

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034316**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.01.28

(51) Int. Cl. **H02K 1/20 (2006.01)**
H02K 3/42 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800354

(22) Дата подачи заявки
2016.11.24

(54) **СТАТОР МОЩНОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА**

(31) **2015152595**

(56) US-B2-8022591
US-A1-5652469
SU-A1-907705
SU-A2-983899
SU-A1-1201960

(32) **2015.12.08**

(33) **RU**

(43) **2018.11.30**

(86) **РСТ/RU2016/000813**

(87) **WO 2017/099631 2017.06.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО "СИЛОВЫЕ
МАШИНЫ - ЗТЛ,
ЛМЗ, ЭЛЕКТРОСИЛА,
ЭНЕРГОМАШЭКСПОРТ" (ПАО
"СИЛОВЫЕ МАШИНЫ") (RU)**

(72) Изобретатель:
**Антонюк Олег Викторович, Амосов
Михаил Анатольевич, Карташова
Татьяна Николаевна, Филин Алексей
Григорьевич, Шаров Владимир
Иванович (RU)**

(57) Изобретение относится к области электромашиностроения к конструкции статора мощного турбогенератора. Технический результат - повышение эксплуатационной надежности и упрощение конструкции с одновременным обеспечением эффективного охлаждения нажимных плит и электромагнитных экранов. Статор турбогенератора содержит сердечник, в пазы которого уложены стержни обмотки с лобовыми частями, нажимные плиты, установленные по торцам сердечника с образованием радиальных каналов, и электромагнитные экраны, закрепленные на нажимных плитах и состоящие из радиальной и наклонной частей. Радиальные каналы сообщаются с проходами между внутренними цилиндрическими поверхностями нажимных плит и поверхностями стержней обмотки, находящимися за пределами торцов сердечника, а также с продольными пазами, выполненными равномерно по окружности на внутренних цилиндрических поверхностях нажимных плит. Проходы и продольные пазы сообщаются с каналами, образованными между наружными поверхностями экранов и поверхностями элементов, ограничивающих каналы со стороны лобовых частей обмотки.

034316
B1

034316
B1

Изобретение относится к электромашиностроению, а именно, к конструкции статора мощной электрической машины, в частности турбогенератора.

Известно, что электромагнитный экран устанавливается для защиты торцевой зоны сердечника статора от проникновения магнитных полей рассеивания лобовых частей обмотки статора, которые вызывают повышенные потери и нагревы крайних пакетов, нажимных плит и электромагнитных экранов сердечника статора. По этой причине для повышения эксплуатационной надежности требуется эффективное охлаждение не только крайних пакетов сердечника статора, но и нажимных плит, и электромагнитных экранов, особенно вблизи расположения лобовых частей обмотки статора, где выделяются максимальные потери.

Известен статор мощного турбогенератора (Титов В.В. и др. Турбогенераторы. Расчет и конструкция. П., Энергия, 1967, с. 776), в котором применяется электропроводный экран, выполненный в виде медного плоского кольца, устанавливаемого между нажимной плитой и крайним пакетом сердечника статора на нажимных пальцах. Наибольшая плотность вихревых токов наблюдается на "носике" нажимного кольца и экрана вблизи расположения стержневой обмотки статора. В этой зоне возможны наибольшие нагревы и термические деформации экрана и плиты.

Известен "Статор электрической машины переменного тока" (Авторское свидетельство СССР № 907705, Н02К 1/16, опубл. 23.02.1982 г.), который содержит шихтованный сердечник с установленными по торцам массивными нажимными плитами и электропроводными экранами. Каждый экран состоит из двух соединенных между собой частей, одна из которых установлена на наружной боковой поверхности нажимной плиты, другая часть установлена на поверхности нажимной плиты, обращенной к расточке статора. Экраны выполнены из листовой меди, при этом толщина экрана вблизи расположения лобовых частей обмотки статора в 1,5-3,5 раза превышает толщину части экрана, расположенную на боковой поверхности нажимной плиты. Такая конструкция экрана различной толщины предложена с целью снижения удельных потерь в напряженной в тепловом отношении зоне.

Известно изобретение "Reverse flow ventilation system with stator core center discharge duct and/or end region cooling system" (патент US 5652469, Н02К 9/00, Н02К 9/12, опубл. 29.07.1997 г.), в котором статор содержит шихтованный сердечник с уложенной в его пазы обмоткой, нажимные плиты, электромагнитные экраны и лобовые части обмотки статора, размещенные в осевом направлении с обеих сторон сердечника. Внутренняя сторона электромагнитного экрана обращена к нажимной плите, а наружная - к лобовым частям обмотки статора. Электромагнитный экран состоит из двух частей: наклонной и радиальной. Между крайним пакетом сердечника и нажимной плитой, между нажимной плитой и электромагнитным экраном размещены проходы для охлаждающего газа. В описанной конструкции внутренняя цилиндрическая часть нажимной плиты охлаждается неэффективно. Такая конструкция не может применяться в мощных электрических машинах.

Наиболее близкой является конструкция, описанная в изобретении "Flux screen" (патент US 8022591, Н02К 1/12, опубл. 20.09.2011). Согласно изобретению статор содержит шихтованный сердечник с уложенной в его пазы обмоткой, лобовые части стержневой обмотки, расположенные в осевом направлении с обеих сторон сердечника, установленные по торцам сердечника массивные нажимные плиты (нажимные кольца), экраны, выполненные из электропроводного материала. Внутренняя поверхность электромагнитного экрана обращена к нажимной плите, а наружная поверхность экрана - к лобовым частям обмотки статора. Электромагнитный экран состоит из трех частей: цилиндрической, наклонной и радиальной. Между крайним пакетом (торцом) сердечника и нажимной плитой, между нажимной плитой и экраном выполнены каналы для циркуляции охлаждающей среды, которые сообщаются между собой посредством канала, образованного внутренней цилиндрической поверхностью нажимной плиты и поверхностью цилиндрической части экрана. На внутренней поверхности цилиндрической части электромагнитного экрана расположены пазы или канавки, размещенные равномерно по всей окружности и предназначенные для интенсификации охлаждения нажимной плиты и экрана в этой зоне.

Конструкция, заявленная в патенте US 8022591, позволяет обеспечить эффективное охлаждение нажимной плиты и электромагнитного экрана в зонах, где возникают повышенные потери, обусловленные магнитными потоками рассеивания. Но выполнение экрана с дополнительной цилиндрической частью, которая соединяется пайкой с наклонной частью экрана, а также размещение экрана на некотором расстоянии от нажимной плиты для организации охлаждающего канала является значительным усложнением и снижением эксплуатационной надежности всей конструкции.

Технический результат, на достижение которого направлено предлагаемое техническое решение, состоит в повышении эксплуатационной надежности и упрощении конструкции с одновременным обеспечением эффективного охлаждения нажимных плит и электромагнитных экранов.

Указанный технический результат достигается за счет того, что статор электрической машины содержит сердечник, в пазах которого уложены стержни обмотки с закрепленными лобовыми частями. Статор содержит нажимные плиты, установленные по торцам сердечника с образованием радиальных каналов между торцевыми поверхностями сердечника и внутренними боковыми поверхностями нажимных плит. Статор содержит экраны, закрепленные на наружных боковых поверхностях нажимных плит, выполненные из электропроводного материала и состоящие из радиальной части и наклонной части. Ра-

диальные каналы сообщаются с проходами, образованными между поверхностями участков стержней, находящимися за пределами торцов сердечника, и внутренними цилиндрическими поверхностями нажимных плит. Радиальные каналы также сообщаются с продольными пазами, выполненными равномерно по окружности на внутренних цилиндрических поверхностях нажимных плит. Проходы и продольные пазы сообщаются с каналами, образованными между наружными поверхностями экранов и поверхностями элементов, ограничивающих каналы со стороны лобовых частей обмотки.

Для упрощения конструкции элементы, ограничивающие каналы со стороны лобовых частей обмотки, выполнены в виде фиксирующих лобовые части обмотки элементов.

В предлагаемом техническом решении эксплуатационная надежность и упрощение конструкции достигается за счет установки электромагнитных экранов непосредственно на наружные боковые поверхности нажимных плит без образования канала между нажимной плитой и электромагнитным экраном, а также за счет изменения конструкции электромагнитных экранов. При такой конструкции эффективное охлаждение электромагнитных экранов и нажимных плит достигается за счет выполнения известных радиальных каналов, образованных между торцевыми поверхностями сердечника и внутренними боковыми поверхностями нажимных плит, сообщающимися с каналами, образованными между наружными поверхностями экранов и поверхностями элементов, ограничивающих каналы со стороны лобовых частей обмотки. Радиальные каналы сообщаются с каналами, образованными между наружными поверхностями экранов и поверхностями элементов, ограничивающими каналы со стороны лобовых частей обмотки, через проходы, расположенные между поверхностями участков стержней, находящимися за пределами торцов сердечника, и внутренними цилиндрическими поверхностями нажимных плит, а также через продольные пазы, выполненные равномерно по окружности на внутренних цилиндрических поверхностях нажимных плит.

На фиг. 1 показан фрагмент статора электрической машины (стрелками показано направление движения охлаждающего газа);

на фиг. 2 изображен фрагмент радиального сечения - вид А.

Статор 1 электрической машины, например турбогенератора, содержит сердечник 2, который состоит из листов, выполненных из электротехнической стали и собранных в пакеты. В пазы сердечника 2 уложены стержни 3 обмотки. Лобовые части 4 стержней 3 размещены в осевом направлении с обеих сторон сердечника 2.

На фиг. 1 показана одна сторона статора 1, вторая расположена симметрично.

Лобовые части 4 стержней 3 жестко закреплены между коническими поверхностями внутреннего опорного элемента (внутреннего опорного кольца) (на фигуре не показан) и наружного опорного элемента 5 (наружного опорного кольца), выполненного из диэлектрического материала.

Нажимные плиты 6 установлены с торцов сердечника 2 с образованием радиальных каналов 7 между торцевыми поверхностями сердечника 2 и внутренними боковыми поверхностями нажимных плит 6. Статор 1 содержит экраны 8, выполненные из электропроводного материала, например меди. Экран 8 своей внутренней стороной закреплен без зазора непосредственно на наружной боковой поверхности нажимной плиты 6, а наружная сторона экрана 8 обращена к лобовым частям 4 обмотки статора. Экран 8 состоит из двух частей: радиальной и наклонной. Радиальные каналы 7 сообщаются с проходами 9, образованными между поверхностями стержней 3, находящимися за пределами торцов сердечника 2, и внутренними цилиндрическими поверхностями нажимных плит 6. Радиальные каналы 7 также сообщаются с продольными пазами 10, выполненными равномерно по окружности на внутренних цилиндрических поверхностях нажимных плит 6. Продольные пазы 10 выполнены вдоль оси вала электрической машины от одного до другого края на нажимной плите 6. Проход 9 и продольные пазы 10 сообщаются с каналами 11, образованными между наружными поверхностями экрана 8 и поверхностями элементов, ограничивающих каналы 11 со стороны лобовых частей 4 стержней 3.

Элементы, ограничивающие каналы 11 со стороны лобовых частей 4 стержней 3, могут быть выполнены в виде фиксирующих элементов, закрепляющих лобовые части 4 стержней 3 обмотки. Например, как описано в изобретении "Устройство крепления лобовых частей обмотки статора турбогенератора" (патент РФ № 2550085, опубл. 10.05.2015). В известном устройстве фиксирующие элементы, ограничивающие каналы 11 со стороны лобовых частей 4 стержней 3, выполнены в виде наружных опорных элементов 5, жестко прикрепленных к нажимной плите 6 посредством плоского кольцевого пружинящего элемента 12, выполненного из металлического немагнитного материала, через дистанционный элемент (на фигуре не показан), установленный между плоским кольцевым пружинящим элементом 12 и электромагнитным экраном 8, на расстоянии, определяемом дистанционным элементом в аксиальном направлении.

При работе электрической машины, например турбогенератора, в экране 8 и нажимной плите 6 выделяются электромагнитные потери, обусловленные магнитными потоками рассеяния лобовых частей 4 обмотки статора 1. Наибольшие потери выделяются в областях экрана 8 и нажимной плиты 6, расположенных вблизи лобовых частей 4 обмотки статора 1. Эти области экрана 8 и нажимной плиты 6 являются наиболее напряженными в тепловом отношении. Из газоохладителя статора 1 (на фигуре не показан) охлаждающий газ направляется в радиальные каналы 7. Далее охлаждающий газ перемещается в ради-

альном направлении в сторону расточки сердечника 2, проходит через проходы 9 и продольные пазы 10. Затем охлаждающий газ поступает в каналы 11. Из каналов 11 охлаждающий газ направляется к вентилятору (на фиг. не показан) и далее снова к газоохладителю.

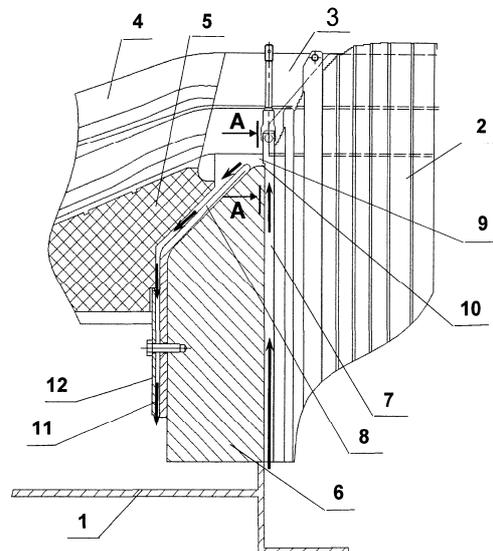
В результате реализации предлагаемого технического решения, как показали механические, аэродинамические и тепловые расчеты, выполненные авторами, обеспечивается простая и надежная в эксплуатации конструкция турбогенератора с эффективным охлаждением электромагнитных экранов и нажимных плит.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

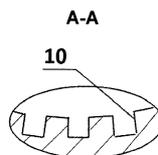
1. Статор электрической машины, характеризующийся тем, что содержит сердечник, в пазы которого уложены стержни обмотки с закрепленными лобовыми частями, нажимные плиты, установленные по торцам сердечника с образованием радиальных каналов между торцевыми поверхностями сердечника и внутренними боковыми поверхностями нажимных плит, экраны, закрепленные на наружных боковых поверхностях нажимных плит, выполненные из электропроводного материала и состоящие из радиальной и наклонной частей, при этом радиальные каналы сообщаются с проходами, образованными между поверхностями участков стержней, находящимися за пределами торцов сердечника, и внутренними цилиндрическими поверхностями нажимных плит, и с продольными пазами, выполненными равномерно по окружности на внутренних цилиндрических поверхностях нажимных плит, причем проходы и продольные пазы сообщаются с каналами, образованными между наружными поверхностями экранов и поверхностями элементов, ограничивающих каналы со стороны лобовых частей обмотки.

2. Статор электрической машины по п.1, характеризующийся тем, что элементы, ограничивающие каналы со стороны лобовых частей, выполнены в виде фиксирующих элементов, закрепляющих лобовые части обмотки.

3. Статор электрической машины по п.2, характеризующийся тем, что фиксирующие элементы, ограничивающие канал со стороны лобовых частей обмотки, выполнены в виде наружного опорного элемента, выполненного из диэлектрического материала, и плоского кольцевого пружинящего элемента, прикрепленного к наружному опорному элементу и нажимной плите и выполненного из металлического немагнитного материала.



Фиг. 1



Фиг. 2



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2