

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034945**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.04.09

(21) Номер заявки
201800327

(22) Дата подачи заявки
2018.05.17

(51) Int. Cl. **H01F 30/16** (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01)
H01F 27/04 (2006.01)

(54) МОДУЛЬНЫЙ СУХОЙ ТРАНСФОРМАТОР НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

(31) 2018/0003.1

(32) 2018.01.03

(33) KZ

(43) 2019.07.31

(96) KZ2018/029 (KZ) 2018.05.17

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КУАТОВ САНСЫЗБАЙ
ГАБДУЛОВИЧ (KZ)**

(72) Изобретатель:
**Куатов Сансызбай Габдулович, Куат
Амир Сансызбайулы (KZ)**

(56) RU-C1-2177185
RU-C2-2353994
RU-U1-167099
RU-C1-2089956
SU-A1-1494052
SU-A1-1464221

(57) Изобретение относится к области применения электротехники в преобразовании, передаче, распределении и транспортировке электроэнергии и может быть использовано при изготовлении модульных сухих трансформаторов для наружной установки с учетом последних достижений науки и техники в области магнитопроводов и изоляционных материалов. Технический результат достигается тем, что предложенный модульный сухой трансформатор наружной установки содержит станину с хомутом, овальные магнитопроводы из аморфных сплавов, в окно которых смонтированы основная и регулировочная вторичные обмотки, соединенные через переключатель анцапфы, и первичная обмотка, намотанные на полиамидных каркасах из алюминиевой или медной фольги с припаянными необходимой длины рентгеновскими кабелями с изоляцией из кремнеорганической резины, с наружной изоляцией обмотки, выполненной из термоусадочных полимерных трубок, обеспечивающих модульный принцип при производстве и эксплуатации трансформатора. Заявленный трансформатор устраняет имеющиеся недостатки в известных трансформаторах и позволяет организовать "глубокий ввод" потребителям на высоком напряжении со снижением технических потерь электроэнергии в распределительных сетях свыше 600 раз, а уровень "коммерческих потерь", воровства, до нуля.

B1**034945****034945****B1**

Область техники

Изобретение относится к области применения электротехники в преобразовании, передаче, распределении и транспортировке электроэнергии и может быть использовано при изготовлении сухих трансформаторов для наружной установки без применения изоляторов, установленных на корпусе трансформатора, из твердых изоляционных материалов типа фарфора, керамики и др.

Весь процесс в электроэнергетике от производства до потребления проходит следующие этапы: выработка, преобразование (повышение и несколько ступеней понижения напряжения), передача, распределение и транспортировка. При этом на всех этапах эти процессы протекают с потерями электроэнергии на всех элементах электрических сетей. Львиная доля потерь приходится на распределительные сети (уровень напряжения 10 и 0,4 кВ).

Таблица 1

Структура потерь по сетям АО "Астана-РЭК" за 2016 г.

Класс напря жени я. кВ	Потери за 2016 год, млн. кВт.ч.							фактичес кое значение потерь, в процента х от объема электроэ нергии, вошедше й в сети предприя тия, %
	Нагрузочные потери		Холосто го хода в силовых трансфо рматора х	на собствен ные нужды подстан ций	в измерите льных трансфор маторах тока и напря жения и их вторичны х цепях	на корон у	всего потер ь	
	в линиях	В силов ых транс форм атора х						
220	7,10	0,7	1,9	1,1	0,1	2,5	13,4	0,39
110	20,90	6,3	11,5	4,1	0,3		43,1	1,25
10	86,10	46,2	18,1				150,4	4,35
0,4	207,50						207,5	6,01
Итого	321,6	53,2	31,5	5,2	0,4	2,5	414,4	12,00

Как видно, при общем уровне потерь 12% на долю сетей 10 и 0,4 кВ приходится 10,36% при стоимости 1% потерь 300 000 000 тенге. Теоретически, данная проблема, всегда имела решение - перевод питания потребителей на "глубокий ввод", 10 кВ с индивидуальными "мачтовыми трансформаторами", где уровень технических потерь по сравнению с 0,4 кВ снижается в 625 раз, "коммерческие потери", т.е. воровство электроэнергии, доводится до нуля, также перевод воздушных линий (ВЛ) 10 кВ с голого провода на самонесущие изолированные провода (СИП), снижая потери еще в 3 раза, при этом затраты на обслуживание линии снижаются на 80%.

Главным препятствием на пути перехода на "глубокий ввод" были громоздкие и пожароопасные масляные и литые эпоксидным компаундом сухие трансформаторы внутренней установки с фарфоровыми или полимерными вводами.

Уровень техники

Известен трансформатор напряжения масляный, измерительный типа НТМИ-10 (Петров В.Н. Использование трансформаторов напряжения для присоединения аппаратуры диспетчерского управления к сельским распределительным сетям. Дис. канд. тех. наук. М., 1972, стр. 39-50).

Недостатками известного трансформатора являются:

- 1) низкое линейное напряжение во вторичной обмотке трансформатора, соединенное звездой, которое равно 100 В, что не позволяет его использовать как силовой трансформатор;
- 2) установка на корпусе трансформатора проходных изоляторов из фарфора, что снижает его надежность.

Известен также трансформатор масляный (авт.св. СССР № 1707634, Н01F 27/04, 1992 г.), который принят за прототип.

Недостатками известного трансформатора являются:

- 1) установка на корпусе трансформатора проходных изоляторов из фарфора, что снижает его надежность;
- 2) трансформатор часто повреждается при коротком замыкании из-за наброса или перекрытия птицами вводов высокого напряжения на открытых частях изоляторов;
- 3) наличие трансформаторного масла, из-за чего он является источником экологического загрязнения и пожара;
- 4) требует периодического обслуживания.

Также известен сухой трансформатор ОЛ-10. ТУ 16-98 ОГГ.670.121.008ТУ Свердловского завода трансформаторов тока, который также принят за прототип.

Недостатками данного трансформатора являются:

- 1) изоляция всего трансформатора выполняется монолитно, эпоксидным компаундом, подвержен солнечной радиации, агрессивным средам и вредным атмосферным воздействиям, что отрицательно ска-

зывается на изоляции внешней части корпуса трансформатора;

2) однородность, непригодность к ремонту.

Задача, решаемая изобретением, заключается в создании модульных сухих трансформаторов для наружной установки с применением последних достижений науки и техники в области магнитопроводов из аморфных сплавов и изоляционных материалов.

Техническим результатом изобретения является возможность перевода распределительных потребительских электрических сетей с 0,4 на 10 кВ, приводящая к не менее 3-кратному снижению потерь и значительному снижению тарифа на электроэнергию для потребителей при высокой надежности элементов сетей.

Технический результат достигается тем, что предложен модульный сухой трансформатор наружной установки, содержащий станину с хомутом для крепления витых овальных магнитопроводов из аморфных сплавов, снижающих потери трансформатора от 4 до 10 раз, с верхним косым срезом, в окно которых смонтированы основная и регулировочная вторичные обмотки, соединенные через переключатель анцапфы, и первичная обмотка для повышения термической и динамической устойчивости, намотанные на полиамидных каркасах из алюминиевой или медной фольги с припаянными необходимой длины гибкими вводами, выполненными рентгеновскими кабелями с изоляцией из кремнеорганической резины, являющейся маслостойкой, морозостойкой (-50; +80°C), выдерживающей испытательное напряжение 70 кВ, не разрушающейся на открытом воздухе и сохраняющей изолирующие свойства в течение 30 лет, с наружной изоляцией обмоток, выполненных вместо эпоксидных компаундов термоусадочными полимерными трубками, стойкими к солнечной радиации, агрессивным средам и атмосферным явлениям, не подверженным вредным атмосферным воздействиям, что обеспечивает модульный принцип производства и сборки сухих трансформаторов, которые при необходимости можно перегружать на 50% путем установки вентилятора для охлаждения с запуском от термодатчика.

Заявленный трансформатор устраняет перечисленные недостатки, имеющиеся в известных трансформаторах, при этом получены новые технические свойства, к которым относятся:

1) высокий уровень надежности, снижение ручного труда и количества комплектующих изделий за счет технологичности процесса изготовления, что сохраняется и при ремонтных работах. Ремонт за счет модульности трансформатора сводится к замене поврежденных элементов на сертифицированные изделия заводской готовности, не требующие послеремонтных испытаний и высокой квалификации ремонтного персонала;

2) стойкость к условиям повышенной влажности и загрязненности, а также стойкость к солнечной радиации, высоким и низким температурам и агрессивным средам и атмосферным явлениям;

3) за счет применения аморфных сплавов при изготовлении витых магнитопроводов и намотки обмоток из фольги снижаются потери электроэнергии на трансформаторе от 4 до 10 раз. Соответственно, повышается перегрузочная способность, резко снижается нагрев трансформатора и не требуются кардинальные меры по охлаждению;

4) обслуживание полностью исключается и сводится к периодическому проведению визуального осмотра;

5) уменьшаются габаритные размеры и масса трансформатора за счет устранения фарфоровых изоляторов, что позволяет подвешивать их на опорах в качестве "мачтовых подстанций";

6) отсутствие трансформаторного масла устраняет угрозу загрязнения окружающей среды при его утечке. Обеспечивается высокий уровень пожаробезопасности. Отсутствуют в случае пожара выбросы в окружающую среду в виде токсичных и едких газов;

7) увеличивается срок службы трансформатора за счет применения в нем двужильных гибких кабелей с изоляцией из кремнеорганической резины, являющейся маслостойкой и морозостойкой (-50; + 80°C). Она не разрушается и сохраняет изолирующие свойства в течение 30 лет при работе трансформатора на открытом воздухе;

8) обеспечивает абсолютную безопасность для птиц и персонала;

9) существенно снижается количество обслуживающего персонала, за счет чего повышается производительность труда в отрасли электроэнергетики;

10) позволяет организовать "глубокий ввод" потребителям на высоком напряжении 10 кВ, сократив длину сетей 0,4 кВ, доведя их до уровня перекидки от трансформатора до дома. При этом уровень технических потерь электроэнергии в распределительных сетях 10/0,4 кВ снижается свыше 600 раз, а уровень "коммерческих потерь" т.е. воровство, до нуля. Также за счет индивидуального регулирования уровня напряжения у потребителя резко повышается качество электроэнергии.

Таблица 2

При переводе на СИП-10 кв и сухой трансформатор с магнитопроводом из аморфных сплавов

Класс напря жени я. кВ	Потери за 2016 год, млн. кВт/ч.							фактиче ское значение потерь, в процента х от объема электроэн ергии, вошедше й в сети предприя тия, %
	Нагрузочные потери		Холостог о хода в силовых трансфор маторах	на собствен ные нужды подстан ций	в измерите льных трансфор маторах тока и напряжен ия и их вторичны х цепях	на корону	всего потер ь	
	в линия х	В сило- вых транс- формат орах						
220	7,10	0,7	1,9	1,1	0,1	2,5	13,40	0,39
110	20,90	6,3	11,5	4,1	0,3		43,10	1,25
10	26,81	11,55	4,525				42,89	1,24
0,4	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Итог о	54,81	18,55	17,93	5,2	0,4	2,5	99,39	2,9

Снижение потерь с 12 до 2,9% в электросетях (т.е. на 9,1%) позволяет снизить себестоимость электроэнергии, что приводит к снижению уровня тарифа на транспортировку для потребителей с 3 до 2,09 тг/кВт·ч.

Снижение уровня тарифа на электроэнергию в свою очередь способствует развитию малого и среднего бизнеса, а также экономическому развитию страны.

В свою очередь снижение потерь электроэнергии влечет за собой снижение необходимости потребления топлива (уголь, газ, уран и т.д.), воды и химреагентов на водоподготовку энерговырабатывающими станциями, следовательно, снижение ими вредных выбросов в окружающую среду, что благоприятно сказывается на экологической обстановке.

На фиг. 1 вид с боку и на фиг. 2 вид сверху представлен модульный сухой трансформатор наружной установки, содержащий станину 1, витой овальный магнитопровод из аморфных сплавов с косым срезом верхней части 2, в окно которого смонтированы первичная обмотка 3, основная вторичная обмотка 4 и регулировочная вторичная обмотка 5. На фиг. 3 и 4 кабельные вводы вторичных обмоток с изоляцией из кремнеорганической резины 8, соединенные между собой на переключателе анцапфы, на фиг. 5. На фиг. 1 магнитопровод 2 с обмотками посредством хомута 7 крепится к станине 1.

Модульный сухой трансформатор наружной установки работает следующим образом.

Первичная обмотка с гибкими кабельными вводами из кремнеорганической изоляции через высоковольтный предохранитель подключается к сети 10 кВ, а вторичные обмотки через автоматический выключатель подключаются к нагрузке потребителя. Далее функция и работа модульного сухого трансформатора в нормальном режиме от других видов трансформаторов не отличается. Только при ремонте поврежденный элемент меняется на исправный сертифицированный элемент заводской готовности, без послеремонтных испытаний. Данная операция не требует высокой квалификации персонала и много времени.

Выводы.

1. 17-Летний опыт эксплуатации образца кабельного ввода с изоляцией из кремнеорганической резины масляного трансформатора в реальных условиях на объектах Казахстанской железной дороги подтвердил его работоспособность.

2. В данное время в мировой практике широко применяются магнитопроводы из аморфных сплавов, дающие большие снижения потерь электроэнергии на трансформаторах.

3. Вместо заливки обмотки эпоксидным компаундом, который при сильных морозах трескается и не выдерживает длительную солнечную радиацию, предлагаемая изоляция катушек с обмотками термоусаживаемыми трубками фирмы РАЙХЕМ указанных недостатков не имеет и в мировой практике широко применяется.

4. Предлагаемый модульный принцип в трансформаторостроении совпадает с общемировой практикой модульного конструирования изделия и дает большие возможности и выгоды при производстве, эксплуатации и ремонте.

Даны рекомендации к выпуску опытной серии трансформаторов.

Модульный сухой трансформатор для наружной установки содержит первичную и вторичные обмотки, которые смонтированы в окно двух витых овальных магнитопроводов из аморфных сплавов, образующих "броневой" сердечник. Для обеспечения циркуляции воздуха между сердечниками можно организовать зазор, который не влияет на характеристики магнитопровода. Витые магнитопроводы из аморфного сплава необходимого размера и магнитных свойств покупаются у мировых производителей.

Для защиты от коррозии магнитопровод можно покрасить антикоррозийной краской.

Каркасы обмоток изготавливаются из полиамидного полимера с вертикальными ребрами жесткости со стороны магнитопровода, образующие каналы для циркуляции воздуха, обеспечивают охлаждение обмоток. Для обеспечения динамической устойчивости при коротком замыкании и уменьшении величины межслоевого напряжения и межслоевой изоляции обмотки необходимо намотать алюминиевую или медную фольгу, предварительно запаяв кабельные вводы с кремнийорганической изоляцией. Кабельные вводы с наконечниками необходимого сечения и достаточной длины (для подключения высоковольтной обмотки к предохранителям, а низковольтной обмотки к счетчику) изготавливаются из рентгеновских кабелей с изоляцией из кремнеорганической резины производства Мтищенского кабельного завода. На поверхности намотанной катушки следует приклеить бумажный шильдик с информацией о производителе и параметрах обмотки трансформатора. Катушку снаружи изолировать прозрачной термоусадочной полимерной трубкой с высоким изоляционным свойством на внутренней поверхности ближе к торцам нанесенным клеем или герметикой. Прогревая полимерную трубку с центра в обе стороны производим усадку. Усадка считается завершенной, когда герметик или клей выступит из-под концов трубки. Прозрачность трубки дополнительно обеспечивает визуальный контроль за состоянием обмотки. При необходимости обмотки можно выполнять концентрическими. При этом свойства и принцип работы трансформатора не меняется.

Переключатель анцапфы собирается на гетинаксовой или текстолитовой плитке.

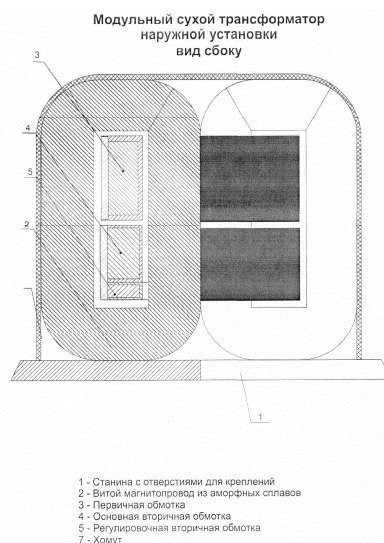
Хомут изготавливается из ленточной нержавеющей стали с элементами крепления.

Станина штампуется из листовой стали и покрывается антикоррозийным покрытием.

Магнитопровод с обмотками устанавливается на станине и закрепляется хомутом. На станину винтами закрепляется переключатель анцапфы. На анцапфу подключаются выводы низковольтных (основного и регулировочного) обмоток.

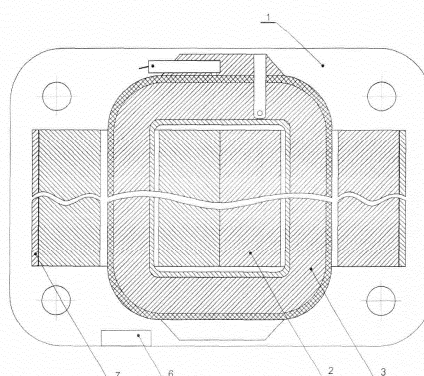
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Модульный сухой трансформатор наружной установки, содержащий станину с хомутом для крепления витых овальных магнитопроводов из аморфных сплавов, снижающих потери трансформатора от 4 до 10 раз, с верхним косым срезом, в окно которых смонтированы основная и регулировочная вторичные, соединенные через переключатель анцапфы, и первичная обмотки, отличающийся тем, что для термической и динамической устойчивости указанные обмотки, намотанные отдельными модулями на полиамидных каркасах, изготовлены из алюминиевой или медной фольги с припаянными необходимой длины гибкими вводами, выполненными из рентгеновских кабелей с изоляцией из кремнеорганической резины, которая является маслостойкой, морозостойкой ($-50, +50^{\circ}\text{C}$), выдерживающей испытательное напряжение 70 кВ, не разрушающейся на открытом воздухе и сохраняющей изолирующие свойства в течение 30 лет, а также тем, что наружная изоляция обмоток выполняется вместо эпоксидных компаундов термоусадочными полимерными трубками, стойкими к солнечной радиации, агрессивным средам и атмосферным явлениям, не подверженным вредным атмосферным воздействиям, что обеспечивает модульный принцип производства и сборки сухих трансформаторов, которые при необходимости можно перегружать на 50% путем установки вентилятора для охлаждения с запуском от термодатчика.



Фиг. 1

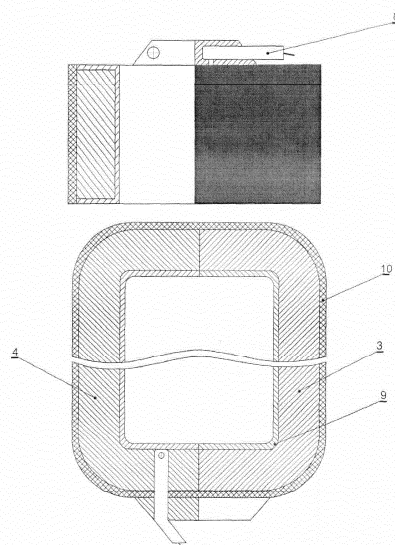
Модульный сухой трансформатор
наружной установки
вид сверху



- 1 - Станина с отверстиями для креплений
- 2 - Витой магнитопровод из аморфных сплавов
- 3 - Первичная обмотка
- 6 - переключатель анцапфы
- 7 - Хомут

Фиг. 2

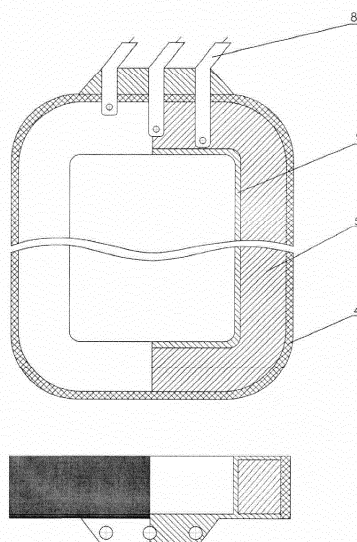
Первичная и вторичная основная обмотки



- 3 - Первичная обмотка
- 4 - Основная вторичная обмотка
- 8 - Кабельные вводы с изоляцией из кремнеорганической резины
- 9 - Каркас из полиамидного полимера

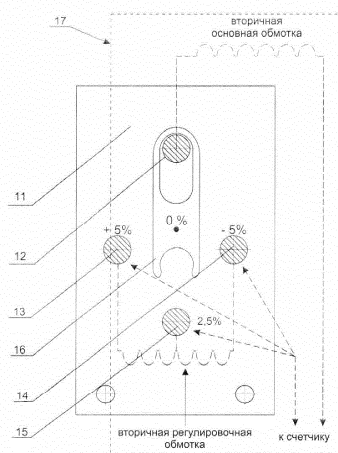
Фиг. 3

Вторичная регулировочная обмотка



- 5 - Регулировочная вторичная обмотка
 8 - Кабельные вводы с изоляцией из кремнеорганической резины
 9 - каркас из полиамидного полимера
 10 - Термоусадочная полимерная трубка с клеем или герметиком

Фиг. 4

Переключатель анцапфы
и схема подключения
вторичных обмоток

- 11 - плата переключателя анцапфы с отверстиями для крепления
 12 - шпилька основной вторичной обмотки
 13, 14, 15 - шпильки регулировочной вторичной обмотки
 16 - ламель переключения
 17 - схема подключения вторичных обмоток

Фиг. 5

