

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202292164 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.09.29

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

(22) Дата подачи заявки  
2022.08.01

## (54) ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(31) 2022/0192.2; 2022/0662.2

(32) 2022.03.09; 2022.07.29

(33) KZ

(96) KZ2022/041 (KZ) 2022.08.01

(71) Заявитель:

ТОВАРИЩЕСТВО  
С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ТРЕНКО  
АрЭндДи" (KZ)

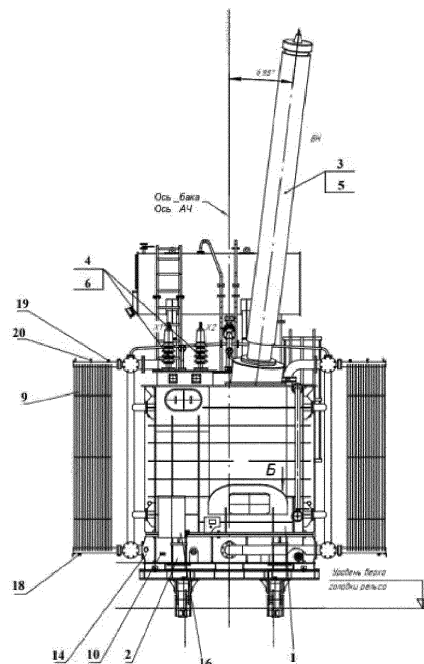
(72) Изобретатель:

Тажобаев Адилбек Амирбекович,  
Атеев Дауирбек Тагаевич, Амитов  
Ернар Танирбергеноулы, Камбар  
Раушан Пернетайкызы (KZ)

(74) Представитель:

Уткелбаев С.Р. (KZ)

(57) Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано на объектах электрических сетей. Техническим результатом является уменьшение уровня вибрации, шума и газовыделения в шунтирующих масляных реакторах на класс напряжения 110-750 кВ, благодаря чему увеличивается жизненный цикл реактора и снижается воздействие на окружающую среду. Это достигается тем, что в реакторе радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, магнитопровод активной части изготовлен из электротехнической стали марки М090-27Рb Н1В Laser с лазерной обработкой с использованием прокладок из бутадиен-нитрильного каучука и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода. Кроме того, в способе изготовления реактора проводят сборку активной части реактора, установку на магнитопровод высоковольтной обмотки после прессовки и сушки, далее проводят сборку главной изоляции и отводов, проводят сушку активной части реактора, устанавливают в корпус реактора активной части с изоляцией и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизации, затем заливают в корпус трансформаторное масло под вакуумом.



A1

202292164

202292164

A1

## ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Изобретение относится к области электротехники, в частности к шунтирующим масляным реакторам и способам их изготовления, и может быть использовано на объектах электрических сетей для повышения пропускной способности линий сверхвысокого напряжения разгружая их по реактивной мощности, а также для регулирования реактивной мощности и напряжения.

Поток реактивной мощности в электрических сетях является следствием переменного потребления и генерирования реактивной мощности. При изменении характера по нагрузке меняется и реактивный ток, поступающий из системы. При протекании реактивного тока происходит падение напряжения, и напряжение в системе будет снижаться по отношению к напряжению холостого хода. Кроме того, протекание реактивного тока вызовет дополнительные потери в сети.

Применительно к системам, в которых требования по переменной реактивной мощности, обусловленной изменениями в потреблении и/или генерировании энергии, не могут быть удовлетворены, общепринятой практикой является использование средств коррекции или компенсации с целью обеспечить работу системы в заданных и приемлемых условиях.

В сетях, где потребление и генерирование хорошо предсказуемы и стабильны, используются конденсаторные батареи или шунтирующие реакторы фиксированной мощности. Однако в этом случае компенсация реактивной мощности выполняется только для определенных рабочих условий. Большая гибкость может быть достигнута, если предусмотрено механическое переключение этих агрегатов.

Шунтирующий реактор предназначен для стабилизации напряжения за счет компенсации избыточной зарядной мощности. Преимущественно он используется для снижения потерь электроэнергии в высоковольтных линиях электропередач в режиме слабых нагрузок. Шунтирующий реактор помогает нормализовать уровень напряжения таким образом, что его колебания не выходят за пределы 2%. Результатом его установки является значительное сокращение активных потерь: снижение потерь электроэнергии на 15-20%, а интенсивности эксплуатации коммутационного оборудования высокой стоимости - в 10 раз и более.

На сегодняшний день средний уровень шума, производимый трансформаторами, на класс напряжения реактора 110-750 кВ составляет от 59 до чуть более 70 дБА, согласно санитарным нормам, допустимым уровнем шума, который не наносит вреда слуху даже при длительном воздействии на слуховой аппарат, принято считать: 55 дБ в дневное время и 40 дБ ночью.

Шум в реакторах вызывается вибрацией активной части, а также вентиляторами системы охлаждения. Снижение уровня вибрации позволит не только сократить уровень шума, работающего реактора, но и значительно увеличить жизненный цикл.

До сегодняшнего времени вопросу влияния вибрации для увеличения продолжительности срока службы реакторного оборудования не уделялось особого внимания, и срок службы стандартных реакторов составлял 20-25 лет, однако за все время эксплуатации из-за вибрации активной части за годы в первую очередь происходил износ изоляционных деталей, что приводило к частым капитальным ремонтам и негодности изоляционных деталей.

Наиболее близким аналогом по технической сущности к заявленному изобретению является реактор и способ его изготовления, описанные в патенте ЕА 001635 В1, который содержит размещенные в корпусе активную часть с магнитопроводом, обмотки, отводы, изоляторы, расширитель и систему охлаждения. Данный реактор также содержит сердечник и, по меньшей мере, одну обмотку, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоткой и отводами с последующей их установкой в корпус реактора 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 электромагнитную сердцевину, окруженную внутренним электропроводящим слоем, изолирующий слой из твердого материала, окружающий указанный внутренний проводниковый слой, и внешний проводниковый 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 изобретения является разработка новой усовершенствованной конструкции шунтирующего масляного реактора РОМ-60000/525 и разработка способа его изготовления с улучшенными вибрационными и

шумовыми характеристиками, рассчитанного на более длительный срок службы по сравнению с аналогами и с более низким уровнем шума, предназначенного для работы на линиях передачи 525кВ при нормальных и специальных условиях работы.

Техническим результатом является уменьшение уровня вибрации, шума и газовыделения в шунтирующих масляных реакторах на класс напряжения 110-750 кВ, благодаря чему увеличивается жизненный цикл реактора и снижается воздействие на окружающую среду.

Это достигается тем, что шунтирующий масляный реактор, включающий корпус с радиатором, расширителем, выхлопной трубой и размещенные внутри корпуса активную часть с магнитопроводом, обмотками, отводами и систему охлаждения, согласно изобретению, радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, магнитопровод активной части изготовлен из электротехнической стали марки М090-27Рб НІВ Laser с лазерной обработкой с использованием прокладок из бутадиен-нитрильного каучука и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода.

Это также достигается тем, что способ изготовления реактора на класс напряжения 110-750 кВ, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоткой и отводами с последующей их установкой в корпус реактора вместе с изоляторами, расширителем и системой охлаждения, согласно полезной модели, проводят сборку активной части реактора путем изготовления магнитопровода из электротехнической стали марки М090-27Рб НІВ Laser с лазерной обработкой с использованием резиновых прокладок и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода, установки на магнитопровод высоковольтной обмотки после прессовки и сушки, далее проводят сборку главной изоляции и отводов, проводят сушку активной части реактора, устанавливают в корпус реактора активной части с изоляцией и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизацией, затем заливают в корпус трансформаторное масло под вакуумом.

Заявленный реактор имеет ряд конструктивных особенностей, направленных на снижение потерь, уровня шума и вибраций и снижения уровня газовыделения. К этим особенностям относятся:

- применение NBR (бутадиен-нитрильный каучук) прокладок в конструкции рамы магнитной системы и остова реактора. Это позволяет снизить уровень вибраций на 2-3 дБ;

- независимая система прессовки стержня и обмотки реактора с применением пружинных элементов, а именно пружинных шайб. Усилия и

ход блока пружин рассчитаны таким образом, чтобы компенсировать вибрации и обеспечить необходимое усилие прессовки обмоток и центрального стержня остова;

- для снижения потерь и нагрева элементов конструкции остова и бака реактора применены немагнитные и композитные материалы;
- в местах повышенных вибраций применены изоляционные материалы с высоким классом нагревостойкости типа Nomex;
- используется более современная система шунтирования магнитного потока, что позволяет снизить потери и уровень вибраций.

На фигурах 1-4 изображены наглядные схемы конструкции заявленного реактора (фигура 1 – вид спереди, фигура 2 – вид сбоку, фигура 3 – вид сзади, фигура 4 – вид сверху), на которых обозначены следующие элементы:

1 – корпус (бак) реактора; 2 – расширитель; 3 – выхлопная труба с вводом ВН (высшего напряжения); 4 – ввод нейтрали (X1 X2); 5 – установка трансформаторов тока ВН; 6 – установка трансформаторов тока нейтрали; 7 – вводы заземления активной части; 8 – клапан сброса давления; 9 – радиатор; 10 – пластина заземления; 11 – каток для перемещения; 12 – активная часть с магнитопроводом; 13 – люк для раскрепления активной части; 14 – узел подъема реактора; 15 – домкратная площадка; 16 – шкаф управления; 17 – сливной кран; 18 – пробка слива масла из радиатора; 19 – пробка выпуска воздуха из радиатора; 20 – подъемная скоба радиатора; 21 – дисковый затвор радиатора; 22 – лестница; 23 – указатель уровня масла; 24 – газовое реле.

На фигурах 5-6 изображены наглядные схемы конструкции активной части заявленного реактора (фигура 5 – вид сбоку, фигура 6 – вид сверху), на которых обозначены следующие элементы:

25 – отводы реактора; 26 – главная изоляция; 27 – остов (магнитопровод); 28 – макет изоляция.

Заявленный реактор включает размещенные в корпусе (1) такие основные элементы, как расширитель (2), выхлопную трубу с вводом ВН (3), ввод нейтрали (4), установка трансформаторов тока ВН (5), установка трансформаторов нейтрали (6), вводы заземления активной части (7), радиатор (9), активная часть (12) с магнитопроводом, обмотками, отводами, изоляторами, в котором магнитопровод изготовлен из электротехнической стали марки M090-27Pb НІВ Laser с лазерной обработкой с использованием резиновых прокладок и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода. Также заявленный реактор включает такие вспомогательные элементы, как клапан сброса давления (8), пластина заземления (10), каток для перемещения (11), люк для раскрепления активной части (13), узел подъема реактора (14), домкратная площадка (15), шкаф

управления (16), сливной кран (17), пробка слива масла из радиатора (18), пробка выпуска воздуха из радиатора (19), подъемная скоба радиатора (20), дисковый затвор радиатора (21), лестница (22), указатель уровня масла (23), газовое реле (24).

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 цепью, 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.

В конструкцию реактора входят следующие составные части:

- активная часть с магнитопроводом, включающая в себя остов, обмотку, устройства прессовки обмотки и стержня остова, изоляцию и отводы;
- бак с арматурой;
- вводы;
- система охлаждения;
- расширитель;
- контрольно-измерительные приборы и защитные устройства;
- трансформаторы тока;
- контрольные и силовые кабели

Магнитопровод (остов) реактора состоит из магнитной системы и элементов конструкции, обеспечивающих механическую прочность магнитной системы и всей активной части. Конструкция остова обеспечивает необходимую прессовку стержня, обмотки и крепление изоляции. Магнитная система состоит из стержня круглого сечения, двух боковых и двух горизонтальных ярмов прямоугольного сечения. Стержень выполнен в виде набора дисков, сложенных по высоте и разделенных керамическими прокладками, обеспечивающими немагнитные зазоры. Крайние (верхний и нижний) диски стержня имеют увеличенный диаметр. Контакт крайних дисков с горизонтальными ярмами происходит через керамические прокладки. Каждый диск изготовлен из электротехнической стали с радиальным расположением пластин. Равномерное заполнение объема диска достигается подбором количества и длины пластин. В центре диска имеется

отверстие. Пластины диска склеены клеевой композицией и по наружному диаметру забандажированы стеклолентой. Верхнее горизонтальное ярмо выполнено составным из трех частей по длине. Над средней частью верхнего ярма установлена поперечная плита, соединенная с ярмовыми балками.

Осевая запрессовка стержня производится с помощью специальной шпильки, расположенной по оси отверстий дисков и стягивающей горизонтальные ярма через плиту верхнего ярма и центральную лапу, расположенную под нижним ярмом. Нижнее горизонтальное ярмо цельное. Прессовка стержня выполняется через тарельчатые пружины, позволяющие сохранить начальные усилия запрессовки, выполненные на заводе-изготовителе. На торцах горизонтальных ярм установлены поперечные балки, соединяющие между собой ярмовые балки. Верхние и нижние ярмовые балки соединены вертикальными шпильками (по две с каждой стороны). Прессовка обмотки выполняется с помощью 4-х винтов с тарельчатыми пружинами. Боковые ярма выполнены плоскошихтованными, цельными. Активная сталь горизонтальных и вертикальных ярм соединена косым стыком. Соединенные между собой горизонтальные и вертикальные ярма образуют прямоугольную раму, внутри которой располагается стержень с немагнитными зазорами. Активная сталь верхнего и нижнего ярма опрессована ярмовыми балками и шпильками. Прессующие шпильки расположены в один ряд и проходят через отверстия в активной стали. Угловые участки рамы опрессованы снаружи поперечными балками. Окончательная запрессовка горизонтальных ярм производится после термовакуумной обработки активной части. В верхней части пластин вертикальных ярм предусмотрены четыре кронштейна для подъема магнитной системы и активной части. Вертикальные ярма опрессованы металлическими полубандажами.

Обмотка катушечная непрерывная, с холостыми витками во входной зоне, состоит из двух частей по высоте, с вводом в середину. Верхняя полуобмотка имеет левое направление намотки, нижняя – правое. Обмотка имеет один осевой канал.

Изоляция между обмоткой и стержнем, между обмоткой, боковыми ярмами и стенкой бака выполнена маслобарьерной. В качестве барьеров используются листы из электротехнического картона, которые дистанцируются между собой при помощи реек из прессованного электрокартона. Часть реек выполнены полыми. На стержне и боковых ярмах расположены электростатические экраны. Ярмовая изоляция между обмоткой и горизонтальными ярмами выполнена в виде листового картона, разделенного прокладками из прессованного электрокартона.

Изоляция установки вводов. Нижний экран ввода 550кВ имеет твердую изоляцию. На нижней части ввода 550кВ расположена изоляция в виде трех цилиндров из электрокартона, которые вместе с изоляцией на нижнем экране ввода образуют маслобарьерный промежуток «экран ввода-бак». В промежутке «экран ввода-обмотка» цилиндры ввода имеют вырез. Реактор заполняется трансформаторным маслом. Все использованные в реакторе изоляционные материалы имеют класс нагревостойкости А (105°С).

Отводы предназначены для соединения обмоток с вводами. Отвод линейного конца выполнен в виде изолированного бумажной изоляцией провода обмотки, закрепленного к прокладкам, выпущенным из обмотки. Отвод нейтрали закреплен планками к балкам остова и выполнен в виде изолированного кабеля, к которому припаяны концы обмотки. Отводы изолированы изоляционной бумагой. В средней части отвод нейтрали имеет дополнительную изоляцию. Соединение линейного отвода обмотки с вводом 550 кВ выполняется с помощью гибкой связи в экране ввода 550 кВ. Соединение нейтрального отвода обмотки с вводом 40 кВ выполнено гибким медным проводом.

Линейный ввод типа «масло-воздух» на напряжение 550 кВ и ток 2500 А. Ввод снабжен выводом для измерения емкости и тангенса угла диэлектрических потерь. Для сохранения качества изоляции экран ввода транспортируются к месту монтажа реактора в баке реактора. Ввод нейтрали на напряжение 40,5кВ и ток 800 А.

Корпус (бак) реактора состоит из верхней (съемной) и нижней частей. Разъем между частями бака, расположенный внизу, уплотнен резиновыми прокладками с помощью болтового соединения. Нижняя часть бака имеет основание с салазками для продольного и поперечного перемещения при установке на месте эксплуатации. Бак реактора имеет: скобы для продольного и поперечного перемещения; узлы подъема и домкратные площадки для подъема при выполнении монтажных и погрузочно-разгрузочных работ; лестницу для проведения монтажных работ, технического обслуживания и осмотра узлов верхней части бака. На баке предусмотрена следующая запорная арматура для: присоединения вакуумнасоса в верхней части бака; присоединения маслоочистительной установки в верхней части бака для заливки масла под вакуумом; слива масла; отбора пробы масла в верхней, средней и нижней частях бака; присоединения расширителя и газового реле; доливки масла через расширитель; выпуска воздуха из расширителя; установки предохранительных клапанов; присоединения системы охлаждения. Для сброса давления внутри бака используются предохранительные клапаны, установленные в верхней части бака по



диагонали. На баке имеются люки: для осмотра состояния активной части и для подпрессовки стержня в процессе эксплуатации; для наблюдения за нижней частью вводов 550 кВ. Бак допускает: вакуумирование с остаточным давлением 13 Па; избыточное давление 118 кПа на уровне дна бака при гидравлических испытаниях.

Собранный комплектный реактор выдерживает статическое давление 30 кПа над поверхностью масла в расширителе продолжительностью 24 часа без течей масла. При номинальном напряжении и номинальной частоте предельное значения виброперемещения стенки бака (пик-пик):

среднее  $\leq 60 \text{ }\mu\text{m}$ ;

максимальное  $\leq 100 \text{ }\mu\text{m}$ ;

на дне  $\leq 30 \text{ }\mu\text{m}$ ;

Демонтаж вводов осуществляется без снятия верхней части бака со сливом масла. Активная часть установлена в баке на листы из электрокартона. Фиксированное положение активной части в баке обеспечивается ее раскреплением в продольном направлении, а также шипами на дне бака. Продольное раскрепление активной части в баке выполняется в четырех точках сверху и в четырех точках внизу. Узел раскрепления состоит из винта раскрепления, закрепленного на баке, который упирается в поперечные балки остова через металлические изолированные диски. Доступ к винтам для раскрепления осуществляется путем демонтажа соответствующих заглушек на верхней и нижней частях бака, предварительно слив масло из коробок раскрепления через пробки.

Заземление металлоконструкций активной части и активной стали магнитной системы на бак выполняется через отдельные проходные вводы. Заземление бака реактора и расширителя с сейсмостойкой рамой системы охлаждения выполняется шинами заказчика.

Установка расширителя служит для защиты масла реактора от контакта с окружающим воздухом и обеспечивает заполнение бака реактора во всех температурных режимах, в том числе и в отключенном состоянии. В состав установки входит: расширитель с запорной арматурой и стрелочным указателем уровня масла; основной маслопровод с газовым реле; устройство отбора проб газа. В расширителе реактора находится гибкая мембрана, которая предохраняет масло реактора от соприкосновения с окружающим воздухом. Мембрана реагирует на изменение объема масла в реакторе при изменении его температуры. Допускается вакуумирование бака вместе с расширителем и системой охлаждения. Расширитель заземлен через опору и сейсмостойкую раму.

Система охлаждения типа ONAN состоит из блока радиаторов, расположенных на жесткой сейсмостойкой раме, смонтированной на отдельном фундаменте вместе с расширителем.

Контрольно-измерительные приборы и защитные устройства.

В состав реактора входят следующие контрольно-измерительные приборы и защитные устройства: газовое реле; предохранительные клапаны для аварийного сброса давления внутри бака реактора; указатель уровня масла с контактами сигнализации минимального и максимального уровня масла в расширителе; устройство (индикатор) для измерения температуры обмоток; устройство (индикатор) для измерения температуры масла в верхних слоях; ртутные термометры.

При транспортировании промежутки между уровнем масла и крышкой бака реактора заполняются сухой азотной «подушкой» с избыточным давлением 0,03 МПа.

Изобретение работает следующим образом.

Изготовление реактора начинается с изготовления магнитной системы, состоящая из набора листов электротехнической стали, обладающая высокой проницаемостью магнитного потока. Однофазный реактор имеет магнитную систему броневого исполнения, то есть имеется центральный стержень, где собираются диски магнитной системы, изолированные друг от друга твердым керамическим слоем. Сборку магнитной системы производят на участке 1-й сборки. Обмотка реактора производится на отдельном участке, при помощи намоточного станка вертикального исполнения. Перед намоткой на оправу станка наматывается отдельно технологический цилиндр, устанавливаются рейки и начинается процесс намотки с расчетным количеством витков. После окончания процесса сушки и прессовки, обмотку реактора в месте с изоляционными деталями главной изоляции устанавливают на центральный стержень магнитной системы, где после верхняя часть магнитной системы зашихтовывается обратно. К концам обмотки присоединяют отводы, идущие к линейным высоковольтным вводам, после чего активная часть считается готовой к термовакуумной сушке. После окончания сушки активную часть устанавливают в металлоконструкцию бака, заливают свежим трансформаторным маслом и проводят высоковольтные испытания. При условии успешного завершения испытаний реактор считается полностью готовым к эксплуатации.

Принцип работы реактора. При передаче электроэнергии на переменном токе при фазном напряжении  $U_{\phi}$  трехфазная высоковольтная линия (ВЛ) с длиной  $l$ , имеющая емкостное (C) и индуктивное (L) сопротивление на единицу длины (1.1), обладает мощностью электрического поля

$$Q_{\text{э}}=3wlCU_{\text{ф}}^2, \quad (1.1)$$

и мощностью магнитного поля при протекании тока  $I$

$$Q_{\text{м}}=3wlLI^2, \quad (1.2)$$

При изменении нагрузки высоковольтной линии мощность магнитного поля линии изменяется, и становится равной нулю, когда линия на холостом ходу. При этом мощность электрического поля остается неизменной и пропорциональной квадрату напряжения на линии. Это приводит к повышению напряжения на высоковольтной линии (выше наибольшего рабочего напряжения), что не приемлемо, так как повышенное напряжение может быть опасными для изоляции линии и подключенного к линии оборудования. Емкостные токи, обусловленные мощностью электрического поля высоковольтной линии, вызывают дополнительные потери электроэнергии, снижают пропускную способность линии и устойчивость параллельной работы энергосистем. В связи с этим возникает необходимость установки реакторов параллельного включения, предназначенный для компенсации емкостного тока высоковольтной линии электропередачи переменного тока, а также снижения коммутационных перенапряжений в аварийных режимах линий электропередач.

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

- участок продольной резки электротехнической стали для технологической обработки стали для магнитной системы реактора;
- участок поперечной резки электротехнической стали для технологической обработки стали для магнитной системы реактора;
- участок намотки для изготовления обмотки реактора;
- участок сборки магнитопровода и установки обмоток реактора;
- участок сборки для монтажа отводов 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 реактора;
- испытательная лаборатория для проведения испытаний шума и вибрации опытного образца.

Весь производственный цикл осуществляется на технологическом оборудовании:

- Линия продольной резки электротехнической стали SMM 125 для технологической обработки стали для магнитной системы реактора;
- Линия поперечного раскроя электротехнической стали с системой укладки ССМ 1000/СS12-6000 для технологической обработки стали для магнитной системы реактора;
- Шихтовочный стол с рабочими платформами, с опрессовкой и бандажировкой СТС 160-5/СВР 1000-30 для сборки магнитопровода реактора;
- Вертикальные намоточные станки VPPO(D) 20 и VPPO 10 для изготовления обмотки реактора;
- Установка для вакуумной сушки обмоток с системой изостатического прессования HAV and ISO;
- Установка для сушки активной части реактора в парах сольвента VPD 400 кВ;
- Установка для подготовки масла VOP 120 для сушки, очистки и заливки трансформаторного масла в бак реактора;
- Испытательная система WV 1500-3000/120 для проведения испытаний реактора;
- Испытательная система IPL 240/1600 G для проведения испытаний реактора;
- Испытательная система WRM 1600/400 для проведения испытаний реактора.

Для исследования вибрации и шума применялись следующие измерительные оборудования:

- Вольтметр универсальный В7-40/1 предназначен для измерения напряжений постоянного и переменного тока, силы постоянного и переменного тока, сопротивления постоянному току, а также для связи с внешними устройствами;
- Многоканальная тензостанция для статического тензометрирования МІС-185 предназначена для измерения температур термомпарами и термосопротивлениями, измерения выходного напряжения тензометрических датчиков, измерения напряжения постоянного тока, измерения сопротивления постоянному току;
- Тензодатчики предназначены для общей работы с многоканальной тензостанцией (тензорезистор ТКФ01-2-200(12));
- Домкрат с гидростанцией RSM-серий в комплекте предназначен для эффективной прессовки конструкции магнитной системы реактора с целью уменьшения вибрационного давления на стенки бака;

- Виброанализатор многоканальный Вибран-3.0 предназначен для многоканальной вибродиагностики конструкций, фундаментов, оснований, мостовых сооружений, вибрационного оборудования, компрессорных станций и поиска дефектов структуры различных объектов на основе специализированных методик.

К преимуществам заявленного изобретения относятся:

- применение резиновых прокладок, значительно улучшающие виброгасящие свойства конструкции активной части;
- применение электротехнической стали с лазерной обработкой,
- применение переходных дисков с увеличенными диаметрами в центральном стержне для лучшего прохождения магнитного потока по магнитной системе.

Условия работы реактора: Реактор предназначен для длительной эксплуатации на открытом воздухе, максимальная высота установки над уровнем моря – 3000 м.

Температура окружающего воздуха (окружающей среды): максимальная - +45°C; минимальная – минус 50°C; максимальная среднемесячная температура - +30°C; максимальная среднегодовая температура - +20°C.

Реактор устойчив к землетрясениям: сейсмичность по MSK - 8 баллов; горизонтальное ускорение поверхности земли – 0,3 м/с<sup>2</sup>; три периода синусоидального резонанса; коэффициент запаса  $\geq 2$ .

Класс загрязненности – III по IEC 60137.

Толщина покрытия ледяным покровом – 20 мм.

Скорость ветра – до 36 м/с.

Относительная влажность окружающей среды – 100%.

Основные параметры реактора приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры	Величина
Номинальная частота, Гц	50
Номинальная мощность, Мвар	60
Номинальное напряжение, кВ	$525\sqrt{3}$
Номинальный ток, А	197,9
Схема соединения обмоток в трехфазной группе*	Y
Суммарные потери при номинальном напряжении и температуре 75°C, кВт	134,5
Индуктивность, Гн	4,82

Уровень звукового давления при номинальном напряжении, дБ	≤72
Максимальное превышение температуры над температурой охлаждающей среды при испытаниях на заводе, °К:	
- обмотки	≤ 51
- масла в верхних слоях	≤ 49
Масса, кг:	
- полная (с системой охлаждения)	69500
- транспортная (с маслом)	54400
- транспортная (без масла)	45400
- масса АЧ	35100
- полная масса масла	13500

\*-заземление через низкий реактанс

Испытательные напряжения внутренней изоляции приведены в таблице 2.

Таблица 2

Выводы обмотки	Выдерживаемое напряжение			
	Грозового импульса (1.2/50 мкс), кВ (макс.)		Коммутационного Импульса (250/2500 мкс), кВ (макс.)	Промышленной частоты 1 мин, кВ (действ.)
	полное	срезанное		
Линейный	1675	1800	1230	630
Нейтраль	190	220	-	85

Испытательные напряжения вводов приведены в таблице 3.

Таблица 3

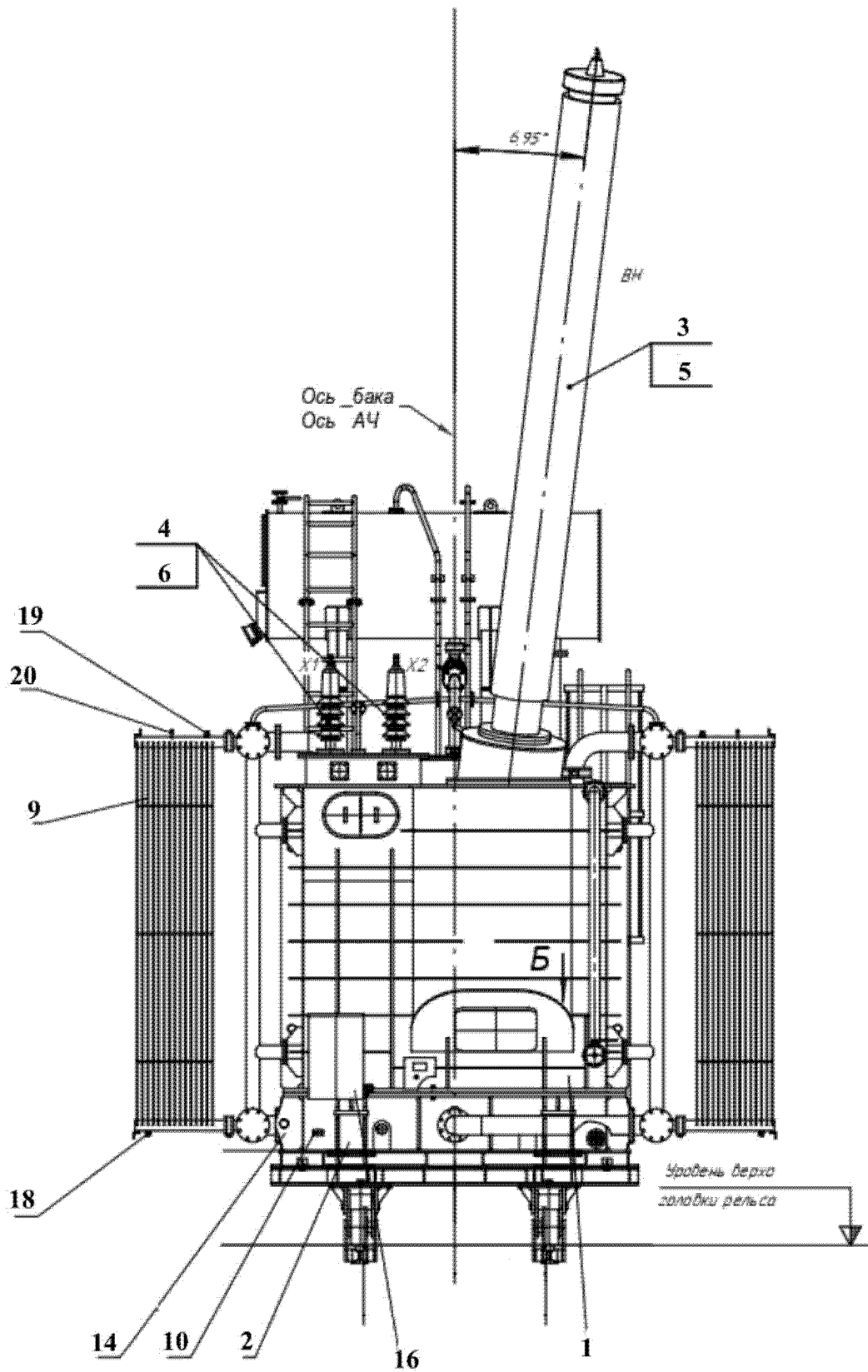
Ввод	Напряжение грозового импульса (кВ) (максимальное)	Напряжение коммутационного импульса (кВ) (максимальное)
Линейный	1675	1230
Нейтраль	190	-

## Формула изобретения

1. Шунтирующий масляный реактор, включающий корпус с радиатором, расширителем, выхлопной трубой и размещенные внутри корпуса активную часть с магнитопроводом, обмотками, отводами и систему охлаждения, *отличающийся тем, что* радиаторы установлены с двух боковых сторон корпуса, магнитопровод активной части изготовлен из электротехнической стали марки М090-27Рb НІВ Laser с лазерной обработкой с использованием прокладок из бутадиен-нитрильного каучука и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода.

2. Способ изготовления реактора, включающий сборку активной части с магнитопроводом, обмоток и отводов с последующим их установкой в корпус реактора вместе с изоляторами, расширителем и системой охлаждения, *отличающийся тем, что* проводят сборку активной части реактора путем изготовления магнитопровода из электротехнической стали марки М090-27Рb НІВ Laser с лазерной обработкой с использованием резиновых прокладок и переходных дисков диаметром 800 и 1205 мм в центральном стержне магнитопровода, установки на магнитопровод высоковольтной обмотки после прессовки и сушки, далее проводят сборку главной изоляции и отводов, проводят сушку активной части реактора, устанавливают в корпус реактора активную часть с изоляцией и отводами с последующим монтажом крышки, расширителя, системы охлаждения, ввода и герметизацией, затем заливают в корпус трансформаторное масло под вакуумом.

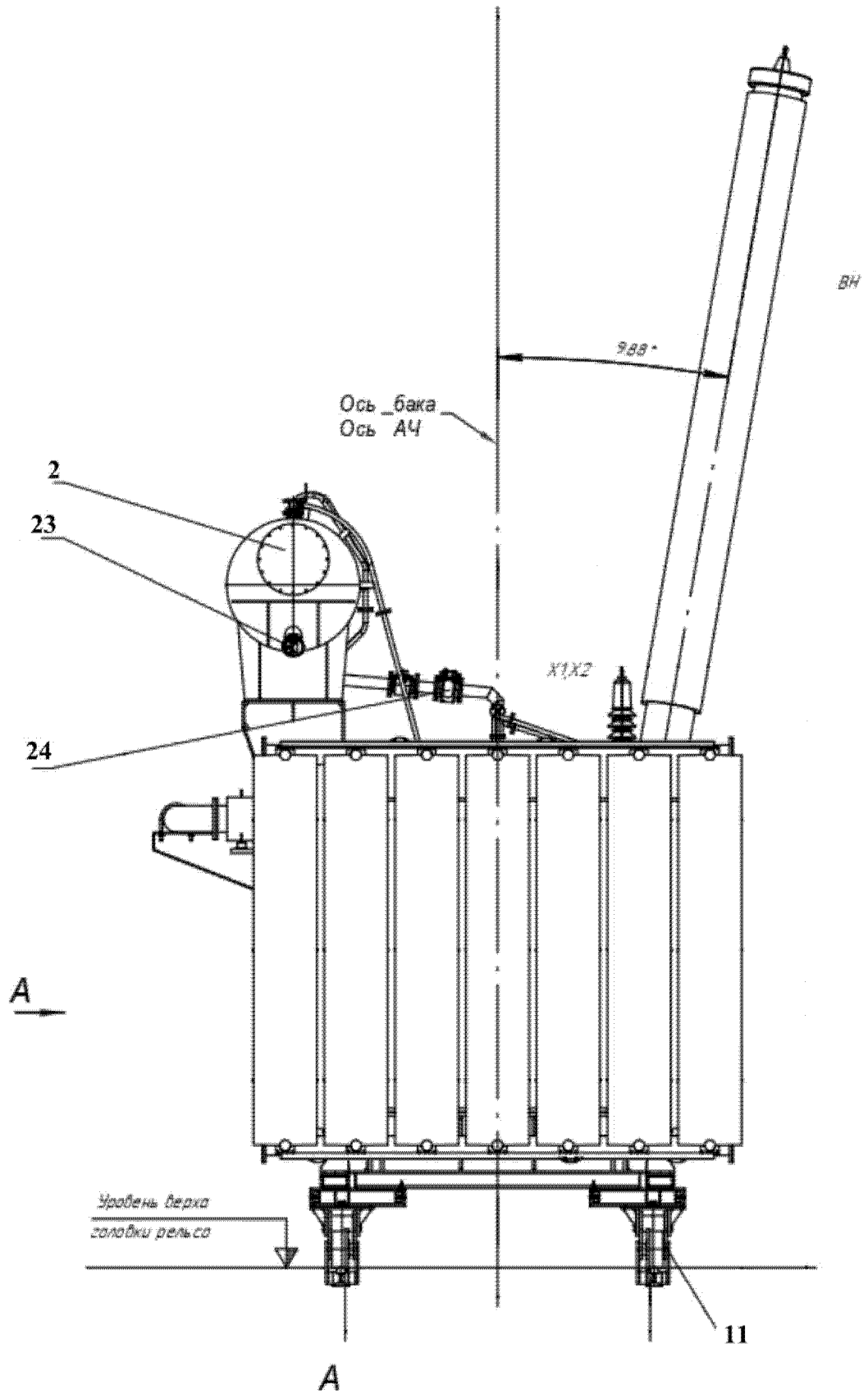
# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



Фигура 1

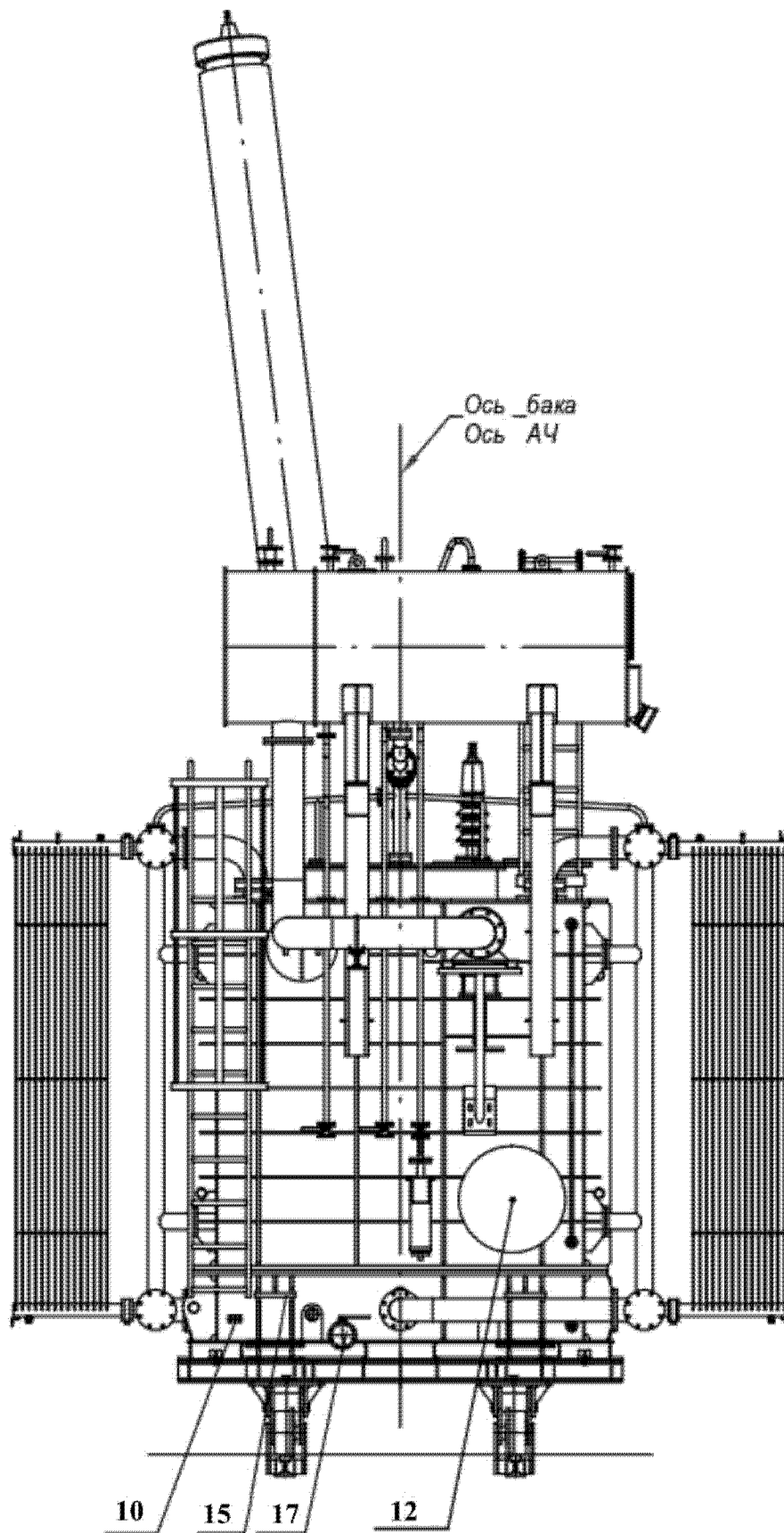


# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



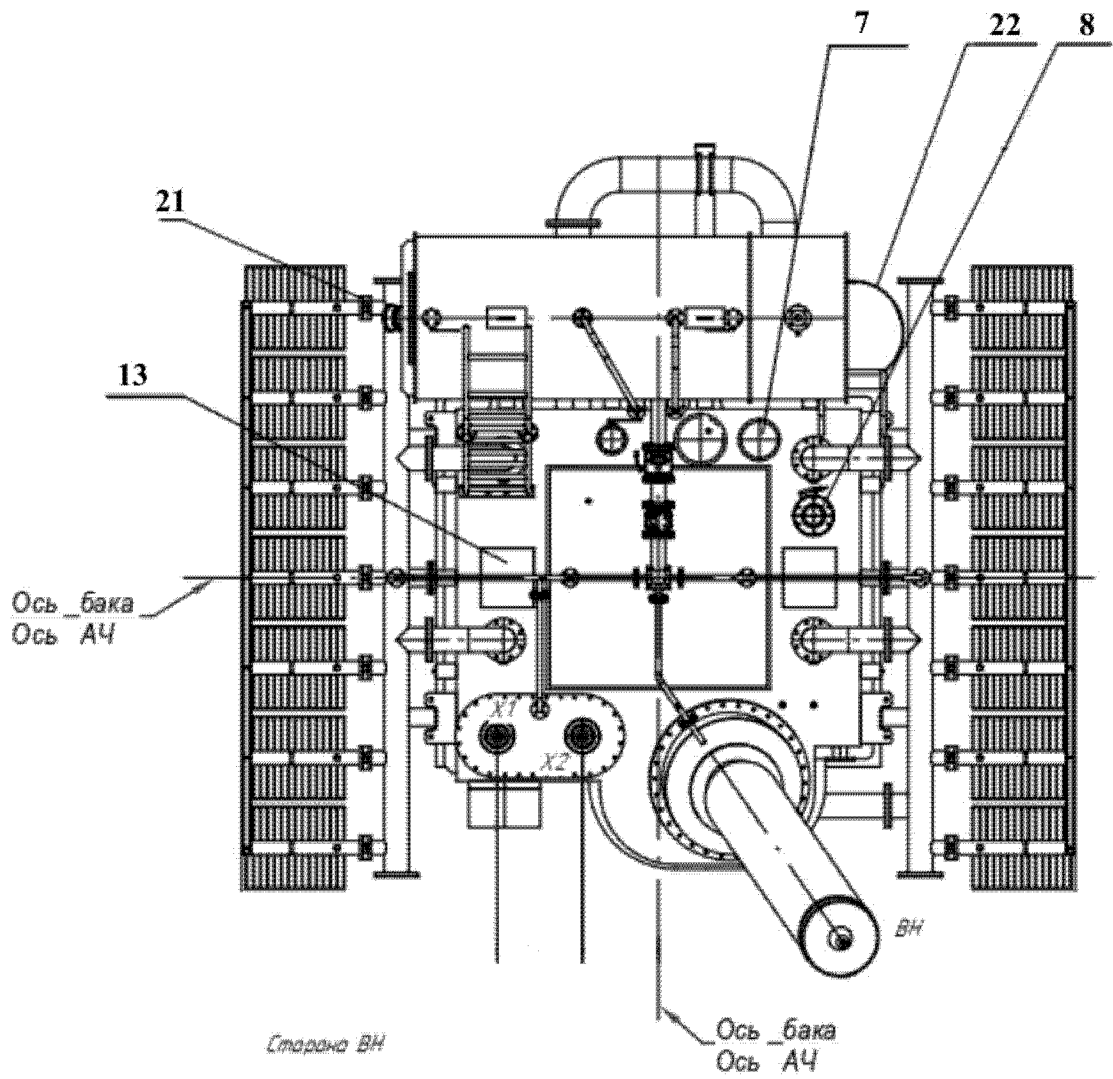
Фигура 2

# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



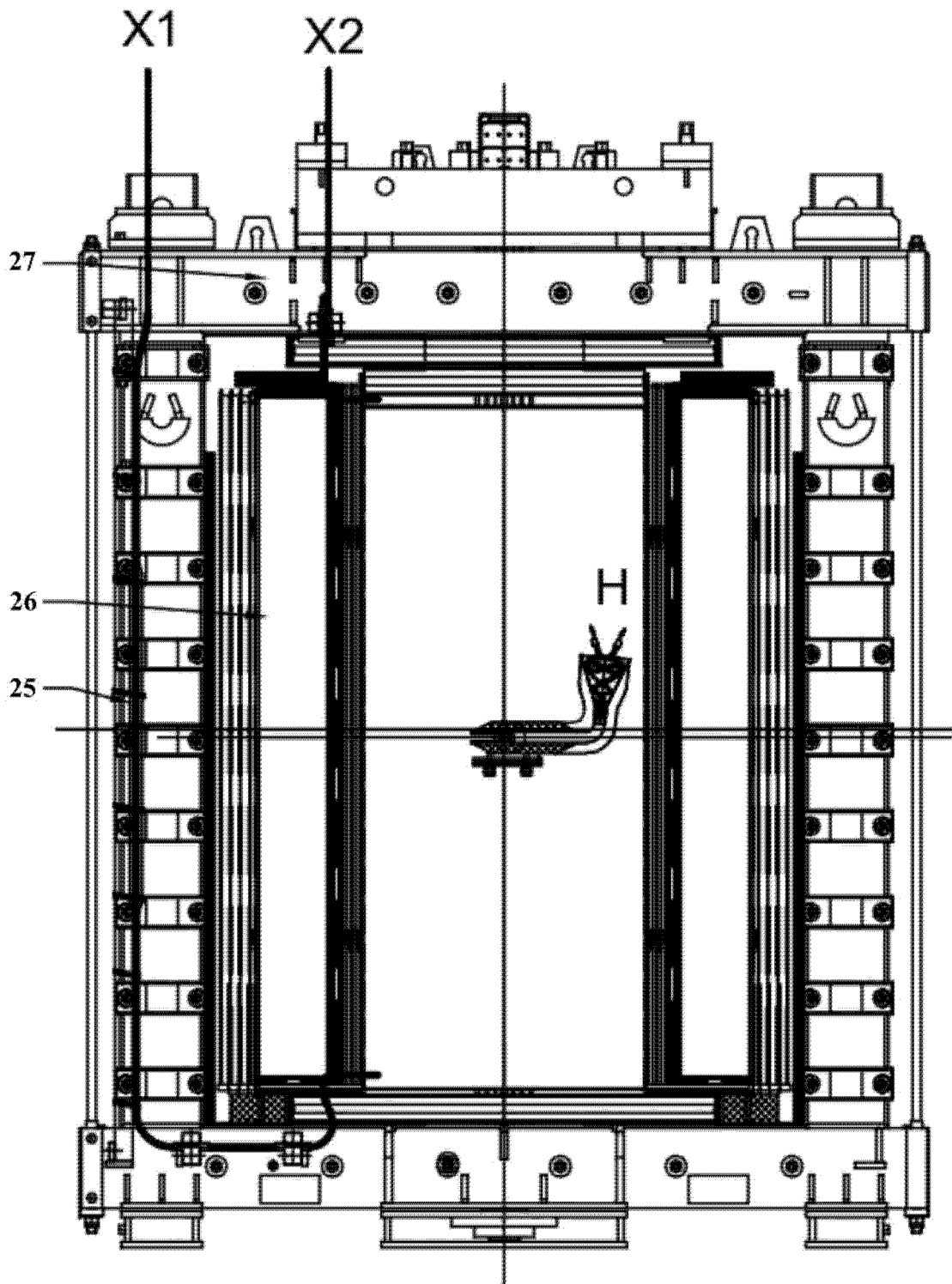
Фигура 3

# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



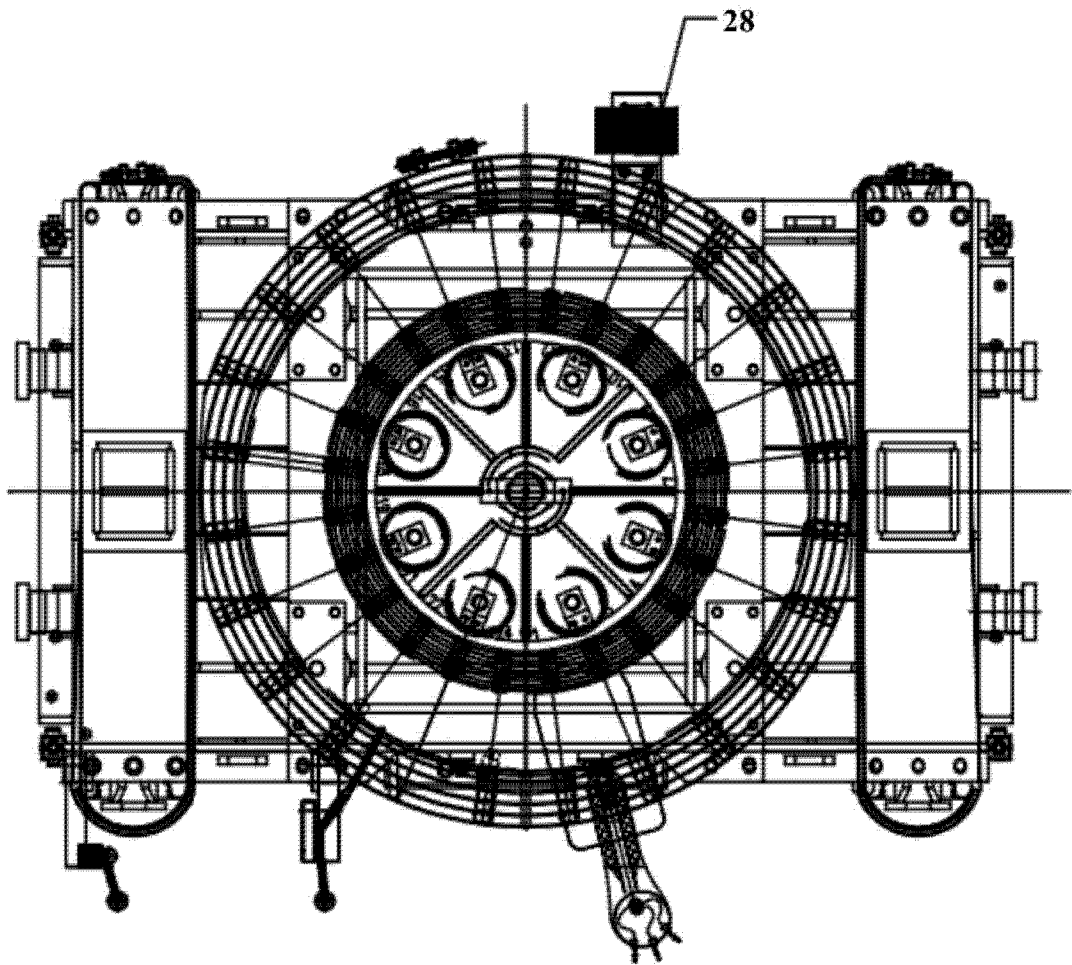
Фигура 4

# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



Фигура 5

# ШУНТИРУЮЩИЙ МАСЛЯНЫЙ РЕАКТОР



Фигура 6

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

Номер евразийской заявки:

**202292164**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**  
**H01F 27/24 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)  
H01F 27/24, 29/02, 29/14, 41/02

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 2221297 C1 (АЛЕКСАНДРОВ ГЕОРГИЙ НИКОЛАЕВИЧ) 10.01.2004	1-2
A	RU 2584821 C1 (ЛЕОНИД НИСОНОВИЧ КОНТОРОВИЧ) 20.05.2016	1-2
A	RU 12283 U1 (НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГАММАМЕТ») 16.12.1999	1-2
A	RU 2585008 C1 (ЛЕОНИД НИСОНОВИЧ КОНТОРОВИЧ) 27.05.2016	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: **13/12/2022**

Уполномоченное лицо:  
Начальник отдела механики,  
физики и электротехники

 Д.Ф. Крылов