



УКРАЇНА

(19) UA (H) 4716

(13)

(5i)5 H 02 K

3/46,3/47, 35/02

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВО

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД .

(54) СИНХРОННА ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА

1

(20)94240436, ЗТ.05.93

(21)4892043/07

(22)19.12.90, SU

(46)28.12.94. Бюл. № 7-І

(56) 1. Патент Франції N? 2589017,
кл. Н 02 К 65/04, 1987.

2. Авторское свидетельство СССР №
1671123, кл. Н 02 К55/04,1991 (прототип).

(71) Харківський політехнічний Інститут ім.
В.І.Леніна

(72) Болюк Володимир Федорович, Данько
Володимир Григорович, Кожемякін Серій
Михайлович, Станкевич Анатолій Іванович

(73) Харківський політехнічний Інститут (UA)

(57) 1. Синхронная электрическая машина со
сверхпроводниковыми обмотками, содер-
жащая ротор со сверхпроводниковой обмот-
кой возбуждения и статор с опорным
цилиндром и низкотемпературным сосудом,
внутри которого размещены сверхпровод-
никовая обмотка якоря, последовательно
охваченная сверхпроводящим экраном, вы-
полненным из композитных сверхпроводни-
ковых проводов, образующих "беличью
клетку" и закрепленным на изоляционном
цилиндре, и вспомогательным экраном, вы-
полненным в виде пленки сверхпроводника
первого рода, причем наружная и торцевые
стенки низкотемпературного сосуда выпол-

нены металлическими, отличающаяся
тем, что на внешней поверхности опорного
цилиндра, изготовленного из изоляционного
материала, закреплена сверхпроводниковая
обмотка якоря, вспомогательный экран
расположен на наружной и установленных
на опорном цилиндре торцевых стенках низ-
котемпературного сосуда, причем одна из
торцевых стенок герметично соединена с
опорным цилиндром, а другая установлена
на аксиальных направляющих элементах
опорного цилиндра, подпружинена в акси-
альном направлении упругими опорными
элементами и герметично соединена с на-
ружной гибкой камерой, охватывающей ука-
занные элементы и герметично
соединенной с опорным цилиндром.

2. Синхронная электрическая машина
по п.1, отличающаяся тем, что
изоляционный цилиндр прикреплен к опор-
ному цилиндру с помощью фланцев, при
этом в изоляционном цилиндре выполнены
отверстия, расположенные между провод-
никами сверхпроводящего экрана.

3. Синхронная электрическая машина
по пп.1, 2, отличающаяся тем, что
сверхпроводящий экран расположен на на-
ружной поверхности изоляционного цилин-
дра.

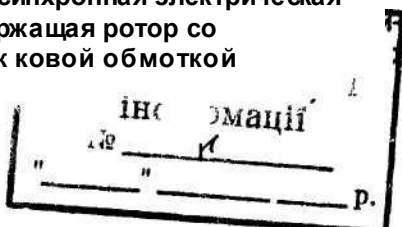
УС

4

О

Изобретение относится к области элект-
ромашиностроения, в частности, к синх-
ронным генераторам со сверхпровод-
никовыми обмотками.

Известна синхронная электрическая
машина, содержащая ротор со
сверхпроводящей обмоткой



сверхпроводниковой обмоткой якоря, раз-
мещенной в сосуде с жидким хладагентом и
шихтованный стальной магнитный экран,
охватывающий вакуумный сосуд корпуса ма-
шины по наружной поверхности [1].

В этой машине снижены потери в обмот-
ке якоря практически до нуля. Но из-за на-

возбуждения, статор ее

линия массивного, составляющего до 40-60% веса машины, стального экрана, вес машины значителен. Причем в данном стальном экране происходят тепловыделения, что снижает КПД машины, происходит нагрев корпуса машины, являющегося онешним кожухом криостата. Кроме того, корпус машины, тепловые экраны криостата, низкотемпературный сосуд статора должны быть выполнены неметаллическими, что и технологически и конструктивно сложно. В противном случае в этих элементах будут тепловыделения от переменных магнитных полей машины.

Наиболее близким к предлагаемому 15 изобретению по технической сущности является синхронная электрическая машина, содержащая расположенный в вакуумной полости ротор со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения и статор с опорным металлическим цилиндром, охватывающим низкотемпературный сосуд, внутри которого размещены сверхпроводниковая обмотка якоря, последовательно охваченная сверхпроводящим экраном, выполненным из 25 сверхпроводника второго рода, и вспомогательным экраном, выполненным в виде пленки сверхпроводника первого рода, причем наружная и торцовые стенки низкотемпературного сосуда выполнены металлическими [2].

В данной электрической машине достигается снижение потерь в элементах машины, а, значит, повышается ее КПД. При этом обеспечиваются высокая компактность и 35 малый вес машины.

Однако известная машина обладает рядом недостатков, снижающих ее надежность. Так при охлаждении до сверхнизких температур металлические элементы конструкции сжимаются, в то время как элементы машины, находящиеся при комнатной температуре остаются неизменными. Вследствие этого возникают значительные термомеханические напряжения, способные привести к повреждению машины. Тонкостенный металлический низкотемпературный сосуд статора будет испытывать значительные напряжения на участке соединения торцовых металлических стенок с неметаллической внутренней стенкой сосуда, которая практически не сжимается. Возникновение из-за этого даже незначительных трещин в низкотемпературном сосуда приводит к попаданию хладагента из сосуда в вакуумную полость машины, нарушению вакуума, а, значит, и теплоизоляции низкотемпературного сосуда.

Кроме того, поскольку опорный цилиндр выполнен металлическим, т.е. обладающим

высокой теплопроводностью по сравнению с изоляторами, то теплоприток по нему от холодного низкотемпературного сосуда к "теплым" наружным щитам значителен. Возникающий из-за этого повышенный расход жидкого хладагента резко снижает экономичность машины.

Поскольку цилиндр якоря выполнен металлическим и имеет большой диаметр, т.к. охватывает низкотемпературный сосуд статора, то вес его значителен. Кроме того, к значительному весу машины приводит и наличие опор в сосудах, фиксирующих сверхпроводниковую обмотку якоря. Так как обмотка непосредственно не прилегает к опорному цилиндру, то на указанные опоры действует момент, значит они должны быть массивными и неметаллическими.

Задачей изобретения является создание такой конструкции электрической машины, в которой бы путем снижения термомеханических напряжений и уменьшения теплопритока в низкотемпературную зону статора обеспечивалось повышение надежности и экономичности.

Поставленная задача достигается тем, что в известной синхронной электрической машине со сверхпроводниковыми обмотками, содержащей ротор со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения и статор с опорным цилиндром и низкотемпературным сосудом с жидким хладагентом, внутри которого размещены сверхпроводниковая обмотка якоря, последовательно охваченная сверхпроводящим экраном, выполненным из композитных сверхпроводниковых проводников, образующих "беличью клетку" и закрепленном на изоляционном цилиндре, и вспомогательным экраном, выполненным в виде пленки сверхпроводника первого рода, причем наружная и торцовые стенки сосуда выполнены металлическими - на внешней поверхности опорного цилиндра, изготовленного из изоляционного материала, закреплена сверхпроводниковая обмотка якоря, вспомогательный экран расположен на наружной и, установленных на опорном цилиндре, торцевых стенках низкотемпературного сосуда, причем одна из торцевых стенок герметично соединена с опорным цилиндром, а другая установлена на аксиальных направляющих элементах опорного цилиндра и герметично соединена с наружной гибкой камерой, охватывающей указанные элементы и герметично соединенной с опорным цилиндром.

Кроме того, изоляционный цилиндр фланцами прикреплен к опорному цилиндру, на его наружной поверхности расположен сверхпроводящий экран, при этом в изобретении

ционном цилиндре выполнены отверстия, расположенные между проводниками сверхпроводящего экрана.

Снижение термомеханических напряжений в элементах статора резко уменьшает вероятность механических повреждений низкотемпературного сосуда, возникновения в нем трещин, а, значит, и следующего за этим нарушения вакуума машины и выхода ее из строя.

Кроме того, при резком возрастании давления в низкотемпературном сосуде, например, из-за перехода сверхпроводниковой обмотки якоря в нормальное состояние, наружная гибкая камера, увеличивая свой объем, позволяет частично снизить уровень давления, предотвращая повреждение сосуда.

В предлагаемой машине обеспечивается снижение теплопритока в низкотемпературную зону статора за счет изготовления опорного цилиндра из изоляционного материала, а также за счет выполнения его с меньшей площадью поперечного сечения. Последнее объясняется меньшим диаметром опорного цилиндра, т.к. он расположен внутри обмотки якоря, а в прототипе - снаружи не только обмотки якоря, но и сверхпроводящих экранов.

Выполнение опорного цилиндра из изоляционного материала и с малым диаметром существенно снижает его вес, а, значит, и общий вес машины.

В предлагаемой машине обеспечивает более надежное фиксирование сверхпроводниковой обмотки якоря и сверхпроводящих экранов, т.к. они непосредственно крепятся к опорному цилиндру, а не через опоры с возникновением момента изгиба, как в прототипе.

Отсутствие опор также позволяет уменьшить вес машины.

Размещение вспомогательного экрана на металлических стенках сосуда, а сверхпроводящего экрана на изоляционном цилиндре позволяет изменить расстояние между ними, уменьшить размеры сосуда, а, значит, и габариты машины при неизменном радиусе вспомогательного экрана, и выполнить изоляционный цилиндр тонкостенным.

Предлагаемая машина по сравнению с прототипом более технологична, в частности, вследствие расположения проводов сверхпроводящего экрана не внутри, а снаружи изоляционного цилиндра, конструкции низкотемпературного сосуда статора, крепления обмотки якоря и др.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 представлена синхронная электрическая машина со

сверхпроводниковыми обмотками (с продольным сечением половины); на фиг.2 - оид А на фиг.1; на фиг.3 - конструкция изоляционного цилиндра с закрепленным на нем сверхпроводящим экраном.

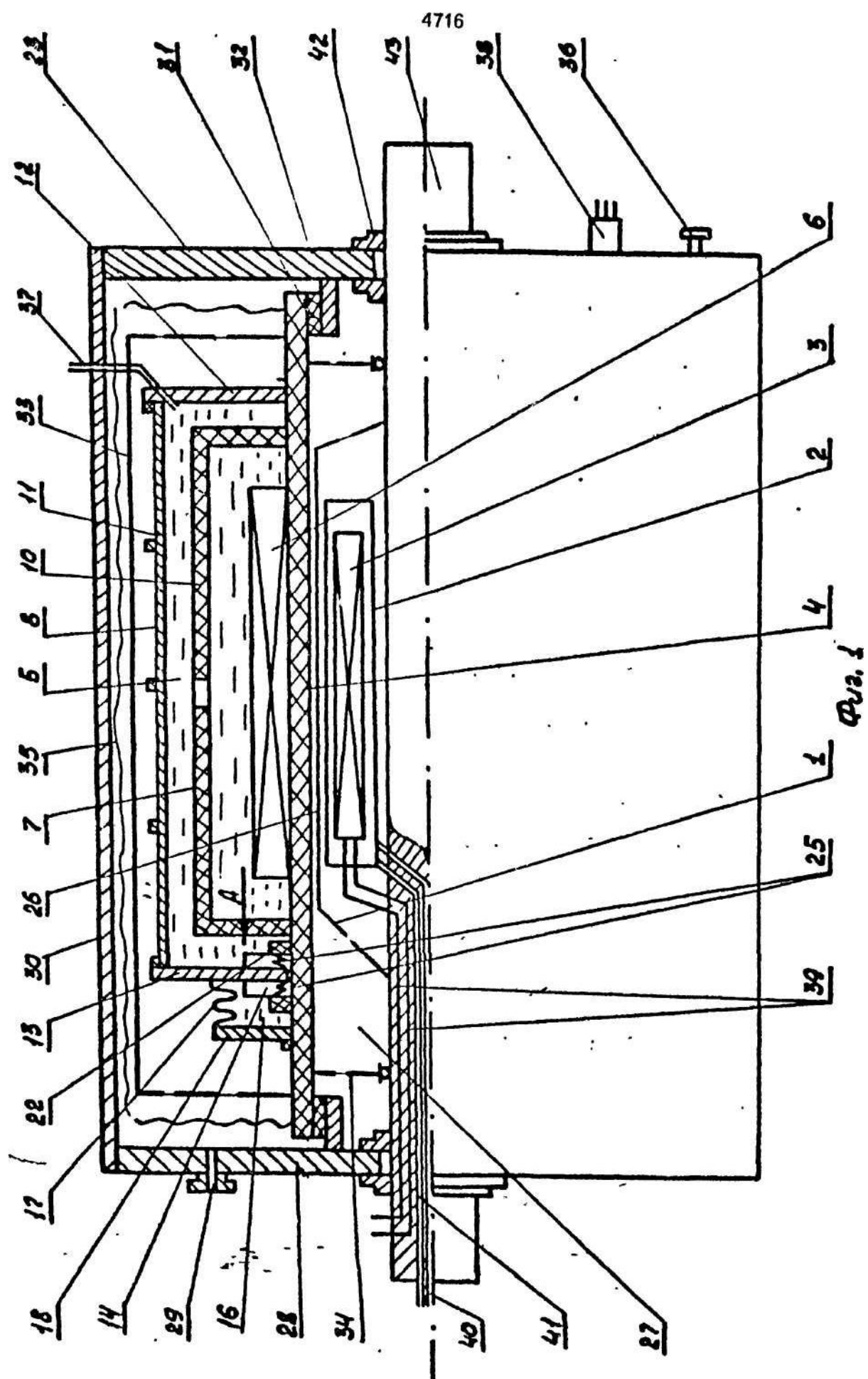
Синхронная электрическая машина со сверхпроводниковыми обмотками состоит из ротора, в корпусе 1 которого расположены низкотемпературная полость 2 со сверхпроводящей обмоткой возбуждения 3, и статора с опорным цилиндром 4 и низкотемпературным сосудом 5, внутри которого размещены сверхпроводниковая трехфазная обмотка якоря 6, последовательно охватенная сверхпроводящим экраном 7 и вспомогательным экраном 8. Сверхпроводящий экран 7 выполнен из композитных, внутренние стабилизированных проводов 9, на основе сверхпроводников второго рода например, NbTi, Nb₃Sn, образующих "белую клетку" (фиг.3), и закреплен на наружной поверхности изоляционного цилиндра 10. Вспомогательный экран 8 выполнен в виде пленки сверхпроводника первого рода, например, 1Mb, Sn и расположен на наружной 11 и торцовых 12 и 13 металлических стенках низкотемпературного сосуда 5.

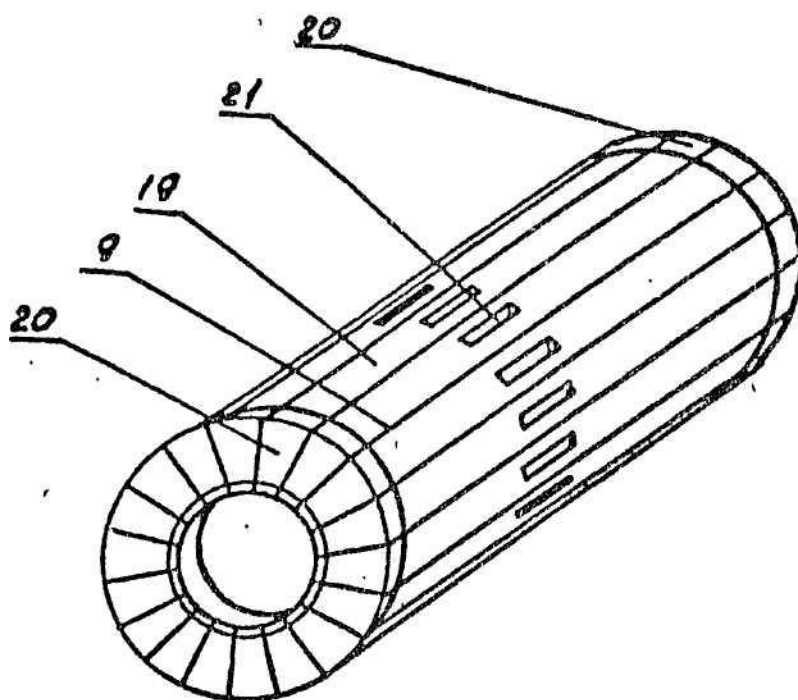
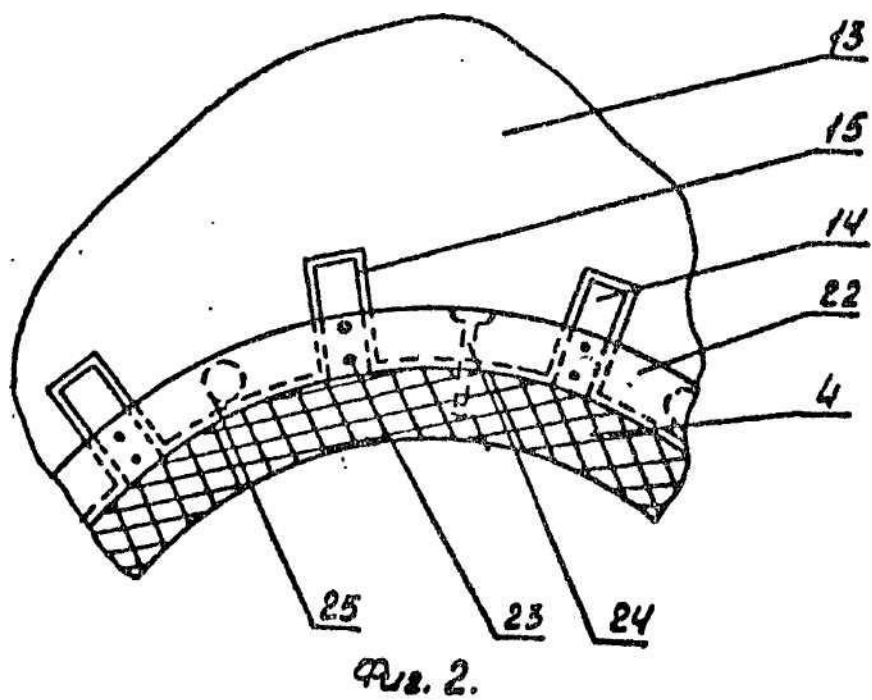
Сверхпроводниковая обмотка якоря 6 расположена и закреплена на внешней поверхности опорного цилиндра 4, изготовленного из изоляционного высокопрочного материала, например, стеклотекстолита.

Торцевые 12 и 13 стенки низкотемпературного сосуда 5 установлены на опорном цилиндре 4. Причем стенка 12 герметично соединена с опорным цилиндром, а стенка 13 установлена на аксиальных направляющих элементах 14 опорного цилиндра 4. Аксиальные направляющие элементы равномерно расположены по периметру опорного цилиндра и выполнены в виде плоских выступов, размещенных в вырезах 15 торцевой стенки 13 низкотемпературного сосуда.

Торцевая стенка 13 сосуда герметично соединена с наружной гибкой камерой 16, охватывающей направляющие элементы 14 и герметично соединенной с опорным цилиндром 4. Наружная гибкая камера 16 выполнена из металлической тонкостенной гофрированной трубы 17, герметично соединенной со вспомогательным торцевым фланцем 18.

Изоляционный цилиндр 10 содержит продольный цилиндрический элемент 19 в виде трубы и два фланца 20, которые прикреплены к опорному цилиндру 4. На элементе 19 между сверхпроводниковыми проводами 9 упорядочено по периметру вы-





ИЗ

Упорядник

Гехред М.Моргентал

Коректор

Замовлення 596

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101



УКРАЇНА

(19) UA (iii) 4716

(13)

(SD5 H 02 K

3/46,3/47,35/02

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІД .

(54) СИНХРОННА ЕЛЕКТРИЧНА МАШИНА

1

(20)94240436, 31.05.93

(21)4892043/07

(22)19.12.90, SU

(46)28.12.94. Бюл. № 7-1

(56) 1. Патент Франции № 2589017,
кл. Н 02 К 65/04, 1987.2. Авторское свидетельство СССР Ыг
1671123, кл. Н 02 К55/04, 1991 (прототип). {71}
Харківський політехнічний Інститут ім.

В.ІЛеніна

(72) Болюк Володимир Федорович, Данько
Володимир Григорович, Кожемякін Серій
Михайлович, Станкевич Анатолій Іванович

(73) Харківський політехнічний Інститут (UA)

(57) 1. Синхронная электрическая машина со
сверхпроводниковыми обмотками, содер
жащая ротор со сверхпроводниковой обмот
кой возбуждения и статор с опорным
цилиндром и низкотемпературным сосудом,
внутри которого размещены сверхпровод
никовая обмотка якоря, последовательно
охваченная сверхпроводящим экраном, вы
полненным из композитных сверхпроводни
ковых проводов, образующих "беличью
клетку" и закрепленным на изоляционном
цилиндре, и вспомогательным экраном, вы
полненным в виде пленки сверхпроводника
первого рода, причем наружная и торцевые
стенки низкотемпературного сосуда выпол

нены металлическими, отличающаяся
тем, что на внешней поверхности опорного
цилиндра, изготовленного из изоляционного
материала, закреплена сверхпроводниковая
обмотка якоря, вспомогательный экран
расположен на наружной и установленных
на опорном цилиндре торцевых стенках низ
котемпературного сосуда, причем одна из
торцевых стенок герметично соединена с
опорным цилиндром, а другая установлена
на аксиальных направляющих элементах
опорного цилиндра, подпружинена в акси
альном направлении упругими опорными
элементами и герметично соединена с на
ружной гибкой камерой, охватывающей ука
занные элементы и герметично
соединенной с опорным цилиндром.

2. Синхронная электрическая машина
по п. 1, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что
изоляционный цилиндр прикреплен к опор
ному цилиндру с помощью фланцев, при
этом в изоляционном цилиндре выполнены
отверстия, расположенные между провод
никами сверхпроводящего экрана.

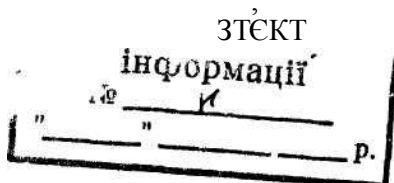
3. Синхронная электрическая машина
по пп. 1, 2, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что
сверхпроводящий экран расположен на на
ружной поверхности изоляционного цилин
дра.

Изобретение относится к области элект
ромашиностроения, в частности, к синх
ронным генераторам со сверхпровод
никовыми обмотками.

Известна синхронная электрическая ма
шина, содержащая ротор со сверхпроаодни
говой обмоткой возбуждения, статор со

сверхпроводниковой обмоткой якоря, раз
мещенной в сосуде с жидким хладагентом и
шихтованный стальной магнитный экран,
охватывающий вакуумный сосуд корпуса ма
шины по наружной поверхности [1].

В этой машине снижены потери в обмот
ке якоря практически до нуля. Но из-за на



личия массивного, составляющего до 40-60% веса машины, стального экрана, вес машины значителен. Причем в данном стальном экране происходят тепловыделения, что снижает КПД машины, происходит нагрев корпуса машины, являющегося внешним кожухом криостата. Кроме того, корпус машины, тепловые экраны криостата, низкотемпературный сосуд статора должны быть выполнены неметаллическими, что и технологически и конструктивно сложно. В противном случае в этих элементах будут тепловыделения от переменных магнитных полей машины.

Наиболее близким к предлагаемому 15 изобретению по технической сущности является синхронная электрическая машина, содержащая расположенный в вакуумной полости ротор со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения и статор с опорным ме- 20 таллическим цилиндром, охватывающим низкотемпературный сосуд, внутри которого размещены сверхпроводниковая обмотка якоря, последовательно охваченная сверхпроводящим экраном, выполненным из 25 сверхпроводника второго рода, и вспомогательным экраном, выполненным в виде пленки сверхпроводника первого рода, причем наружная и торцевые стенки низкотемпературного сосуда выполнены метал- 30 ллическими [2].

В данной электрической машине достигается снижение потерь в элементах машины, а, значит, повышается ее КПД. При этом обеспечиваются высокая компактность и 35 малый вес машины.

Однако известная машина обладает рядом недостатков, снижающих ее надежность. Так при охлаждении до сверхнизких температур металлические эле- 40 менты конструкции сжимаются, в то время как элементы машины, находящиеся при комнатной температуре остаются неизменными. Вследствие этого возникают значительные термомеханические напряжения, 45 способные привести к повреждению машины. Тонкостенный металлический низкотемпературный сосуд статора будет испытывать значительные напряжения на участке соединения торцовых металличе- 50 ских стенок с неметаллической внутренней стенкой сосуда, которая практически не сжимается. Возникновение из-за этого даже незначительных трещин в низкотемпературном сосуде приводит к попаданию хладагента из сосуда в вакуумную полость машины, нарушению вакуума, а, значит, и теплоизоляции низкотемпературного сосуда.

Кроме того, поскольку опорный цилиндр выполнен металлическим, т.е. обладающим

высокой теплопроводимостью по сравнению с изоляторами, то теплоприток по нему от холодного низкотемпературного сосуда к "теплым" наружным щитам значителен. Возникающий из-за этого повышенный расход жидкого хладагента резко снижает экономичность машины.

Поскольку цилиндр якоря выполнен металлическим и имеет большой диаметр, т.к. охватывает низкотемпературный сосуд статора, то вес его значителен. Кроме того, к значительному весу машины приводит и наличие опор в сосуде, фиксирующих сверхпроводниковую обмотку якоря. Так как обмотка непосредственно не прилегает к опорному цилиндру, то на указанные опоры действует момент, значит они должны быть массивными и неметаллическими.

Задачей изобретения является создание такой конструкции электрической машины, в которой бы путем снижения термомеханических напряжений и уменьшения теплопритока в низкотемпературную зону статора обеспечивалось повышение надежности и экономичности.

Поставленная задача достигается тем, что в известной синхронной электрической машине со сверхпроводниковыми обмотками, содержащей ротор со сверхпроводниковой обмоткой возбуждения и статор с опорным цилиндром и низкотемпературным сосудом с жидким хладагентом, внутри которого размещены сверхпроводниковая обмотка якоря, последовательно охваченная сверхпроводящим экраном, выполненным из композитных сверхпроводниковых проводов, образующих "беличью клетку" и закрепленном на изоляционном цилиндре, и вспомогательным экраном, выполненным в виде пленки сверхпроводника первого рода, причем наружная и торцевые стенки сосуда выполнены металлическими - на внешней поверхности опорного цилиндра, изготовленного из изоляционного материала, закреплена сверхпроводниковая обмотка якоря, вспомогательный экран расположен на наружной и, установленных на опорном цилиндре, торцевых стенках низкотемпературного сосуда, причем одна из торцевых стенок герметично соединена с опорным цилиндром, а другая установлена на аксиальных направляющих элементах опорного цилиндра и герметично соединена с наружной гибкой камерой, охватывающей указанные элементы и герметично соединенной с опорным цилиндром.

Кроме того, изоляционный цилиндр фланцами прикреплен к опорному цилиндру, на его наружной поверхности расположен сверхпроводящий экран, при этом в из- 15

ционном цилиндре выполнены отверстия, расположенные между проводниками сверхпроводящего экрана.

Снижение термомеханических напряжений в элементах статора резко уменьшает вероятность механических повреждений низкотемпературного сосуда, возникновения в нем трещин, а, значит, и следующего за этим нарушения вакуума машины и выхода ее из строя.

Кроме того, при резком возрастании давления в низкотемпературном сосуде, например, из-за перехода сверхпроводниковой обмотки якоря в нормальное состояние, наружная гибкая камера, увеличивая свой объем, позволяет частично снизить уровень давления, предотвращая повреждение сосуда.

В предлагаемой машине обеспечивается снижение теплопритока в низкотемпературную зону статора за счет изготовления опорного цилиндра из изоляционного материала, а также за счет выполнения его с меньшей площадью поперечного сечения. Последнее объясняется меньшим диаметром опорного цилиндра, т.к. он расположен внутри обмотки якоря, а в прототипе - снаружи не только обмотки якоря, но и сверхпроводящих экранов.

Выполнение опорного цилиндра из изоляционного материала и с малым диаметром существенно снижает его вес, а, значит, и общий вес машины.

В предлагаемой машине обеспечивается более надежное фиксирование сверхпроводниковой обмотки якоря и сверхпроводящих экранов, т.к. они непосредственно крепятся к опорному цилиндру, а не через опоры с возникновением момента изгиба, как в прототипе.

Отсутствие опор также позволяет уменьшить вес машины.

Размещение вспомогательного экрана на металлических стенках сосуда, а сверхпроводящего экрана на изоляционном цилиндре позволяет изменить расстояние между ними, уменьшить размеры сосуда, а, значит, и габариты машины при неизменном радиусе вспомогательного экрана, и выполнить изоляционный цилиндр тонкостенным.

Предлагаемая машина по сравнению с прототипом более технологична, в частности, вследствие расположения проводов сверхпроводящего экрана не внутри, а снаружи изоляционного цилиндра, конструкции низкотемпературного сосуда статора, крепления обмотки якоря и др.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 представлена синхронная электрическая машина со

сверхпроводниковыми обмотками (с продольным сечением половины); на фиг.2 - вид А на фиг.1; на фиг.3 - конструкция изоляционного цилиндра с закрепленным на нем сверхпроводящим экраном.

Синхронная электрическая машина со сверхпроводниковыми обмотками состоит из ротора, в корпусе 1 которого расположены низкотемпературная полость 2 со сверхпроводящей обмоткой возбуждения 3, и статора с опорным цилиндром 4 и низкотемпературным сосудом 5, внутри которого размещены сверхпроводниковая трехфазная обмотка якоря 6, последовательно охваченная сверхпроводящим экраном 7 и вспомогательным экраном 8. Сверхпроводящий экран 7 выполнен из композитных, внутренне стабилизированных проводов 9, на основе сверхпроводников второго рода например, NbTi, Nb₃Sn, образующих "беличью клетку" (фиг.3), и закреплен на наружной поверхности изоляционного цилиндра 10. Вспомогательный экран 8 выполнен в виде пленки сверхпроводника первого рода, например, Nb, Sn и расположен на наружной 11 и торцевых 12 и 13 металлических стенках низкотемпературного сосуда 5.

Сверхпроводниковая обмотка якоря 6 расположена и закреплена на внешней поверхности опорного цилиндра 4, изготовленного из изоляционного высокопрочного материала, например, стеклотекстолита.

Торцевые 12 и 13 стенки низкотемпературного сосуда 5 установлены на опорном цилиндре 4. Причем стенка 12 герметично соединена с опорным цилиндром, а стенка 13 установлена на аксиальных направляющих элементах 14 опорного цилиндра 4. Аксиальные направляющие элементы равномерно расположены по периметру опорного цилиндра и выполнены в виде плоских выступов, размещенных в вырезках 15 торцевой стенки 13 низкотемпературного сосуда.

Торцевая стенка 13 сосуда герметично соединена с наружной гибкой камерой 16, охватывающей направляющие элементы 14 и герметично соединенной с опорным цилиндром 4. Наружная гибкая камера 16 выполнена из металлической тонкостенной гофрированной трубы 17, герметично соединенной со вспомогательным торцевым фланцем 18.

Изоляционный цилиндр 10 содержит продольный цилиндрический элемент 19 в виде трубы и два фланца 20, которые прикреплены к опорному цилиндру 4. На элементе 19 между сверхпроводниковыми проводами 9 упорядочено по периметру вы-

полнен ряд отверстий 21 для прохода жидкого хладагента

На краях аксиальных направляющих элементов 14 опорного цилиндра установлены два упора 22. Каждый из упоров выполнен в виде цилиндрической трубы, к торцевой поверхности которой соединительными элементами 23 прикреплены аксиальные направляющие элементы, а внутренней поверхностью упор прикреплен соединительными элементами 24 к опорному цилиндру 4. Между упорами 22 и торцевой стенкой 13 низкотемпературного сосуда размещены упругие опорные элементы 25.

Низкотемпературная полость 2, в которой расположена сверхпроводниковая обмотка возбуждения ротора, низкотемпературный сосуд 5 статора, в котором расположены сверхпроводниковая обмотка якоря и экраны, а также воздушный зазор 26 между полостью 2 и сосудом 5 находятся в общей вакуумной полости 27 корпуса машины. Корпус машины включает в себя два наружных щита 28, один из которых соединен с источником вакуума 29, и тонкостенную вакуумную цилиндрическую обшивку 30.

Опорный цилиндр якоря 4 соединен через ряд равномерно расположенных по периметру машины теплоизоляционных прокладок 31 с внутренними выступами 32 наружных щитов 28 корпуса машины. В вакуумной полости 27 корпуса установлены тепловые медные экраны 33, 34 и уложенная многослойная изоляция 35. например, алюминизированный майлар.

В сосуде 5 статора имеются патрубки 36 и 37, обеспечивающие, соответственно, подачу жидкого хладагента и выход его паров. Синхронная электрическая машина имеет трехфазный электрический вывод 38, соединенный с трехфазной сверхпроводниковой обмоткой якоря 6.

Сверхпроводниковая обмотка возбуждения 3 ротора имеет токовводы 39, подсоединяемые к источнику питания постоянного тока (на фиг. не показан), и охлаждается потоком циркулирующего в низкотемпературной полости 2 под давлением жидкого хладагента, подача и выход которого производится через трубопроводы, соответственно, 40 и 41.

На наружных щитах 28 корпуса машины установлены вакуумноплотные подшипники 42, обеспечивающие вращение вала 43 ротора и герметизацию вакуумной полости 27 корпуса машины. На корпусе 1 ротора, тепловых экранах и многослойной изоляции выполнены отверстия, обеспечивающие передачу вакуума от источника вакуума 29 на статор и ротор электрической машины.

Синхронная электрическая машина со сверхпроводниковыми обмотками работает следующим образом.

При соединении с источником вакуума 29 в полости 27 корпуса машины образуется вакуум, что обеспечивает теплоизоляцию низкотемпературного сосуда 5 статора и низкотемпературной полости 2 ротора.

Под давлением поток жидкого хладагента, например, жидкого гелия, через трубопровод 40 подается в низкотемпературную полость 2 ротора, охлаждает сверхпроводниковую обмотку возбуждения 3, после чего пары хладагента удаляются через трубопровод 41. Охлаждение сверхпроводниковой обмотки якоря 6 и сверхпроводящих экранов 7 и 8 статора осуществляется при помощи подачи жидкого хладагента, например, жидкого гелия, через патрубок 36 в низкотемпературный сосуд 5, а пары хладагента выходят из сосуда через патрубок 37.

Так как наружная 11 и торцевые 12 и 13 стенки сосуда 5 выполнены металлическими, например, из нержавеющей стали, то при охлаждении сосуда, под действием термомеханических усилий, они сжимаются. При этом торцевая стенка 13 под действием этих сил перемещается по аксиальным направляющим элементам 14 опорного цилиндра к середине сосуда, а металлическая гофрированная труба 17 наружной гибкой камеры 16 растягивается.

При работе синхронной электрической машины со сверхпроводящими обмотками в качестве генератора (основной режим работы) осуществляется запитка постоянным током обмотки возбуждения 3 через токовводы 39. Ротор с обмоткой возбуждения 3 приводится во вращение вспомогательным приводом (на фиг. не показан) через вал 43, а в обмотке якоря 6 индуцируется трехфазная ЭДС. При подключении к трехфазному электрическому выводу 38 нагрузки в обмотке якоря появляется переменный ток, поступающий потребителям.

Созданное током обмотки якоря переменное магнитное поле индуцирует в проводниках 9 сверхпроводящего экрана 7 вихревые токи, магнитное поле которых, согласно правилу Ленца, противоположно полю, его вызвавшему. За наружной поверхностью сверхпроводящего экрана 7, таким образом, образуется ослабленное магнитное поле, которое окончательно экранируется вспомогательным экраном 8. Так как вспомогательный экран 8 выполнен в виде пленки сверхпроводника первого рода, обладающего идеальным диамагнетизмом, то при этом полностью экранируется и постоянное, и переменное магнитное поле ма-

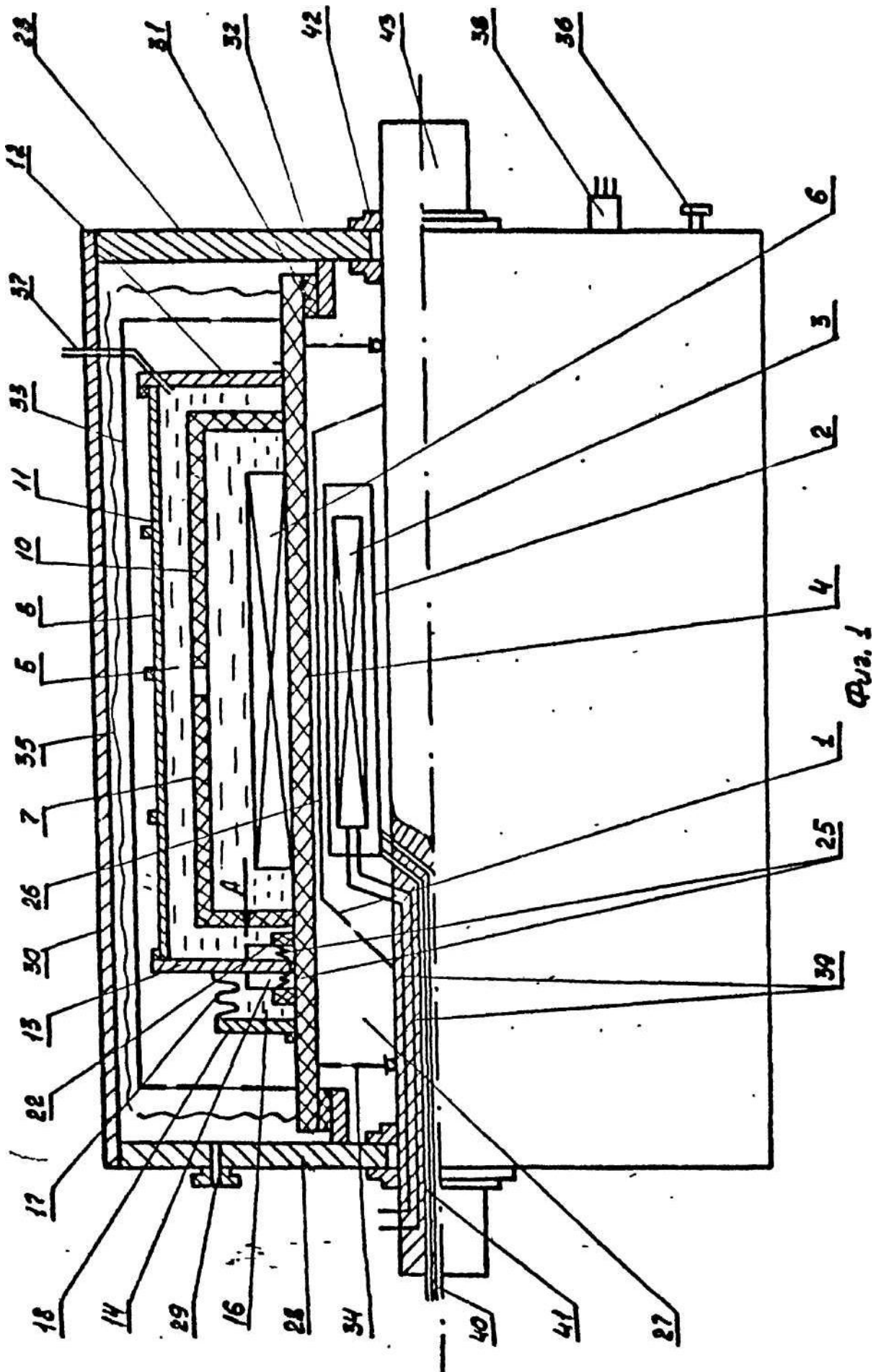
шины, причем потери в этом экране отсутствуют.

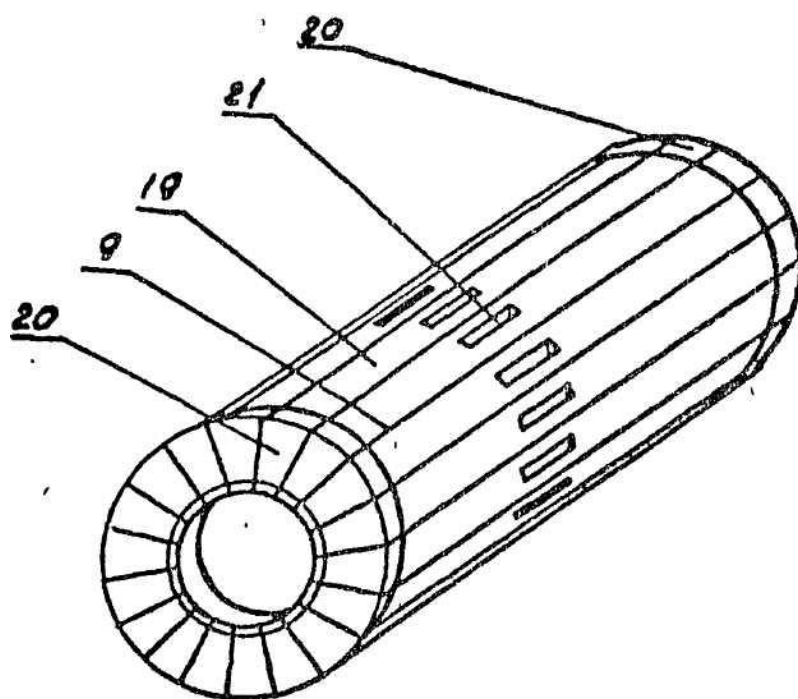
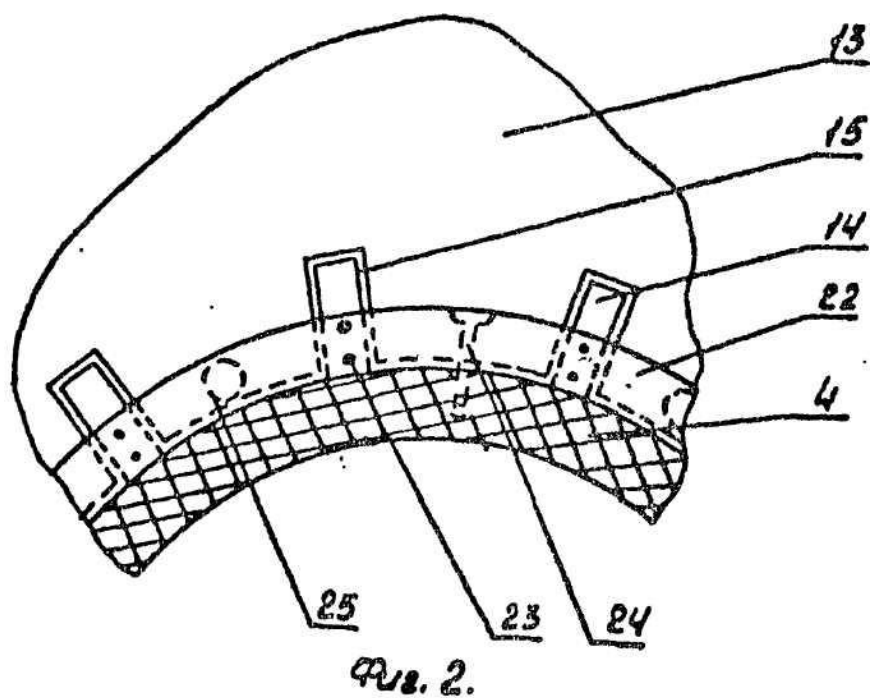
Взаимодействие индуцированных в экранах 7 и 8 токов с магнитным полем машины, согласно закону Ампера, приводит к возникновению крутящих моментов, действующих на эти экраны. Компенсация крутящего момента сверхпроводящего экрана 7 осуществляется за счет жесткого крепления изоляционного цилиндра 10, на котором этот экран расположен, торцовыми фланцами 20 к опорному цилиндру 4. Крутящий момент, действующий на вспомогательный экран 8, компенсируется за счет жесткого фиксирования торцевой стенки 12 сосуда 5 к опорному цилиндру 4, а также за счет фиксирования боковыми сторонами плоских выступов - аксиальных направляющих элементов 14 торцевой стенки 13 сосуда 4. Упругие опорные элементы 25 демпфируют возникающие в аксиальном направлении колебания торцевой стенки 13 низкотемпературного сосуда 5.

Из-за полного экранирования магнитного поля все элементы и узлы электрической машины за вспомогательным экраном 8, могут быть выполнены металлическими, например, из меди (тепловой экран 33), из алюминизированной пленки майлар (много-слойная изоляция 35), нержавеющей стали 30 (стенки 11, 12, 13 низкотемпературного сосуда 5, цилиндрическая обшивка 30 и наружные щиты 28), причем потери в этих элементах машины будут отсутствовать.

Таким образом, в предлагаемой синхронной электрической машине со сверхпроводящими обмотками обеспечиваются*

- повышение надежности за счет снижения термомеханических усилий в низкотемпературном сосуде статора;
- уменьшение теплопритоков к низкотемпературному сосуду по опорному цилиндру якоря за счет выполнения его из изоляционного материала и малой площади поперечного сечения (как следствие малого диаметра);
- повышение надежности крепления сверхпроводниковой обмотки якоря и сверхпроводящих экранов;
- малый вес за счет легких и компактных сверхпроводящих экранов, а также малого веса опорного цилиндра якоря и отсутствия опор в сосуде;
- повышение технологичности за счет расположения сверхпроводящего экрана снаружи изоляционного цилиндра, непосредственного крепления обмотки якоря к опорному цилиндру и др.;
- малые потери в элементах машины от переменных магнитных полей, что приводит к повышению КПД электрической машины;
- высокая компактность за счет расположенных близко к обмотке якоря сверхпроводящих экранов, обеспечивающих полное экранирование магнитных полей;
- высокая экономичность из-за малого расхода жидкого хладагента вследствие малых теплопритоков и тепловыделений в низкотемпературной зоне машины.



Вид/І

ИЗ

Упорядник

Гехред М.Моргентал

Коректор

Замовлення 596

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, КиТв-53, Львівська пл., 8

Виробічно-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

