



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1711681 A3

(51)5 F 16 C 32/04

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

1

(21) 4613623/27
(22) 10.03.89
(31) Р 3808331.0
(32) 12.03.88
(33) DE
(46) 07.02.92. Бюл. № 5
(71) ФОРШУНГСЦЕНТРУМ ЮЛИХ, ГмбХ (DE)
(72) Йохан К. Фремерей (DE)
(53) 621.313.8(088.8)
(56) Патент США № 3929320, кл. F 16 C 39/06, 1980.

(54) МАГНИТНЫЙ ОПОРНЫЙ УЗЕЛ РОТОРА С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ ДЛЯ

2

ВОСПРИЯТИЯ РАДИАЛЬНЫХ УСИЛИЙ НА ОПОРАХ

(57) Изобретение относится к машиностроению, к бесконтактным опорным узлам, в частности к магнитному опорному узлу с постоянными магнитами для восприятия радиальных усилий на опорах. Цель изобретения – уменьшение зависимости юстировки от деформации. Указанная цель достигается тем, что одна из радиальных магнитных опор на постоянных магнитах имеет высокую жесткость и расположена в центре тяжести ротора. Другая радиальная опора на постоянных магнитах имеет малую жесткость и систему осевого центрирования ротора. 16 з.п. ф-лы, 9 ил.

Изобретение относится к машиностроению, в частности к бесконтактным опорным узлам.

Целью изобретения является уменьшение зависимости юстировки от деформации.

На фиг. 1 представлена конструкция магнитного опорного узла; на фиг. 2 – опора центра тяжести с комплектом магнитных колец, намагниченных в осевом направлении; на фиг. 3 – то же, с двумя комплектами магнитных колец, намагниченных в противоположных направлениях; на фиг. 4 – то же, с магнитными дисками, которые имеют две концентрично расположенных кольцевые зоны противоположной осевой намагниченности; на фиг. 5 – стабилизирующая опора; на фиг. 6 – радиальная упорная втулка; на фиг. 7 – осевой чувствительный элемент; на фиг. 8 – приводной электродвигатель; на фиг. 9 – упорный подшипник.

Магнитный опорный узел (фиг. 1) состоит из ротора 1, включающего вал 2 и закрепленную на валу 2 деталь 3 машины, например маховик. Центр 4 тяжести ротора 1 находится внутри опоры 5 центра тяжести. Опора 5 центра тяжести закреплена на корпусе 6 подшипника, который имеет также стабилизирующую опору 7. На корпусе 6 подшипника для считывания осевого положения ротора 1 расположен чувствительный элемент 8, который соединен с входом регулирующего усилителя 9.

Опора 5 центра тяжести (фиг. 2) имеет магнитные кольца 10 ротора 1 и магнитные кольца 11 статора, которые по своим размерам в основном одинаковы и расположены одно за другим внутри изготовленного предпочтительно из черного металла или другого магнитопроводящего материала корпуса 12 опоры центра тяжести таким образом, что магнитные кольца 10 ротора 1

(19) SU (11) 1711681 A3

РПФ И

находятся между магнитными кольцами 11 статора. Магнитные кольца 10 ротора закреплены с помощью опорных дисков 13 на валу 2. Торцовые поверхности магнитных колес ротора 1 и статора располагаются одна против другой на незначительном осевом удалении.

Все магнитные кольца 10 и 11 ротора 1 и статора опоры 5 центра тяжести состоят из магнитно-твердого материала и намагничены в параллельном оси направлении. Магнитные кольца ротора 1 и статора закреплены на валу 2 или в корпусе 12 опоры 5 центра тяжести таким образом, что они относительно их направления намагниченности 14 (на фиг. 2 обозначено стрелками) расположены одно за другим.

Магнитные кольца 10 в примере выполнения подогнаны в защитные кольца 15 из материала с высоким пределом прочности при растяжении, чтобы они при высоких скоростях вращения не разрывались центробежными силами. В качестве материала для защитных колец 15 наряду с высокопрочными сплавами высококачественной стали и титановыми сплавами пригодными являются, в частности, усиленные волокнами синтетические материалы, например, синтетические материалы, усиленные стекловолокном, углеродным или борным волокном.

Фиг. 3 показывает другой вариант опоры 5 центра тяжести с расположенными концентрично магнитными кольцами ротора 1 и статора, причем расположенный в радиальном направлении снаружи комплект магнитных колец 16 ротора и магнитных колец 17 статора и расположенный внутри комплект магнитных колец 18 ротора и магнитных колец 19 статора расположены смежно.

В варианте опоры 5 центра тяжести (фиг. 4) используются диски 20 и 21 из магнитно-твердого материала, которые имеют маркированные соответственно стрелками концентрические кольцевые зоны противоположной намагниченности и выполнены согласованными один с другим и использованы таким образом, что зоны дисков 20 и 21 на постоянных магнитах (по аналогии с компоновкой опоры в соответствии с фиг. 2) намагничены в наружной и внутренней зонах в противоположном направлении. В этом варианте выполнения магнитной опоры 5 предпочтительно все диски 20 и 21 смонтированы на замыкающих обратный поток элементах 22 и 23, благодаря чему действие зон на постоянных магнитах еще больше усиливается. В варианте выполнения в соответствии с фиг. 4 предусмотрено

охватывающее все магнитные кольца ротора по всей осевой длине защитное кольцо 24 из немагнитного материала с высоким пределом прочности при растяжении.

В корпусе 25 (фиг. 5) стабилизирующей опоры 7 вставлены две электрические катушки 26, которые взаимодействуют с двумя закрепленными на валу 2 кольцевыми постоянными магнитами 27 таким образом, что при среднем положении кольцевых магнитов 27 в корпусе 25 на ротор 1 передается осевое усилие, направление и величина которого однозначно и линейно сопряжены с направлением и величиной протекающего по катушкам тока. При этом направление прохождения тока в катушках 26 направлено соответственно встречно.

Кольцевые магниты 27 стабилизирующей опоры 7 смонтированы на опорных дисках 28 и вставлены в защитные кольца 29 из немагнитного материала с высоким пределом прочности при растяжении. Между кольцевыми магнитами 27 вдается жестко соединенный со статором диск 30 из материала с хорошей электропроводимостью, предпочтительно из меди. В диске 30 при радиальных вибрациях ротора 1 с помощью кольцевых магнитов 27 индуцируются электрические вихревые токи. Содержащаяся в вибрационном движении ротора 1 механическая энергия передается при этом индуктивным путем на диск 30 и преобразуется в тепло. Таким способом эффективно гасятся вибрации ротора.

Благодаря вращению ротора 1 вокруг своей оси 31 (фиг. 1) в диске 30 генерируются лишь пренебрежительно малые вихревые токи, потому что при этом движении намагничивающая сила диска 30 не изменяется. Диск 30 помимо образованного кольцевыми магнитами 27 зазора имеет краевой выступ 32, который улучшает короткое замыкание вихревых токов, так что гашение вибраций становится эффективнее.

Чувствительный элемент 8 предназначен для регистрации осевого положения ротора 1 (фиг. 7). Катушки 33 и 34 чувствительного элемента в основном одинаковых размеров и с одинаковым числом витков смонтированы неподвижно на корпусе 35 чувствительного элемента. На небольшом осевом расстоянии перед торцовой поверхностью катушки 33 чувствительного элемента на конце вала 36 находится маркерная деталь 37 из материала с хорошей электропроводимостью и/или магнитопроводимостью, например из алюминия, феррита или стали. Вторая катушка 34 чувствительного элемента расположена против соответствующей маркерной детали

38, которая закреплена на корпусе 35 чувствительного элемента. В примере выполнения маркерная деталь 38 состоит из такого же материала, что и маркерная деталь 37.

В качестве ротора приводного электродвигателя 39 на валу 2 ротора 1 закреплена деталь 40 ротора (фиг. 8), существенные части которой состоят из материала постоянного магнита с радиальной намагниченностью. Деталь 40 ротора бесконтактно окружена статором 41 электродвигателя, который имеет обмотку трехфазного тока и запитывается от многофазного генератора трехфазного тока или преобразователя 42 трехфазного тока. Приводной электродвигатель 39 может быть насажен в каком-либо свободном месте вала 2, в частности он может быть расположен между опорой 5 центра тяжести и стабилизирующей опорой 7.

Упорный подшипник 43 расположен на валу 2 ротора (фиг. 9). Упорный подшипник имеет жестко закрепленные на валу 2 магнитные или шпиндельные подшипники 44 и 45, которые установлены один против другого. Магнитные или шпиндельные подшипники действуют в осевом направлении совместно с закрепленным на корпусе 6 опоры кожухом 46 с опорными поверхностями 47, который должен быть собран из нескольких частей. Опорные поверхности 47 препятствуют дальнейшему отклонению ротора 1.

Упорная втулка 48, предназначенная для радиального ограничения свободы перемещения вала 2, закреплена на корпусе 12 опоры центра тяжести (фиг. 6). Упорная втулка 48 состоит предпочтительно из синтетического материала с хорошими антифрикционными свойствами, например из политетрафторэтилена или полиамида с включениями антифрикционных материалов.

Магнитный опорный узел ротора работает следующим образом.

При воздействии на ротор осевых возмущающих сил выходной ток регулирующего усилителя 9 нагружает находящиеся в стабилизирующей опоре 7 отклоняющие катушки таким образом, что при осевых отклонениях ротора из заранее заданного бесконтактного положения на ротор 1 воздействует противодействующее отклонению усилие возврата. При этом регулирующий усилитель 9 предпочтительно рассчитан таким образом, что ротор 1 занимает осевое положение, в котором компенсированы все действующие в опоре 5 центра тяжести статические осевые усилия, так что при этих условиях ток на выходе регулирующего усилителя 9 стремится к ну-

лю. Это соответствует действительности при удовлетворительном выборе параметров опоры 5 центра тяжести и стабилизирующей опоры 7, в частности также для случая вертикального положения оси всей системы, в которой помимо созданных опорой 5 центра тяжести и стабилизирующей опорой 7 магнитостатических осевых усилий дополнительно должна восприниматься сила веса ротора 1. В этом случае направленные вверх магнитные силы должны быть выбраны большими на силу веса, чем направленные вниз магнитные силы. Деталь 3 машины должна быть закреплена на валу 2 таким образом, чтобы центр тяжести ротора 1 по возможности совпадал с серединой опоры 5 центра тяжести.

При радиальных смещениях ротора 1 в опорах 5 и 7 возникают стабилизирующие магнитные силы. Эти силы обусловлены взаимодействием магнитных колец 10 и 11, 17 и 16, 18 и 19, 20 и 21. Радиальные колебания ротора 1 вызывают изменение магнитного поля, сцепленного с электропроводным диском 30. При этом в диске 30 наводятся вихревые токи, которые и обеспечивают диссипацию кинетической энергии радиальных колебаний ротора 1, т.е. демпфирование этих колебаний.

Демпфирование осевых колебаний ротора 1 осуществляется за счет опережения управляющего сигнала на выходе регулирующего усилителя 9 сигнала осевого перемещения ротора 1.

Таким образом, опорный узел стабилен и демпфирован во всех направлениях, причем электромагнитные отклоняющие средства работают только в направлении оси ротора 31, в остальном, однако, действуют только постоянные магниты 10 и 11, 16 и 17, 18 и 19, 20 и 21.

Упорный страховочный подшипник 43 (фиг. 9) предназначен для восприятия осевых радиальных усилий при, например, отказе системы аксиальной стабилизации ротора 1. В этом случае наружные кольца шарикоподшипников 44 и 45 будут опираться на опорные поверхности 47 кожуха 46.

При использовании магнитного опорного узла для машинных агрегатов, в которых магнитный опорный узел соприкасается с корродирующими средами, магнитные кольца 10, 11, 16-21 защищаются со стороны торцовых поверхностей. Для этой цели пригодны, например, наклеенные на торцовой поверхности магнитных колец 10, 11, 16-21 защитные листы из немагнитизирующегося материала, например из высококачественных сталей. Вместо защитных листов можно также использовать покрытие

магнитных колец 10, 11, 16-21 путем нанесения гальваническим способом защитных слоев из жидкой фазы.

Формула изобретения

1. Магнитный опорный узел ротора с постоянными магнитами для восприятия радиальных усилий на опорах, содержащий статор, стабилизатор, который удерживает ротор в бесконтактном положении относительно статора, электрические катушки осевой стабилизации ротора, расположенные на статоре, которые взаимодействуют с закрепленными на роторе намагничивающими деталями, отличающийся тем, что, с целью уменьшения зависимости юстировки от деформации, опорный узел снабжен устройством для подавления радиальных перемещений ротора относительно статора, работающим на принципе возбуждения вихревых токов, одна из опор на постоянных магнитах выполнена со сравнительно высокой жесткостью и расположена в центре тяжести ротора, другая опора выполнена со сравнительно малой относительно первой опоры жесткостью, при этом электрические катушки для осевой стабилизации ротора и устройства для подавления радиальных перемещений ротора расположены на второй из упомянутых опор.

2. Магнитный узел по п. 1, отличающийся тем, что первая опора состоит из расположенного соосно с осью ротора комплекта магнитных колец из магнитно-твердого материала с одинаково направленной осевой намагниченностью, причем в осевом направлении магнитные кольца ротора и статора расположены попеременно, а торцовые поверхности магнитных колец ротора и статора расположены с зазором друг относительно друга.

3. Магнитный узел по п. 1, отличающийся тем, что наряду с первым комплектом магнитных колец ротора и статора установлен по меньшей мере один второй комплект магнитных колец с противоположным первому комплекту осевым намагничиванием, причем торцовые поверхности магнитных колец ротора или статора одного комплекта расположены в одной плоскости с торцовыми поверхностями магнитных колец ротора или статора другого комплекта.

4. Магнитный узел по п. 3, отличающийся тем, что в качестве набора концентрических магнитных колец используются диски из магнитотвердого материала по меньшей мере с двумя концентрическими кольцевыми зонами, имеющими противоположное осевое намагничивание.

5. Магнитный узел по пп. 1-4, отличающийся тем, что магнитные кольца

имеют покрытие для защиты материала колец от агрессивных сред.

6. Магнитный узел по п. 5, отличающийся тем, что покрытие состоит из закрепленных на магнитных кольцах защитных колец и/или защитных листов.

7. Магнитный узел по п. 5, отличающийся тем, что покрытие магнитных колец получено путем осаждения из жидкой фазы.

8. Магнитный узел по пп. 5-7, отличающийся тем, что покрытие состоит из материала с высоким пределом прочности при растяжении.

9. Магнитный узел по пп. 1-8, отличающийся тем, что первая опора имеет упорную втулку для механического ограничения радиального зазора в опоре.

10. Магнитный узел по п. 9, отличающийся тем, что упорная втулка облицована термостойким синтетическим материалом с антифрикционными свойствами, предпочтительно политетрафторэтиленом или полиамидом с включениями антифрикционного материала.

11. Магнитный узел по пп. 1-10, отличающийся тем, что для определения осевого положения ротора стабилизатор снабжен двумя маркерными деталями и чувствительным элементом, состоящим в основном из двух расположенных на корпусе узла катушек с равным полным сопротивлением, из которых одна катушка расположена с осевым зазором относительно первой маркерной детали, закрепленной предпочтительно на одном из осевых концов вала и выполненной из материала с высокой электрической и/или магнитной проводимостью, причем расположенные одна против другой ограничивающие поверхности катушки и маркерной детали являются в основном плоскими и ориентированы перпендикулярно относительно оси ротора, а другая катушка расположена напротив расположенной на корпусе узла второй маркерной детали, выполненной из того же материала, что и первая маркерная деталь.

12. Магнитный узел по пп. 1-11, отличающийся тем, что на роторе узла установлен приводной электродвигатель, ротор которого выполнен из намагниченного в радиальном направлении магнитотвердого материала.

13. Магнитный узел по п. 12, отличающийся тем, что на статоре приводного электродвигателя выполнена трехфазная обмотка с питанием от трехфазного генератора или преобразователя.

14. Магнитный узел по пп. 1-13, отличающийся тем, что на роторе расположен осевой упорный подшипник, содержащий

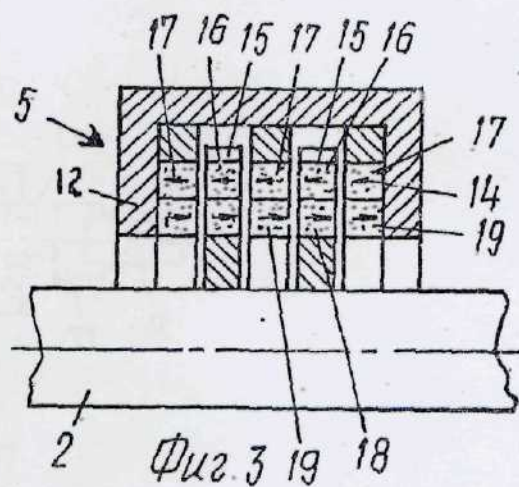
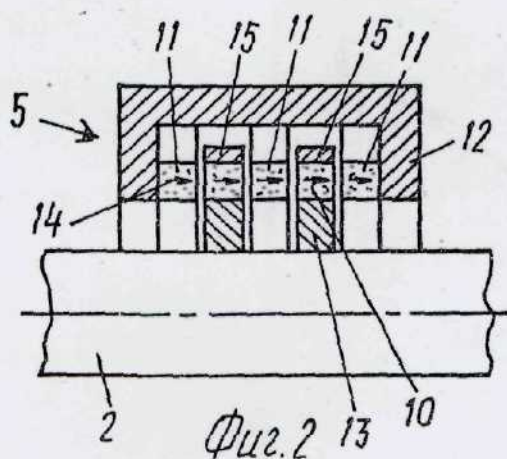
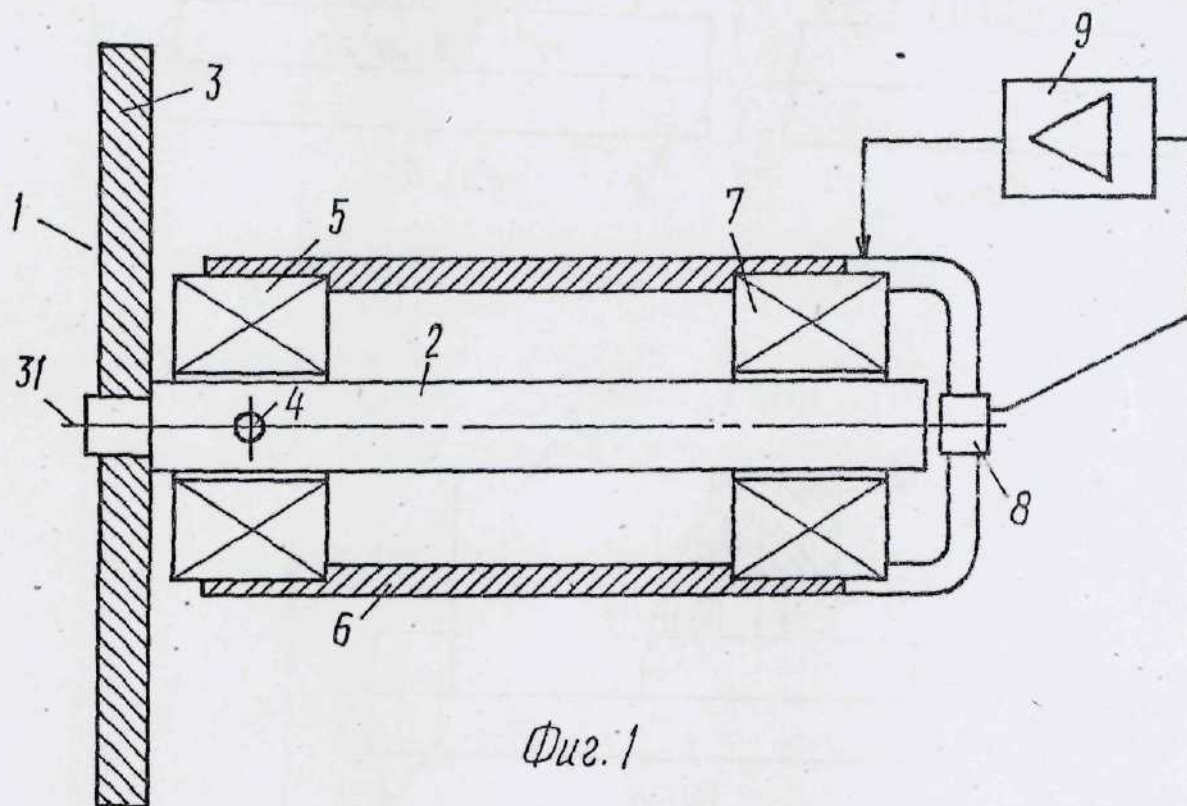
два закрепленных на валу ротора магнитных или механических подшипника, установленных в противоположных осевых направлениях, и опорный кожух, соединенный с корпусом.

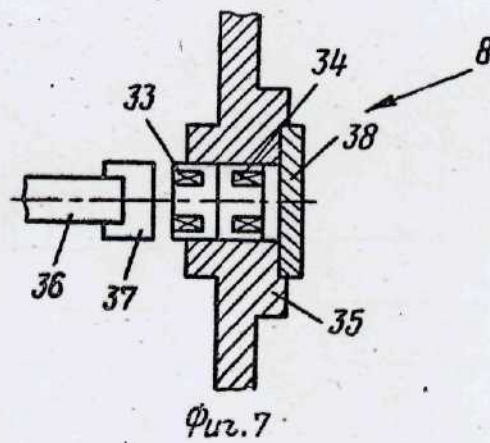
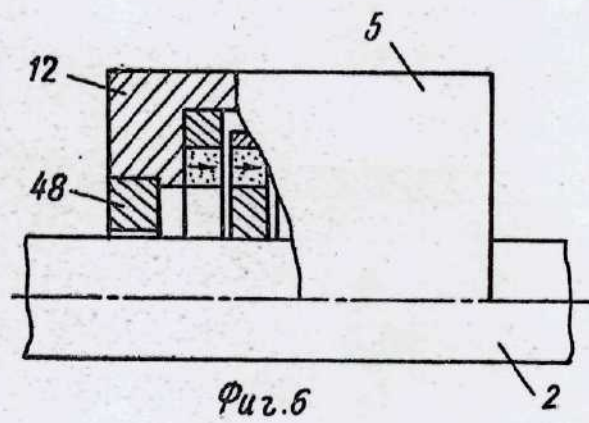
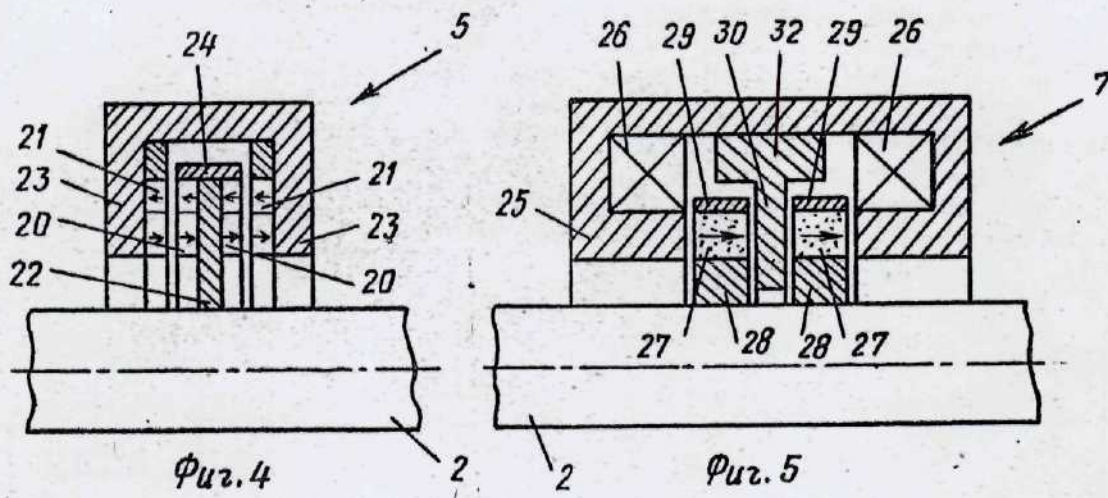
15. Магнитный узел по пп. 1-14, отличающийся тем, что на роторе установлен маховик из высокопрочного материала, в частности из волокнистого комбинирован-

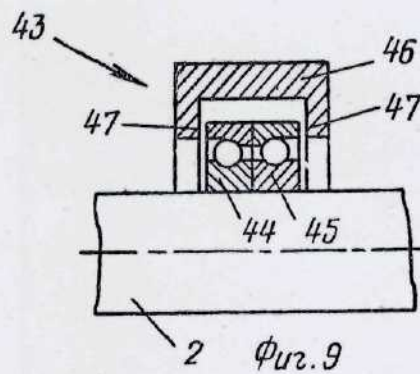
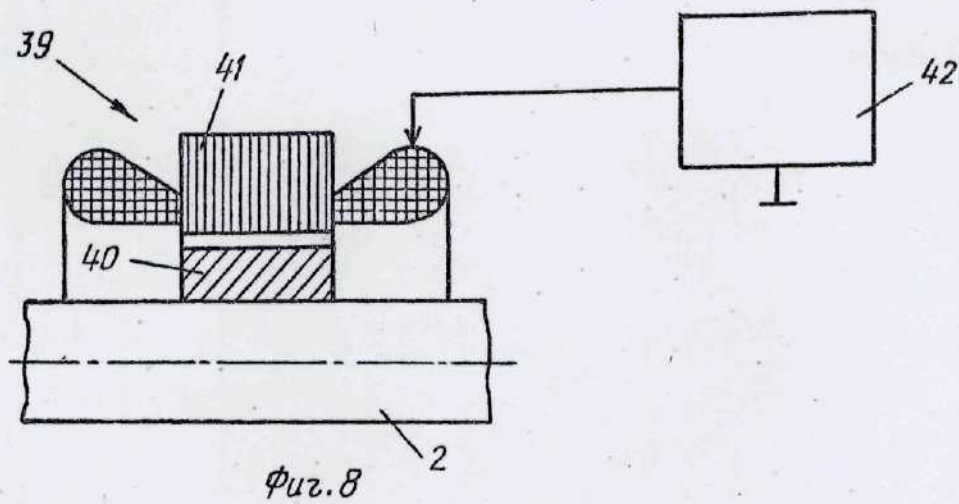
ного материала, рассчитанного для использования при высоких скоростях вращения.

16. Магнитный узел по пп. 1-15, отличающийся тем, что он установлен в опорном узле ротора газовых турбин с осевым и/или радиальным уплотнением, в частности, в турбомолекулярном насосе.

17. Магнитный узел по пп. 1-16, отличающийся тем, что он установлен в опорном узле ротора предельной турбинки.







Редактор О.Хрипта

Составитель А.Карпов
Техред М.Моргентал

Корректор В.Гирняк

Заказ 351

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101

