



(51) МПК  
*H02K 15/02* (2006.01)  
*H02K 1/24* (2006.01)  
*H01F 1/28* (2006.01)  
*H02K 29/06* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*H02K 15/024* (2006.01); *H02K 1/24* (2006.01); *H02K 1/28* (2006.01); *H02K 29/06* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2016134841, 23.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.09.2014

Дата регистрации:  
23.04.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
31.01.2014 EP 14153448.7

(43) Дата публикации заявки: 05.03.2018 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 23.04.2018 Бюл. № 12

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 31.08.2016

(86) Заявка РСТ:  
EP 2014/070254 (23.09.2014)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2015/113656 (06.08.2015)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,  
ООО "Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**БАЛЛЬВЕГ Марион (DE),  
 БЮТТНЕР Клаус (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

**СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)**

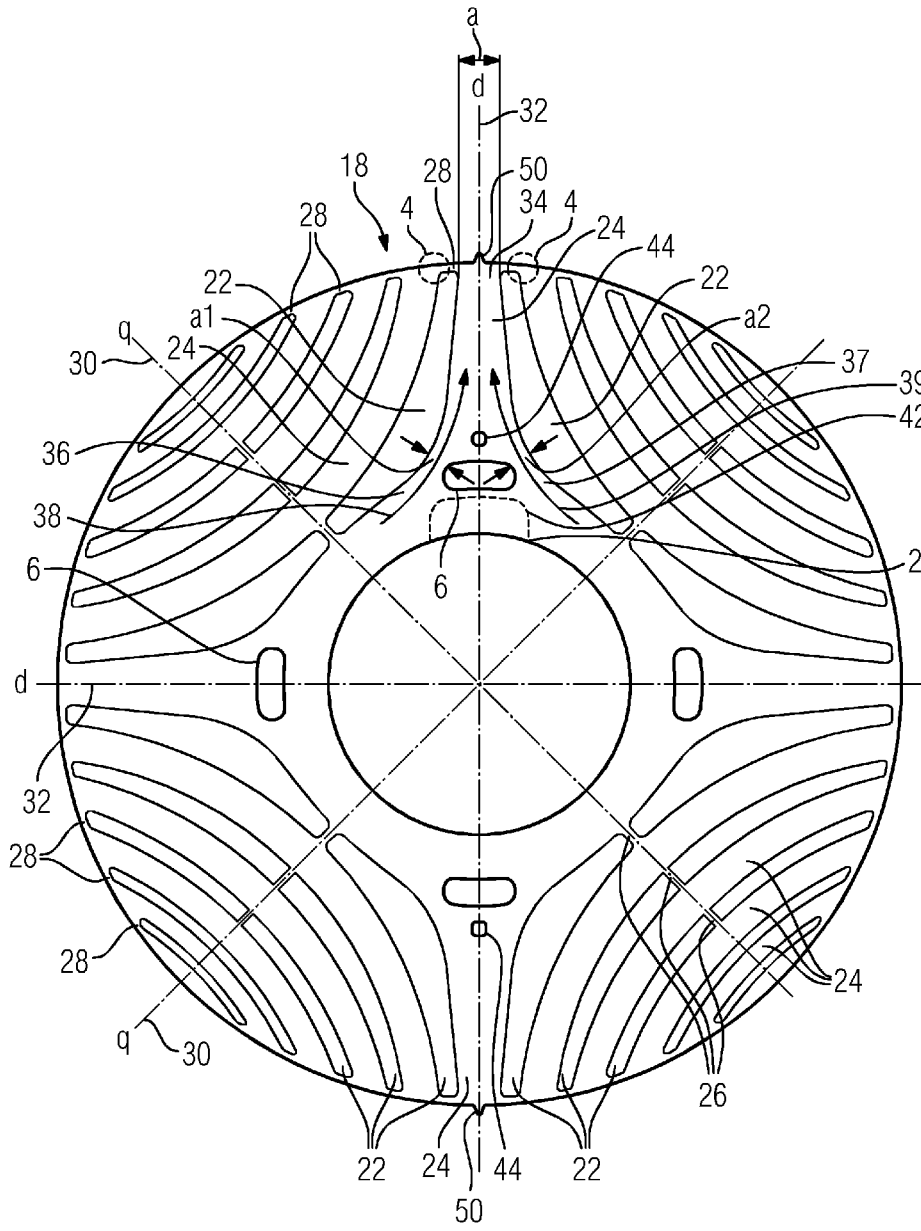
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: EP 1734639 A2, 20.23.2006. DE  
102009047485 A1, 09.06.2011. JP 2008275485 A,  
13.11.2008. US 6259181 B1, 10.07.2001. JP  
2000050548 A, 18.02.2000. JP 2012196033 A,  
11.10.2012. RU 1497687 A1, 30.07.1989.

(54) РЕАКТИВНЫЙ СИНХРОННЫЙ РОТОР С ВЫЕМКОЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике. Технический результат состоит в упрощении монтажа ротора, в частности, посредством посадки с натягом, причем должна быть придана достаточная устойчивость. В реактивном синхронном роторе на каждом участке (24) прохождения магнитного потока на соответствующей половине (32) оси d выполнена выемка (6, 42) для уменьшения напряжения, так что с обеих сторон от соответствующей половины (32) оси d на соответствующем участке (24) прохождения магнитного потока в каждом случае

образован участок (36, 37) для частичного потока. Сумма в каждом случае наименьшего поперечного сечения обоих участков (36, 37) прохождения частичного потока по существу больше или равна наименьшей, перпендикулярной к соответствующей половине (32) оси d площади поперечного сечения участка (36, 37) прохождения частичного потока в радиальном направлении выше выемки, так что благодаря выемке (6, 42) магнитное нанесение вреда не происходит. 2 н. и 28 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ.1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

*H02K 15/02* (2006.01)*H02K 1/24* (2006.01)*H01F 1/28* (2006.01)*H02K 29/06* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H02K 15/024* (2006.01); *H02K 1/24* (2006.01); *H02K 1/28* (2006.01); *H02K 29/06* (2006.01)(21)(22) Application: **2016134841, 23.09.2014**(24) Effective date for property rights:  
**23.09.2014**Registration date:  
**23.04.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**31.01.2014 EP 14153448.7**(43) Application published: **05.03.2018** Bull. № 7(45) Date of publication: **23.04.2018** Bull. № 12(85) Commencement of national phase: **31.08.2016**(86) PCT application:  
**EP 2014/070254 (23.09.2014)**(87) PCT publication:  
**WO 2015/113656 (06.08.2015)**Mail address:  
**129090, Moskva, ul. B.Spaskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskiji Partnery"**

(72) Inventor(s):

**BALLVEG Marion (DE),  
BYUTTNER Klaus (DE)**

(73) Proprietor(s):

**SIMENS AKTSIENGEZELLSCHAFT (DE)****(54) REACTIVE SYNCHRONOUS ROTOR WITH RECESS FOR REDUCING VOLTAGES**

(57) Abstract:

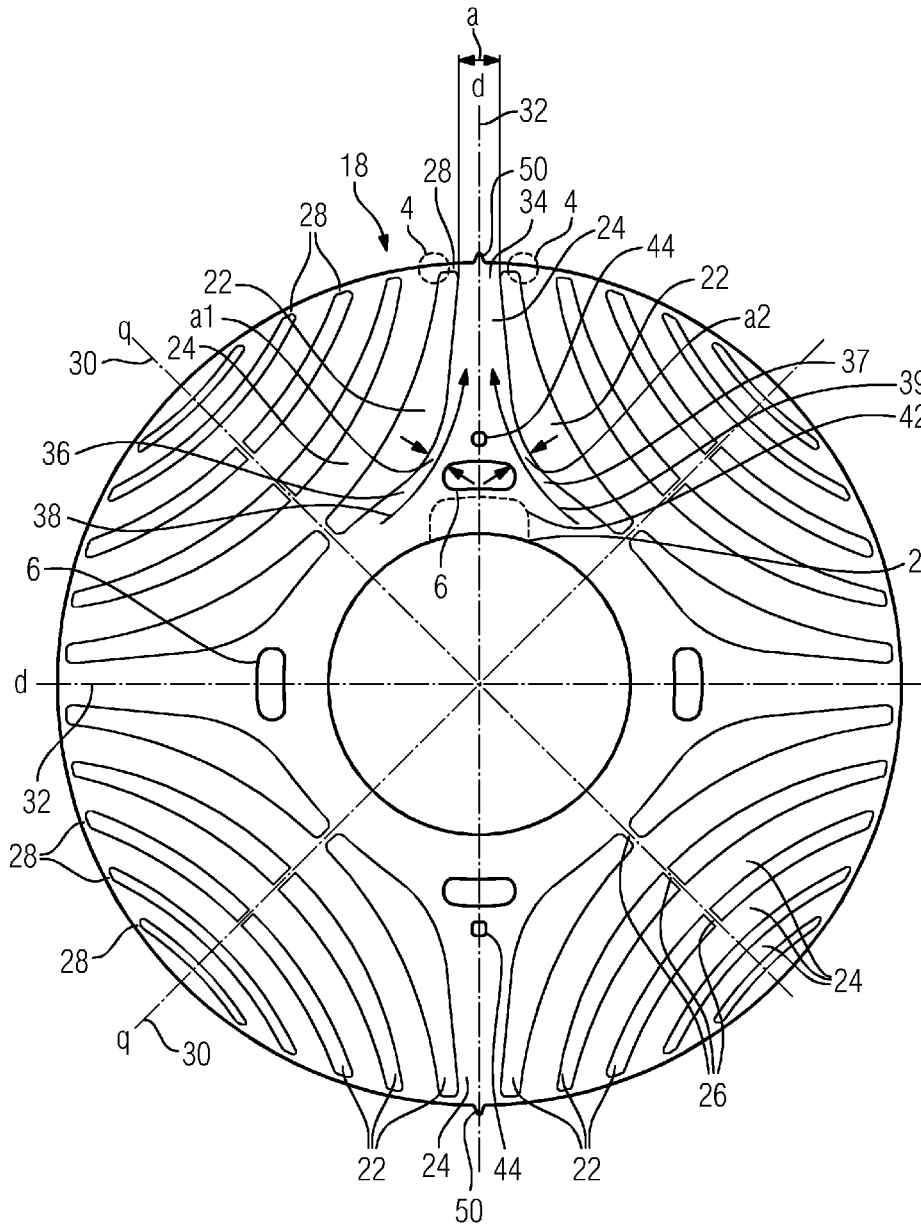
FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering. In the reactive synchronous rotor, a recess (6, 42) is formed in each magnetic flux passage portion (24) in the corresponding half (32) of the axis d to reduce the voltage, so that a partial flow section (36, 37) is formed on each side of the respective half (32) of the d-axis in the respective magnetic flux passage portion (24) in each case. Sum in each case of the smallest cross section of both the partial flux passage

portions (36, 37) is substantially greater than or equal to the smallest, perpendicular to the respective half (32) of the d-axis of the cross-sectional area of the partial flux passage (36, 37) in the radial direction above the recess, so that no magnetic damage is caused by the recess (6, 42).

EFFECT: technical result is in simplification of the rotor mounting, in particular, by interference fit, and sufficient stability must be given.

30 cl, 6 dwg



ФИГ.1

Данное изобретение относится к листу реактивного синхронного ротора, который выполнен по существу в виде круглого диска. Он имеет центральную выемку на центре и вдоль оси  $d$  (направление легкого намагничивания) участок проведения потока, распространяющийся в радиальном направлении от центральной выемки до находящегося на наружном краю листа реактивного синхронного ротора соединительного кольца. Кроме того, изобретение относится к реактивному синхронному ротору, включающему в себя пакет сердечника из множества листов реактивного синхронного ротора, а также к способу его изготовления.

Подобные листы реактивного синхронного ротора с соответствующими выемками известны из патентного описания US 5818140 A. Из листов реактивного синхронного ротора можно собирать пакет сердечника и соответствующий ротор. Благодаря вырезам возникают изогнутые полосовидные участки листа, которые служат в качестве участков проведения потока и проводят магнитный поток необходимым для предоставления необходимого магнитного сопротивления ротора образом. Между отдельными участками проведения потока благодаря вырезам находится воздух, то есть немагнитная область, которая действует в качестве барьера магнитного потока. Благодаря полосовидным участкам проведения потока возникает высокий выход крутящего момента. Магнитная проницаемость пакета сердечника в направлении оси  $q$ , то есть в направлении блокировки магнитного потока сравнительно мала ввиду немагнитных областей. Полосовидные участки проведения потока проходят поперек оси  $q$  и соединяют соседние в окружном направлении полюса ротора, которые в каждом случае расположены на осях  $d$  (направлениях легкого намагничивания). Однако вырезы для предоставления немагнитных областей или для образования участков проведения потока приводят к ослаблению механической устойчивости пакета сердечника, так что описанный ротор не подходит для больших частот вращения, в частности для частот вращения больше 3000 оборотов в минуту. По этой причине реактивные синхронные электродвигатели описанного типа не подходят для требований к частотам вращения в области, например, автомобилей с электрическими приводами.

Таким образом, в частности лист ротора реактивного синхронного электродвигателя (коротко: лист реактивного синхронного ротора) выполнен на основе принципа действия в отношении оси  $d$  и  $q$  более высокой различной радиальной устойчивости. Так, ось  $d$  образована участком проведения потока, выходящим из листа от внутреннего к внешнему диаметру, в то время как ось  $q$  прервана барьерами потока.

Листы ротора соединяются, например, посредством цилиндрической посадки с натягом на вал. При высоких частотах вращения натяг посадки должен выполняться более высоким, так как благодаря центробежной силе доходит до расширения листа ротора на внутреннем диаметре, и передача крутящего момента на вал уменьшается. Призматические шпонки для передачи крутящего момента были бы также нежелательны, так как выбираемый на листах паз дополнительно уменьшил бы устойчивость.

Благодаря различной устойчивости на осях при напрессовке доходит до различных деформаций и тем самым до недопустимых напряжений на внешних перемычках или на внешнем соединительном кольце листа ротора, в частности на перемычке непосредственно рядом с осью  $d$ . Сплошной материал на оси  $d$  смещается в виде деформации от внутреннего к наружному диаметру, в то время как в соседней области ввиду барьеров потока обходится без деформации изнутри наружу.

Дополнительно перемычки, которые удерживают вместе участки проведения потока, при вращении сильно нагружаются центробежной силой. При относительно высоком растягивающем напряжении, которое может вызываться уже посадкой с натягом, для

нагрузки центробежной силой остается лишь незначительный резерв, или он не остается вовсе. Таким образом, подобный реактивный синхронный ротор подходит лишь для относительно низких частот вращения.

5 Возможная оптимизация заключается в том, чтобы встраивать между валом и листом ротора элементы геометрического замыкания, для того чтобы была возможность  
 10 отводить усилия посадки с натягом и одновременно передавать высокий крутящий момент. В качестве элементов геометрического замыкания могут использоваться шпоночные канавки и призматические шпонки, притупления или же валы с многоугольными поперечными сечениями. И хотя благодаря этим мерам ввиду  
 15 нетребующейся посадки с натягом можно предотвращать растягивающие напряжения, тем не менее, как было указано выше, лист благодаря шпоночным пазам при определенных обстоятельствах дополнительно теряет устойчивость, и изготовление или соединение с валами затруднено.

15 Таким образом, задача данного изобретения заключается в предоставлении листа реактивного синхронного ротора, при помощи которого может собираться просто изготавливаемый ротор, который не подвержен чрезмерным растягивающим напряжениям.

Согласно изобретению эта задача решается с помощью листа реактивного синхронного ротора,

20 - который выполнен по существу в виде круглого диска и имеет одну или несколько осей  $d$ , причем каждая ось  $d$ , будучи разделена центром листа реактивного синхронного ротора, имеет две половины оси  $d$  и включает в себя

- центральную выемку на центре листа реактивного синхронного ротора и  
 - вдоль каждой половины оси  $d$  в каждом случае один участок проведения потока,  
 25 распространяющийся в радиальном направлении от центральной выемки до находящегося на наружном краю листа реактивного синхронного ротора соединительного кольца, причем

- на каждом участке проведения потока на соответствующей половине оси  $d$  расположена выемка для уменьшения напряжения, так что с обеих сторон от  
 30 соответствующей половине оси  $d$  на соответствующем участке проведения потока в каждом случае образован участок проведения частичного потока, и  
 - сумма в каждом случае наименьшего поперечного сечения обоих участков проведения частичного потока по существу больше или равна наименьшей,  
 перпендикулярной к соответствующей половине оси  $d$  площади поперечного сечения  
 35 участка проведения потока в радиальном направлении выше выемки.

Предпочтительным образом благодаря выемке на каждом участке проведения потока нескольких половин осей  $d$  уменьшается жесткость листа реактивного синхронного ротора в направлении оси  $d$ . При этом выемка расположена и/или выполнена таким  
 40 образом, что соответствующий участок проведения потока не суживается больше, чем сужение, которое участок проведения потока имеет на своем самом узком месте без выемки. Это означает, что магнитный поток не ухудшается больше, чем на самом узком сплошном месте участка проведения потока, которое, как правило, расположено в радиальном направлении максимально наружу на соединительном кольце. Тем самым  
 найден идеальный компромисс между уменьшением жесткости и ухудшением магнитного  
 45 потока. По сравнению с уровнем техники у изобретения листы реактивного синхронного ротора не должны быть соединены друг с другом для образования пакета сердечника. Предпочтительно они соединены исключительно непосредственно в области центральной выемки с валом ротора. Например, соединительные пальцы, соединения

с силовым замыканием расположенных друг около друга листов реактивного синхронного ротора или тому подобное могут экономиться. У изобретения передача усилия между листом реактивного синхронного ротора и валом осуществляется предпочтительно напрямую или непосредственно, а именно без содействия дальнейших  
5 компонентов. Со стороны реактивного синхронного ротора задача решается с помощью пакета сердечника, который имеет листы реактивного синхронного ротора согласно изобретению.

Выемка для уменьшения напряжения может быть полностью окружена материалом листа реактивного синхронного ротора. Это означает, что выемка полностью  
10 расположена внутри соответствующего участка проведения потока. Это имеет то преимущество, что центральная выемка на всем своем периметре может быть расположена с фрикционным замыканием на чисто цилиндрическом валу. В частности, край центральной выемки листа реактивного синхронного ротора, предпочтительно в области  $q$  между выемками для уменьшения напряжения, может иметь ответную  
15 форму относительно формы вала. Вследствие этого может достигаться передача большого усилия при значительном предотвращении перегрузки листа реактивного синхронного ротора. Уменьшение напряжения относится к уменьшению механических напряжений.

В альтернативном варианте осуществления пустое пространство выемки соединено  
20 с пустым пространством центральной выемки. Это означает, что оба пустых пространства переходят непосредственно друг в друга или границы пустых пространств пересекаются друг с другом или переходят друг в друга.

В частности, две из осей  $d$  могут быть расположены перпендикулярно друг к другу, и две оси  $q$  могут быть расположены, образуя биссектрисы между осями  $d$ , причем  
25 изогнутые полосовидные участки листа расположены перпендикулярно к осям  $q$  и участки листа отделены друг от друга вырезами. Тем самым можно реализовывать четырехполюсный реактивный синхронный ротор, чьи полюса расположены в каждом случае со смещением на  $90^\circ$ . Посередине между в каждом случае двумя соседними полюсами находятся оси  $q$  с направлением магнитного барьера. Таким образом, соседние  
30 оси  $d$  и  $q$  смещены друг относительно друга на  $45^\circ$ .

Далее в дополнение к выемке или выемкам для уменьшения напряжения лист реактивного синхронного ротора может иметь, по меньшей мере, одну опознавательную выемку. Таким образом, наряду с центральной выемкой, выемками для уменьшения  
35 напряжения и вырезами для сокращения потока дополнительно предусмотрена, по меньшей мере, одна выемка в качестве опознавательной метки, для того чтобы проще регистрировать ориентацию листа реактивного синхронного ротора. Это полезно при составлении пакета сердечника. Подобные опознавательные выемки, как правило, существенно меньше, чем все остальные вырезы, так как они не должны оказывать влияния ни на магнитный поток, ни на механическую устойчивость.

Согласно варианту осуществления предлагается то, что центральная выемка  
40 выполнена исключительно для соединения листа реактивного синхронного ротора с валом реактивного синхронного ротора. Вследствие этого лист реактивного синхронного ротора может закрепляться на валу ротора исключительно в области центральной выемки. Вследствие этого могут экономиться дальнейшие варианты закрепления. Лист реактивного синхронного ротора соединен с валом ротора  
45 предпочтительно исключительно в области центральной выемки. Соединение с соседними листами реактивного синхронного ротора может также экономиться. Центральная выемка предпочтительно выполнена таким образом, что она может

соединяться с валом посредством посадки, в частности посадки с натягом. Вследствие этого может достигаться надежное соединение.

Согласно дальнейшему варианту осуществления предлагается то, что лист реактивного синхронного ротора имеет направляющий скошенный элемент, который предпочтительно расположен на внешнем периметре листа реактивного синхронного ротора. Сверх этого, направляющий скошенный элемент может быть также расположен в области центральной выемки листа реактивного синхронного ротора. Направляющий скошенный элемент может быть образован, например, выступом, углублением, комбинациями из них и/или тому подобным. Направляющий скошенный элемент предпочтительно выполнен таким образом, что он по существу не образует дисбаланс при надлежащей целевой эксплуатации. Например, выполненные по существу идентично, задающие перекося элементы могут быть расположены в радиальном направлении на противоположных сторонах на листе реактивного синхронного ротора. Кроме того, задающие перекося элементы предпочтительно выполнены для взаимодействия с задающей перекося кулисой, так что является возможным располагать листы реактивного синхронного ротора предварительно задаваемым образом с угловым смещением друг относительно друга в пакете сердечника. Сверх этого, может быть предусмотрено то, что направляющий скошенный элемент после окончательного изготовления реактивного синхронного ротора удаляется. Это является предпочтительным, в частности, при выступающих в радиальном направлении, задающих перекося элементах.

Из множества подобных листов реактивного синхронного ротора может образовываться пакет сердечника, который может монтироваться на вал. При этом предпочтительно, если вал с передачей вращательного движения соединен с пакетом сердечника лишь посредством фрикционного соединения. Это означает, что центральная выемка, за исключением дальнейших выемок, которые вдаются в нее, может иметь форму круга, и равным образом вал может образовываться чисто с формой круглого цилиндра. Вследствие этого можно реализовывать очень простую конструкцию вала.

Кроме того, пакет сердечника может иметь перекося. При этом отдельные листы пакета сердечника смещены в окружном направлении друг относительно друга на незначительное угловое значение, вследствие чего пульсация крутящего момента электрической машины и, в частности, реактивного синхронного электродвигателя может уменьшаться.

Предпочтительно выемки на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  имеют одинаковые размеры. Равным образом выемки на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  должны иметь одинаковое расстояние до центра листа реактивного синхронного ротора. Вследствие этого напряжения могут уменьшаться во всех областях листа реактивного синхронного ротора.

Со стороны способа в качестве решения задачи предлагается то, что в способе изготовления реактивного синхронного ротора, имеющего пакет сердечника из множества листов реактивного синхронного ротора и вал, используются листы реактивного синхронного ротора согласно изобретению, причем способ включает в себя следующие шаги:

- укладывание в стопу необходимого для целевой функции пакета сердечника количества листов реактивного синхронного ротора для образования стопы, причем листы реактивного синхронного ротора располагаются соосно друг к другу,
- расположение в каждом случае одной концевой пластины на противоположных концах стопы,
- нагрев стопы до заданной температуры и

- введение имеющего более низкую температуру, чем листы реактивного синхронного ротора вала, в образованное центральными выемками листов реактивного синхронного ротора отверстие, причем диаметр вала выбирается таким образом, что при выравнивании температур между стопой и валом образуется посадка с натягом.

5 Изобретение благодаря использованию листов реактивного синхронного ротора согласно изобретению позволяет отказаться от дальнейших вариантов закрепления. Вследствие этого может достигаться не только наиболее простой способ изготовления, но и исключаются также дополнительные крепежные средства, которые наряду с издержками требовали бы также особых мер с точки зрения целевой эксплуатации.

10 Предпочтительно стопа может подготавливаться в форме и нагреваться до заданной температуры, причем затем ненагретый вал может вводиться в образованное центральными выемками отверстие. Например, разница температур может составлять от 100° до 250°C, предпочтительно от 150 до 220°C, наиболее предпочтительно 180°C. Диаметры отверстия и вала согласованы друг с другом таким образом, что при

15 уравнивании или выравнивании температур между листами реактивного синхронного ротора и валом образуется посадка с натягом.

Кроме того, предлагается то, что на концах стопы в каждом случае располагается втулка с отверстием втулки, причем отверстие втулки имеет тот же диаметр, как и центральные выемки листов реактивного синхронного ротора. Благодаря

20 предусмотрению втулок может достигаться то, что во время изготовления пакета сердечника может в значительной степени предотвращаться развертка листов реактивного синхронного ротора, в частности во время введения вала в отверстие. С этой целью может быть предусмотрено то, что втулки на своем соответствующем положении зафиксированы. Сверх этого, при помощи втулок может достигаться то,

25 что во время целевой эксплуатации может обеспечиваться придание устойчивости пакету сердечника в целом. Предпочтительно концы стопы подпираются втулками.

Далее предлагается то, что стопа образуется в форме для протяжки с задающей перекося кулисы. Форма для протяжки служит, в частности, для того, чтобы при формировании стопы листы реактивного синхронного ротора располагать и удерживать

30 в необходимой ориентации рядом друг с другом. При этом посредством задающей перекося кулисы может обеспечиваться ориентация листов реактивного синхронного ротора друг относительно друга. Таким образом, форма для протяжки позволяет простым и надежным образом реализовывать перекося пакета сердечника.

Далее предлагается то, что стопа на своих концах стопы нагружается давлением.

35 Вследствие этого может достигаться то, что листы реактивного синхронного ротора могут за короткое время нагреваться до соразмерной температуры. Одновременно может достигаться то, что листы реактивного синхронного ротора расположены в каждом случае непосредственно рядом друг с другом и могут в значительной степени предотвращаться нежелательные воздушные зазоры.

40 Наиболее предпочтительно, если вал вводится в нагруженном давлением состоянии стопы. Вследствие этого может достигаться то, что листы стопы реактивного синхронного ротора сохраняют свое положение даже при механическом воздействии во время введения вала.

Сверх этого, предлагается то, что во время выравнивания температур давление воздействует на стопу. Вследствие этого может достигаться то, что стопа изменяет свою температуру наиболее равномерно. Вследствие этого образуется надежная посадка с натягом относительно введенного вала. Вследствие этого коробление, неоднородности или тому подобное могут в значительной степени предотвращаться.

Далее данное изобретение разъясняется более подробно при помощи приложенных чертежей, на которых показаны:

фиг. 1 - лист реактивного синхронного ротора согласно данному изобретению на схематичном виде сверху;

5     фиг. 2 - пакет сердечника ротора с множеством листов реактивного синхронного ротора согласно фиг. 1 на схематичном виде в перспективе;

фиг. 3 - на схематичном виде в разрезе стопа необходимого для целевой функции пакета сердечника ротора количества листов реактивного синхронного ротора для образования стопы;

10    фиг. 4 - на схематичном виде в разрезе расположение в каждом случае одной концевой пластины и нагрев стопы;

фиг. 5 - на схематичном виде в разрезе введение вала ротора и образование посадки с натягом;

15    фиг. 6 - на схематичном виде в перспективе реактивный синхронный ротор согласно изобретению; и

фиг. 7 - на схематичном виде в перспективе альтернативный вариант осуществления для расположения в каждом случае одной концевой пластины и нагрева стопы на основе пакета сердечника ротора согласно фиг. 2.

20    Описанные в дальнейшем более подробно примеры осуществления представляют собой предпочтительные варианты осуществления данного изобретения.

Изображенный на фиг. 1 лист 18 реактивного синхронного ротора имеет выемки 22, которые образуют магнитные барьеры. Выемки 22, так же как и все остальные выемки, обычно образуются посредством пробивки. Они образуют немагнитные области и таким образом действуют в качестве барьеров магнитного потока. Таким образом, 25 между выемками 22 образуются секции проведения потока, по которым магнитный поток проводится при соответствующем режиме эксплуатации намагничивания.

Изображенный на фиг. 1 лист 18 реактивного синхронного ротора используется для четырехполюсного реактивного синхронного ротора. В соответствии с этим лист 18 реактивного синхронного ротора имеет две расположенные перпендикулярно друг к 30 другу оси  $d$ , которые представляют собой направления легкого намагничивания и которые, будучи разделены центром листа 18 реактивного синхронного ротора, имеют соответствующие половины 32 осей  $d$ . Направления легкого намагничивания образованы секциями 24 проведения потока, которые по большей части проходят непрерывно по соответствующим половинам 32 осей  $d$ , если не принимается во внимание центральная 35 выемка 2, которая служит для приема вала.

Выемки 22, которые служат в качестве магнитного барьера, проходят по существу в виде дуги от одного полюса к соседнему полюсу. Сверх этого, они выполнены по существу в виде полос. По причинам устойчивости они могут быть прерваны 40 перемычками 26. Таким образом, между дугообразными полосовидными выемками 22 образуются также полосовидные дугообразные участки 24 проведения потока.

Дугообразные немагнитные выемки 22 между соседними полюсами проходят перпендикулярно к осям  $q$  30, которые расположены, образуя биссектрисы между осями  $d$ . Таким образом, на осях  $q$  30 происходит блокировка магнитного поля. Для более подробного принципа действия следует обратиться к ссылке на упомянутый вначале 45 патент US 5818140 A от Vagati.

На фиг. 2 показан реактивный синхронный ротор или кратко ротор 10 без вала. Ротор 10 может быть установлен в реактивный синхронный электродвигатель. Например, реактивный синхронный электродвигатель может быть приводным

двигателем для электроприводного автомобиля. В смонтированном состоянии в проходное отверстие 12 ротора 10, которое образуется посредством центральных выемок 2, вставлен не изображенный на фиг. 2 вал реактивного синхронного электродвигателя. Предпочтительно ротор 10 напрессован на вал. В этом случае вал и тем самым ротор 10 установлены с возможностью вращения вокруг оси А вращения, так что ротор 10 в (неизображенном) статоре реактивного синхронного электродвигателя может осуществлять вращение R вокруг оси А вращения. Диаметр ротора 10 в радиальном направлении может составлять, например, 20 см и более. Длина ротора 10 в осевом направлении может составлять, например, 30 см и более.

В качестве магнитно-активного элемента ротор 10 имеет пакет 14 сердечника, который образован из нескольких слоев 16, которые в каждом случае имеют мягкомагнитный, в частности ферромагнитный, материал. Этот материал получается из отдельных листов согласно фиг. 1. Кроме того, слои имеют изолирующие электричество частичные слои, для того чтобы блокировать вихревые токи в пакете 14 сердечника. Ради видимости из слоев 16 на фиг. 2 снабжены ссылочными позициями лишь некоторые.

Таким образом, каждый слой 16 образуется по существу посредством одного листа 18 ротора. На фиг. 2 ссылочной позицией снабжен лишь лист 18 ротора, который находится на торцевой стороне 20 в осевом направлении вдоль оси А на переднем конце.

Листы 18 ротора расположены на одной прямой в пакете 14 сердечника в осевом направлении друг за другом таким образом, что выемки 22 и соответственно также участки 24 проведения потока совпадают в осевом направлении, если не предусмотрен перекоп. Все листы ротора слоев 16 могут иметь одинаковую форму.

Чтобы ротор 10 на наружной поверхности был замкнут, каждый лист 18 ротора имеет на своем наружном краю замкнутое соединительное кольцо 28. Оно фиксирует также участки 24 проведения потока.

Пример на фиг. 1 и 2 относится к четырехполюсному ротору. Однако количество полюсов может быть также выбрано большим. В наиболее оптимальном случае проходное отверстие 12 ротора 10 имеет форму круглого цилиндра и соответствующий вал также имеет форму круглого цилиндра. В этом случае ротор 10 или пакет 14 сердечника соединяется с валом посредством посадки с натягом. Таким образом, крутящий момент передается с ротора на вал исключительно посредством фрикционного соединения. Посадка с натягом должна рассчитываться в соответствии с необходимым крутящим моментом и может передавать очень высокие усилия. Благодаря структуре листов 18 реактивного синхронного ротора усилие вдоль осей d 32 проводится в известных сечениях листов практически без ослабления от центральной выемки 2 наружу к соединительному кольцу 28, так как участки проведения потока именно в этих известных сечениях листов непрерывно проходят от центральной выемки 2 до соединительного кольца 28. В областях соединительного кольца между полюсами или осями d 32 усилие посадки с натягом лишь уменьшается или и вовсе не передается, так как выемки 22 блокируют это. Поэтому в областях 4 соединительного кольца 28 возникают очень высокие растягивающие напряжения, которые могут приводить к разрушению листов 18 ротора и тем самым самого ротора 10.

Для того чтобы сокращать деформацию или растягивающие напряжения в областях 4 соединительного кольца 28 на каждой половине оси d, согласно изобретению выполняются выемки 6 в области осей d или половин 32 осей d. Такая выемка 6, которая может также выполняться посредством пробивки, прерывает линию непосредственного действия усилия вдоль соответствующей половины 32 оси d. Выемка 6 может

деформироваться, так что возникают меньшие деформации соединительного кольца 28 в области соответствующей половины 32 оси d и тем самым также меньшие растягивающие напряжения в областях 4 соединительных колец 28. Таким образом, опасность разрушения или повреждения в этих областях значительно снижена.

5 Выемка 6 должна иметь такие размеры, что она практически не обладает воздействиями на магнитный поток. Это может достигаться вследствие того, что магнитный поток на секции 24 проведения потока в области оси d ограничивается не сильнее, чем в своем самом узком месте в направлении потока. То есть поток не должен получать более узкие проходные сечения, чем у сечения листа без выемок 6.

10 Самое узкое место 34 для магнитного потока в области полюсов расположено на переходе секции 24 проведения потока, которая проходит вдоль соответствующей половины 32 оси d, в соединительное кольцо 28. В этом месте лист суживается благодаря прилегающим выемкам 22, которые здесь приближаются друг к другу на минимальное расстояние. Таким образом, на внутреннем краю соединительного кольца 28 возникает  
15 узкое место с шириной a. Согласно изобретению магнитный поток на секции 24 проведения потока должен быть ограничен не более чем в узком месте 34.

Благодаря выемке 6 на участке 24 проведения потока этот участок делится на две области, и слева и справа от выемки 6 возникают участки 36 и 37 проведения частичного потока. Таким образом, участки 36 и 37 проведения частичного потока проходят в  
20 каждом случае между выемкой 6 для уменьшения напряжения и прилегающей выемкой 22 для блокировки потока. Каждый из участков 36, 37 проведения частичного потока имеет для соответствующего магнитного частичного потока 38, 39 на соответствующем участке 36, 37 проведения частичного потока узкое место с шириной a1 и соответственно a2. Эти узкие места характеризуются наименьшим поперечным сечением  
25 соответствующего участка 36, 37 проведения частичного потока. То есть, чтобы магнитный поток ограничивался выемкой 6 не более чем узким местом 34, сумма наименьшей площади поперечного сечения одного участка 36 проведения частичного потока и наименьшей площади поперечного сечения другого участка 37 проведения  
30 частичного потока не должна быть меньше, чем площадь поперечного сечения участка 24 проведения потока в узком месте 34. Так как лист реактивного синхронного ротора везде имеет одинаковую толщину, должно иметь место следующее:  $a_1 + a_2 \geq a$ .

Чтобы снижение напряжения на участке 24 проведения потока на половине 32 оси d было максимальным, выемка 6 для уменьшения напряжения также должна иметь  
35 максимально возможные размеры. Для того чтобы была возможность одновременно соблюдать упомянутое выше условие, сумма в каждом случае наименьшего поперечного сечения обоих участков 36, 37 проведения частичного потока предпочтительно выбирается по существу равной наименьшей, перпендикулярной к оси d 32 площади поперечного сечения участка 24 проведения потока в радиальном направлении выше выемки 6. В этом случае предпочтительно имеет место следующее:  $a_1 + a_2 = a$ .

40 Наименьшее относительно магнитного потока поперечное сечение в узком месте 34 расположено, как правило, перпендикулярно к оси d 32, так как в этой области магнитный поток проходит по существу параллельно к оси d 32.

Таким образом, на каждой половине 32 осей d находится выемка 6. Место для выемки 6 на соответствующей половине 32 осей d может выбираться в принципе свободно,  
45 пока соблюдается упомянутое выше неравенство. В соответствии с этим, говоря о выемке 6, речь может идти, как в примере на фиг. 1, о закрытой выемке, которая полностью окружена материалом листа. Однако при необходимости выемка 6 может доходить до центральной выемки 2 или и вовсе вдаваться в нее. Это означает, что в

этом случае обе выемки 2 и 6 переходят друг в друга. Такая выемка в качестве примера могла бы иметь пунктирный контур 42 (на фиг. 1 отмечена лишь одна из четырех таких выемок). Однако при этом также должно соблюдаться упомянутое выше неравенство относительно площадей поперечных сечений или ширины узких мест. Для этого варианта осуществления фиг. 1 следует воспринимать лишь чисто схематично. Однако этот вариант осуществления может иметь, в частности значение, если выемки 22 проходят дальше вниз до центральной выемки 2 или центральная выемка 2 выполнена большей.

В данном примере все выемки 6 или 42 выполнены идентично. По меньшей мере, они должны быть выполнены идентично в паре на одной оси d (то есть выемка на одной половине оси d должна быть выполнена так же, как и выемка на противоположной половине оси d), для того чтобы уменьшать напряжения во всех областях листа реактивного синхронного ротора. Сверх этого, в данном случае все выемки 6 или 42 имеют одинаковое расстояние до центра. В любом случае здесь также противоположные выемки должны быть одинаково удалены от центра.

Если выемка 6 для уменьшения механического напряжения переходит в центральную выемку 2, посадка с натягом действует таким образом с большим усилием или исключительно в областях осей q. Вследствие этого направленная наружу деформация в области осей d 32 также сохраняется на низком уровне, вследствие чего также происходит продление срока эксплуатации в областях 4.

Кроме того, на листе 18 реактивного синхронного ротора могут быть выполнены опознавательные вырезы 44. При сборке пакета сердечника они служат для лучшей ориентации. Они существенно меньше, чем выемки 6 для уменьшения напряжения, и таким образом практически не оказывают механического и магнитного воздействия.

Таким образом, согласно изобретению принимаются уменьшающие деформацию меры для предотвращения недопустимых напряжений в листе реактивного синхронного ротора. Эти меры могут реализовываться посредством вырезов, которые выполняются тем же пробивным инструментом, как и остальные вырезы в листе ротора. Сверх этого, вал ротора может выполняться просто цилиндрическим. Напряжения во внешних перемычках или в соединительном кольце 28, будучи вызваны посадкой с натягом, уменьшаются, вследствие чего имеется резерв для нагружения центробежной силой и обеспечена совместимость с более высокими частотами вращения. В итоге могут избегаться элементы геометрического замыкания на валу. Из-за возможности использования цилиндрического вала может просто реализовываться перекося пакет сердечника.

Далее согласно первому примеру осуществления описывается способ изготовления реактивного синхронного ротора, который имеет пакет 14 сердечника из множества листов 18 реактивного синхронного ротора согласно изобретению, а также вал 52, а именно вал ротора.

Фиг. 3 показывает первый шаг изготовления реактивного синхронного ротора, согласно которому образуется стопа 61, которая формируется посредством укладывания в стопу необходимого для целевой функции пакета 14 сердечника количества листов 18 реактивного синхронного ротора. При этом используется форма 68 для протяжки, в которой листы 18 реактивного синхронного ротора располагаются соосно друг относительно друга. На фигурах не видно, что форма 68 для протяжки имеет задающую перекося кулису, которая служит для того, чтобы располагать листы 18 реактивного синхронного ротора в соответствии с перекося в осевом направлении 70. С этой целью листы 18 реактивного синхронного ротора имеют в каждом случае два противоположных в радиальном направлении, задающих перекося элемента 50 (фиг. 1),

которые в данном случае выполнены в виде небольших, выдающихся в радиальном направлении наружу выступов и взаимодействуют с направляющей кулисой формы 68 для протяжки. В данном случае предусмотрено то, что направляющая кулиса образована посредством паза, выполненного в виде спирали на внутренней стороне отверстия формы 68 для протяжки. Вследствие этого достигается то, что соседние листы 18 реактивного синхронного ротора имеют незначительное угловое смещение друг относительно друга.

Кроме того, на фиг. 3 видно, что стопа 61 изготавливается с вертикальным выравниванием. С этой целью форма 68 для протяжки снабжена стержнем 51, который вводится в центральные выемки 2 листов 18 реактивного синхронного ротора. На базовой плите 54 изначально расположена первая втулка 66, которая в осевом направлении расположена рядом с концевой пластиной 60. На противоположной втулке 66 стороне концевой платы 60 находится первый конец 64 стопы, который одновременно образует также первый конец пакета 14 сердечника. После того, как необходимое количество листов 18 реактивного синхронного ротора расположено в форме 68 для протяжки, при помощи пуансона 58 оказывается давление 69 на образованную таким образом стопу 61. В данном случае предусмотрено давление 69 приблизительно в 20 тонн. Вследствие этого происходит плоскостное соприкосновение соседних листов 18 реактивного синхронного ротора друг с другом, которые вставлены в форму 68 для протяжки.

Далее из фиг. 3 можно увидеть, что стержень 51 может перемещаться в осевом направлении 70. Таким образом, в сдавленном состоянии стержень 51 может извлекаться из формы 68 для протяжки в вертикальном направлении вниз, причем в этом состоянии структура стопы 61 сохраняется ввиду воздействия давления посредством усилия 69 от пуансона 58.

Теперь на дальнейшем схематичном виде в разрезе фиг. 4 показывает следующий шаг изготовления реактивного синхронного ротора согласно изобретению, причем теперь расположена вторая концевая пластина 62, а также затем в вертикальном направлении выше вторая втулка 67. Форма 68 для протяжки со своим стержнем 51 полностью удалена. Пуансон 58 нагружает теперь стопу 61 усилием 69, которое в данном случае составляет 1 тонну. В образованное центральными выемками 2 отверстие 65, которое на фиг. 3 было занято стержнем 51, теперь в осевом направлении 70 вертикально снизу введена индукционная катушка 59. Индукционная катушка 59 нагружена переменным током, который создает переменное магнитное поле. Это поле выбрано таким образом, что необходимым способом осуществляется тепловой нагрев листов 18 реактивного синхронного ротора. В данном случае предусмотрено то, что при помощи индукционного нагрева происходит повышение температуры примерно до 250°C. Одновременно при помощи пуансона 58 прикладывается прижимное усилие 69 на уровне приблизительно 1 тонны.

Фиг. 5 показывает следующий шаг при изготовлении реактивного синхронного ротора согласно изобретению, причем в нагретом состоянии пакета 14 сердечника или стопы 61 индукционная катушка 59 была удалена в осевом направлении 70 вертикально вниз, и вертикально сверху также в направлении 70 вводится вал 52 ротора. Вал 52 ротора не нагрет и имеет температуру приблизительно 20°C. Наружный диаметр вала 52 ротора, а также внутренний диаметр отверстия 65 в нагретом состоянии выбраны таким образом, что при выравнивании температур, то есть в данном случае предпочтительно при охлаждении пакета 14 сердечника приблизительно до 20°C, образуется посадка с натягом между пакетом 14 сердечника и в данном случае

исключительно листами 18 реактивного синхронного ротора и валом 52. Фиг. 6 показывает изготовленный таким образом реактивный синхронный ротор на схематичном виде в перспективе на нижнюю сторону согласно фиг. 3-5. В этом месте далее предусмотрено то, что задающие перекосящие элементы 50 (фиг. 1) удаляются, чтобы они не выступали за внешний периметр реактивного синхронного ротора, например в воздушный зазор будущего реактивного синхронного электродвигателя. С этой целью предусмотрено то, что задающие перекосящие элементы 50 удаляются при помощи способа обточки вращением. Альтернативно могут также естественно применяться другие снимающие материал способы обработки, которые по существу не оказывают отрицательного воздействия на конструктивную целостность реактивного синхронного ротора.

Кроме того, из фиг. 6 видно, что концевая пластина 60 со стороны втулки имеет прерывистый наружный контур 55; при помощи наружного контура 55 может достигаться то, что во внутреннем пространстве двигателя движение воздуха может создаваться или ему может оказываться содействие. Вследствие этого может улучшаться охлаждение. Сверх этого, этот вариант осуществления позволяет создавать условия для автоматизируемой балансировки высверливанием. На фиг. 6 изображены соответствующие высверленные отверстия 56. В данном случае концевая пластина 62 выполнена соответствующим образом.

Фиг. 7 показывает на схематичном виде в перспективе альтернативное изготовление соответствующего изобретению пакета 14 сердечника на основе пакета 14 сердечника согласно фиг. 2. В отличие от фиг. 1 у листов 18 реактивного синхронного ротора согласно фиг. 2 предусмотрено то, что предусмотрен направляющий скошенный элемент 71 в форме выемки, имеющей вид кругового сегмента. Пакет 14 сердечника изготавливается по существу, как уже было описано для фиг. 3. Дальнейшие шаги альтернативно предусматривают то, что пакет 14 сердечника зажимается между двумя зажимными пластинами 53, 57 и в этом состоянии нагревается в печи до необходимой температуры. Затем в нагретом состоянии в соответствии с шагом способа согласно фиг. 5 вводится ненагретый вал 52 ротора. После того, как произошло выравнивание температур, зажатие зажимными пластинами 53, 57 снимается. В этом варианте осуществления изобретения также предусмотрены концевые пластины и втулки, причем лишь втулка 67 видна в зажимной пластине 57 на фиг. 7. Так как в этом варианте осуществления задающие перекосящие элементы 71 листов 18 реактивного синхронного ротора не выступают за внешний периметр изготовленного реактивного синхронного ротора, шаг удаления задающих перекосящих элементов 71 в данном случае может исключаться.

Описание служит лишь для разъяснения изобретения и не ограничивает его.

Описанные для соответствующего изобретению способа преимущества и признаки, а также варианты осуществления равным образом относятся к соответствующему изобретению реактивному синхронному ротору, и наоборот. Следовательно, для признаков способа могут быть предусмотрены соответствующие признаки устройства и наоборот.

#### (57) Формула изобретения

1. Реактивный ротор с листовым пакетом (14) сердечника из множества листов (18) реактивного ротора и валом, который соединен с возможностью вращения с листовым пакетом (14) сердечника лишь посредством фрикционного соединения, причем каждый лист (18) реактивного ротора выполнен таким образом, что

- он выполнен в форме круглого диска и имеет одну или несколько осей  $d$ , причем каждая ось  $d$ , разделенная центром листа (18) реактивного ротора, имеет две половины (32) оси  $d$ , с

- центральной выемкой (2) в центре листа реактивного ротора и

5 - в каждом случае участком (24) проведения потока, проходящим радиально от центральной выемки (2) до соединительного кольца (28), размещенного на наружном краю листа (18) реактивного ротора вдоль каждой половины (32) оси  $d$ ,

причем

10 - на каждом участке (24) проведения потока на соответствующей половине (32) оси  $d$  расположена выемка (6, 42), так что с обеих сторон соответствующей половине (32) оси  $d$  в соответствующем участке (24) проведения потока в каждом случае образован участок (36, 37) проведения частичного потока, и

15 - сумма в каждом случае наименьшего поперечного сечения обоих участков (36, 37) проведения частичного потока больше или равна наименьшей, перпендикулярной к соответствующей половине (32) оси  $d$  площади поперечного сечения участка (36, 37) проведения потока радиально выше выемки,

отличающийся тем, что

20 листы (18) реактивного ротора соединены с валом исключительно в области центральной выемки (2), для того чтобы передавать крутящий момент от ротора на вал таким образом исключительно посредством фрикционного соединения.

2. Реактивный ротор по п. 1, причем выемка (6, 42) для уменьшения напряжения полностью окружена материалом листа (18) реактивного ротора.

3. Реактивный ротор по п. 1 или 2, причем на листе (18) реактивного ротора две из осей  $d$  (32) расположены перпендикулярно друг к другу, и две оси  $q$  (30) расположены, с делением углов между осями  $d$  (32) пополам, причем изогнутые выполненные в форме

25 полосы участки листа расположены перпендикулярно к осям  $q$  (30) и участки листа отделены друг от друга вырезами (22).

4. Реактивный ротор по п. 1 или 2, отличающийся тем, что лист (18) реактивного ротора в дополнение к выемке или выемкам (6, 42) для уменьшения напряжения имеет,

30 по меньшей мере, одну опознавательную выемку (44).

5. Реактивный ротор по п. 3, отличающийся тем, что лист (18) реактивного ротора в дополнение к выемке или выемкам (6, 42) для уменьшения напряжения имеет, по

меньшей мере, одну опознавательную выемку (44).

6. Реактивный ротор по п. 1 или 2, причем на листе (18) реактивного ротора выемки

35 (6, 42) на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  имеют одинаковое расстояние до центра листа реактивного синхронного ротора.

7. Реактивный ротор по п. 3, причем на листе (18) реактивного ротора выемки (6, 42) на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  имеют одинаковое расстояние до

центра листа реактивного синхронного ротора.

40 8. Реактивный ротор по п. 4, причем на листе (18) реактивного ротора выемки (6, 42) на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  имеют одинаковое расстояние до центра листа реактивного синхронного ротора.

9. Реактивный ротор по п. 5, причем на листе (18) реактивного ротора выемки (6, 42) на каждой отдельной оси  $d$  или на всех осях  $d$  имеют одинаковое расстояние до

45 центра листа реактивного синхронного ротора.

10. Реактивный ротор по п. 1 или 2, отличающийся тем, что листы (18) реактивного ротора имеют направляющий скошенный элемент (50, 71), который расположен на

внешней окружности листов (18) реактивного ротора.

11. Реактивный ротор по п. 3, отличающийся тем, что листы (18) реактивного ротора имеют направляющий скошенный элемент (50, 71), который расположен на внешней окружности листов (18) реактивного ротора.

12. Реактивный ротор по п. 4, отличающийся тем, что листы (18) реактивного ротора имеют направляющий скошенный элемент (50, 71), который расположен на внешней окружности листов (18) реактивного ротора.

13. Реактивный ротор по любому из пп. 5, 7, 8 или 9, отличающийся тем, что листы (18) реактивного ротора имеют направляющий скошенный элемент (50, 71), который расположен на внешней окружности листов (18) реактивного ротора.

14. Реактивный ротор по п. 6, отличающийся тем, что листы (18) реактивного ротора имеют направляющий скошенный элемент (50, 71), который расположен на внешней окружности листов (18) реактивного ротора.

15. Реактивный ротор по п. 1 или 2, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

16. Реактивный ротор по п. 3, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

17. Реактивный ротор по п. 4, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

18. Реактивный ротор по любому из пп. 5, 7-9, 11, 12 или 14, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

19. Реактивный ротор по п. 6, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

20. Реактивный ротор по п. 10, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

21. Реактивный ротор по п. 13, причем листовой пакет (14) сердечника имеет скошенную кромку.

22. Способ изготовления реактивного ротора, имеющего листовой пакет (14) сердечника из множества листов (18) реактивного ротора и вал (52), у которого каждый лист (18) реактивного ротора выполнен таким образом, что

- он выполнен в форме круглого диска и имеет одну или несколько осей  $d$ , причем каждая ось  $d$ , разделенная центром листа (18) реактивного ротора, имеет две половины (32) оси  $d$ , с

- центральной выемкой (2) в центре листа реактивного ротора и

- в каждом случае одним участком (24) проведения потока, проходящим радиально от центральной выемки (2) до соединительного кольца (28), размещенного на наружном крае листа (18) реактивного ротора, вдоль каждой половины (32) оси  $d$ ,

причем

- на каждом участке (24) проведения потока на соответствующей половине (32) оси  $d$  расположена выемка (6, 42), так что с обеих сторон соответствующей половине (32) оси  $d$  в соответствующем участке (24) проведения потока в каждом случае образован участок (36, 37) проведения частичного потока, и

- сумма в каждом случае наименьшего поперечного сечения обоих участков (36, 37) проведения частичного потока больше или равна наименьшей, перпендикулярной к соответствующей половине (32) оси  $d$  площади поперечного сечения участка (36, 37) проведения потока радиально выше выемки,

включающий в себя следующие этапы:

- укладывание в стопу необходимого для целевой функции листового пакета (14) сердечника количества листов (18) реактивного ротора для образования стопы (61),

причем листы (18) реактивного ротора расположены соосно друг к другу,

- расположение в каждом случае одной концевой пластины (60, 62) на противоположных концах (63, 64) стопы (61),

- нагрев стопы (61) до предварительно заданной температуры и

5 - введение имеющего более низкую температуру, чем листы (18) реактивного ротора вала (52), в образованное центральными выемками (2) листов (18) реактивного ротора отверстие (65), причем диаметр вала (52) выбирают таким образом, что при выравнивании температур между стопой (61) и валом (52) образуют посадку с натягом, для того чтобы листы (18) реактивного ротора соединять с валом исключительно в  
10 области центральной выемки (2), так что крутящий момент передается от ротора на вал таким образом исключительно посредством фрикционного соединения.

23. Способ по п. 22, отличающийся тем, что на концах (63, 64) стопы в каждом случае располагают втулку (66, 67) с отверстием втулки, причем отверстие втулки имеет тот же диаметр, как и центральные выемки (2) листов (18) реактивного ротора.

15 24. Способ по п. 22 или 23, отличающийся тем, что стопу (61) образуют в форме (68) для протяжки с направляющей скошенной кулисой.

25. Способ по п. 22 или 23, отличающийся тем, что стопу (61) на своих концах (63, 64) стопы нагружают давлением.

20 26. Способ по п. 24, отличающийся тем, что стопу (61) на своих концах (63, 64) стопы нагружают давлением.

27. Способ по п. 25, отличающийся тем, что вал (52) вводят в нагруженном давлением состоянии стопы (61).

28. Способ по п. 26, отличающийся тем, что вал (52) вводят в нагруженном давлением состоянии стопы (61).

25 29. Способ по любому из пп. 26, 27 или 28, отличающийся тем, что во время выравнивания температур давление воздействует на стопу (61).

30. Способ по п. 25, отличающийся тем, что во время выравнивания температур давление воздействует на стопу (61).

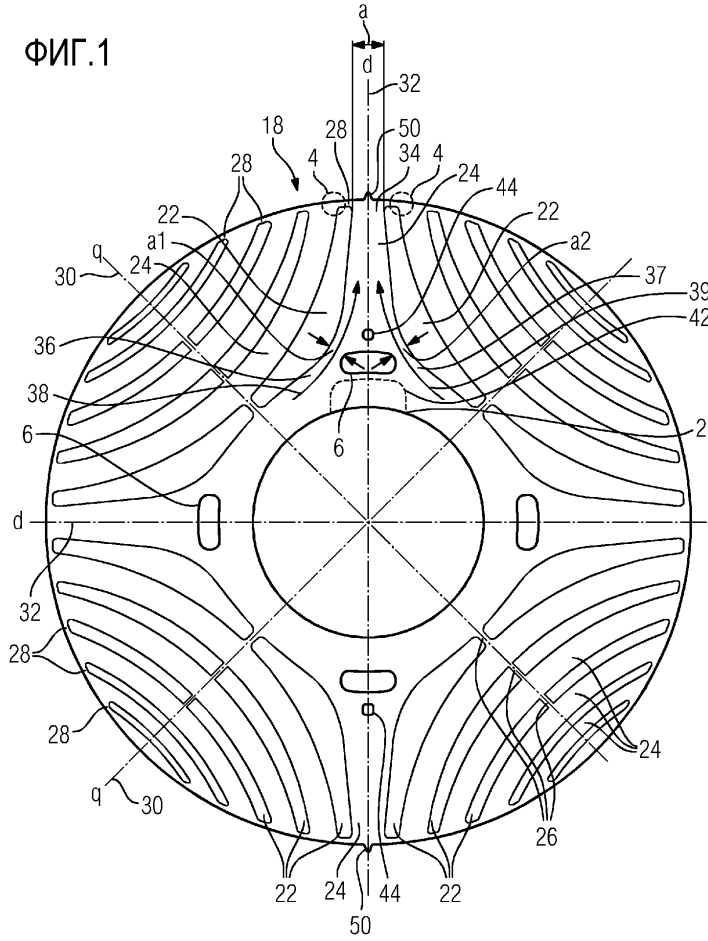
30

35

40

45

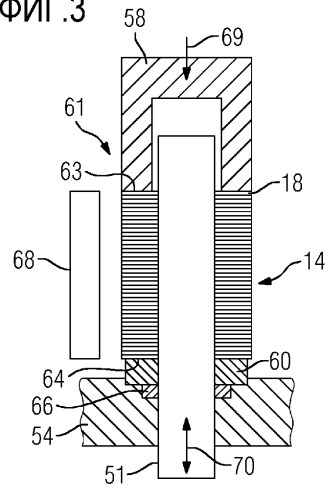
ФИГ.1



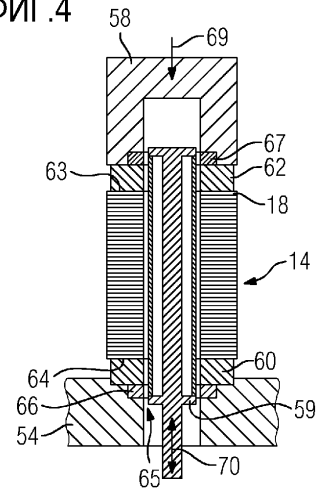


3/4

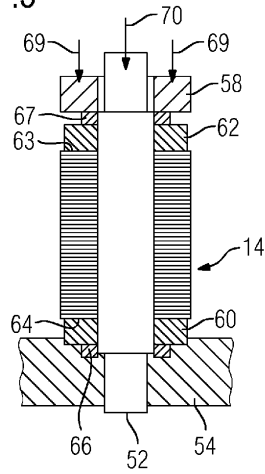
ФИГ.3



ФИГ.4

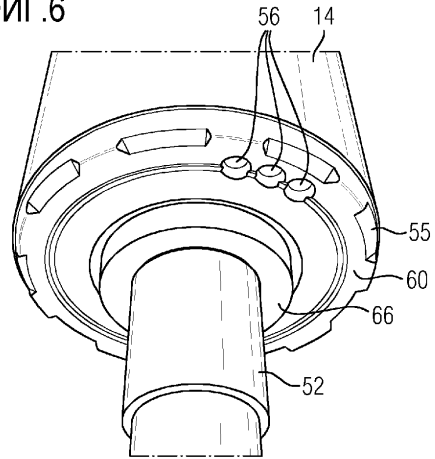


ФИГ.5



4/4

ФИГ.6



ФИГ.7

