

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038334**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.08.11**

(51) Int. Cl. **H02K 9/19 (2006.01)**  
**H02K 5/20 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202000031**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.12.02**

---

(54) **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МАШИНА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

---

(43) **2021.06.30**

(56) RU-C1-2539691  
DE-T5-112017000278  
DE-A1-102015215667  
CA-A1-2756448

(96) **2019/EA/0098 (BY) 2019.12.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК БЕЛАРУСИ" (BY)**

(72) Изобретатель:  
**Котович Александр Николаевич,  
Поддубко Сергей Николаевич,  
Мариёв Павел Лукьянович, Белевич  
Александр Владимирович (BY)**

---

(57) Изобретение относится к области электромашиностроения, а более конкретно к системам охлаждения электрических машин. Предложена электрическая машина, содержащая ротор с постоянными магнитами и статор, расположенные в корпусе машины и подшипниковых щитов, при этом статор, состоящий из электромагнитных обмоток и сердечников статора из листовой электротехнической стали, закреплен на корпусе машины неподвижно по отношению к вращающемуся ротору, и множество каналов и в сердечниках статора, и каналов в роторе для потока текучей среды внутри машины, отличающаяся тем, что ротор выполнен из двух сердечников, расположенных соосно, с встроенными постоянными магнитами, и расположенным между ними распределительным кольцом с отверстиями и кольцевым пазом, а сердечник статора выполнен из двух частей с общими обмотками и встроенной между ними распределительной пластиной с распределительными каналами, при этом каналы распределительного кольца связывают каналы сердечников статора между собой и через каналы распределительной пластины с полостью между обмотками и с полостью между статором и ротором. Технический результат - повышение мощности и момента электрической машины, то есть обеспечение ее работы, при этом как на малом числе оборотов с большой продолжительностью и частым повторением пусковых нагрузок, так и высоком числе оборотов ротора, путем эффективного охлаждения активно нагревающихся элементов электрической машины во всем диапазоне возможного числа оборотов ротора.

---

**038334**  
**B1**

**038334**  
**B1**

Изобретение относится к электромашиностроению, а именно к конструкции электрических двигателей, и может быть использовано в электроприводе с большой продолжительностью пусковых нагрузок при работе на низких оборотах с частыми пусками и остановками, например для привода транспортной и строительной техники.

По патенту [1] известна электрическая машина, заполненная жидкостью, содержащая статор с обмоткой, с отверстиями на его торцевых поверхностях, ротор, напорный насос, теплообменник, выполненный в виде герметичной камеры с размещенным в ней корпусом статора, в качестве жидкости, заполняющей машину, применена диэлектрическая жидкость, а теплообменник дополнительно снабжен замкнутым с напорным насосом и радиатором, трубопроводом с циркулирующим в нем хладагентом, размещенным между корпусом статора и герметичной камерой, при этом отверстия выполнены по всей поверхности корпуса статора.

Недостатком изобретения является его конструктивная сложность, например, обеспечение герметичности во вращающихся деталях подшипниковых узлов не только сложно в изготовлении, но и недолговечно в эксплуатации, так как, как правило, требует частой смены сальников.

В синхронной вращающейся электрической машине с постоянными магнитами, сконфигурированной таким образом, что постоянные магниты встроены в сердечник ротора, когда температура ротора повышается вместе с приводом вращающейся электрической машины, не только характеристики магнита снижаются при уменьшении крутящего момента и эффективности, но и может произойти размагничивание постоянных магнитов из-за высокой температуры. Если используется магнит с высокой коэрцитивной силой, можно избежать проблемы с размагничиванием. Однако в этом случае необходимо увеличить содержание тяжелых редкоземельных элементов в исходном материале, что приводит к увеличению стоимости в целом.

Известны [2] и [3], где описывается конструкция и способ, в котором масло, подаваемое из канала подачи масла, сформированного внутри вращающегося вала, выпускается через множество каналов охлаждающего масла, образованных внутри сердечника ротора, чтобы охладить ротор.

Кроме того, в [2] и [3] описывается способ, в котором масло, подаваемое из канала подачи масла, расположенного внутри вращающегося вала, выпускается через множество каналов масла, образованных внутри сердечника ротора, чтобы охладить ротор.

В [2] каналы для масла обеспечивают охлаждение при вращении ротора электрической машины. В [2] множество проходов масла, расположенных в радиальном и осевом направлении. Недостатком изобретения является сложность изготовления ротора из-за индивидуального изготовления и индивидуальной укладки каждой пластины ротора.

Кроме того, в известных конструкциях площадь герметичной камеры, а значит и площадь теплоотдачи ограничена, циркуляция хладагента осуществляется в малом замкнутом пространстве, что не дает высокой эффективности охлаждения, достаточной для работы в сложных условиях не только на низких оборотах, но и на высоких оборотах, причем с большой продолжительностью пусковых нагрузок. Недостатком данного решения является невысокая интенсивность охлаждения при высоких оборотах вращения ротора. Магнитомягкое железо ротора при увеличении числа оборотов за счет индукторного нагрева повышает собственную температуру на значительную величину, зависящую от числа оборотов ротора.

В патенте [4] (прототип) описана электрическая машина, заполненная жидкостью, содержащая статор с обмоткой, с отверстиями на его торцевых поверхностях, ротор, напорный насос, теплообменник, выполненный в виде герметичной камеры с размещенным в ней корпусом статора, в качестве жидкости, заполняющей машину, применена диэлектрическая жидкость, а теплообменник дополнительно снабжен замкнутым с напорным насосом и радиатором трубопроводом с циркулирующим в нем хладагентом, размещенным между корпусом статора и герметичной камерой, при этом отверстия выполнены по всей поверхности корпуса статора. Система охлаждения данной электрической машины содержит выполненные в корпусе статора и ротора с постоянными магнитами, закрытые металлической оболочкой каналы принудительного жидкостного охлаждения.

Недостатком данного решения является невысокая интенсивность охлаждения обмоток и пластин статора при высоких оборотах вращения ротора. Листовое железо ротора при увеличении числа оборотов за счет индукторного нагрева повышает собственную температуру на значительную величину, зависящую от числа оборотов ротора, что увеличивает вероятность перегрева постоянных магнитов, расположенных в роторе.

Задачей настоящего изобретения является повышение эффективности охлаждения активно нагреваемых элементов двигателя при всем диапазоне возможных оборотов двигателя за счет увеличения площади теплоотдачи основных составляющих электрической машины, а также обеспечения количественной прокачки жидкости через нагревающиеся участки электротехнического железа с зависимостью скорости перемещения жидкости от числа оборотов ротора. Улучшенное охлаждение содействует увеличению рабочего тока и скорости машины, что ведет непосредственно к более высокому крутящему моменту, более высокой мощности и, следовательно, более высокой удельной мощности.

Указанная задача решается, а технический результат достигается тем, что электрическая машина содержит ротор с постоянными магнитами и статор, расположенные в корпусе машины и подшипнико-

вых щитах, при этом статор состоит из электромагнитных обмоток и сердечников статора из листовой электротехнической стали, закреплен на корпусе машины неподвижно по отношению к вращающемуся ротору, и множество каналов в сердечниках статора и каналов в роторе для потока текучей среды внутри машины, причем согласно изобретению ротор выполнен из двух сердечников, расположенных соосно, с встроенными постоянными магнитами, и расположенным между ними распределительным кольцом с отверстиями и кольцевым пазом, а сердечник статора выполнен из двух частей с общими обмотками и встроенной между ними распределительной пластиной с распределительными каналами, при этом каналы распределительного кольца связывают каналы сердечников статора между собой и через каналы распределительной пластины с полостью между обмотками и с полостью между статором и ротором.

В электрической машине каналы распределительной пластины, расположенной между сердечниками статора, связывают полости между обмотками с полостями сердечников статора и с каналами в сердечниках статора, параллельных оси ротора, при этом ротор размещен во фланцах, с образованием полостей перед торцами сердечников ротора, а обмотки статора установлены с образованием между своими лобовыми частями и торцовыми поверхностями сердечников статора полостей, связывающих совместно с полостями во фланцах ротора каналы статора и ротора между собой и с полостями между обмотками и полостью между статором и ротором.

Сердечники ротора с постоянными магнитами установлены на стойках, число которых не менее трех и которые смонтированы на фланцах, которые жестко зафиксированы на валу ротора.

Пространство между стойками связано через каналы и отверстия стоек с кольцевым пазом распределительного кольца, который связан с каналами ротора.

В связи с этим настоящее изобретение обеспечивает электрическую машину ротором и статором, которые увеличивают вынос тепловой энергии с электротехнической стали статора и ротора с постоянными магнитами и с обмоток электромагнитов при увеличении числа оборотов за счет увеличения потока охлаждающей жидкости по каналам и в рабочем зазоре статора и ротора.

Ротор вращающейся электрической машины в соответствии с аспектом настоящего изобретения представляет собой цилиндрическое тело, состоящее из двух сердечников роторов, между которыми расположено кольцо с распределительными отверстиями, постоянные магниты, встроенные в сердечник каждого ротора, и вал с фланцами с установленными на них стойками, а роторы установлены на стойках, расположенных крестообразно (или другим образом) относительно оси ротора. Каждая стойка имеет как минимум один канал, перпендикулярный оси вращения роторов и связанный с помощью отверстий распределительного кольца с горизонтальными каналами в сердечниках ротора и статора. Подшипниковые щиты машины, корпус машины образуют емкость для расположения компонентов ротора, статора и охлаждающей жидкости, при этом жидкость рассекается стойками, образующими вместе с сердечниками с магнитами ротор электрической машины. При увеличении числа оборотов увеличивается центробежная сила давления жидкости, содержащейся в роторе, на стенки сердечников якоря, что увеличивает давление в каналах пластин и соответственно скорость в каналах сердечника якоря и рабочего зазора, увеличивая вынос тепла из материала сердечников ротора и полостей окружающих сердечники и обмотки электромагнитов. Таким образом, ротор двигателя превращен в нагнетающий жидкостной насос с расходом жидкости через каналы распределительных колец, сердечников якоря и сердечников электромагнитов с давлением в каналах в зависимости от числа оборотов ротора. Текущая теплообменная среда может быть выбрана в соответствии с требуемыми тепловыми, электрическими, химическими свойствами или свойствами текучести. Например, текущая среда может иметь удельную теплоемкость, попадающую в требуемый диапазон, это может быть жидкость, являющаяся электрически непроводящей, с удельным сопротивлением выше требуемого значения, или это может быть жидкость, которая является химически инертной или реактивной по отношению к элементам.

Установка статора с обмоткой и ротора электрической машины в герметичной камере, заполненной техническим маслом, обеспечивает эффективное охлаждение всей поверхности активной части ротора не только снаружи статора и ротора, но и изнутри благодаря наличию каналов, параллельных оси вращения и связанных с каналами, выполненными в центральной части внутри ротора и статора. При этом масло, являясь диэлектрическим материалом, обеспечивает безопасность эксплуатации машины.

Изобретение поясняется фигурами.

На фиг. 1 изображена электрическая машина с постоянными магнитами;

фиг. 2 - разрез Б-Б на фиг. 1;

фиг. 3 - разрез А-А на фиг. 1;

фиг. 4 - сечение В-В на фиг. 2 в увеличенном виде;

фиг. 5 - фрагмент сечения В-В на фиг. 4 в увеличенном виде;

фиг. 6 - электрическая машина с постоянными магнитами с указанием основных потоков жидкости внутри корпуса;

фиг. 7 - вид I на фиг. 4.

На указанных фигурах используются следующие обозначения: 1 - корпус; 2 - щит подшипниковый; 3 - щит подшипниковый; 4 - статор; 5 - ротор; 6, 7 - сердечники статора; 8 - обмотки; 9, 10 - сердечники ротора; 11 - магнит постоянный; 12 - распределительное кольцо; 13 - стойка; 14, 15 - фланцы вала; 16 -

вал; 17 - патрубок входной; 18 - патрубок выходной; 19 - насос; 20 - радиатор; 21 - вентилятор обдува; 22 - канал; 23 - канал; 24 - канал в кольце распределительном 12; 25 - канал в стойке 13; 26 - отверстие; 27 и 28 - фланцы на торцах сердечников 9 и 10; 29 - полость в щите 3; 30 - полость между статором 4 и ротором 5; 31 - распределительная пластина между сердечниками 6 и 7 статора 4; 32 - канал в пластине 31; 33 - канал в пластине 31; 34 - канал в роторе 5; 35 - отверстие в распределительном кольце 12; 36 - ось; 37, 38 - полости; 39, 40 - полости под обмотками 8; 41 - кольцевой паз в распределительном кольце 12.

Электрическая машина состоит из образующих герметичную камеру корпуса 1 и подшипниковых щитов 2 и 3, заполненную жидкостью и с расположенными в ней статором 4 и ротором 5 (фиг. 1).

Статор 4 состоит из сердечников 6 и 7, на которых намотаны обмотки 8 (фиг. 2). Обмотки 8 расположены таким образом, что между их соседними противоположными поверхностями образованы полости. Ротор 5 образуют сердечник 9 и сердечник 10 с расположенными внутри постоянными магнитами 11. Между сердечниками 9 и 10 расположено распределительное кольцо 12. Распределительное кольцо 12 и сердечники 9 и 10 установлены на стойках 13, смонтированных на фланцах 14 и 15, зафиксированных на валу 16 с помощью, например, шпоночного соединения. Вал 16 установлен в подшипниковых опорах щитов 2 и 3. Стойки 13, например в количестве 4 штук, равномерно распределены по окружности вала 16 и жестко закреплены между фланцами 14 и 15 посредством осей 36. Фланцы 27 и 28 жестко закреплены на стойках 13 и совместно образуют посадочную базу для сердечников 9, 10 и кольцу распределительному 12.

На щите 3 установлен входной патрубок 17 и выходной патрубок 18, связывающие герметичную камеру с насосом 19 радиатора 20. На радиаторе 20 стоит вентилятор обдува 21.

Статор 4 оснащен каналами 22, каждый из которых образован каналом сердечника 6, каналом сердечника 7 и отверстием в распределительной пластине 31, расположенной между указанными сердечниками. Упомянутые каналы выполнены параллельными относительно оси ротора 4. К тому же каналы 22 проходят через обмотки 8 сердечников 6 и 7 статора 4. На наружной поверхности статора 4 выполнены продольные канавки, образующие с внутренней поверхностью корпуса 1 каналы 23.

В каждой стойке 13 имеется канал 25 и отверстие 26, при этом канал 25 направлен перпендикулярно оси вала 16 и перпендикулярно оси стойки 13 и сообщается с отверстием 26, радиально направленным к наружной поверхности стойки 13 (фиг. 3). Распределительное кольцо 12 имеет (фиг. 7) радиально направленные каналы 24, которые связаны с отверстиями 26 стойки 13 и выполнены соосно с ними.

В роторе 5 выполнены каналы 34, каждый из которых образован каналом сердечника 9, каналом сердечника 10 и отверстием 35 распределительного кольца 12. Указанные каналы выполнены параллельными оси ротора 5, а оси отверстий 35 распределительного кольца 12 соосны им (фиг. 5).

В распределительном кольце 12 со стороны, обращенной к сердечнику 9, выполнен кольцевой паз 41 (фиг. 7), соединяющий все отверстия 35 между собой (фиг. 3) и обеспечивающий объемное единство каналов 34 сердечников 9 и 10 ротора 5.

В статоре 4 между сердечниками 6 и 7 установлена распределительная пластина 31, перекрывающая каналы 22 от полости 30.

Статор 4 и ротор 5 (фиг. 4, 5) установлены с образованием между ними рабочего зазора - полости 30.

В распределительной пластине 31 (фиг. 3, 5) выполнены радиально направленные каналы 32, сообщаемые с каналами 22 статора 4. Количество каналов 32 соответствует количеству каналов 22, при этом каждый канал 32 связан со "своим" каналом 22. Каналы 32 соединяют каналы 22 статора 4 с каналами 23 между статором 4 и корпусом 1. В распределительной пластине 31 также выполнены радиально направленные каналы 33 (фиг. 3), соединяющие каналы 23 с полостями, образованными противоположными поверхностями обмоток 8 сердечников 6 и 7 статора 4.

Каждой из обмоток 8 (фиг. 3) соответствует два канала 22, причем расположены они на минимально возможном расстоянии от стенок, на которых уложены проводники обмотки 8, а каждому каналу 22 соответствует свой канал 32 в распределительной пластине 31, при этом количество каналов 33 соответствует количеству обмоток 8 и количество каналов 23 также соответствует количеству обмоток 8. Каждый канал 23 расположен таким образом, что с ним соединен один канал 33, идущий от полости, образованной противоположными поверхностями соседних обмоток 8, и с ним соединены два канала 32, расположенные у противоположащих друг другу соседних стенок, на которых уложены проводники обмоток 8.

Фланцы 27 и 28 (фиг. 5) установлены с образованием полостей 37 и 38 со стороны торцов сердечников 9 и 10 соответственно. Полость 37 связывает каналы 34 ротора 5 с полостью 30 между статором 4 и ротором 5. Обмотки 8 установлены с образованием своими лобовыми частями полостей 39 и полостей 40 на торцевых поверхностях сердечников 6 и 7. При этом полости 39 сообщаются с соответствующими им каналами 22 статора 4 и с полостями 30 и 37, а полость 38 - с соответствующими им каналами 22 и с полостью 30, и с полостями 40.

В щите 3, установленном со стороны радиатора 20, у верхнего торца сердечника 6 выполнено углубление, образующее полость 29, сообщающуюся с каналами 23, патрубком входным 17 и патрубком выходным 18.

Таким образом, создана взаимосвязанная система сообщающихся каналов, отверстий и полостей, в которой полости между стойками 13 через каналы 25 сообщаются между собой и посредством отверстий 26 стоек 13, каналов 24, отверстий 35 и кольцевого паза 41 распределительного кольца 12 - с каналом 34

ротора и полостью 30, и далее через полости 37, 38 и полости 39,40 - с каналами 22 статора, а затем через каналы 32 распределительной пластины 31, каналы 23, полость 29 щита 3 - с входным 17 и выходным 18 патрубками. Кроме того, полости, образованные противоположащими поверхностями обмоток 8, соединены с внутренней стороны статора 4 с полостью 30, а с наружной стороны статора 4 - через каналы 33 распределительной пластины 31 и каналы 23 - с полостью 29.

Каналы 32 распределительной пластины 31, расположенной между сердечниками 6 и 7 статора 4, связывают полости между обмотками 8 с полостями 23 сердечников 6 и 7 статора 4 и с каналами 22 в сердечниках 6 и 7 статора 4, параллельных оси ротора 5, при этом ротор 5 размещен во фланцах 27 и 28, с образованием полостей 37 и 38 перед торцами сердечников 9 и 10 ротора 5, а обмотки 8 статора 4 установлены с образованием между своими лобовыми частями и торцовыми поверхностями сердечников 6 и 7 статора 4 полостей 39 и 40, связывающие совместно с полостями 37 и 38 в фланцах 27 и 28 ротора 5 каналы 22 и 34 статора 4 и ротора 5 между собой и с полостями между обмотками 8 и полостью 30 между статором 4 и ротором 5.

В качестве диэлектрической жидкости, заполняющей герметичную камеру машины, применено масло трансмиссионное. Расположение статора 4 (фиг. 1-6) с обмотками 8 и ротором 5 в герметичной камере, заполненной техническим маслом, обеспечивает эффективное охлаждение всей поверхности статора 4 как снаружи корпуса 1, так и изнутри благодаря наличию в нем сквозных полостей 22 вдоль обмоток 8 и полостей между корпусом 1 и сердечниками 6 и 7, распределенных равномерно по всей его поверхности. При этом масло, являясь диэлектрическим материалом, обеспечивает безопасность эксплуатации машины.

Работа электрической машины.

При подаче синусоидального напряжения на обмотки 8 статора 4 двигателя в сердечниках 6 и 7 возникает вращающееся относительно оси статора 4 электромагнитное поле с частотой питания от блока питания. Электромагнитное поле через рабочий зазор-полость 30 проникает в сердечники ротора 9 и 10 и взаимодействует с силовыми полями постоянных магнитов 11, обеспечивая появление вращающего момента на роторе 5. Величина вращающего момента на роторе 5 зависит от величины тока, подаваемой в обмотки 8. Число оборотов ротора зависит от частоты синусоидального напряжения, подаваемого на обмотки 8 статора 4. Как правило, высокая величина вращающего момента необходима на низких оборотах вращения ротора 5, а, следовательно, через обмотки 8 проходят токи высоких значений с результатом нагрева медных проводов обмотки 8. Тепло с обмотки 8 передается на сердечники 6 и 7, что, в общем, вызывает подъем температуры всего статора 4. Тепло в соответствии с законом теплопередачи греет жидкость, расположенную в полостях вокруг обмоток 8 и полостях 22 и 23 сердечников 6 и 7. А так как жидкость постоянно перекачивается насосом 19 (фиг. 6) через канал 17 после прохода жидкости через радиатор 20, где излишнее тепло удаляется потоком воздуха от вентилятора 21, то обеспечивается температурный режим статора 4 в необходимом диапазоне. (Траектория перемещения жидкости в объеме (фиг. 6) показана толстой линией).

При работе на высоких величинах оборотов ротора 5 токи в обмотках 8 (фиг. 2 и 3) как правило уменьшаются и тепловые потоки от резистивного сопротивления меди обмоток 8 снижаются, но из-за роста частоты магнитных потоков за счет индукционного нагрева от обмоток 8 растет температура электротехнического железа сердечников 6 и 7 статора 4 и сердечников 9 и 10 ротора 5. Из-за увеличения частоты вращения ротора 5 двигателя и увеличения центробежных сил на жидкость, расположенную в зоне сердечников 9 и 10 пластин 13 в отверстиях 24, 25 и 26 (фиг. 4 и 5), увеличивается скорость потока жидкости через отверстия 34 сердечников ротора 8 и 9, а также через рабочий зазор - полость 30 между статором 4 и ротором 5. Посредством полостей 37, 38, 39 и 40 жидкость направляется в полости 33 в сердечниках 6 и 7 статора 4 и полости вокруг обмоток 8 и сердечников 6 и 7. Полости 32 и 23 пропустят жидкость в канал 29 для подачи в радиатор 20. Это обеспечит снос тепла от индукционного нагрева сердечников 8 и 9 и сердечников 6 и 7. При этом увеличение теплового потока от индукционного нагрева сердечников 6 и 7 статора 4 и сердечников 9 и 10 ротора 5 при увеличении частоты вращения ротора вызовет увеличение потока охлаждающей жидкости через отверстия 24 (фиг. 5 и 7), 25 и 26 и последовательно через полости 30, 34, 37, 38, 39, 40, 41, затем каналы 22, 32, 23, и 29, что увеличит вынос тепла из сердечников 6, 7, 8 и 9 и скомпенсирует увеличенное накопление тепла в материале сердечников.

Вынесение привода и радиатора, обеспечивающих циркуляцию и эффективное охлаждение хладагента, за пределы герметичной камеры позволяет увеличить площадь циркуляции до требуемых размеров и решить поставленную задачу наиболее простым способом и с наименьшими затратами.

Расположение полостей по всему корпусу 1 статора 4 позволяет производить эффективное охлаждение как внутри наиболее нагреваемых элементов - обмотки статора, так и снаружи.

При пуске синхронных двигателей, к которым относится электрическая машина, выполненная согласно изобретению, пусковой ток в обмотке статора возрастает в 5-7 раз по сравнению с номинальным. При продолжительной работе в таком режиме на низких или близких к нулю числе оборотов происходит сильный перегрев обмоток, вплоть до выхода из строя двигателя.

В предложенной конструкции насос 19 (фиг. 1) подает охлажденную жидкость из радиатора 20 в центральную часть герметичной камеры, образованной корпусом 1 и подшипниковыми щитами 2 и 3.

Циркуляция жидкости (фиг. 6) обозначена толстыми линиями. Охлажденное масло перемещается по полостям вдоль обмоток 8, сердечников 6 и 7 и по рабочему зазору - полость 30.

Таким образом, предложенное изобретение благодаря эффективному интенсивному охлаждению участков с высокой концентрацией тепловой энергии позволяет увеличить мощность и момент электрической машины для использования ее при работе на низких оборотах с большой продолжительностью пусковых нагрузок.

Изобретение относится к области электротехники и касается выполнения электрических машин, заполненных жидкостью, преимущественно синхронных двигателей, и может быть использовано в электроприводе систем с большой продолжительностью пусковых нагрузок при работе на низких оборотах, например в транспортной технике.

Предложенная электрическая машина может неограниченно долго работать в рабочей зоне с максимальными нагрузками, поскольку нагрев обмотки статора, возникающий при увеличении силы тока, компенсируется за счет того, что согласно изобретению в качестве жидкости, заполняющей герметичную камеру с размещенными в ней статором 4 с обмотками 8 и сердечниками 6 и 7 и ротором 5, состоящим из сердечников 9 и 10, использована диэлектрическая жидкость, например масло трансмиссионное.

Технический результат - повышение мощности и момента электрической машины, то есть обеспечение ее работы, при этом как на малом числе оборотов с большой продолжительностью и частым повторением пусковых нагрузок, так и высоком числе оборотов ротора путем эффективного охлаждения активно нагреваемых элементов электрической машины во всем диапазоне возможного числа оборотов ротора.

1. Патент RU №2249898, опубликован 10.04.2005.
2. Патент JP 2015135387 А, опубликован 14.01.2017.
3. Патент US 2017/0012503 А1, опубликован 05.06.2016.
4. Патент RU 2539691, опубликован 27.01.2015.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

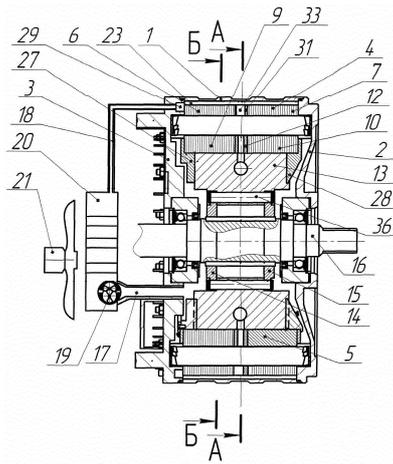
1. Электрическая машина, содержащая ротор (5) с постоянными магнитами (11) и статор (4), расположенные в корпусе машины (1) и подшипниковых щитах (2), при этом статор (4), состоящий из электромагнитных обмоток (8) и сердечников статора (7) из листовой электротехнической стали, закреплен на корпусе (1) машины неподвижно по отношению к вращающемуся ротору (5), и множество каналов (22, 23) в сердечниках статора (7) и каналов (34) в роторе (5) для потока текучей среды внутри машины, отличающаяся тем, что ротор (5) выполнен из двух сердечников (9, 10), расположенных соосно, с встроенными постоянными магнитами (11), и расположенным между ними распределительным кольцом (12) с отверстиями (35) и кольцевым пазом (41), а сердечник статора (4) выполнен из двух частей (6, 7) с общими обмотками (8) и встроенной между ними распределительной пластиной (31) с распределительными каналами (32, 33), при этом каналы (32) распределительного кольца (31) связывают каналы (22, 23) сердечников статора (6, 7) между собой и через каналы (33) распределительной пластины (31) с полостью между обмотками (8) и с полостью (30) между статором (4) и ротором (5).

2. Электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что каналы (32) распределительной пластины (31), расположенной между сердечниками (6, 7) статора (4), связывают полости между обмотками (8) с полостями (23) сердечников (6, 7) статора (4) и с каналами (22) в сердечниках (6, 7) статора (4), параллельных оси ротора (5), при этом ротор (5) размещен во фланцах (27, 28), с образованием полостей (37, 38) перед торцами сердечников (9, 10) ротора (5), а обмотки (8) статора (4) установлены с образованием между своими лобовыми частями и торцовыми поверхностями сердечников (6, 7) статора (4) полостей (39, 40), связывающих совместно с полостями (37, 38) во фланцах (27, 28) ротора (5) каналы (22, 34) статора (4) и ротора (5) между собой и с полостями между обмотками (8) и полостью (30) между статором (4) и ротором (5).

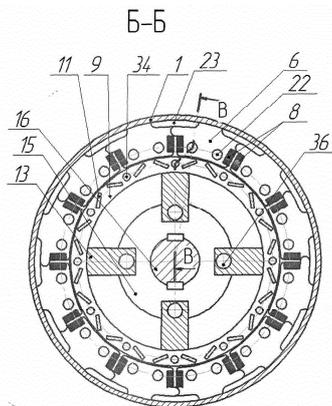
3. Электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что сердечники (9, 10) ротора (5) с постоянными магнитами (11) установлены на стойках (13), число которых не менее трех и которые смонтированы на фланцах (14, 15), жестко зафиксированных на валу (16) ротора (5).

4. Электрическая машина по п.1, отличающаяся тем, что пространство между стойками (13) связано через каналы (25) и отверстия (26) стоек (13) с кольцевым пазом (41) распределительного кольца (12), который связан с каналами (34) ротора (5).

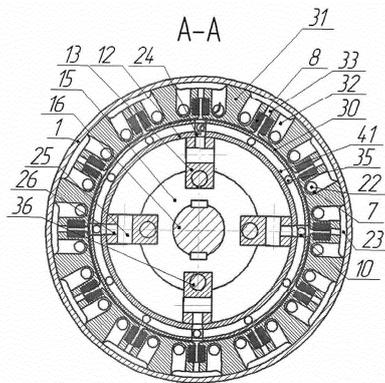
038334



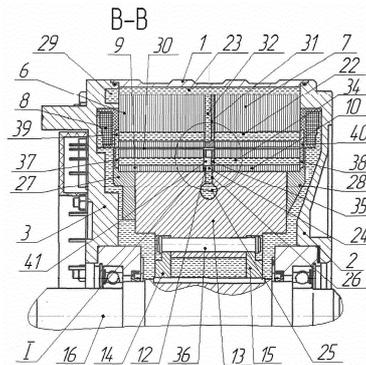
Фиг. 1



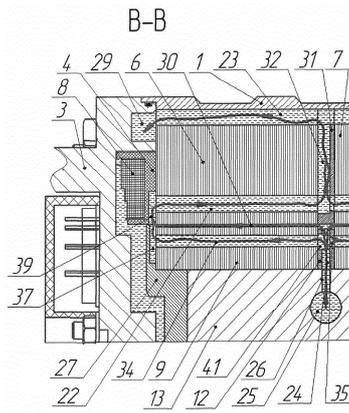
Фиг. 2



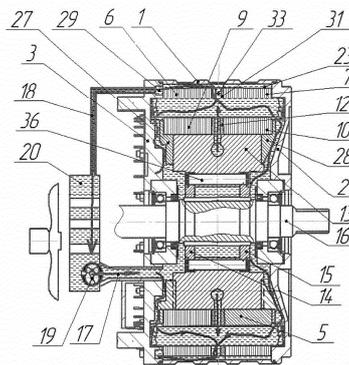
Фиг. 3



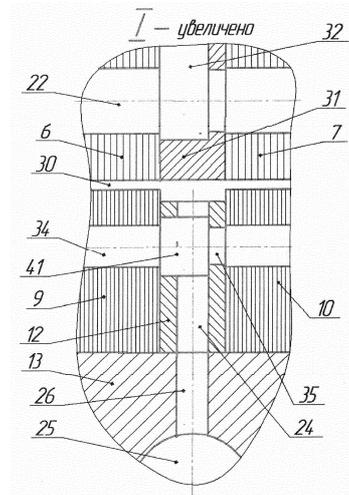
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7

