



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011136089/07, 05.03.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.03.2010

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
25.03.2009 EP 09290218.8

(45) Опубликовано: 10.04.2013 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: EP 0650205 A, 26.04.1995. DE 3928085 A1,
28.02.1991. GB 1421044 A, 14.01.1976.
EP 1821380 B1, 29.08.2007. RU 2313874 C2,
27.12.2007. RU 2006113615 A, 27.10.2007.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 25.10.2011(86) Заявка РСТ:
EP 2010/052813 (05.03.2010)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/108771 (30.09.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ЗОЙКА Райнер (DE),
ШМИДТ Франк (DE)

(73) Патентообладатель(и):

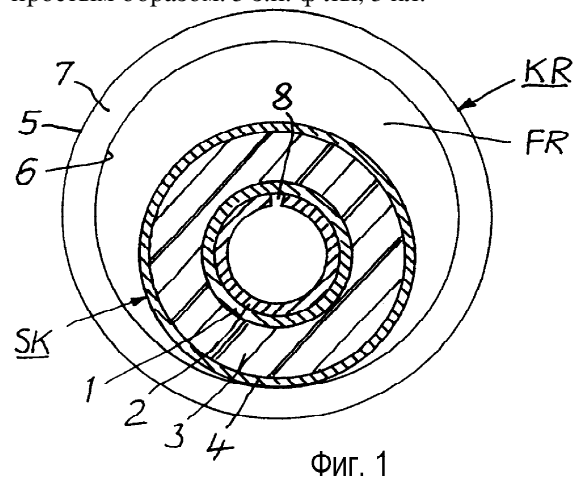
НЕКСАН (FR)

(54) СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КАБЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к сверхпроводящему электрическому кабелю. Сверхпроводящий электрический кабель имеет по меньшей мере один сверхпроводящий проводник, состоящий из лент или проволок, которые намотаны по меньшей мере одним слоем на выполненное в виде трубы (2) основание. Труба (2) выполнена с возможностью упругой деформации и имеет проходящую по всей ее длине, ориентированную в осевом направлении щель (8). Изобретение обеспечивает компенсацию изменения длины кабеля, обусловленное температурой, наиболее

простым образом. 5 з.п. ф-лы, 3 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2011136089/07, 05.03.2010**(24) Effective date for property rights:
05.03.2010

Priority:

(30) Convention priority:
25.03.2009 EP 09290218.8(45) Date of publication: **10.04.2013 Bull. 10**(85) Commencement of national phase: **25.10.2011**(86) PCT application:
EP 2010/052813 (05.03.2010)(87) PCT publication:
WO 2010/108771 (30.09.2010)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**ZOJKA Rajner (DE),
ShMIDT Frank (DE)**

(73) Proprietor(s):

NEKSAN (FR)**(54) SUPERCONDUCTIVE ELECTRIC CABLE**

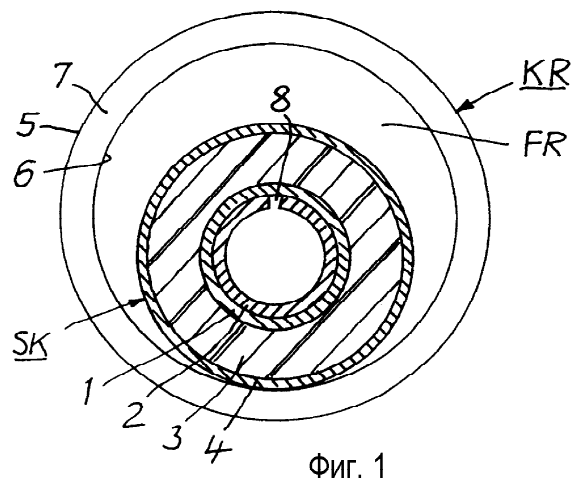
(57) Abstract:

FIELD: electrical engineering.

SUBSTANCE: superconductive electric cable has at least one superconductive conductor consisting of bands or wires that are wound in at least one layer onto the base (2) in the form of a tube. The tube (2) is designed so that to enable resilient deformation and has a slot (8), passing along the whole of its length and oriented in the longitudinal direction.

EFFECT: invention ensures compensation for the cable temperature-induced length variation in the simplest way.

6 cl, 4 dwg



Изобретение относится к сверхпроводящему электрическому кабелю, который имеет по меньшей мере один сверхпроводящий проводник, состоящий из лент или проволок, которые намотаны по меньшей мере одним слоем на основание, выполненное в виде трубы (WO 03/052775 A1).

Сверхпроводящий кабель имеет согласно современному уровню техники электрические проводники из композиционного материала, содержащего керамический материал, который при достаточно низких температурах переходит в сверхпроводящее состояние. Электрическое сопротивление постоянному току соответствующим образом выполненного проводника равно нулю при достаточном охлаждении, пока не будет превышена определенная сила тока, критическая сила тока. Подходящими керамическими материалами являются, например, оксидные материалы на основе редких земель (ReBCO), в частности YBCO (оксид иттрия-бария-меди) или BSCCO (оксид висмута-стронция-кальция-меди). Достаточно низкие температуры для перевода таких материалов в сверхпроводящее состояние лежат, например, между 67K и 110K. Подходящими охлаждающими средствами являются, например, азот, гелий, неон и водород или смеси этих веществ.

Известный из упомянутого выше WO 03/052775 A1 кабель имеет сверхпроводящий проводник, скрученный по меньшей мере в один слой вокруг трубы. Кабель состоит из других, окружающих проводник слоев. Кабель расположен с оставлением свободного пространства в криостате, состоящем из двух расположенных коаксиально друг другу металлических труб, между которыми находится вакуумная изоляция. Вызывающее сверхпроводящее состояние проводника охлаждающее средство может направляться через трубу и через свободное пространство криостата.

Проводник сверхпроводящего кабеля состоит согласно известному уровню техники из лент или проволок из сверхпроводящего материала, которые намотаны по меньшей мере одним слоем на основание, например трубу. За счет требуемого для работы кабеля охлаждения проводника от комнатной температуры до необходимой для сверхпроводящего состояния температуры сверхпроводящий материал проводника сжимается примерно на 0,25-0,3%. При длине кабеля, например, 600 м, это может приводить к укорачиванию проводника примерно на 1,5-1,8 м. Сверхпроводящий кабель и тем самым также его проводник фиксируется на своих концах в токоведущей арматуре. Значительное за счет охлаждения укорочение проводника приводит к значительной растягивающей нагрузке токоведущей арматуры. Кроме того, оно может легко приводить к чрезмерному растяжению проводника, соответственно его отдельных элементов и тем самым к повреждению, в результате которого проводник становится непригодным. Для предотвращения таких воздействий на исправное состояние проводника необходимо фиксировать его концы, например, согласно EP 1 821 380 B1, лишь после выполненного охлаждения и тем самым при соответствующей сверхпроводящему состоянию, укороченной длине внутри криостата. Затраты по осуществлению данной операции относительно высоки. Когда, например, в целях ремонта такой сверхпроводящий кабель нагревается до комнатной температуры, то токоведущая арматура подвергается дополнительно механической нагрузке за счет удлиняющегося кабеля.

В основу изобретения положена задача выполнения охарактеризованного в начале кабеля так, что обусловленные температурой изменения длины кабеля могут быть компенсированы простым образом.

Эта задача решена согласно изобретению тем, что труба выполнена с возможностью упругой деформации в радиальном направлении с изменяемым

диаметром и имеет щель, проходящую по всей длине трубы и ориентированную прямолинейно вдоль ее образующей.

В этом кабеле труба, используемая в качестве основания проводника, выполнена с возможностью упругой деформации так, что ее диаметр может уменьшаться при

воздействующей снаружи радиальной нагрузке сжатия. Это обеспечивается за счет проходящей в продольном направлении трубы щели, которая при комнатной температуре имеет достаточную ширину, с целью обеспечения возможности сужения соответственно максимально полного закрывания во время охлаждения проводника. Таким образом, происходящее во время охлаждения укорочение проводника сказывается по существу в радиальном направлении на его основании, так что к токоведущей арматуре на концах кабеля не прикладывается существенной растягивающей нагрузки. Поскольку труба выполнена с возможностью упругой деформации, то щель снова расширяется при уменьшении или в экстремальном случае при отсутствии радиальной нагрузки на трубу, так что диаметр трубы снова увеличивается. За счет этого проводник сверхпроводящего кабеля всегда прилегает независимо от своей длины при охлаждении или при нагревании к поверхности трубы, непрерывно выполняющей тем самым функции основания. Слова «с возможностью упругой деформации» означают согласно изобретению, что труба постоянно давит на окружающий ее проводник, т.е. имеет в расширенном смысле пружинные свойства.

Ширина щели при комнатной температуре в трубе, действующей упомянутым выше образом, может быть вычислена, соответственно задана в зависимости от диаметра трубы, от ее материала и от разницы между комнатной температурой и рабочей температурой кабеля в сверхпроводящем состоянии.

Примеры осуществления изобретения изображены на соответствующих чертежах:

Фиг.1 - поперечное сечение системы со сверхпроводящим кабелем;

Фиг.2 - используемая для сверхпроводящего кабеля согласно изобретению труба в качестве основания для проводника кабеля;

Фиг.3 - модификация показанного на Фиг.2 варианта выполнения трубы.

На Фиг.1 показана принципиальная конструкция расположенного в криостате KR сверхпроводящего кабеля SK. Кабель SK имеет сверхпроводящий проводник 1, скрученный вокруг выполненной в качестве основания трубы 2. Проводник 1 окружен диэлектриком 3, поверх которого расположен сверхпроводящий экран 4. Криостат KR состоит из двух расположенных коаксиально друг другу металлических труб 5 и 6, между которыми находится вакуумная изоляция 7. Криостат KR окружает кабель SK и свободное пространство FR, предназначенное для пропускания охлаждающего средства.

Трубы 5 и 6 криостата KR предпочтительно состоят из нержавеющей стали. Они могут быть волнистыми поперек их продольного направления. Проводник 1 и экран 4 могут состоять из обычных сверхпроводящих материалов, в частности из указанных выше материалов YBCO и BSCCO. Проводник 1 предпочтительно состоит из сверхпроводящих лент или проволок, которые намотаны по меньшей мере одним слоем на трубу 2. Диэлектрик 3 выполнен обычным образом. Кабель SK в показанном на Фиг.1 варианте выполнения является сверхпроводящим кабелем с холодным диэлектриком.

Применяемая в качестве основания для проводника 1 труба 2 выполнена с возможностью упругой деформации в упомянутом выше смысле, а именно с изменяемым в радиальном направлении диаметром. В предпочтительном варианте выполнения труба 2 состоит из нержавеющей стали, меди или алюминия,

соответственно их сплавов. Она может предпочтительно состоять из сплава бериллия с медью. Она может быть выполнена волнистой поперек ее продольного направления, как показано на Фиг.3. Труба 2 имеет проходящую по всей ее длине щель 8, которая, как показано на Фиг.2 и 3, проходит по прямой линии вдоль образующей трубы.

Пример

Ширину щели 8 можно вычислить, например, следующим образом.

Когда проводник наматывается с шагом LS на стержень с диаметром D, то длина L проводника одного шага LS задана уравнением $L = \sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2}$. Когда проводник

охлаждается, то за счет усадки он становится, в частности, короче. Эту усадку можно компенсировать тем, что обеспечивается возможность уменьшения диаметра каркаса обмотки, состоящего из намотанного проводника. Это достигается, когда для длины LK холодного проводника справедливо: $LK = \bullet L$, где \bullet является коэффициентом, который зависит от тепловой усадки материала стержня. Например, металлические материалы сжимаются примерно на 0,3%, когда они охлаждаются с комнатной температуры до 77К. В таком случае $\bullet = 1 - 0,003 = 0,997$. Из приведенного выше уравнения следует, что для $\sqrt{LS^2 + \pi^2 D^2} \times \bullet = \sqrt{L^2 + \pi^2 DK^2}$ можно определить

диаметр DK, до которого должно происходить сжатие каркаса обмотки подвергнувшегося усадке проводника в холодном состоянии.

В сверхпроводящем кабеле SK проводник должен наматываться, например, на состоящую из нержавеющей стали трубу 2 с диаметром 25 мм. Шаг LS должен в 10 раз превышать диаметр, т.е. LS=250 мм. В этом случае при коэффициенте \bullet , равном 0,997, получается диаметр DK холодной трубы 2, равный 24,58 мм. Такой диаметр соответствует окружности трубы 2, равной 77,22 мм. В исходном состоянии окружность трубы при диаметре D=25 мм составляла 78,54 мм. Когда труба 2 также сжимается в радиальном направлении на 0,3%, то ее диаметр в охлажденном состоянии составляет 25 мм \times 0,997 = 24,93 мм. Таким образом, ее окружность составляет 78,30 мм. В этом примере ширина щели 8 вычисляется равной 78,30-77,22=1,08 мм.

Применяемый в трубе 2 материал в идеальном случае выполнен так, что при сужении щели 8 за счет усадки не происходит или происходит лишь незначительная пластическая деформация. Этого можно достичь за счет подходящего выбора материалов с соответствующей толщиной стенок.

Формула изобретения

1. Сверхпроводящий электрический кабель, который имеет по меньшей мере один сверхпроводящий проводник, состоящий из лент или проволок, которые намотаны по меньшей мере одним слоем на выполненное в виде трубы основание, отличающийся тем, что труба (2) выполнена с возможностью упругой деформации в радиальном направлении с изменяемым диаметром и имеет проходящую по всей ее длине, ориентированную прямолинейно вдоль ее образующей щель (8).

2. Кабель по п.1, отличающийся тем, что труба (2) является волнистой поперек ее продольного направления.

3. Кабель по п.1 или 2, отличающийся тем, что труба (2) состоит из нержавеющей стали.

4. Кабель по п.1 или 2, отличающийся тем, что труба (2) состоит из меди, соответственно, медного сплава.

5. Кабель по п.4, отличающийся тем, что труба (2) состоит из сплава бериллия и

меди.

6. Кабель по п.1 или 2, отличающийся тем, что труба (2) состоит из алюминия, соответственно, алюминиевого сплава.

5

10

15

20

25

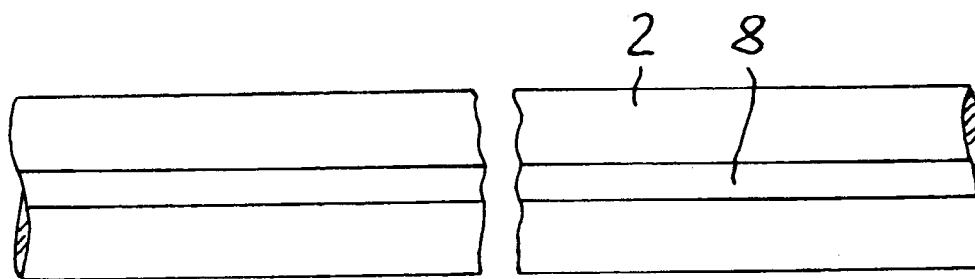
30

35

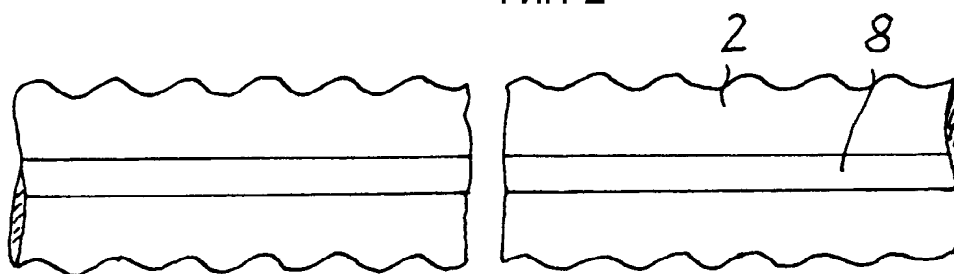
40

45

50



ФИГ. 2



ФИГ. 3