

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202292172 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.09.29

(51) Int. Cl. H01F 27/24 (2006.01)  
H01F 29/00 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2022.08.01

(54) ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР И СПОСОБ ЕГО  
ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(31) 2022/0193.2; 2022/0663.2

(72) Изобретатель:

(32) 2022.03.09; 2022.07.29

Ерметов Сардор Алханович,  
Жумагалиев Ерлан Уланович, Камбар  
Раушан Пернетайкызы (KZ)

(33) KZ

(96) KZ2022/042 (KZ) 2022.08.01

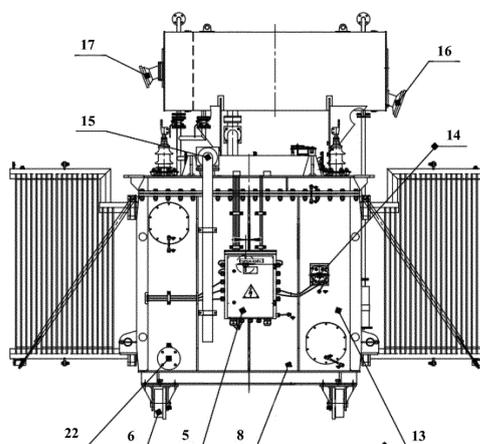
(71) Заявитель:

(74) Представитель:

ТОВАРИЩЕСТВО  
С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТРЕНКО  
АРЭНДИ" (KZ)

Уткелбаев С.Р. (KZ)

(57) Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано на объектах электрических сетей. Техническим результатом является наличие добавочного напряжения в основную обмотку трансформатора для увеличения его предела регулирования напряжения в целях сохранения качества электроэнергии, уменьшение потерь холостого хода и короткого замыкания, повышение электрической прочности. В линейном регулировочном трансформаторе радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, в корпусе размещены две отдельные активные части - активная часть последовательного трансформатора с последовательной и возбуждающей обмотками и активная часть автотрансформатора с регулировочной обмоткой и устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). А в способе изготовления линейного регулировочного трансформатора проводят сборку активной части трансформатора, изготовления остова трансформатора с косым стыком, установки на магнитопровод обмотки высокого и низкого напряжений после прессовки и сушки, проводят сушку активной части трансформатора в вакуумно-сушильной камере, далее устанавливают в корпус трансформатора активную часть с изоляторами и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизации, затем заливают в корпус трансформаторное масло.



A1

202292172

202292172

A1

## ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Изобретение относится к области электротехники, в частности к линейным регулировочным трансформаторам и способам их изготовления, и может быть использовано на объектах электрических сетей, а именно для установки в электрических сетях для возможности регулирования подаваемого напряжения при снижении рабочей мощности.

Промышленное оборудование чувствительно к отклонениям напряжения. Вентильные преобразователи обычно имеют систему автоматического регулирования постоянного тока путем фазового управления. При повышении напряжения в сети угол регулирования автоматически увеличивается, а при понижении напряжения уменьшается. Повышение напряжения на 1% приводит к увеличению потребления реактивной мощности преобразователем примерно на 1-1,4%, что приводит к ухудшению коэффициента мощности. Электрические печи чувствительны к отклонениям напряжения. Понижение напряжения электродуговых печей, например, на 7% приводит к удлинению процесса плавки стали в 1,5 раза. Повышение напряжения выше 5% приводит к перерасходу электроэнергии. Отклонения напряжения отрицательно влияют на работу электросварочных машин.

Учитывая вышеизложенное, поддержание необходимого уровня напряжения становится очень важной составляющей систем электроснабжения, что придает актуальность освоения линейных регулировочных трансформаторов.

Наиболее близким аналогом по технической сущности к заявленного изобретения является трансформатор и способ его изготовления, описанные в патенте ЕА 001635 В1, включающий корпус, расширитель, вводы, изоляторы и размещенные внутри корпуса активную часть с магнитопроводом, обмотками, отводами и системой охлаждения, а также содержащий сердечник и, по меньшей мере, одну обмотку, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоток и отводов с последующим их установкой в корпус трансформатора вместе с изоляторами, расширителем и системой охлаждения, при котором осуществляют изготовление сердечника, содержащего, по меньшей мере, два сегмента, которые соединяют, чтобы сформировать упомянутый сердечник, и установку обмотки на упомянутый сердечник, причем упомянутая обмотка является гибкой и включает электропроводящую сердцевину, окруженную внутренним полупроводящим слоем, изолирующий слой из твердого материала, окружающий указанный внутренний полупроводящий слой, и внешний полупроводящий слой, окружающий указанный изолирующий слой, причем указанные слои соединены друг с другом, при этом обмотки сердечника наматывают на сегмент до того, как

сегменты соединяют для формирования сердечника /ЕА 001635 В1, опубл. 25.06.2001 г./.

Недостатками данного аналога являются наличие высоких вибрационных и шумовых характеристик.

Задачей полезной изобретения является разработка новой усовершенствованной конструкции линейного регулировочного трансформатора ЛТМН-16000/10 и способа его изготовления с улучшенными характеристиками.

Техническим результатом является наличие добавочного напряжения в основную обмотку трансформатора для увеличения его предела регулирования напряжения в целях сохранения качества электроэнергии, уменьшение потерь холостого хода и короткого замыкания, повышение электрической прочности, благодаря чему повышается качество передачи электроэнергии, увеличивается КПД и жизненный цикл линейного регулировочного трансформатора.

Это достигается тем, что линейный регулировочный трансформатор, включающий корпус, расширитель, вводы, изоляторы и размещенные внутри корпуса активную часть с магнитопроводом, обмотками, отводами и системой охлаждения, согласно полезной изобретению, радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, в корпусе размещены две отдельные активные части – активная часть последовательного трансформатора с последовательной и возбуждающей обмотками и активная часть автотрансформатора с регулировочной обмоткой и устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН), причем вышеупомянутые две отдельные активные части между собой сообщены посредством устройства регулирования напряжения под нагрузкой, магнитопровод каждой активной части изготовлен из электротехнической стали марки NV27S-110 с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг с изоляционными материалами и обмотками высокого и низкого напряжений, остов трансформатора выполнен с косым стыком.

Это также достигается тем, что способ изготовления линейного регулировочного трансформатора, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоток и отводов с последующим их установкой в корпус вместе с изоляторами, расширителем и системой охлаждения, согласно изобретению, проводят сборку активной части трансформатора путем изготовления магнитопровода из электротехнической стали марки NV27S-110 с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг с использованием изоляционных материалов, изготовления остова трансформатора с косым стыком, установки на магнитопровод обмотки высокого и низкого напряжений после прессовки и сушки, проводят сушку активной части трансформатора в вакуумно-сушильной камере при температуре 100-110°C в течение 11-12 часов, далее устанавливают в корпус трансформатора активную часть с изоляторами и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизацией, затем заливают в корпус трансформаторное масло при температуре 55-65°C.

Потери холостого хода – это потери, которые присутствуют в трансформаторе, подключенном к сети, независимо от его загрузки.

Потери короткого замыкания – это потери, зависящие от загрузки трансформатора.

Электрическая прочность — одна из важнейших характеристик трансформатора, определяющая его надежность и пригодность в эксплуатации. Электрическая прочность обеспечивается соответствующим устройством изоляции токопроводящих частей от заземленных элементов конструкции трансформатора.

Отличительные особенности трансформатора ЛТМН-16000/10:

- Если в стандартных силовых трансформаторах обмотки первичного и вторичного напряжения размещены в одной общей активной части, то трансформатор ЛТМН-16000/10 состоит из двух отдельных активных частей размещенных в одном общем баке: активной части последовательного трансформатора (с последовательной и возбуждающей обмотками) и активной части автотрансформатора (с регулировочной обмоткой и устройством РПН), связь между которыми осуществляется через переключающее устройство РПН;

- Если функцией силового трансформатора является преобразование одной величины переменного напряжения и тока в другую величину переменного напряжения и тока той же частоты без изменения её передаваемой мощности, то трансформатор ЛТМН-16000/10 вводит добавочное напряжение в основную обмотку самого силового трансформатора для увеличения его предела регулирования напряжения для сохранения качества электроэнергии.

Трансформатор состоит из следующих основных частей - две активные части, включающие остова, обмотки последовательной обмотки, возбуждающей обмотки и регулировочной обмотки (автотрансформатора), изоляцию, отводы, устройство РПН, бак с арматурой, вводы, система охлаждения, установка расширителя, контрольно-измерительные приборы, устройства защиты и т.д.

Трансформатор состоит из активной части последовательного трансформатора (с последовательной и возбуждающей обмотками) и активной части автотрансформатора (с регулируемой обмоткой и устройством РПН), помещенных в общий бак с маслом.

Остов трансформатора состоит из магнитопровода и конструктивных элементов, обеспечивающих:

- стяжку магнитопровода и механическую прочность остова;
- изоляцию между магнитопроводом и металлическими элементами его стяжки;
- заземление магнитопровода и массивных элементов стяжки;
- установку и фиксацию на остове обмоток.

Магнитопровод трансформатора шихтуется из листов холоднокатаной электротехнической стали, толщиной 0,27 мм с низкими удельными потерями,

по способу step-lap (полный косой стык). Стяжка стержня и вертикальной части боковых ярем выполняется стальными полосами и бандажами из стеклоленты, стяжка горизонтальных участков ярем - бандажами из стеклоленты. Магнитная система последовательного трансформатора и автотрансформатора стержневая, с отверстиями в активной стали. Верхние и нижние ярмовые балки соединяются стальными полосами, одновременно служащими для стяжки стержня. На верхних ярмовых балках имеются приспособления для подъема остова. Подъем активной части трансформатора производится за подъёмное устройство, установленное на крышке бака.

Обмотки выполняются из медного провода, изолированного кабельной бумагой. Расположение обмоток последовательного трансформатора концентрическое: первой на стержне располагается возбуждающая обмотка, затем последовательная.

Изоляция между обмотками и от обмоток до заземленных частей маслобарьерная. Выполняется из набора изоляционных цилиндров, шайб, реек, прокладок, опорных колец. Масляные каналы способствуют лучшей циркуляции масла, охлаждению обмоток и магнитопровода.

Отводы от концов обмоток выполняются медными кабелями, шинами, имеющими необходимую изоляцию и крепление. Ответвления от обмотки регулировочного автотрансформатора подведены к контактам избирателя устройства РПН.

Для прессовки обмоток служат нижние изоляционные опорные кольца, установленные под обмотками и ярмовой изоляцией, опорой которых являются нижние ярмовые балки, и верхние прессующие изоляционные кольца, установленные над верхней ярмовой изоляцией.

Активная часть устанавливается на дно бака. Активная часть в продольном и поперечном направлении закреплена в баке шипами, распорными винтами.

Устанавливаемые на трансформаторе переключающие устройства РПН обеспечивают изменение напряжения на вводах «Z», «X», «Y» в пределах  $\pm 15\%$  от уровня номинального напряжения. При этом шаг регулировки составляет 1,5%.

Бак трансформатора выполнен с верхним разъемом. Механическая прочность обеспечивает транспортирование трансформатора, залитого маслом, на железнодорожном транспорте и автотранспорте, а также подъем полностью собранного трансформатора домкратом или краном. На баке имеются промаркированные соответствующим обозначениями подъемные приспособления для подъема трансформатора краном, площадки для установки домкратов, а также специальные отверстия для перекачки трансформатора. Подъем бака или полностью собранного трансформатора производится за подъёмное устройство на баке. Подъем трансформатора (при необходимости установить катки или изменить направление передвижения) может быть произведен при помощи домкратов за четыре специальные скобы,

приваренные к баку и рассчитанные на подъем полностью собранного трансформатора с маслом.

На баке расположены патрубки, фланцы и другие посадочные места для установки вводов, предохранительных клапанов, системы охлаждения, устройства РПН, другой арматуры по ГОСТ 11920-85.

На трансформаторе устанавливается расширитель с дополнительным отсеком для контактора устройства РПН. Расширитель сообщается с атмосферой через силикагелевый воздухоосушитель. Расширитель имеет стрелочный маслоуказатель (два маслоуказателя, если расширитель с отсеком устройства РПН).

На трансформаторе устанавливаются съемные маслоподпорные вводы с фарфоровой изоляцией. Монтаж и замена вводов производится без слива масла ниже уровня прессующих колец.

Применяемый тип системы охлаждения М - комплектуются радиаторами. Наружная и внутренняя поверхность радиаторов защищена покрытием.

Трансформатор комплектуется следующей измерительной, контрольной, сигнальной аппаратурой и приборами:

- установка на отводах возбуждающей обмотки на фазах «А» и «С» встроенных трансформаторов тока. Они обеспечивают текущее измерение токов и релейную защиту.

- термометрами манометрическими сигнализирующими;
- указателем уровня масла стрелочного типа с сигнализацией о минимальном и максимальном уровне масла;
- указателем положения устройства РПН;
- автоматическим регулятором напряжения;
- газовым реле, устанавливаемым на трубопроводе между баком трансформатора и его расширителем;
- защитным реле РПН;
- предохранительным клапаном с контактами для сигнализации о срабатывании.

На фигурах 1-5 изображена наглядная схема линейного регулировочного трансформатора (ЛТМН-16000/10), на котором обозначены следующие элементы:

1 – ввод последовательного трансформатора; 2 – ввод автотрансформатора; 3 – узел заземления активной части и магнитной системы на бак; 4 – расширитель трансформатора; 5 – клеммная коробка; 6 – каретка; 7 – радиатор; 8 – пробка для отбора пробы масла из бака; 9 – фильтр термосифонный; 10 – поддомкратная площадка; 11 – привод РПН; 12 – устройства РПН; 13 – бак; 14 – индикатор температуры масла для трансформатора; 15 – клапан сброса давления; 16 – указатель уровня масла основного отсека расширителя; 17 – указатель уровня масла в отсеке РПН расширителя; 18 – защитное реле трансформатора; 19 – защитное реле РПН; 20 – воздухоосушитель для основного отсека расширителя; 21 –

воздухоосушитель для отсека РПН; 22 – вентиль Ду80 для заливки, слива и подключения маслоочистительной установки; 23 – обмотки ПО, ВО и РО трансформатора; 24 – остов трансформатора; 25 – активная часть трансформатора.

На фигуре 6 изображена принципиальная схема одной фазы линейного регулировочного трансформатора (ЛТМН-16000/10), на котором обозначены следующие позиции:

ПТ – последовательный трансформатор; ПО – последовательная обмотка; ОВ – обмотка возбуждающая; ПР – переключатель реверсирования; Л – линия; РО – регулировочная обмотка; К1 – контакт №1; П1 – переключатель №1; К2 – контакт №2; П2 – переключатель №2.

На фигурах 7-8 изображена наглядная схема активной части линейного регулировочного трансформатора, на котором обозначены следующие элементы:

26 – лапа; 27 – остов последовательного трансформатора (ПТ); 28 – остов автотрансформатора (АТ); 29 – обмотки ПТ; 30 – обмотки АТ; 31 – отводы ПТ; 32 – отводы регулировочного трансформатора (РТ); 33 – болт специальный; 34 – шайба специальная; 35 – лента заземления; 36 – устройство РПН; 37 – трансформаторы тока.

Остов трансформатора – основная несущая конструкция трансформатора. Остов состоит из магнитопровода и конструктивных элементов – ярмовых прессующих балок, бандажей, стяжных шпилек, изоляционных деталей и т.д. Магнитопровод служит целью, по которой замыкается магнитный поток трансформатора, пронизывающий обмотки. Магнитопровод состоит из собранных отдельных пластин электротехнической стали, электрически изолированных друг от друга. Части магнитопровода, на которых расположены обмотки, называют стержнями; части, не несущие обмоток, называют ярмами. Ярмовые балки, располагаемые по обеим сторонам верхнего и нижнего ярма, стягивают и прессуют их. Ярмовые балки образуют опору для обмоток и снабжаются устройством для их прессовки. За ярмовые балки производят подъем остова и собранной активной части.

Изобретение работает следующим образом.

Пример.

Линейные трансформаторы устанавливаются в электрических цепях для возможности регулирования подаваемого напряжения при снижении рабочей мощности. Катушки создают электромагнитное поле, которое разряжается, когда уменьшается сила тока в цепи. Таким образом обеспечивается подача стабильного электричества.

Трансформатор состоит из двух отдельных активных частей размещенных в одном общем баке: активной части последовательного трансформатора ПТ (с последовательной ПО и возбуждающей обмотками ВО) и активной части автотрансформатора АТ (с регулировочной обмоткой РО и устройством РПН), связь между которыми осуществляется через переключающее устройство РПН.

Изготовление и сборка трансформатора осуществляется в следующем порядке:

1. Намотка обмоток ПО (тип винтовая), ВО (тип непрерывная) и РО (тип винтовая) с медными проводами, проверка на соответствие размерам и правильность сечений, опрессовка обмоток для обеспечения динамической стойкости к токам короткого замыкания;

2. Резка пластин и сборка магнитопровода последовательного трансформатора (ПТ) и автотрансформатора (АТ) из анизотропной электротехнической стали с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг по методу полного косо́го стыка «СТЭП-ЛЭП»;

3. Сборка остова ПТ и АТ (основной несущей конструкции трансформатора) на сборочном столе с установкой ярмовых балок, лап, хомутов, прижимных пластин;

4. Посадка обмоток на остов путем установки верхних и нижних уравнивающих изоляций, прессующих колец и изоляционных подкладок для обеспечения электрической прочности трансформатора;

5. Пайка и изолировка отводов ПТ и АТ, соединение отводов с переключающим устройством РПН и вводами;

6. Сушка активной части в вакуумно-сушильной камере при температуре 105°C в течение 11-12 часов;

7. Изготовление корпуса трансформатора - бака и крышки: проверка корпуса на герметичность и его покраска;

8. Сборка трансформатора – объединение корпуса трансформатора с активными частями ПТ и АТ, и заливка масла при температуре 60°C;

9. Проведение приемо-сдаточных испытаний - измерение технических характеристик: потерь холостого хода и потерь короткого замыкания, электрической прочности в зале высоковольтных испытаний на специализированный стендах:

Пример работы трансформатора:

От регулировочной обмотки (РО) автотрансформатора (АТ) через контакты переключателя РПН П1 и П2 питается обмотка возбуждения (ВО) последовательного трансформатора (ПТ). В последовательной обмотке (ПО), включенной в рассечку линии, наводится ЭДС  $\Delta E$ , величина которой зависит от положения контактов переключателей РПН на регулировочной обмотке, а направление - от положения переключателя реверсирования (ПР) РПН.

В положении, показанном на фигуре 1, отрегулированное напряжение в линии (точка b) выше подведенного (точка a), так как наводимое ЭДС в данном случае прибавляется к значению напряжения в линии (+ $\Delta E$ ).

При необходимости снижения выдаваемого напряжения переключатели П1 и П2 переводятся на одно ответвление вверх по направлению к

ответвлению 10. После достижения последнего ответвления 10, переключатель реверсирования (ПР) переходит из положения 1 в положение 2, а переключатели П1 и П2, вращаясь по кругу (ответвления 10 и 1 находятся рядом), на ответвление 1. Направление ЭДС в последовательной обмотке изменится на обратное (-ΔE), и передвижение переключающего устройства вверх от ответвления 1 к ответвлению 10 будет приводить к дальнейшему понижению напряжения в точке в. Повышение выдаваемого напряжения идет в обратном порядке.

Основные электротехнические параметры трансформатора указаны ниже:

1. Уровень потерь холостого хода - при полном согласном включении последовательной обмотки (1-е положение РПН) - 4071 Вт, при полном встречном включении последовательной обмотки (23-е положение РПН) - 4072 Вт;

2. Уровень потерь короткого замыкания - при полном согласном включении последовательной обмотки (1-е положение РПН) - 31713 Вт, при полном встречном включении последовательной обмотки (23-е положение РПН) - 16598 Вт;

3. Уровень электрической прочности - трансформатор выдержал испытание повышенным напряжением 35кВ промышленной частоты 50 Гц в течение 60 секунд и повышенным индуктированным напряжением частотой 200 Гц в течение 30 секунд согласно требованиям ГОСТ 1516.1 и ГОСТ 22756;

Для изготовления трансформатора все технологические процессы осуществляются на следующих технологических участках:

- участок продольной резки электротехнической стали для технологической обработки стали для магнитной системы трансформатора;
- участок поперечной резки электротехнической стали для технологической обработки стали для магнитной системы трансформатора;
- участок намотки для изготовления обмотки трансформатора;
- участок сборки магнитопровода и установки обмоток трансформатора;
- участок сборки схемы и группы соединения обмоток и сушки;
- участок сборки для посадки в бак, монтажа вводов и заливки маслом;
- участок сварки для изготовления металлоконструкции бака и покраски;
- изоляционный участок для изготовления изоляционных изделий трансформатора;
- испытательная лаборатория для проведения испытаний опытного образца.

Весь производственный цикл осуществляется на технологическом оборудовании:

- Линия продольной резки электротехнической стали SL-1000 для технологической обработки стали для магнитной системы трансформатора;
- Линия поперечного раскроя электротехнической стали;
- Шихтовочный стол с рабочими платформами, для сборки магнитопровода трансформатора;
- Намоточные станки;
- Установка для вакуумной сушки активной части трансформатора в парах сольвента VPD 400;
- Установка подготовки масла;
- Испытательная лаборатория для проведения испытаний трансформатора.

К преимуществам заявленного изобретения относятся:

- применение изоляционных материалов производителя «Weidmann» и «Dehonit»;
- применение электротехнической стали марки NV27S-110 с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг.

Регулировочные трансформаторы типа ЛТМН-16000/10 устанавливаются под открытым небом и используются для продольного регулирования напряжения сети (в фазе и в противофазе) под нагрузкой с целью регулирования напряжения в электрических сетях 10 кВ в тех случаях, когда необходимое значение уровня напряжения в конкретной сети не может быть обеспечено существующими методами регулирования силовых трансформаторов сети. В расщелку линии трансформаторы включаются последовательно с обмоткой низкого напряжения автотрансформатора или силового трансформатора.

Условное обозначение трансформатора соответствует нижеследующему:

Л – линейный; Т – трехфазный; М – естественная циркуляция воздуха и масла; Н – регулирование напряжения под нагрузкой (РПН); 16000 – номинальная проходная мощность трансформатора, кВА; 10 – класс напряжения, кВ.

Условия эксплуатации трансформатора – продолжительная работа в невзрывоопасной окружающей среде, не содержащей токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

#### Основные технические параметры трансформатора

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Параметр
1	Тип		ЛТМН-16000/10
2	Схема и группа соединения трансформатора		III/II-Ун авто-0
3	Входное напряжение	кВ	11
4	Проходная (номинальная) мощность	кВА	16 000
5	Номинальная частота питающей сети	Гц	50
6	Напряжение КЗ обмоток		

6.1	При полном согласном включении последовательной обмотки	%	10,8
6.2	При полном встречном включении последовательной обмотки	%	8,0
7	Потери КЗ		
7.1	При полном согласном включении последовательной обмотки	кВт	35
7.2	При полном встречном включении последовательной обмотки	кВт	20
8	Потери холостого хода		
8.1	При полном согласном включении последовательной обмотки	кВт	8,0
8.2	При полном встречном включении последовательной обмотки	кВт	8,0
9	Ток холостого хода		
9.1	При полном согласном включении последовательной обмотки	%	2,0
9.2	При полном встречном включении последовательной обмотки	%	2,0
10	Допуски на величины		пункты 6.1-6.2 - $\pm 15\%$ пункты 7.1-7.2 - $+10\%$ пункты 8.1-8.2 - $+15\%$ пункты 9.1-9.2 - $+30\%$ коэффициент трансформации $\pm 1,5\%$
11	Ток регулировочной обмотки, min/max	А	730-988
12	Диапазон регулирования напряжения	В	$\pm 1650$
13	Испытание изоляции напряжением промышленной частоты длительностью 1 мин	кВ	35
14	Вид системы охлаждения		М
15	Сейсмичность по MSK-64	баллы	6
16	Длина пути тока утечки,	мм/кВ	2,25
17	Климатическое исполнение		У1
	Наружная температура:		
18	минимальная	°С	-45
	максимальная	°С	+40
19	Высота над уровнем моря	м	$\leq 1000$
20	Установка		наружная
21	Материал обмоток		медь
22	Линейные вводы и выводы	да/нет	да (вводы "масло-воздух" маслоподпорного типа, наружная изоляция фарфора)
23	Конструкция вводов и трансформатора должна допускать демонтаж и установку вводов без съема крышки или верхней части бака, выемки активной части из бака	да/нет	да

	и слива масла ниже уровня прессующих колец		
24	Встроенные трансформаторы тока на фазах "А" и "С" на отводах возбуждающей обмотки	да/нет	да
25	Коэффициент трансформации встроенных трансформаторов тока:		200-300-400-600/5
26	Превышения температуры отдельных элементов трансформатора над температурой окружающей среды, не более: - для обмоток; - для масла в верхних слоях; - для магнитопровода и элементов конструкции	°С	65 60 75
27	Допустимые систематические нагрузки и перегрузки		согласно ГОСТ 14209
28	Емкость расширителя должна обеспечивать постоянно наличие в нем масла при всех режимах работы трансформатора	да/нет	да
29	Система дыхания расширителя должна осуществляться через воздухоосушитель с силикагелем	да/нет	да
30	Маслоуказатель должен быть стрелочного типа и включать в себя датчики минимального и максимального уровня масла	да/нет	да
31	Тип РПН		с гашением дуги в масле
32	Ресурс по механической износостойкости устройства РПН без электрической нагрузки, переключений не менее		500 000
33	Ресурс по электрической износостойкости контактов контакторов устройств РПН, разрывающих ток при переключении, не менее		250 000
34	Питание цепи управления РПН	В, Гц	~ 220, 50 (1ф+N)
35	Питание цепи сигнализации РПН	В	= 220
36	Питание двигателя РПН	В, Гц	~ 380, 50 (3ф+N)
37	Датчик положения ступеней РПН	да/нет	да
38	Индикатор температуры масла РПН		в комплекте с РПН
39	Индикатор температуры масла	да/нет	да
40	Указатель уровня масла в расширителе со шкалой и контактами сигнализации	да/нет	да
41	Пластинчатые радиаторы	да/нет	да
42	Табличка с паспортными данными	да/нет	да
43	Наличие крюков или иных устройств для подъема полностью собранного и заполненного маслом трансформатора	да/нет	да
44	Кабелей от всех приборов подведены к клеммной коробке, которая устанавливается на баке трансформатора	да/нет	да

	на высоте, доступной с уровня земли.		
45	Предохранительный клапан для защиты от повышения давления в баке сверхдопустимого. Клапан снабжен контактами для сигнализации о срабатывании.	да/нет	да
46	Газовое реле с двумя сигнальными и двумя отключающими контактами. (реле Бухгольца).		да
47	Колея продольная / поперечная, мм		с ребордами 1524/1524
48	Тип используемого масла		минеральное
49	Цвет бака трансформатора		RAL 7045
50	Приемосдаточные испытания		в объеме и по методике ГОСТ 11677-85.
51	Испытательное напряжение внутренней и внешней изоляции		согласно ГОСТ 1516.1-76
52	Установленная наработка на отказ, часов, не менее		25 000
53	Средний срок службы	лет	25

Напряжения и токи в обмотках трансформатора с номинальным напряжением сети 11000 В в зависимости от положения указателя устройства РПН приведены в таблице 2. В таблице 2 знак «+» в графе «линейное напряжение последовательной обмотки» показывает, что это напряжение и напряжение линии складываются при положениях указателя устройства РПН 1 – 11. Знак «-» показывает, что напряжения вычитаются при положениях указателя устройства РПН 12 – 23.

Таблица 2.

Переключающее устройство		Линия X, Y, Z		Фазное напряжение на возбуждающей обмотке, В	Линейное напряжение последовательной обмотки, В	
Положение указателя устройства РПН	Положение контактов		Напряжение, В			Ток, А
	Предизбратель	Избирателя				
1	0 – (+)	1	9350,0	988,0	+6350	+1650
2		2	9515,0	970,8	+5715	+1485
3		3	9680,0	954,3	+5080	+1320
4		4	9845,0	938,3	+4445	+1155
5		5	10010,0	922,8	+3810	+990
6		6	10175,0	907,9	+3175	+825
7		7	10340,0	893,4	+2540	+660
8		8	10505,0	879,4	+1905	+495
9		9	10670,0	865,8	+1270	+330
10		10	10835,0	852,6	+635	+165
11		11	11000,0	839,8	0	0
12	/	К	11000,0	839,8	0	0
13		1	11000,0	839,8	0	0
14		2	11165,0	827,4	-635	-165
15		3	11330,0	815,3	-1270	-330
16		4	11495,0	803,6	-1905	-495

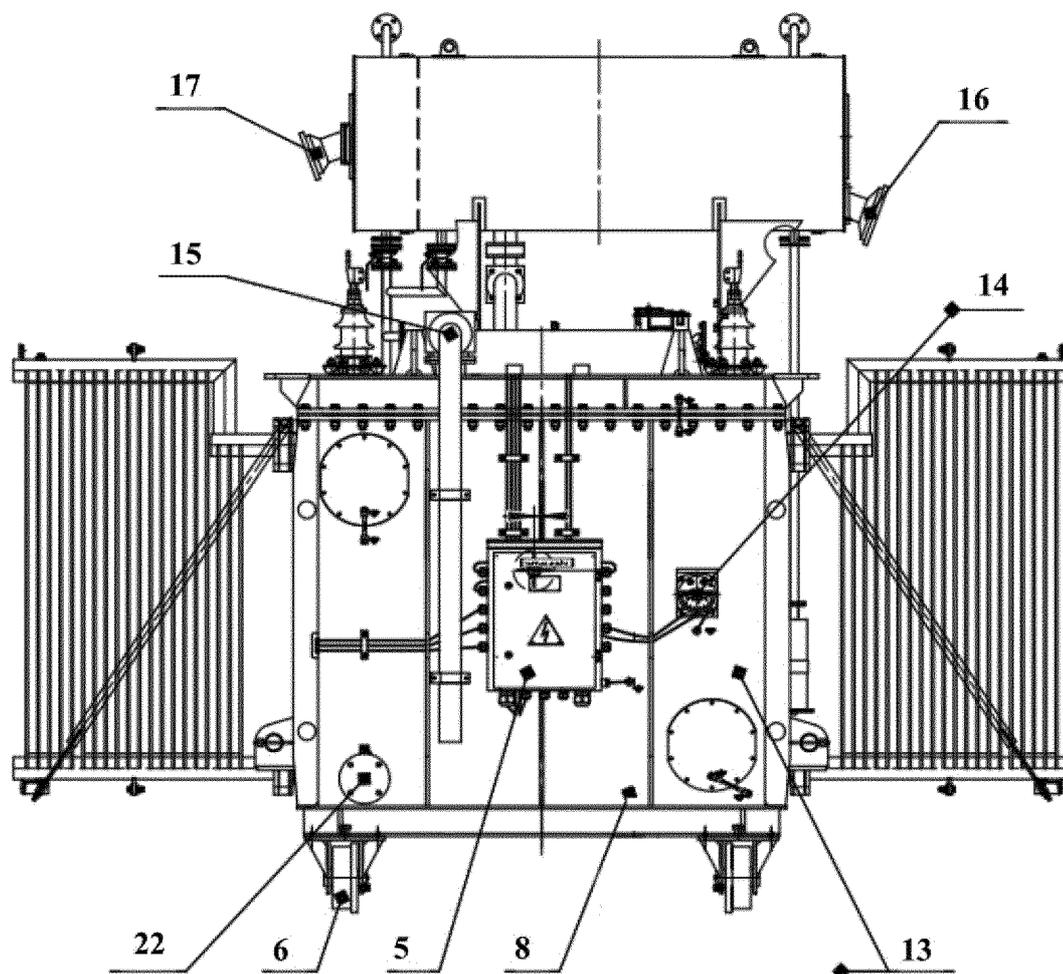
17	0 - (-)	5	11660,0	792,2	-2540	-660
18		6	11825,0	781,2	-3175	-825
19		7	11990,0	770,4	-3810	-990
20		8	12155,0	760,0	-4445	-1155
21		9	12320,0	749,8	-5080	-1320
22		10	12485,0	739,9	-5715	-1485
23		11	12650,0	730,2	-6350	-1650

## Формула изобретения

1. Линейный регулировочный трансформатор, включающий корпус, расширитель, вводы, изоляторы и размещенные внутри корпуса активную часть с магнитопроводом, обмотками, отводами и системой охлаждения, *отличающийся тем, что* радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, в корпусе размещены две отдельные активные части – активная часть последовательного трансформатора с последовательной и возбуждающей обмотками и активная часть автотрансформатора с регулировочной обмоткой и устройством регулирования напряжения под нагрузкой, причем вышеупомянутые две отдельные активные части между собой сообщены посредством устройства регулирования напряжения под нагрузкой, магнитопровод каждой активной части изготовлен из электротехнической стали марки NV27S-110 с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг с изоляционными материалами и обмотками высокого и низкого напряжений, остов трансформатора выполнен с косым стыком.

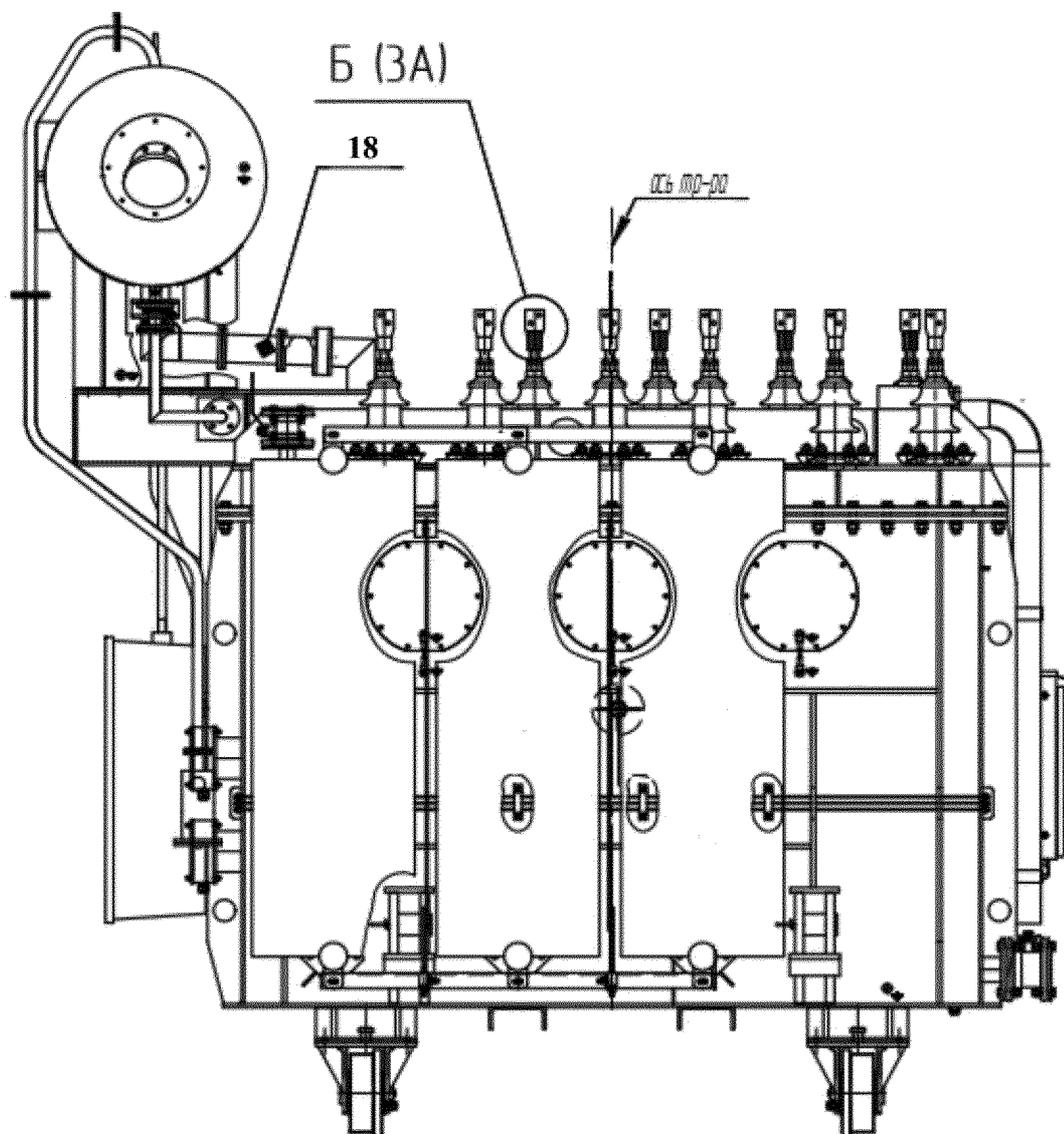
2. Способ изготовления линейного регулировочного трансформатора, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоток и отводов с последующим их установкой в корпус вместе с изоляторами, расширителем и системой охлаждения, *отличающийся тем, что* проводят сборку активной части трансформатора путем изготовления магнитопровода из электротехнической стали марки NV27S-110 с удельными потерями не более 1,1 Вт/кг с использованием изоляционных материалов, изготовления остова трансформатора с косым стыком, установки на магнитопровод обмотки высокого и низкого напряжений после прессовки и сушки, проводят сушку активной части трансформатора в вакуумно-сушильной камере при температуре 100-110°C в течение 11-12 часов, далее устанавливают в корпус трансформатора активную часть с изоляторами и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизацией, затем заливают в корпус трансформаторное масло при температуре 55-65°C.

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



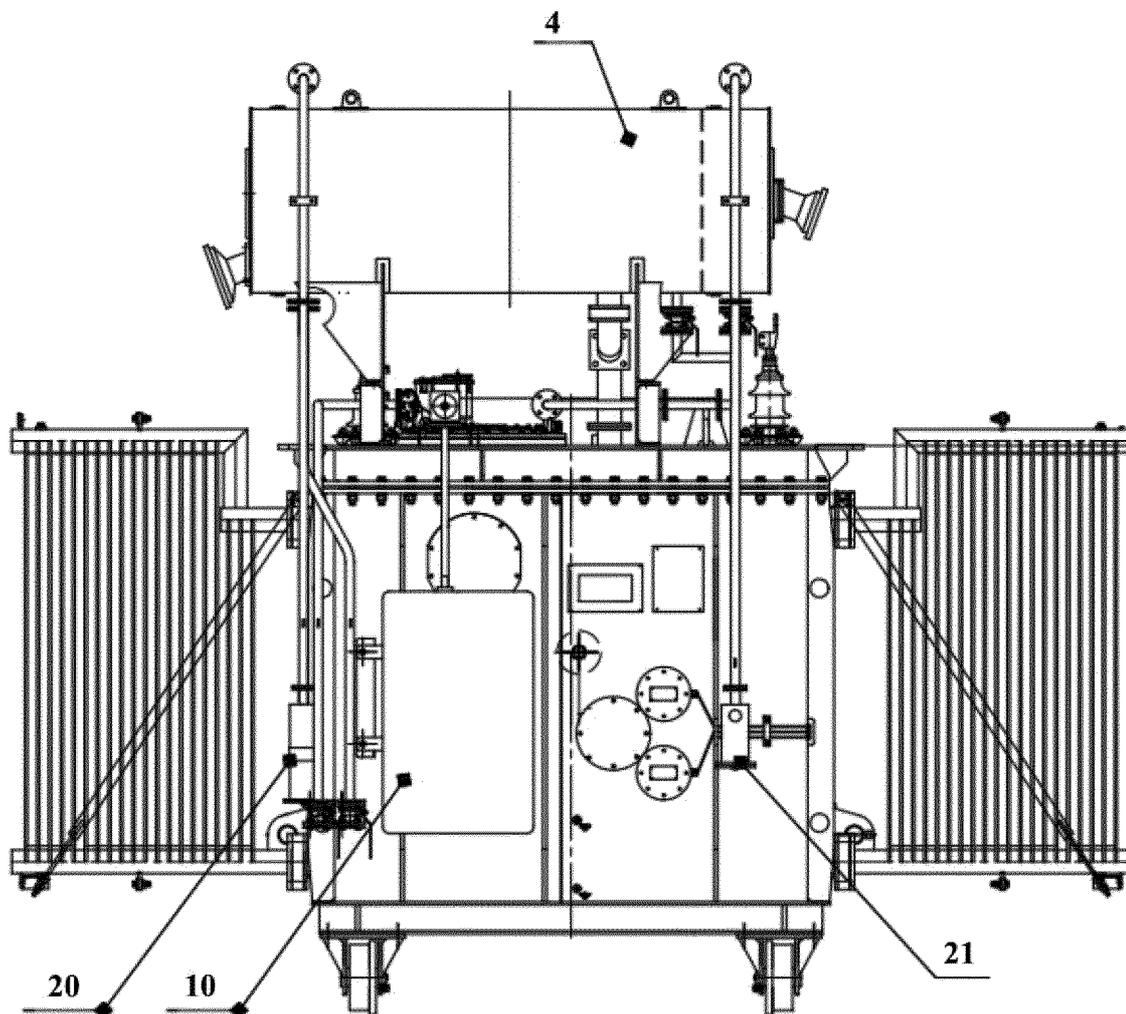
Фигура 1

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



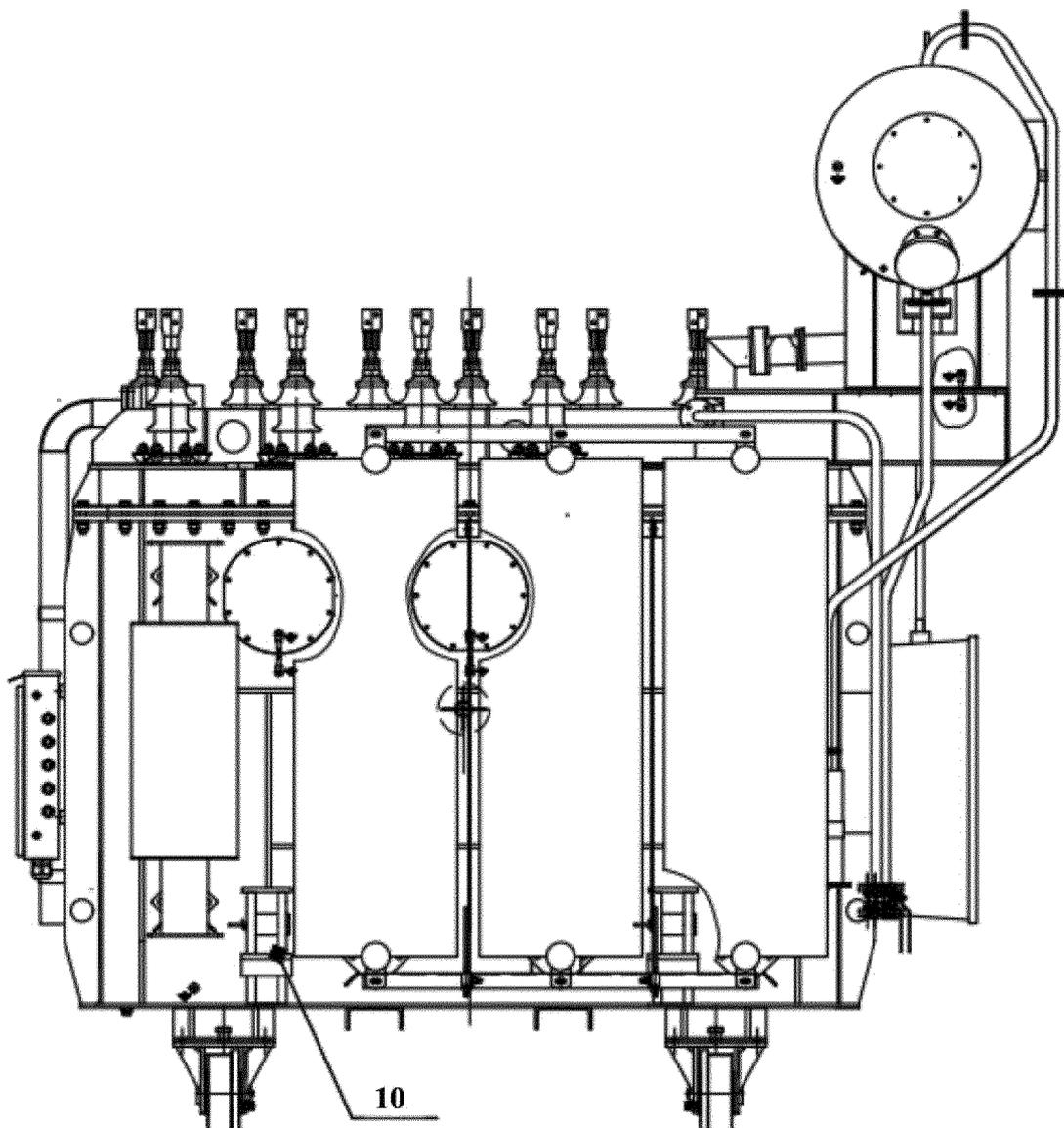
Фигура 2

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



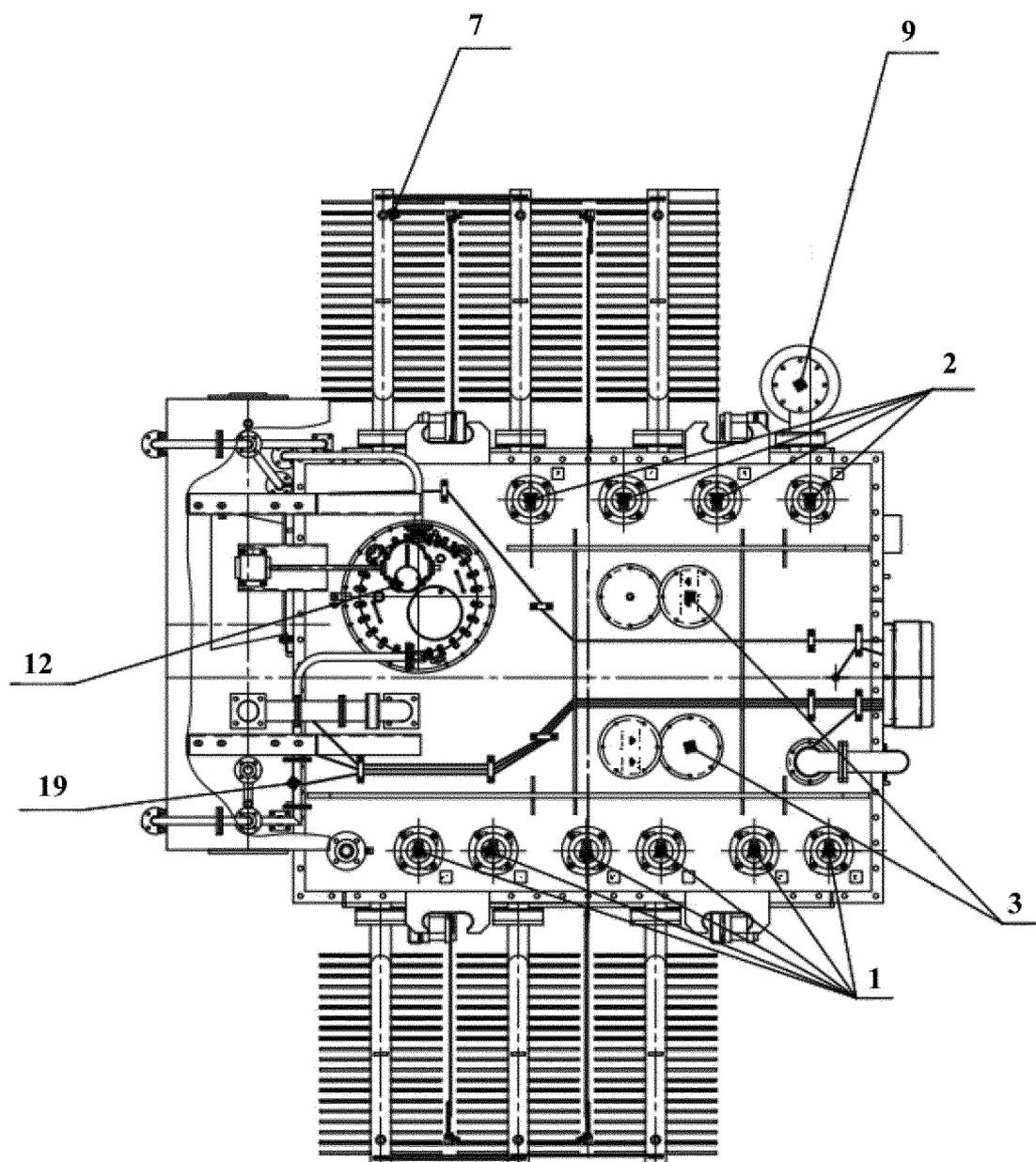
Фигура 3

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



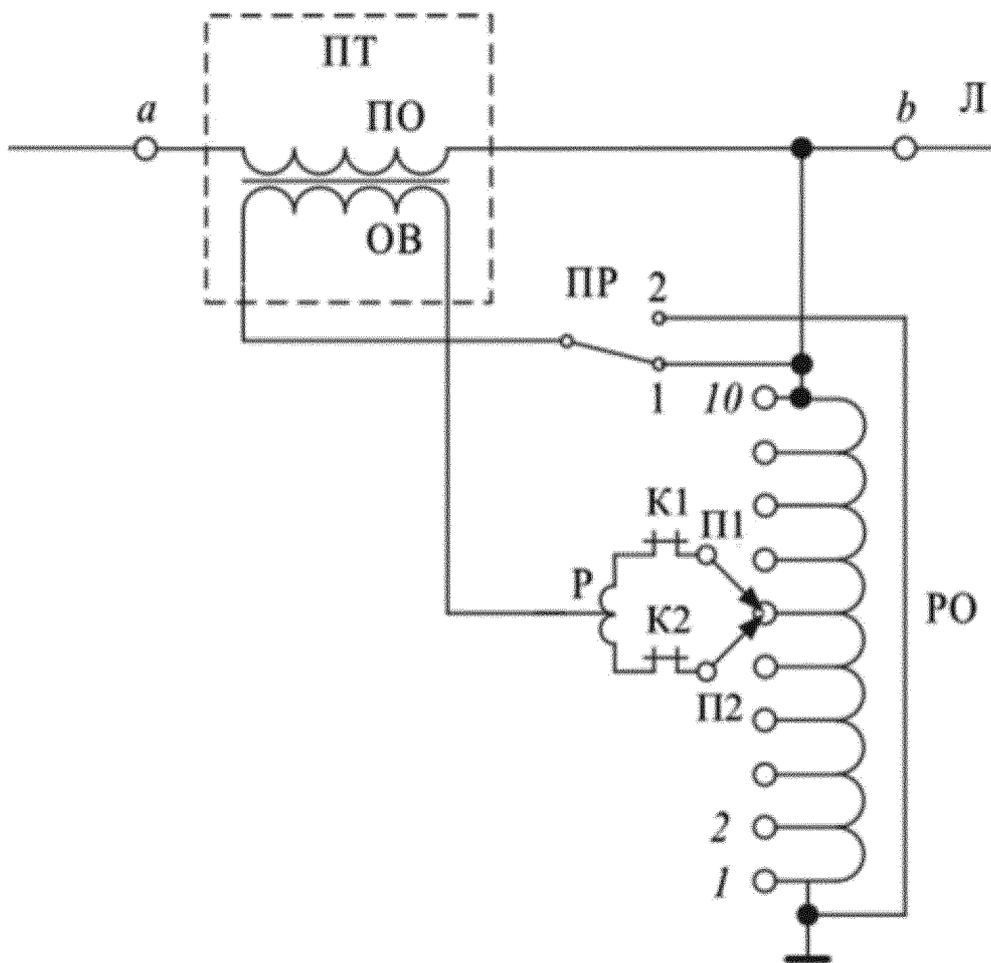
Фигура 4

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



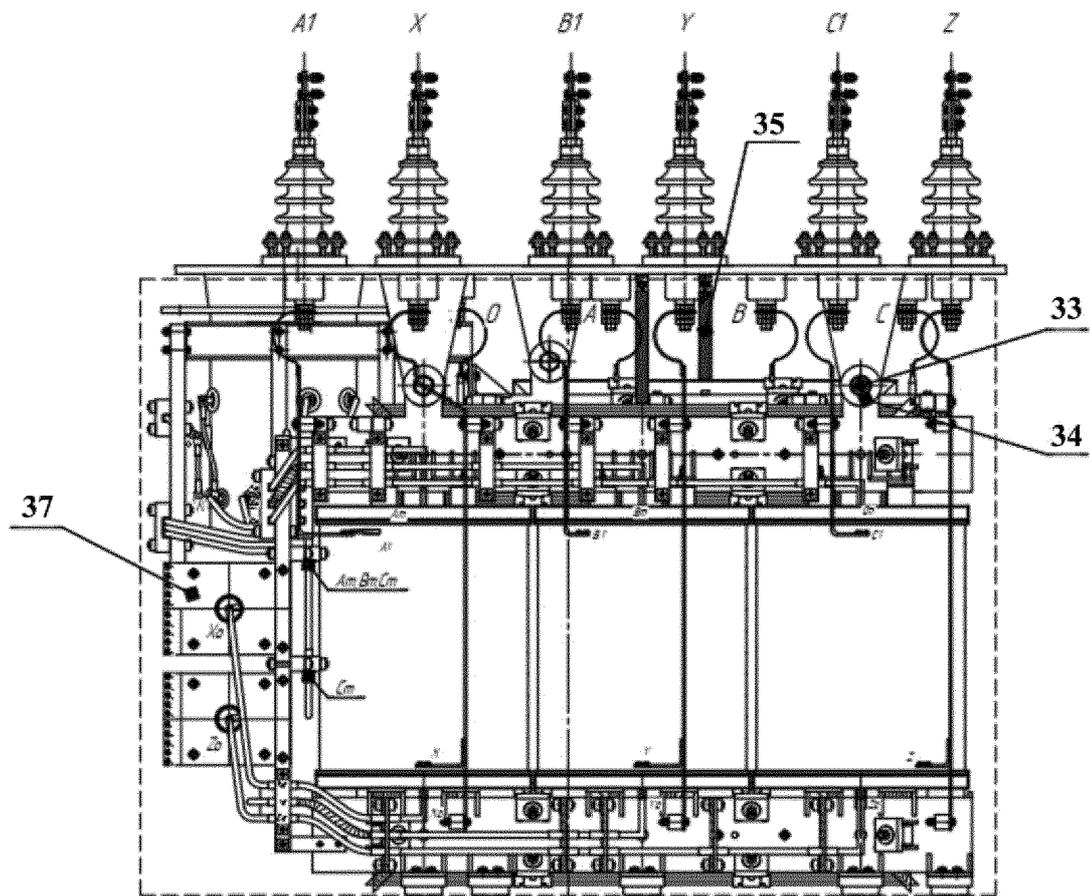
Фигура 5

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



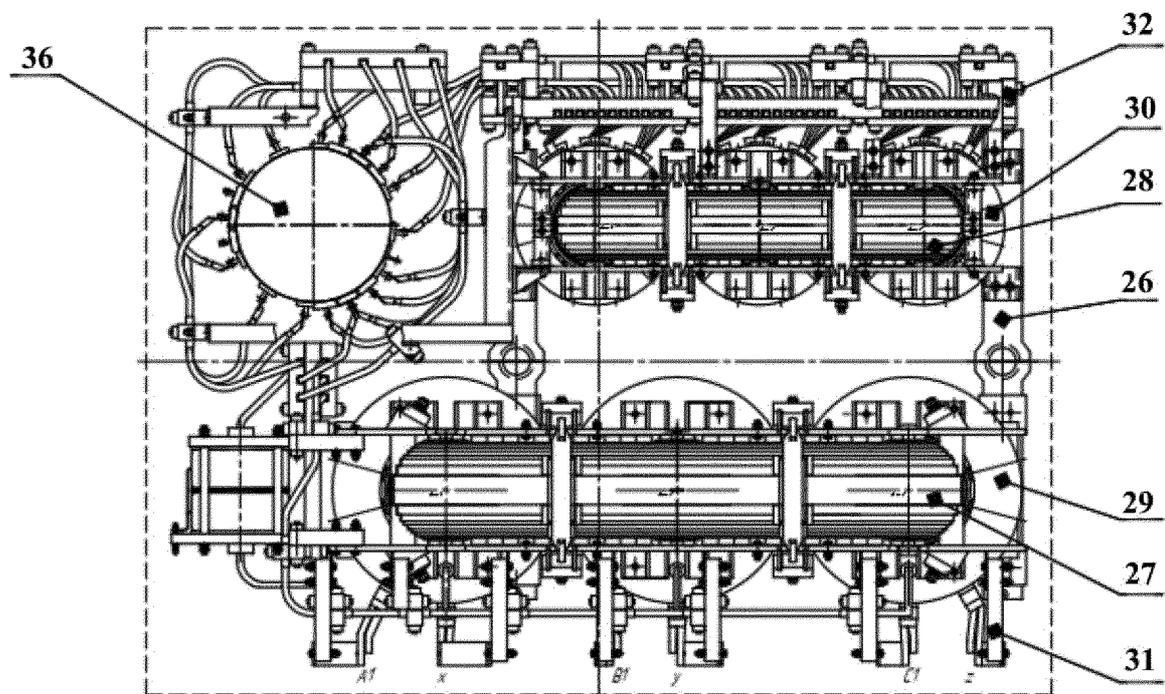
Фигура 6

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



Фигура 7

# ЛИНЕЙНЫЙ РЕГУЛИРОВОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР



Фигура 8

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**  
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202292172**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

**H01F 27/24 (2006.01)**  
**H01F 29/00 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)  
H01F 27/24, 29/00, 30/00, 30/02, 30/12

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)  
ЕАПАТИС, Espacenet Patent search, Google Patents

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
D, A	EA 001635 B1 (АББ АБ) 25.06.2001	1-2
A	RU 2295794 C2 (САВЕЛКОВА ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА) 10.09.2006	1-2
A	KZ 6394 U (ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «TRENCO R&D») 03.09.2021	1-2
A	RU 132915 U1 (ГАЛИЕВ ИЛЬГИЗ ФАНЗИЛЕВИЧ и др.) 27.09.2013	1-2

последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **14/12/2022**

Уполномоченное лицо:

Начальник отдела механики,  
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов