывает практически никакого влияния на характеристики электрической машины. Выполнение отверстия с большим радиусом R_1 , чем определено формулой (1), ведет к существенным потерям магнитного потока, более чем на 5%, и с увеличением центрального отверстия эти потери магнитного потока резко увеличиваются, что ведет к ухудшению характеристик электрических машин, например, к уменьшению вращательного момента.

2. Повышается эффективность использования МТМ в конструкции ротора, так как повышается величина магнитного потока, приходящегося на единицу массы МТМ.

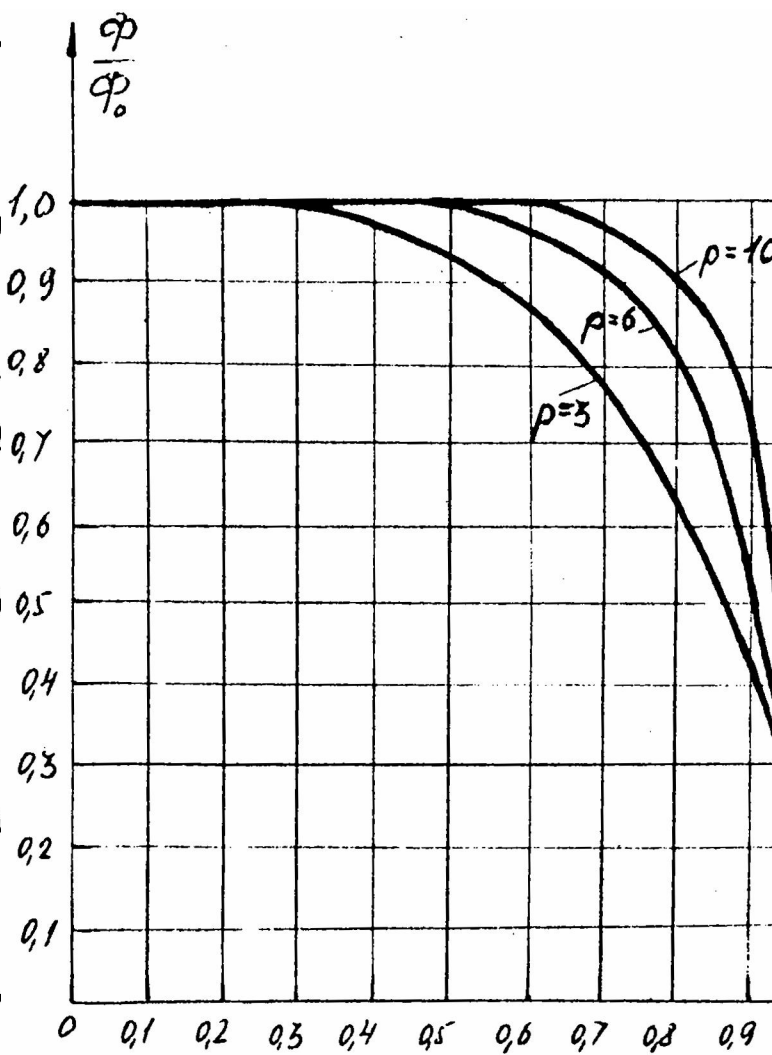
3. Экономия МТМ достигается с сохранением величины магнитного потока и без искажения синусоидальной формы поля ротора, что является существенным для электрических машин, работающих в режиме генератора.

p	2	3	4	5	6	7
$\frac{R_1}{R_2}$ (график)	0,38	0,47	0,55	0,60	0,65	0,69

$\frac{R_1}{R_2}$ (формула)	0,38	0,48	0,55	0,61	0,65	0,68
--------------------------------	------	------	------	------	------	------



Фиг. 1



Фиг. 2