



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016106494, 24.02.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2016Дата регистрации:
01.11.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.02.2016

(43) Дата публикации заявки: 29.08.2017 Бюл. № 25

(45) Опубликовано: 01.11.2017 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

445667, Самарская обл., Тольятти, ул.
Белорусская, 14, ФГБОУ ВО "Тольяттинский
государственный университет", кафедра
"Управление промышленной и экологической
безопасностью"

(72) Автор(ы):

Фесина Михаил Ильич (RU),
Краснов Александр Валентинович (RU),
Горина Лариса Николаевна (RU),
Жданов Станислав Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Тольяттинский государственный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2013159322 A, 20.07.2015. RU
2014123906 A, 20.12.2015. RU 2525709 C1,
20.08.2014. RU 2542607 C2, 20.02.2015. RU
2465390 C2, 27.10.2012. RU 24942366 C2,
27.09.2013. GB 1220717 A, 27.01.1971.

(54) Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа

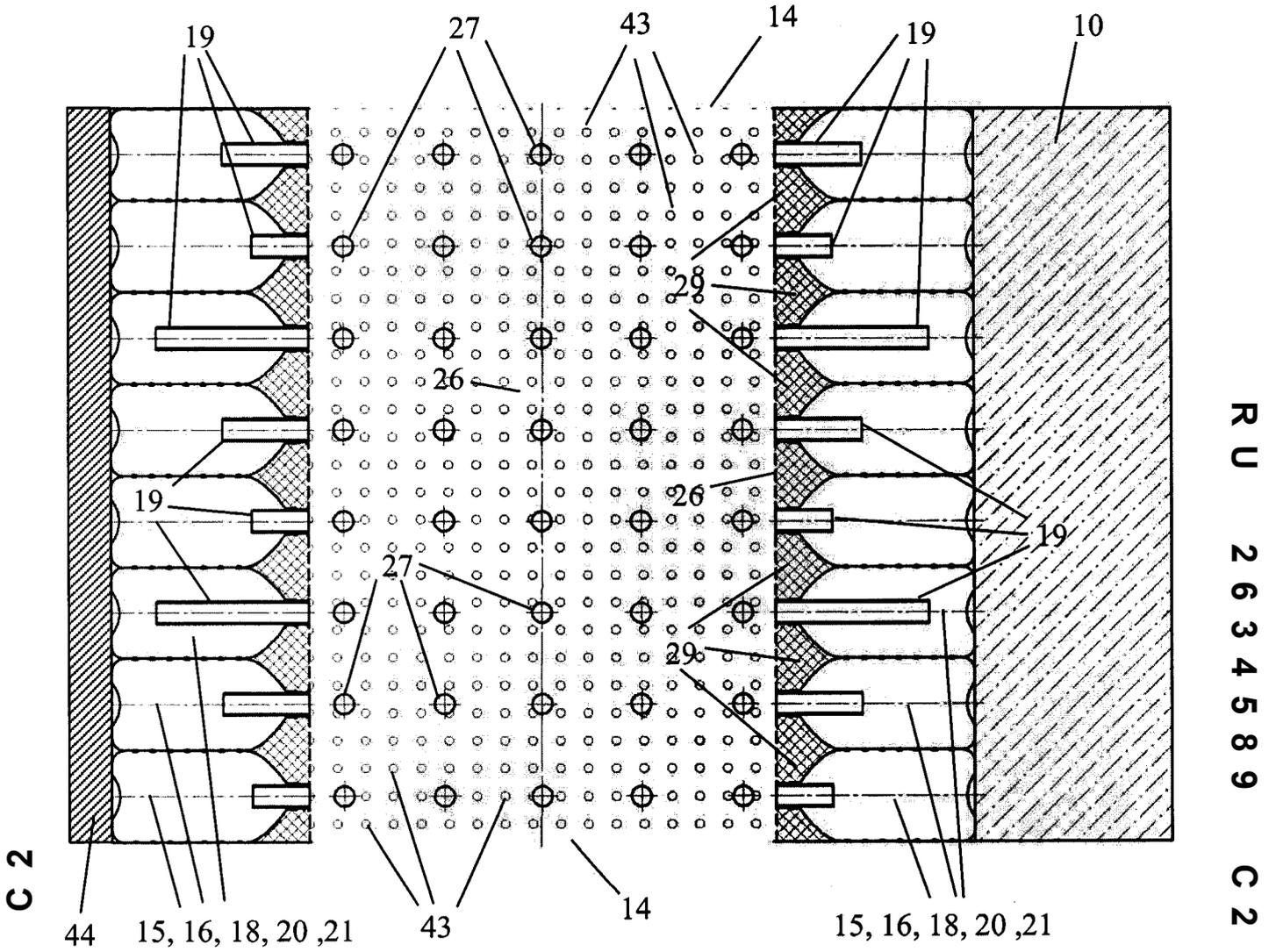
(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике, к техническим устройствам, предназначенным для уменьшения шумовых излучений силовых электротрансформаторов, смонтированных в составе электротрансформаторных подстанций, выполненных в виде закрытых помещений. Технический результат состоит в уменьшении стоимости. Электротрансформаторная подстанция содержит силовой электротрансформатор, состоящий из активной части в виде магнитопровода и изолированных обмоток, охватываемых общим магнитным потоком, несущего каркаса и фундаментного основания, устройств ослабления акустического излучения активной части. Составные узловые элементы смонтированы в воздушной полости помещения. Устройства ослабления акустического излучения активной части силового электротрансформатора представлены глушителями шума, составленными из акустических резонаторов Гельмгольца, образованных утилизируемыми бутылочными

емкостями ПЭТ-тары с камерными и открытыми горловыми частями, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями открытых горловых частей, содержащих внешний и внутренний участки, выполненными заданных габаритных размеров. Собственные резонансные частоты колебаний используемых акустических резонаторов Гельмгольца - в два, или четыре, или в шесть раз превышают промышленную частоту сети переменного тока, к которой подключен силовой электротрансформатор. Частотно-резонансные настройки акустических резонаторов Гельмгольца соответствуют значениям рабочих функциональных частот акустического излучения активной части силового электротрансформатора. Частотно-резонансные настройки акустических резонаторов Гельмгольца определяются соответствующим исполнением их составных конструктивных элементов, образованных преобразуемыми модифицируемыми утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 -

воздушного объема полости камерной части, геометрической длины и площади проходного сечения открытой горловой части, формируемых используемыми внутренними трубчатыми удлинителями, выполненных заданных габаритных размеров и смонтированных в

открытых горловых частях утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, рассчитанных с учетом температуры воздуха, установившейся в воздушной полости помещения. 13 з.п. ф-лы, 37 ил.



Фиг. 12

С 2
6 8 5 4 3 9 2
R U

R U
2 6 3 4 5 8 9
С 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

H01F 27/33 (2006.01)

H02B 7/06 (2006.01)

E04B 1/74 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2016106494, 24.02.2016

(24) Effective date for property rights:
24.02.2016Registration date:
01.11.2017

Priority:

(22) Date of filing: 24.02.2016

(43) Application published: 29.08.2017 Bull. № 25

(45) Date of publication: 01.11.2017 Bull. № 31

Mail address:

445667, Samarskaya obl., Tolyatti, ul. Belorusskaya,
14, FGBOU VO "Tolyattinskij gosudarstvennyj
universitet", kafedra "Upravlenie promyshlennoj i
ekologicheskoy bezopasnostyu"

(72) Inventor(s):

Fesina Mikhail Ilich (RU),
Krasnov Aleksandr Valentinovich (RU),
Gorina Larisa Nikolaevna (RU),
Zhdanov Stanislav Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Tolyattinskij
gosudarstvennyj universitet" (RU)

(54) ENCLOSED-TYPE LOW-NOISE ELECTRO TRANSFORMING SUBSTATION

(57) Abstract:

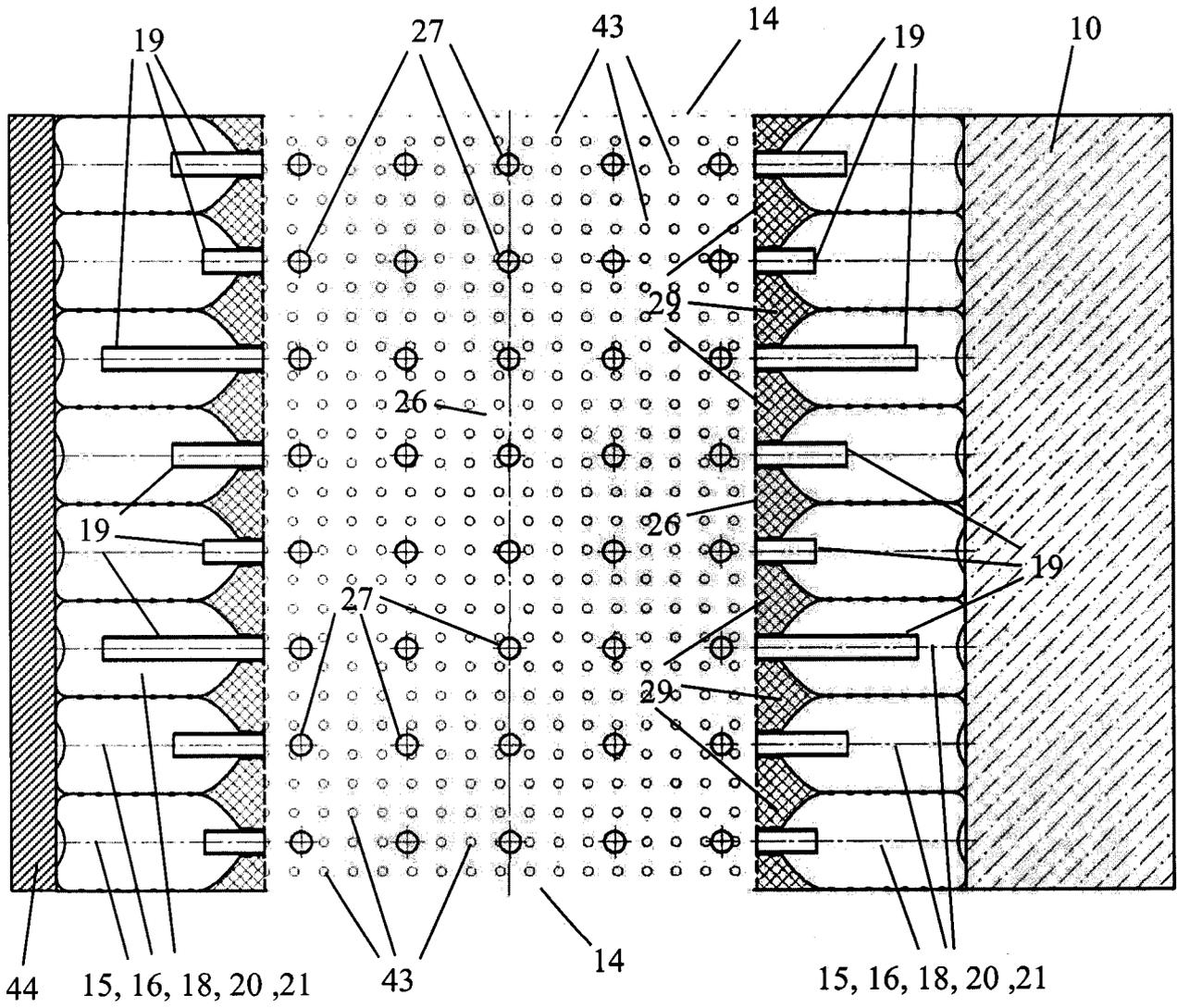
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: electro transforming substation comprises a power electro transformer, which is composed of an active part in the form of the magnetic conductor and insulated windings that are covered by the total magnetic flux, of a structural frame and a foundation base, and active part acoustic radiation attenuation devices. The composite node members are installed in the building air cavity. The acoustic radiation attenuation devices of the power electro transformer active part is introduced by the noise limiters that are made up from the Helmholtz resonators, composed of the utilizable bottle capacities of polyethyleneterephthalate tare with the chamber and open neck parts, with fitted into it inner tubular extensions of the open neck parts that have outer and inner sections, of the predetermined dimensional specifications. The natural resonance oscillatory frequencies of the implemented Helmholtz resonators are two, or four, or six as much as the alternate current commercial frequency of the power-line, to which the

power electro transformer is connected. The frequency-response tunings of the Helmholtz resonators satisfy the actual functional frequency rate of the acoustic radiation of the power electro transformer active part. The frequency-response tunings of the Helmholtz resonators are defined by the relevant implementation of its composite members that are composed of the transformable modifiable utilizable bottle capacities of polyethyleneterephthalate tare - 16, where the capacities air volume is equal to the chamber part cavity space, the capacities physical length and passage area are equal to the open neck part. These parameters are formed by virtue of the implemented inner tubular extensions that are of the predetermined dimensional specifications and are fitted into the open neck parts of the utilizable bottle capacities of the polyethyleneterephthalate tare. These parameters are also calculated due to the air temperature, which is settled in the air cavity of the building.

EFFECT: diminution in value.

14 cl, 37 dwg



Фиг. 12

RU 2634589 C2

RU 2634589 C2

Силовой электротрансформатор может являться значимым источником паразитного акустического (шумового) загрязнения окружающей среды, осуществляемого как на селитебных территориях открытых пространств населенных пунктов, так и в производственных, общественных или жилых помещениях, в которых находятся биологические объекты (люди, животные). Согласно опубликованным информационным материалам [1...7], основными (доминирующими) источниками, генерирующими звуковое излучение (шум) силового электротрансформатора, является его активная часть, представленная в виде магнитопровода и изолированных обмоток, охватываемых общим магнитным потоком, а также системы (устройства) естественного и/или принудительного вентиляционного охлаждения его активной части:

[1] Тупов В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования: учебное пособие для вузов по направлению «Теплоэнергетика», М.: Издательство МЭИ, 2005. - 232 с.

[2] Лазарону Д.Ф., Бикир Н.Л. Шум электрических машин и трансформаторов. Пер. с рум., М., «Энергия», 1973, 271 с.

[3] Тупов В.Б., Чугунков Д.В., Беляков М.В. Опыт снижения экраном уровня шума силовых трансформаторов. Электрические станции, №10, 2010, с. 38-40.

[4] Справочник по контролю промышленных шумов. Пер. с англ. Л.Б. Скрябиной и Н.И. Шабановой под ред. В.В. Ключева, М., Машиностроение, 1979, 447 с.

[5] Борьба с шумом на производстве. Справочник. Под ред. Е.Я. Юдина, Машиностроение, М., 1985, 400 с.

[6] Справочник по технической акустике. Под ред. М. Хекла и Х.А. Мюллера. Ленинград, Судостроение, 1980, 440 с.

[7] Helmut V. Fuchs, Shallabsorber und Shalldampfer. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, 2007, p. 546.

Механические колебания активной части силового электротрансформатора обусловлены переменными магнитострикционными и электромагнитными силами, возникающими в магнитной системе и переменными динамическими силами в изолированных обмотках. При этом доминирующей виброшумовозбуждающей силой является магнитострикционная составляющая. В сетях переменного тока с промышленной частотой $f_c=50$ Гц при значениях индукции более 1,4 Тл магнитострикционная составляющая проявляется на кратных ей гармониках $f_1=2f_c=100$ Гц, $f_2=4f_c=200$ Гц и $f_3=6f_c=300$ Гц. При перемагничивании активной части магнитной системы электротрансформаторов индукция в ней достигает максимума дважды за один период частоты сети переменного тока, что соответствует двукратному динамическому изменению длины стальных листов магнитопровода (магнитной системы). Этим, в частности, и обусловлены периодические колебания магнитной системы с удвоенной частотой ($f_1=2f_c=100$ Гц) по отношению к частоте сети переменного тока ($f_c=50$ Гц) и сопутствующими ей кратными гармониками $f_2=4f_c=200$ Гц и $f_3=6f_c=300$ Гц.

Совместно с силами магнитострикционного происхождения, магнитная система (магнитопровод) испытывает динамическое воздействие сил магнитного происхождения. В особенности, это проявляется в стыковых соединениях стальных листов шихтованного магнитопровода, когда магнитный поток вынужден перетекать из листа в лист в воздушном или масляных зазорах, образующихся за счет неплотной стыковки стальных листов друг с другом. При этом возникают переменные поперечные силы, вызывающие изгибные колебания стальных листов, сопровождающихся виброакустическими возбуждениями и излучением шума («паразитного низкочастотного

электротрансформаторного гула»). При значениях индукции меньше 1,4 Тл становится существенным шумовое излучение, производимое непосредственно изолированными обмотками, проводники которых вибрируют под действием сил взаимного притяжения при прохождении в них переменного тока. Генерирующими звук поверхностными зонами в этих случаях являются преимущественно торцевые части изолированных обмоток, прессующие кольца, ярмовые балки, крепежные детали.

Существенное влияние на усиление шумового излучения силового электротрансформатора могут оказывать также возникающие динамические резонансные явления, проявляющиеся в виде механических колебаний (вибраций), его составных частей - охладителей, стенок масляного бака, расширителя, трубопроводов.

Радиаторы системы охлаждения могут также являться значимыми структурными (твердоповерхностными) источниками шумового излучения вследствие больших поверхностей звукоизлучения и возможных возникновений (возбуждений) резонансных механических колебаний отдельных деталей охладителя, передачи вибрации от масляного бака, в то время как маслососы, используемые в системах охлаждения, как правило, не оказывают какого-либо значимого влияния на результирующее звуковое поле электротрансформаторной подстанции. Передача вибрационной энергии от активной части силовой электротрансформатора к стенкам бака происходит твердыми путями передачи - через опоры либо через элементы крепления активной части к баку, а также через находящееся в нем охлаждающее масло. В составе электротрансформаторной подстанции, наряду с тонкостенными, пластинчатого типа вибрирующими частями масляного бака, шумогенерирующими элементами могут являться закрепленные на баке лестницы, трубопроводы, расширители. Входящие в состав электротрансформаторной подстанции закрытого типа устройства вентиляционного охлаждения активной части силового электротрансформатора, представленные системами охлаждения с естественной или принудительной циркуляцией воздушных потоков, содержащие открытые вентиляционные каналы (проемы), также являются интенсивными источниками и непосредственными путями (каналами) передачи в окружающую среду паразитных низкочастотных шумовых излучений («электротрансформаторного гула»).

Типичные известные конструктивно-технологические приемы уменьшения шумовых излучений силовых электротрансформаторов заключаются в реализации следующих мероприятий:

- обеспечение малозумности внутренних источников виброакустических излучений и, в первую очередь, - активной части (магнитопровода с изолированными обмотками) и устройств вентиляционного охлаждения силового электротрансформатора;
- использование эффективных устройств виброизоляции металлоконструкции бака от источников динамического (вибрационного) возбуждения - активной части и устройств вентиляционного охлаждения силового электротрансформатора;
- устранение собственных механических колебательных резонансов стенок бака и навесных элементов, расположенных на баке, путем изменения их жесткостных характеристик, введения дополнительных диссипативных вибродемпфирующих покрытий на тонкостенных элементах, использования настроенных динамических гасителей колебаний;
- применение дополнительных звукоизолирующих и звукопоглощающих устройств (ограждений) в виде шумоизолирующих кожухов и экранов, акустических капсул, однослойных пористых звукопоглощающих облицовок, многослойных слоистых комбинированных панелей, представленных чередующимися плотными

звукоотражающими и пористыми звукопоглощающими слоями;

- ослабление передачи вибрационной энергии твердыми путями через опорные профили элементов рамы и каркаса крепления корпуса электротрансформатора через его фундаментное основание на присоединенные элементы ограждающих панелей стен, пола, потолка (крыши) помещения (здания) электротрансформаторной подстанции и/или на соответствующие смежные примыкающие строительные конструкции производственного, общественного или жилого помещения, в составе которого он находится, достигаемой путем устранения (ослабления) жестких (твердых) динамических связей со строительными конструкциями помещения (здания), включая применение фундаментного основания большой массы (по меньшей мере, в 10 раз большей, чем масса установленного на нем силового электротрансформатора), использованием высокоэффективных, присоединенных к элементам силового электротрансформатора, конструкций виброизоляторов, вибродемпферов и динамических виброгасителей.

Силовой электротрансформатор, в составе электротрансформаторной подстанции, может находиться в открытом для окружающей среды виде (располагаться на открытых пространствах). Также он может находиться в закрытом (изолированном) автономном помещении (здании) замкнутого типа, выполненного например, в виде металлической акустической капсулы или строительного сооружения (кирпичного, из железобетонных блоков) как это показано на фиг. 1. Также, такого типа электротрансформаторная подстанция, может быть представлена в виде встроенного закрытого (изолированного) помещения, входящего в состав производственного, общественного или жилого здания, содержащего сборные крупнопанельные (железо-бетонные, каркасно-металлические, крупноблочные монолитные или ручной кирпичной кладки) конструктивно-технологические исполнения ограждающих панелей стен (стеновых перегородок, пола, потолочного перекрытия) помещения здания электротрансформаторной подстанции закрытого типа (см. фиг. 2). Такого типа электротрансформаторная подстанция носит название электротрансформаторная подстанция закрытого типа. Шумовое излучение силового электротрансформатора в составе электротрансформаторной подстанции закрытого типа по сравнению с подстанцией открытого типа характеризуется уменьшенной интенсивностью акустической энергии передаваемой в окружающую среду (на прилегающие жилые территории, в смежные помещения строительного сооружения здания). Однако вследствие доминирующего характера низкочастотного шумового излучения силовых электротрансформаторов ($f=100\dots300$ Гц), проявляющегося в виде «электротрансформаторного гула» и обладающего, как известно, высокой проникающей способностью, с его интенсивным распространением на большие расстояния без заметной доли диссипативного поглощения акустической энергии, звукоизолирующая способность типичных ограждающих конструкций электротрансформаторных подстанций закрытого типа не всегда является достаточной (эффективной). В особенности, это относится к конструктивным элементам, характеризующимся не только слабыми звукоизолирующими свойствами, но и способствующими усиленной передаче акустической энергии из замкнутого пространства помещения (здания) электротрансформаторной подстанции, как в окружающую среду, так и в смежные помещения строительного сооружения здания (тонкостенные панельные элементы, слабая звукоизоляция уплотнителей, открытые волноводные звукопередающие каналы). В первую очередь это относится к дверным проемам и открытым вентиляционным каналам (проемам) помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа.

Известны устройства силовых электротрансформаторов, оборудованные теми или

иными техническими средствами подавления (уменьшения) шумовых излучений силовых электротрансформаторов, производимых преимущественно их активной частью, образованной магнитопроводом и изолированными обмотками, охватываемых общим магнитным потоком. Используемые технические устройства уменьшения шумовых излучений, производимых силовыми электротрансформаторами, относятся как к конструктивным усовершенствованиям непосредственно составных элементов силового электротрансформатора, так и к использованию усовершенствованных конструкций внешних автономных замкнутых помещений (зданий), в которых располагаются силовые электротрансформаторы, с образованием низкошумных электротрансформаторных подстанций закрытого типа.

Известен, в частности, однофазный броневой электротрансформатор (реактор) по патенту РФ на изобретение RU 2208859, в котором уменьшение его шумового излучения обеспечивается выбором специальной геометрической формы поперечного сечения сердечников, обеспечивающей их более плотное прилегание друг к другу в собранном магнитопроводе, использованием соответствующей конструкции стяжки и бандажа.

Известно также введение в состав конструкций силовых электротрансформаторов различного типа вибродемпфирующих, звукопоглощающих и звукоизолирующих элементов как это, в частности, представлено в патентах на изобретения Великобритании - GB 984626 (публ. 03.03.1965), GB 971765 (публ. 07.10.1964), GB 925522 (публ. 08.05.1963), GB 1094618 (публ. 13.12.1967), GB 826501 (публ. 06.01.1960), заявке на изобретение Японии - JP 2007134628 (публ. 31.05.2007), патенте на изобретение Франции - FR 1384344 (публ. 1965 г.).

Конструктивно-технологические усовершенствования внешних ограждающих стенок замкнутых помещений (зданий) электротрансформаторных подстанций, в которых располагаются силовые электротрансформаторы (вариантное исполнение электротрансформаторной подстанции закрытого типа), известны, в частности, из следующих технических решений:

- патента на изобретение Великобритании GB 925522 (публ. 08.05.1963);
- патента на изобретение Великобритании GB 791238 (публ. 26.02.1958);
- патента на изобретение Великобритании GB 949213 (публ. 12.02.1964);
- патента на изобретение США US 4840251 (публ. 20.06.1989);
- патента на изобретение США US 4497387 (публ. 05.02.1985);
- патента на изобретение США US 8044307 (публ. 25.10.2011);
- патента на изобретение Японии JP 55-46531 (публ. 01.04.1980);
- патента на изобретение Японии JP 55-53403 (публ. 16.10.1978);
- патента на изобретение Японии JP 54-154031 (публ. 25.05.1978);
- патента на изобретение Японии JP 52-20241 (публ. 02.06.1977);
- заявки на изобретение Германии GE 1563124 (публ. 02.01.1970);
- патента на изобретение Франции FR 1259792 (публ. 20.03.1961);
- Европейского патента на изобретение EP 0074521 (публ. 23.03.1983)

Согласно приведенным выше патентам на изобретения рассматриваются, в частности, технические решения, направленные на рационализацию (усовершенствование) геометрических форм и/или введение дополнительных ужесточающих элементов ограждающих стенок помещений (зданий) электротрансформаторных подстанций, использование дополнительных облицовочных звукопоглощающих футеровок, монтируемых на внутренних поверхностях ограждающих стенок помещений электротрансформаторных подстанций (зданий), применение оригинальных геометрических форм локальных экранов звукоотражающих элементов и открытых

вентиляционных проемов (каналов) помещений (зданий) электротрансформаторных подстанций, находящихся в зонах непосредственного распространения потоков звуковой энергии в окружающую среду.

Известны также технические устройства ослабления низкочастотной (до ~400 Гц) звуковой энергии, характеризующейся доминирующим диапазоном шумового излучения силовых электротрансформаторов, в виде «низкочастотного электротрансформаторного гула», базирующиеся на применении соответствующих оригинальных структур акустических материалов в виде многослойных композиций, включающих компоненты изготовленные из силиконовой резины или акриловой резины, пористого открытоячеистого и защитного пленочного слоев, см. заявка на изобретения Японии - JP 2008034477 (публ. 2008-02-14), JP 2008032838 (публ. 2008-02-14), JP 2007324389 (публ. 2007-12-13), JP 2010003919 (публ. 2010-01-07).

Известно использование вакуумированных структур составных конструктивных элементов электротрансформаторных подстанций, обеспечивающих соответствующее ослабление шумового излучения, распространяемого через такого типа структуры конструктивных элементов силовых электротрансформаторов в открытое пространство, согласно заявок на изобретения:

- международной заявки на изобретение WO 2011/138330 (публ. 10.11.2011);
- заявки на изобретение Японии JP 59-172218 (публ. 18.03.1983);
- заявки на изобретение Японии JP 61006812 (публ. 21.06.1984);

Известно применение активных систем подавления шумовых излучений, производимых силовыми электротрансформаторами, принцип действия которых базируется на генерировании искусственных противофазных акустических сигналов, производящих компенсацию амплитудных значений реальных акустических сигналов (шумовых излучений), непосредственно генерируемых составными элементами силового электротрансформатора, как это, в частности, представлено в заявках и патентах на изобретения:

- международной заявке на изобретение WO 2011/138329 (публ. 10.11.2011);
- заявке на изобретение Японии JP 2008218745 (публ. 18.09.2008);
- заявке на изобретение Японии JP 2008226933 (публ. 25.09.2008);
- патенте на изобретение США US 6633107 (публ. 14.10.2003);
- патенте на изобретение США US 5394376 (публ. 28.02.1995);
- заявке на изобретение США US 2012/0121101 (публ. 17.05.2012);
- патенте на изобретение США US 5617479 (публ. 01.04.1997);
- патенте на изобретение США US 2776020 (публ. 01.01.1957);
- патенте на изобретение США US 3906181 (публ. 16.09.1975);
- патенте на изобретение США US 4525791 (публ. 25.01.1985);

Известно также применение частотонастроенных акустических резонаторов, используемых для подавления шумовых излучений силовых электротрансформаторов, реализуемых в виде вакуумированных тонкостенных мембранных элементов, смонтированных на стеновых ограждающих конструкциях электротрансформаторной подстанции, согласно Европейского патента на изобретение EP 0109587 (публ. 30.05.1984), а также реализуемых в виде объемных (полостных) конструкций акустических резонаторов Гельмгольца (см. заявку на изобретение Японии JP 2010212350, опубликованную 24.09.2010 и патент на изобретение Великобритании GB 1220717, опубликованный 27.01.1971), заявку на изобретение Франции FR 2358721, опубликованную 17.03.1978 г.

Все перечисленные выше известные технические решения, описанные в заявках и

патентах на изобретения, характеризуются недостаточно высокой акустической (шумозаглушающей) эффективностью и/или сложностью и дороговизной их изготовления, и/или низкими (нестабильными) эксплуатационными характеристиками и/или недостаточной надежностью и долговечностью их эксплуатации, а также

5 неудовлетворительными экологическими характеристиками, связанными с изготовлением их составных конструктивных элементов и с их вынужденной утилизацией по завершению их жизненного цикла, связанной с загрязнением окружающей среды. По перечисленным выше причинам, а также ввиду возросшей актуальности эффективного решения проблемы утилизации твердых полимерных отходов,

10 представленных составными элементами технических объектов, завершивших свой жизненный цикл, производственно-технологическими отходами и бракованной продукцией, заявляемое техническое устройство (заявка на изобретение) охватывает комплексное решение перечисленных выше проблем по успешному разрешению поставленных технических, экономических, социальных и экологических задач.

15 Как известно также, паразитные шумовые излучения различного типа шумогенерирующих технических объектов (транспортных средств, производственно-технологического и санитарно-технического оборудования, энергетических установок, систем вентиляции и кондиционирования воздуха, электрических машин, бытовой техники), включая шумогенерирующие силовые электротрансформаторы, нуждаются

20 в разработках эффективных технологий (технических устройств) утилизации излучаемой ими звуковой энергии. С другой стороны, существуют актуальные проблемы необходимой утилизации конструкционных материалов, представляемых в виде твердых полимерных отходов, возникающих при утилизации технических объектов, завершивших свой жизненный цикл, и/или утилизации производственно-технологического брака и

25 отходов полимерных материалов (деталей и узлов машин, изготовленных из полимерных материалов). Весьма актуальной является также проблема энергетической утилизации отмеченных выше паразитных шумовых излучений (утилизации звуковой энергии), производимых эксплуатируемыми разнообразными шумогенерирующими техническими объектами (транспортными средствами, производственно-технологическим и санитарно-

30 техническим оборудованием, энергетическими установками, системами вентиляции и кондиционирования воздуха, электрическими машинами, бытовой техникой). По этим причинам, разработка комплексных эффективных технологий (способов, устройств), направленных на материално-энергетическую утилизацию твердых полимерных отходов, продукты которой, в качестве полуфабрикатных звукопоглощающих веществ и/или в

35 качестве полуфабрикатных составных шумозаглушающих деталей и узлов, могут использоваться в дальнейшем для процессов последующей утилизации излучаемой шумогенерирующими техническими объектами паразитной шумовой энергии, представляется весьма востребованной не только с экологической, но и с экономической и социальной точек зрения.

40 Известно, что производство технических устройств связано как с соответствующими материално-энергетическими и трудовыми затратами, так и с сопутствующими им материално-энергетическими загрязнениями окружающей среды. Все это вызывает актуальную необходимость их минимизации. В особенности, это относится к производству технических устройств, изготовленных из полимерных материалов. В

45 качестве исходного сырья при производстве полимерных материалов и изделий из них, как правило, используется невозобновляемое углеводородное сырье (нефть, природный газ). Технология их производства при этом характеризуется высокими энергетическими затратами, вредными условиями производства и неудовлетворительно высоким уровнем

загрязнения окружающей среды токсическими выбросами в воздушный и водный бассейны. Особую проблему составляет утилизация твердых производственно-технологических отходов и брака производства полимерных материалов и изделий из них, а также утилизация уже произведенных технических устройств, изготовленных из полимерных материалов, завершивших свой жизненный цикл. Решение указанных технических проблем экологически безопасной и экономически эффективной утилизации изделий из полимерных материалов связано с реализацией дорогостоящих технологических процессов, осуществляемых с применением сложного технологического оборудования. Одним из наиболее быстрорастущих по объемам производства и потребления полимерным материалом является полиэтилентерефталат (ПЭТ). В особенности, широкое распространение ПЭТ получил в индустрии производства полимерной упаковки (ПЭТ-тары). Также, в больших объемах, он широко используется в качестве волокнистых и пленочных материалов под торговыми марками сипрон, лавсан, полиэстер. Технические условия к ПЭТ материалу определяются требованиями отечественного стандарта - ГОСТ Р 51695-2000 «Полиэтилентерефталат. Общие технические условия». Особое место в номенклатуре производства ПЭТ-тары занимает бутылочная емкостная ПЭТ-тара, как наиболее распространенная в пищевой и упаковочной промышленности, используемая для упаковки и хранения воды, напитков, пива, соков, масла и т.п. Ее ежегодное производство и возникающие сопутствующие необходимые объемы утилизации в мировом масштабе исчисляются триллионами штук (млн. тонн). Это представляет очень важную экологическую проблему предотвращения загрязнения окружающей среды такого типа утилизируемыми твердыми трудноразлагаемыми полимерными материалами (полимерная упаковочная тара составляет около 40% коммунально-бытовых отходов, отправляемых на свалку). Основными техническими приемами утилизации твердых полимерных отходов, как известно, являются технологические процессы их термического разложения путем пиролиза, разложения (гидролиза, гликолиза), с получением исходных низкомолекулярных продуктов (мономеров, олигомеров) и вторичной (рециклированной) механической переработки. Указанным техническим приемам утилизационной переработки предшествует предварительная обработка твердых полимерных отходов, включающая сепарационное разделение (флотационное, аэросепарационное, электросепарационное, химическими методами, методами глубокого охлаждения), сортировку и идентификацию, измельчение (механическое, криогенное), мойку, сушку (вихревую, ленточную, ковшевую, с «кипящим слоем»), грануляцию. Полученное сырье, в виде гранулята, используют в качестве вторичной добавки к первичному сырью, наряду с дополнительно вводимыми пластификаторами, стабилизаторами и наполнителями, при производстве различного типа технических устройств, в частности, товаров бытовой химии, строительных и сельскохозяйственных орудий, поддонов для транспортировки грузов, труб, облицовочных элементов и т.п. Конечными потребителями продукции из ПЭТ-материала являются производители бутылочной емкостной ПЭТ-тары, пленок и волокон, пищевая, текстильная, шинная промышленность. Технологические процессы изготовления бутылочной емкостной ПЭТ-тары базируются на литье под давлением, экструзии, раздувном формовании, вакуум-формовании могут включать, в том числе, применение вторичного (переработанного) полиэтилентерефталата в виде ПЭТ-хлопьев (чипсов, флексов) или ПЭТ-гранул.

Наращивание объемов рециклированной переработки утилизируемой бутылочной емкостной ПЭТ-тары, связанной с осуществлением сложных и трудоемких

технологических процессов ее сбора, сортировки, очистки, дробления, термо-химических преобразований, сдерживается высокими финансовыми издержками, достигающими 50% роста общих затрат на производство продукции. Широко распространенным способом утилизации вышедшей из употребления бутылочной емкостной ПЭТ-тары является ее энергетическая утилизация путем сжигания, объемы которого могут достигать до 40% полимерных отходов. Однако указанная технология утилизации вызывает необходимость применения сложных и дорогостоящих технических устройств очистки продуктов сгорания, которые характеризуются недостаточно высокой эффективностью и/или неудовлетворительной стабильностью функционирования.

Известные технические решения по рециклированной переработке ПЭТ-материалов, представленных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары, содержатся, в частности, в приведенных ниже ссылках на описания опубликованных заявок и патентов изобретений, относящихся к соответствующим техническим устройствам и технологическим операциям (технологическим процессам - способам):

- сбора, сортировки, сепаративного разделения, пакетирования в интегральные блоки - RU 2348530, RU 2150385, RU 2091224, US 2014299523, US 2014299524, US 2011/0127362, US 2004/0155374, US 5115987, US 5688693, JP 2005041671, JP 2002292630, US 5554657, US 4830188, KR 20070070754, FR 2560155; - очистки (мойки) - RU 2335394, RU 2465972, RU 2137787, RU 2020005, RU 2235019, US 2011/0127362, US 2004/0155374, US 2003/0010360, EP 0237127, WO 09527753, WO 0183112, US 5688693, DE 10002682, WO 09955508, US 5266124, EP 0304667, DE 19545357, JPH 11302443, US 4830188, US 2010140382;

- измельчения (дробления) - RU 2384592, RU 2561475, RU 2349451, RU 2150385, RU 2233200, WO 0183112, US 2011/0155374, WO 09527753, US 7546965, US 5947016, US 5688693, DE 19545357, KR 20000072851, KR 20000010466, JPH 11302443, US 4830188, KR 20010079125;

- гранулирования - US 6436322, DE 19618363, US 6217804, KR 20010079125;

- экструзии, термохимических технологических процессов - RU 2496805, RU 2458946, RU 2263658, RU 2137787, RU 2103257, US 5073203, US 2007/0299150, DE 19629042, WO 09928285, WO 09527753, US 4605762, US 5945460, US 5807932, US 5597891, US 5952520, US 5580905, KR 20000010466, JPH 11302443, MX 201201936, MX 2007004429, US 4973746, US 4355175;

- комбинированным технологиям производства многокомпонентных композитных и/или многослойных полимерных материалов - RU 2302433, RU 2264917, RU 2356915, SU 1331654, RU 2363572, RU 2569371, JPH 08253223, FR 2560155, US 5472753, US 5804305, WO 9702939, WO 9920462, KR 20100045695, JP 2002361647.

- использования по другому целевому назначению составных частей утилизируемой ПЭТ-тары в качестве полуфабрикатных элементов технических устройств - RU 2559129.

Приведенные выше известные способы и технические устройства утилизации ПЭТ-тары (бутылочной емкостной ПЭТ-тары) характеризуются сложными, трудоемкими, дорогостоящими и экологически несовершенными (грязными) технологическими приемами их переработки.

В качестве прототипа заявляемого технического решения, совпадающего с ним по максимальному числу существенных признаков, выбрано техническое устройство низкошумной электротрансформаторной подстанции закрытого типа по патенту Великобритании GB 1220717, опубликованном 27.01.1971. Согласно указанному известному изобретению, низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа характеризуется улучшенным эффектом подавления звукового излучения (снижения шума) от силового электротрансформатора, на его трех гармонических

частотных составляющих - $2f_c$, $3f_c$ и $6f_c$ для конкретного случая равных, соответственно, 120, 180 и 360 Гц, отнесенных к используемой (в Великобритании, США) промышленной частоте сети переменного тока $f_c=60$ Гц, которая рассматривается в представленном патенте на изобретение. Она содержит, в частности, силовой электротрансформатор, состоящий из активной части в виде магнитопровода и изолированных обмоток, охватываемых общим магнитным потоком, несущего каркаса, фундаментного основания, технического устройства естественного вентиляционного охлаждения, представленного в виде открытых каналов (проемов), расположенных в нижней и верхней зонах, образующих входной и выходной вентиляционные каналы (проемы) помещения электротрансформаторной подстанции, направляющих воздушные потоки дефлекторных элементов, а также разнообразных технических устройств ослабления (заглушения) акустического излучения («электротрансформаторного гула»), производимого активной частью силового электротрансформатора, в виде установленных монолитных панельных облицовочных звукопоглощающих футеровок, смонтированных на стеновых и потолочных элементах ограждающих панелей стен и потолка (крыши) помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, поверхностях стенок направляющих дефлекторных элементов, а также шумозаглушающих устройств, выполненных в виде акустических резонаторов, смонтированных в полостях входного и выходного открытых вентиляционных каналов (проемов) помещения электротрансформаторной подстанции закрытого типа.

Недостатками известного технического устройства по указанному прототипу являются:

а) использование сплошных монолитных слоев футерующих материалов звукопоглощающих облицовок, монтируемых на поверхностях ограждающих панелей (стен, потолка, дефлекторных элементов), характеризующихся слабыми звукопоглощающими свойствами в актуальной низкочастотной области звукового спектра, как известно, доминируемого в спектрах шумовых излучений силовых электротрансформаторов (до ~400 Гц), при высокой стоимости и неудовлетворительных экологических характеристиках такого типа пористых звукопоглощающих материалов (как процессов их производства, так и утилизации);

б) используемые в прототипе акустические резонаторы изготовлены из металлических или полимерных конструкционных материалов на изготовление которых потрачены ценные сырьевые материалы, с произведенными соответствующими трудовыми и энергетическими затратами на их изготовление;

в) дверные проемы рассматриваемого технического устройства по прототипу, как одно из наиболее слабых звукоизолирующих звеньев закрытого помещения (здания) электротрансформаторной подстанции не содержит эффективных в низкочастотном звуковом диапазоне звукопоглощающих и звукоизолирующих элементов, что не способствует эффективному заграждению передачи в окружающую среду (смежное помещение или в открытое пространство) низкочастотного «электротрансформаторного гула», обладающего высокой проникающей способностью и слабым пространственным затуханием;

г) используемые в составе конструкций открытых вентиляционных каналов дефлекторные элементы увеличивают гидравлическое (аэродинамическое) сопротивление свободному прохождению воздушных потоков, что ухудшает производительность используемой системы вентиляции помещения (здания), затрудняет эффективный вентиляционный теплообмен (теплообмен) с разогретой активной частью силового электротрансформатора.

Заявляемое техническое устройство предусматривает использование простого, дешевого и экологически чистого технического применения утилизируемой бутылочной емкостной ПЭТ-тары, базирующегося на ее отличающемся целевом назначении - в качестве уже готового полуфабрикатного продукта (элемента), применяемого в составе технического устройства заглушения паразитной акустической энергии (низкочастотного «электротрансформаторного гула»), смонтированного в составе заявляемого технического устройства «низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа», подробное описание конструктивно-технологического исполнения которого будет раскрыто ниже, в тексте приведенного описания заявки и формулы изобретения.

Утилизация паразитной шумовой энергии, производимой разнообразными эксплуатируемыми шумогенерирующими техническими объектами (в данном конкретном случае - силовым электротрансформатором), базируется на реализации физических процессов поглощения (преобразования) звуковой энергии с ее необратимой диссипацией в тепловую энергию используемыми в конструкциях шумозаглушающих устройств пористыми структурами звукопоглощающих материалов. Также имеют место реализуемые в шумозаглушающих технических устройствах взаимодействующие компенсационные интерференционные фазо-амплитудные энергетические подавления распространяемых прямых и отраженных звуковых волн (используемыми в составе шумозаглушающих технических устройств четвертьволновыми и/или полуволновыми акустическими резонаторами), и/или возникающие резистивные диссипативные потери звуковой энергии колеблющимися воздушными массами в поверхностных зонах горловых частей акустических резонаторов Гельмгольца.

Штатные (серийные) утилизируемые бутылочные емкости ПЭТ-тары, которые представлены тонкостенными емкостными оболочками конусообразной (а не куполообразной) геометрической формы, без выраженного скачкообразного граничного разделения открытой горловой и камерной частей, непосредственно не могут быть аппроксимированы техническими шумозаглушающими устройствами, представляемыми в виде классического типа акустических резонаторов Гельмгольца (схематичное изображение классического типа акустического резонатора Гельмгольца приведено на фигуре 3). В такого типа акустических устройствах, представляемых конусообразными бутылочными емкостями ПЭТ-тары, отсутствуют четкие выраженные признаки граничного разделения камерной и открытой горловой частей, присущие классического типа акустическим резонаторам Гельмгольца, что не позволяет их рассматривать в виде соответствующих частотонастроенных устройств подавления акустической энергии. Путем их соответствующей модификационной доработки, согласно представленных предложений описания и графической части заявляемого технического устройства, они могут быть преобразованы в оригинальные частотонастроенные шумозаглушающие устройства (глушители шума), образующие классического типа акустические резонаторы Гельмгольца, наделенные выраженными признаками четкого граничного разделения открытой горловой и камерной частей, характеризующиеся заданной дискретной резонансной частотной настройкой. В частности, такого типа доработка может достигаться путем дополнительной установки в открытую горловую часть бутылочной ПЭТ-тары соответствующей конструкции внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части, свободный концевой срез которого помещен непосредственно внутрь воздушной полости камерной части емкостной бутылочной ПЭТ-тары (выбором его соответствующей габаритной длины и площади проходного сечения), см. фиг. 4а, 4б. В результате, воздушная масса,

локализованная в полости внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части, в зоне ее выраженного (скачкообразного) граничного разделения с вязкоупруго

5 (сосредоточенная воздушная масса горловой части, колеблющаяся на присоединенной к ней распределенной упругой воздушной пружине камерной части, как это показано на фиг. 5а). При этом соблюдается реализация физического принципа вязкоупругого
10 присоединения сосредоточенных локализованных масс воздуха в плоскости граничного разделения (размещения) концевой среза внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части и камерной части бутылочной емкости ПЭТ-тары, как это и имеет место в классического типа акустическом резонаторе Гельмгольца (см. фиг. 3). Заданная частотно-резонансная настройка указанного типа акустического резонатора Гельмгольца производится соответствующим выбором габаритов (емкости) камерной части и конструктивным исполнением его открытой горловой части, как это
15 представлено на фиг. 4а, 4б, 5а, 5б, 5в, 5г, 5д, 5е, которая заключается в конкретном выборе ее габаритной длины h_T , длины d_T и площади проходного сечения F_T , а также (при необходимости) дополнительном использовании тех или иных элементов резистивного диссипативного рассеивания колебательной энергии, вводимых в открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца (см. фиг. 5а, 5б, 5в, 5г, 5д, 5е).

20 Используемая в составе применяемого акустического модуля емкостная бутылочная ПЭТ-тара, может быть представлена как единичными обособленными (разобщенными) шумозаглушающими элементами (глушителями шума), так и комплектоваться (компоноваться) в сблокированные модульные акустические панели (образуемым например, механическим и/или адгезионным соединением контактирующих стенок
25 отдельных емкостных бутылочных элементов ПЭТ-тары), с возможностью реализации более «густого» (близкорасположенного) размещения открытых горловых частей семейства используемых экземпляров емкостной бутылочной ПЭТ-тары (см. фиг. 13...20). Это может оказаться более предпочтительным как для реализации более эффективного поглощения звуковой энергии, так и с точки зрения обеспечения
30 компактности используемого технического устройства акустического модуля, снижения трудоемкости его монтажа и демонтажа, упрощения проведения сервисного обслуживания (мойки, очистки, замены отдельных блоков в процессах эксплуатации и т.п.).

35 Управление частотным спектром поглощения звуковой энергии может производиться, в первую очередь, за счет соответствующего выбора (использования) разногабаритной (различающегося воздушного объема) бутылочной емкости ПЭТ-тары. Привлекательная по минимизации затрат (обеспечению низкой материалоемкости) окончательная конструктивно-технологическая доработка применяемого акустического модуля, с обеспечением его заданной частотно-резонансной поднастройки, может быть
40 реализована использованием соответствующих отличающихся конструкций внутренних трубчатых удлинителей, смонтированных в открытых горловых частях бутылочных емкостей ПЭТ-тары. Она осуществляется путем выбора габаритов внутреннего трубчатого удлинителя (длины, площади проходного сечения), перфорирования их стенок, установкой в их полостях пористых воздухопродуваемых элементов, наделенных
45 заданным отличающимся акустическим сопротивлением (отличающимися параметрами сопротивления продувания воздушным потоком, извилистости пор).

Для направленного увеличения резистивных диссипационных потерь процессу прохождения звуковых волн и рассеивания акустической энергии в открытой горловой

части акустического резонатора Гельмгольца R, при возбуждении в ней резонансных колебаний, в открытой горловой части могут выполняться соответствующие сквозные отверстия перфорации, ограниченные предельными значениями коэффициента перфорации $k_{\text{пер}}$ ($k_{\text{пер}} \leq 0,05$). Они могут выполняться не только непосредственно в стенке используемого внутреннего трубчатого удлинителя, но и в стенке штатной конструкции внешней выступающей открытой горловой части. Такого типа используемый конструктивный элемент резистивного типа, располагаемый в стенке используемого внутреннего трубчатого удлинителя, помещенного в полость камерной части акустического резонатора Гельмгольца, может условно характеризоваться соответствующим параметром энергетических потерь. За счет вносимых им дополнительных противодействующих сопротивлений на возбужденный резонансный колебательный процесс воздушной массы, сосредоточенной в открытой горловой части, он оказывает непосредственное физическое воздействие на характеристику добротности колебательной акустической системы в целом. Тем самым, расширяется частотная полоса эффективного функционирования используемого акустического резонатора Гельмгольца R при соответствующем снижении зависимости («чувствительности») используемого акустического резонатора Гельмгольца R к возможному изменению внешнего воздействия на его частотную расстройку. В качестве изменяемых внешних воздействий на функционирование акустических резонаторов Гельмгольца R, рассматриваются изменения физических параметров окружающей среды, в которой распространяются звуковые волны (изменение температуры воздуха, и связанные с этим изменения скорости распространения и длины звуковых волн).

На фиг. 5а представлена упрощенная схематическая физическая модель колебательной акустической системы, представленной акустическим резонатором Гельмгольца R, образованным из бутылочной емкости ПЭТ-тары. Изображенная на фиг. 5а пунктирная линия, условно отображает пространственные зоны возникающих резистивных диссипационных потерь в процессе резонансного колебательного движения упругих воздушных масс горловой m_r и камерной m_k частей акустического резонатора Гельмгольца R.

Окончательная резонансно-частотная настройка акустических резонаторов Гельмгольца R на заданные рабочие функциональные частоты «электротрансформаторного гула» $f_1=100$ Гц, $f_2=200$ Гц, $f_3=300$ Гц производится соответствующими применениями (выбором конструкций) трубчатых удлинителей открытых горловых частей с учетом используемых объемов полостей присоединенных к ним камерных частей бутылочных емкостей утилизируемой ПЭТ-тары. Монтажная установка отдельных экземпляров акустических резонаторов Гельмгольца R, в составе используемых акустических модулей, наиболее целесообразна в поверхностно-пространственных зонах, содержащих наиболее слабые звенья звукоизоляции помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, а также пространственно приближенных к непосредственным источникам излучения характерного низкочастотного «электротрансформаторного шума» (гула) на трех указанных дискретных частотных составляющих $f_1=100$ Гц, $f_2=200$ Гц, $f_3=300$ Гц (активной части силового электротрансформатора), передающегося в окружающую среду (открытое пространство и/или смежные помещения здания). Такими зонами целесообразной поверхностно-пространственной компоновки акустических резонаторов Гельмгольца R являются, в первую очередь дверные проемы, оборудованные тонкостенными панельными элементами и неудовлетворительными по звукоизоляции

уплотнительными элементами (см. фиг. 1, 2, 6), а также открытые вентиляционные каналы (проемы) помещения (здания) электротрансформаторной подстанции (см. фиг. 1, 2, 7, 8, 9, 10). По этой причине, согласно предложенных технических решений заявляемого технического устройства, используемые открытые вентиляционные каналы (проемы) прямого типа могут, в частности, дополнительно содержать последовательно скомпонованные объемные расширительные камеры, в полостях которых размещены и соответствующим образом закреплены утилизируемые бутылочные емкости ПЭТ-тары, как это, например, изображено на фиг. 7, 8, 9, 10, 21, 22. Аналогичным образом, утилизируемые бутылочные емкости ПЭТ-тары могут размещаться непосредственно на стенках прямооточных открытых вентиляционных каналов (проемов), вне полостей объемных расширительных камер (см. фиг. 11 и 12), и/или на панельных элементах дверного проема помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа (см. фиг. 6). Данные варианты конструктивно-технологических исполнений являются предпочтительными с точки зрения получения более эффективного заглушения акустической энергии (подавление «электротрансформаторного гула»), излучаемой из помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа в окружающую среду. Модифицированная емкостная бутылочная ПЭТ-тара может также монтироваться в указанных выше полостях (каналов, камер) как по всей периметрической части поверхности сечений (каналов, камер, как это показано на фиг. 7...10), так и размещаться в них локализовано по отдельным их частям (поверхностным зонам), как это показано на фиг. 11. К примеру, она может монтироваться своими открытыми горловыми частями друг напротив друга (см. фиг. 21, 22) или устанавливаться только при односторонней компоновке горловых частей, располагаемых напротив плотной звукоотражающей или пористой звукопоглощающей поверхности стенки (канала, камеры), как это показано на фиг. 11.

Коэффициент перфорации стенки $k_{\text{ПМ}}$, используемой в заявляемом техническом устройстве горловой компоновочной матрицы, составляет $k_{\text{ПМ}} \geq 0,1$. Предпочтительно используемый диаметр круглых отверстий перфорации при этом принимается равным 4...8 мм. Выбор круглых отверстий перфорации является предпочтительным с точки зрения обеспечения простоты, экономичности и технологичности осуществления технологического процесса перфорирования тонкостенных листовых конструкций.

Перфорированные конструкции стенки горловой компоновочной матрицы могут использоваться не только в ее плосколистовых металлических конструктивно-технологических исполнениях (см. фиг. 11, 12, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28), но и в полимерных цельноформованных неплоских объемных конструкциях или их комбинированных слоистых сочетаниях, изготовленных из волокнистых и/или вспененных открытоячеистых звукопоглощающих материалов, как это показано на фиг. 11, 16, 17, 20, 29, 30, 31. В тех случаях, когда уже не актуальны проблемы обеспечения приемлемой стойкости пробивного инструмента, применяемого при перфорировании листовых конструкций, может найти применение технология выполнения микроперфорации стенок с диаметрами отверстий перфорации не превышающих 1 мм (0,001 м).

Объемная расширительная камера, используемая в составе открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа, после монтажа в ее полости акустических модулей, содержащих акустические резонаторы Гельмгольца R, как это изображено на фиг. 7...10, 21, 22, может быть преобразована, в конечном итоге, в классическую резонаторную камеру, функционирующую уже не на принципе звукоотражающей «волновой акустической пробки» (типичная функция объемной

расширительной камеры), а на принципе функционирования технического устройства частотонастроенного диссипативного поглощения звуковой энергии, производимого используемыми в ней акустическими резонаторами Гельмгольца R_1, R_2, R_3 , частотонастроенными на дискретные значения резонансных частот f_{R1}, f_{R2}, f_{R3} .

5 Диссипация звуковой энергии при этом осуществляется в результате резонансных колебаний сосредоточенных масс воздуха при их трении о поверхности стенок каждого из отдельных экземпляров открытых горловых частей акустических резонаторов Гельмгольца R_1, R_2, R_3 .

10 В качестве, по крайней мере, одного из альтернативных конструктивно-технологических исполнений предусмотрено, что в одной из используемых объемных расширительных камер могут быть упорядочено скомпонованы акустические резонаторы Гельмгольца R_1, R_2, R_3 с различающимися собственными (резонансными) частотами f_{R1}, f_{R2}, f_{R3} . В этом случае, открытый вентиляционный канал (проем)

15 прямого типа может содержать, по крайней мере, три отдельные (разногабаритные и/или одногабаритные) объемные расширительные камеры, в каждой из которых смонтированы акустические резонаторы Гельмгольца R_1 , или R_2 , или R_3 .

В качестве отличающегося альтернативного конструктивно-технологического исполнения предусмотрено использование в составе по крайней мере одной из объемных расширительных камер только одного типа из применяемых акустических резонаторов Гельмгольца R , собственные (резонансные) частоты которого составляют f_{R1} или f_{R2} или f_{R3} .

20 В зоне монтажного примыкания внешних участков открытых горловых частей акустических резонаторов Гельмгольца R к звукопрозрачной (например, перфорированной с коэффициентом перфорации $k_{\text{пм}} \geq 0,25$) структуре стенки горловой компоновочной матрицы (пластинчатого или трубчатого типа), стенка горловой компоновочной матрицы с внешней и/или с внутренней стороны поверхности может быть дополнительно облицована (футерована) тонким слоем (несколькими слоями) пористого звукопоглощающего материала и/или слоем (несколькими слоями) звукопрозрачного пленочного или тканевого (нетканого полотна) материала (как это показано на фиг. 5д).

25 Рассмотренными выше конструктивно-технологическими исполнениями, в полости объемной расширительной камеры формируется соосный звукопрозрачный и/или звукопоглощающий коаксиальный канал, представленный в виде трубчатого элемента перфорированной структуры горловой компоновочной матрицы (см. фиг. 7...10). Его проходное сечение (прямоугольное, круглое) принимается идентичным или большим проходных сечений подводящего и отводящего участков патрубков открытого вентиляционного канала (прямоугольного, круглого). Тем самым, обеспечивается прямооточное, без соответствующего возрастания гидравлического (аэродинамического) сопротивления прохождению вентилируемых воздушных потоков между помещением (зданием) электротрансформаторной подстанции и внешней окружающей средой (открытым пространством).

30 40 45 Образованная внутри полости объемной расширительной камеры стенка соосного звукопрозрачного и/или звукопоглощающего коаксиального прямооточного канала, как составного элемента открытого вентиляционного канала (проема), сформированная перфорированной стенкой горловой компоновочной матрицы ($k_{\text{пм}} \geq 0,1$), может быть изнутри дополнительно футерована и/или извне облицована тонким (5...10 мм) пористым

слоем (слоями) звукопоглощающего материала (вспененного открытоячеистого, волокнистого), как это представлено на фиг. 7...10, 12, 16, 17, 29...31. Таким образом, образуется эффективная звукопоглощающая структура коаксиального канала.

5 Аналогичного типа звукопоглощающий коаксиальный канал трубчатого конструктивно-технологического исполнения горловой компоновочной матрицы образуется при использовании структуры его стенки, изготовленной из
10 цельноформованного пористого волокнистого и/или пористого открытоячеистого вспененного звукопоглощающего материала, наделенной требуемыми жесткостными и прочностными характеристиками. При необходимости, для обеспечения приемлемой
15 каркасности стенки горловой компоновочной матрицы, могут дополнительно использоваться соответствующие структуры закладных звукопрозрачных конструктивных элементов, изготовленных из металлических или полимерных
20 материалов (перфорированные пластины, стержни, сетки).

Стеновые конструкции электротрансформаторной подстанции закрытого типа,
15 выполненные из сборных крупнопанельных (железобетонных, каркасно-металлических), крупноблочных монолитных или кирпичной кладки, во многих случаях обеспечивают требуемую звукоизоляцию от «электротрансформаторного гула». В это же время, в составе помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа выделяются два «слабых звукоизолирующих звена», ответственных за интенсивную
20 передачу «паразитной звуковой энергии (электротрансформаторного гула)» в смежные помещения строительного здания и/или в открытое пространство. Такого типа «слабыми звукоизолирующими звеньями» являются открытые вентиляционные каналы (проемы) и дверные проемы помещения (здания), входные двери которых оборудованы
25 тонкостенными панельными элементами и комплектуются упрощенными по конструктивно-технологическому исполнению, с недостаточной звукоизоляцией, уплотнительными узлами. По этой причине, улучшение звукоизолирующих характеристик указанных наиболее «слабых звукоизолирующих звеньев» является
30 актуальной задачей разработчиков низкошумных электротрансформаторных подстанций закрытого типа. Весьма важно также учитывать сопутствующие проводимому конструктивно-технологическому усовершенствованию заявляемого
35 технического устройства низкошумной электротрансформаторной подстанции закрытого типа и экономические (стоимостные), а также экологические (утилизация, материалое-энергетическое ресурсосбережение) задачи, с использованием более простых, доступных и легко осуществимых на практике технических приемов. На комплексное
40 решение обозначенных задач направлено заявляемое техническое решение.

В качестве адгезионных веществ, используемых для монтажных закреплений составных элементов заявляемого технического устройства, могут применяться липкие и/или термоактивные клеевые вещества органического происхождения - синтетические олигомеры и полимеры типа фенол-формальдегидных, эпоксидных и полиэфирных
40 смол, полиамидов, полиуретанов, каучуков, термопластичных, термоактивных и/или резиновых клеев, и/или веществ неорганического происхождения типа алюмофосфатных, силикатных в жидком виде, например в растворах, эмульсиях суспензиях, или в твердом виде, например в пленках, прутках, гранулах, порошках - путем их соответствующего температурного расплава или нанесения на нагретые сопрягаемые поверхности.

45 С целью соблюдения предъявляемых нормативных требований пожаробезопасности в составе заявляемого технического устройства могут дополнительно применяться антипирены - вещества или смеси веществ, предохраняющих от самостоятельного воспламенения и горения материалов органического происхождения. Распространенные

антипирены - гидроксид алюминия, соединения бора, сурьмы, хлоридов, органические и неорганические соединения фосфора.

Соблюдение условия предельного ограничения степени перфорации стенки внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R ($k_{\text{ГТУ}} \leq 0,05F_{\text{ГТУ}}$) подразумевает исключение конструктивного «акустического укорочения» габаритных геометрических (и динамических) длин внутренних трубчатых удлинителей, с тем чтобы устранить возможное последующее нарушение частотно-резонансной настройки акустических резонаторов Гельмгольца R, вызываемой разобренным дроблением воздушного объема, локализованного в полости внутреннего трубчатого удлинителя (при варианте превышения по величине указанного предельного значения $k_{\text{ГТУ}}$).

Коэффициент перфорации стенки горловой компоновочной матрицы $k_{\text{ПМ}}$ ($k_{\text{ПМ}} \geq 0,1$) принимается из условия обеспечения приемлемой звукопрозрачности стенки горловой компоновочной матрицы, а также для возможной дополнительной реализации физического процесса эффективного звукопоглощения, осуществляемого отнесенной поверхностью перфорированной стенки горловой компоновочной матрицы, изготовленной из листового металлического, или плотного полимерного материала, и/или стенки горловой компоновочной матрицы, изготовленной из воздухопродуваемого цельноформованного пористого звукопоглощающего волокнистого, и/или вспененного открытоячеистого звукопоглощающего материала, и/или их различных многослойных композиций, включающих отдельные сочетания вышеперечисленных альтернативных структур материалов. В этих случаях, за счет реализаций тех или иных конструктивно-технологических исполнений, расширяются технические возможности управления степенью и частотным составом заглушения акустической энергии заявляемым техническим устройством не только на дискретных значениях резонансных частот f_{R1} , f_{R2} , f_{R3} , но и в других (средне- и высокочастотных) звуковых диапазонах частот. Также возможна сопутствующая реализация конструктивно-технологической концепции использования дополнительно образованного акустического резонатора Гельмгольца, представленного его многогорловой конструкцией открытой горловой части, в виде отнесенного от звукоотражающей поверхности стеновой конструкции помещения (здания) и/или стенки открытого вентиляционного канала (проема) установленного перфорированного листового слоя горловой компоновочной матрицы, перекрывающей соответствующий воздушный объем, формируемый сообщающимися незаполненными межкамерными пространствами, образующимися между внешними поверхностями стенок семейства утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, используемых в составе используемых акустических модулей.

Заявляемое конструктивно-технологическое исполнение шумозаглушающего устройства (глушителя шума), выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R, оборудованного внутренним трубчатым удлинителем открытой горловой части (см. фиг. 4а, 4б, 5а...5е), отличается не только компактностью образуемой конструкции, но и характеризуется улучшенными акустическими характеристиками в сравнении с вариантом типичного внешнего расположения его трубчатого участка открытой горловой части (концевой срез которого находится вне полости камерной части, с присоединением к входному отверстию камерной части акустического резонатора Гельмгольца R, как это имеет место в его типичном «классическом» исполнении показанном на фиг. 3). Это обусловлено, в частности, более слабым динамическим возбуждением низших собственных акустических мод

(собственных резонансных колебаний) воздушного объема, сосредоточенного в полости камерной части, образуемого акустического резонатора Гельмгольца R. Расположение внутреннего концевой среза колеблющегося воздушного столба, сосредоточенного в полости открытой горловой части, на границе раздела камерной и горловой частей в этом случае смещено внутрь воздушной полости камерной части от поверхности ее стенки (удалено от нее в направлении центра тяжести воздушной полости камерной части образуемого акустического резонатора Гельмгольца). По этой причине уменьшается степень динамического возбуждения амплитудных значений собственных акустических мод воздушного объема полости камерной части образуемого акустического резонатора Гельмгольца R. Это вызвано тем, что максимальные амплитудные значения звуковых давлений на собственных акустических модах, формирующиеся в динамически возбуждаемых замкнутых воздушных полостях, локализируются непосредственно у поверхностей их твердых ограничительных стенок и уменьшаются по мере их удаления к центральной зоне (центре тяжести) указанных воздушных полостей. В этом случае, интенсивное динамическое возбуждение собственных акустических мод воздушных полостей камер акустических резонаторов Гельмгольца R способствует дополнительному генерированию и последующему излучению в открытое пространство через их открытые горловые части соответствующих паразитных звуков. Для примера воздушной полости камерной части, сообщающейся с открытой горловой частью, представленной в виде акустического резонатора Гельмгольца R (типичного «классического» конструктивного исполнения, представленного на фиг. 3), это может соответственно ухудшать его акустическое (шумозаглушающее) качество. По этой причине, преднамеренно выполненное смещение (удаление) источника динамического возбуждения воздушной полости камерной части, представленного внутренним концевым срезом колеблющейся воздушной массы, сосредоточенной в полости внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, непосредственно от поверхности твердой ограничительной стенки воздушной полости камерной части, как это реализовано в заявляемых конструктивно-технологических исполнениях акустических резонаторов Гельмгольца R, базирующихся на использовании утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, способствует соответствующему ослаблению (исключению) процесса генерирования дополнительного «паразитного» динамического возбуждения воздушной полости камерной части, что предотвращает нежелательные излучения отмеченных «паразитных» звуковых излучений на низших собственных акустических модах в окружающее пространство. Тем самым, улучшаются акустические качества модифицированных технических устройств заглушения акустической энергии (низкочастотного электротрансформаторного гула).

На приведенных в материалах заявки на изобретение графических изображениях введены следующие цифровые и буквенные обозначения:

- 1 - силовой электротрансформатор;
- 2 - активная часть силового электротрансформатора 1;
- 3 - магнитопровод силового электротрансформатора 1;
- 4 - изолированные обмотки силового электротрансформатора 1;
- 5 - несущий каркас силового электротрансформатора 1;
- 6 - фундаментное основание силового электротрансформатора 1;
- 7 - устройства ослабления акустического излучения активной части 2 силового электротрансформатора 1;
- 8 - воздушная полость помещения (здания) электротрансформаторной подстанции

закрытого типа 11;

9 - пол помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11;

10 - стеновые и потолочные перекрытия (крыша) помещения (здания)

5 электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11;

11 - помещение (здание) электротрансформаторной подстанции закрытого типа;

12 - дверной проем помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11;

10 13 - входная дверь помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11;

14 - открытые вентиляционные каналы (проемы) охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - открытые вентиляционные каналы (проемы) 14);

15 15 - акустические резонаторы Гельмгольца (R_1, R_2, R_3), образованные утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 (далее - акустические резонаторы Гельмгольца R_1, R_2, R_3 - 15);

16 - утилизируемые бутылочные емкости ПЭТ-тары;

20 17 - открытые горловые части утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

18 - камерные части утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ тары 16;

19 - внутренний трубчатый удлинитель открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 (далее - внутренний трубчатый удлинитель 19);

25 20 - единичные обособленные акустические модули, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных единичными обособленными утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 (далее - единичные обособленные акустические модули 20);

21 - сгруппированные сблокированные акустические модули, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных

30 утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 (далее - сгруппированные сблокированные акустические модули 21);

22 - внешний концевой срез открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16;

35 23 - отверстия перфорации, выполненные в стенке внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16;

24 - отверстия перфорации, выполненные в стенке открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16;

40 25 - пористая воздухопродуваемая пробка, установленная в полости внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 (далее - пористая воздухопродуваемая пробка 25);

26 - горловая компоновочная матрица монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (далее - горловая компоновочная матрица 26);

27 - монтажные отверстия горловой компоновочной матрицы 26 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (далее - монтажные отверстия 27);

45 28 - внешний облицовочный звукопрозрачный поверхностный слой горловой компоновочной матрицы 26;

29 - внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой горловой компоновочной матрицы 26;

30 - монтажно-крепежные элементы механического и/или адгезионного типа;

31 - уплотнительно-звукоизолирующие элементы дверного проема 12 и/или входной двери 13, и/или открытых вентиляционных каналов (проемов) 14 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - уплотнительно-
5 звукоизолирующие элементы 31);

32 - объемная расширительная камера, содержащаяся в составе открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа 14 охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - объемная расширительная камера 32);

10 33 - глушитель шума («электротрансформаторного гула»), производимого активной частью 2 силового электротрансформатора 1, смонтированный в полости объемной расширительной камеры 32 открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа 14 охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 и/или на входной двери 13 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого
15 типа 11, представленный единичными 20 и/или сгруппированными сблокированными акустическими модулями 21, составленными из используемых семейств акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 (далее - глушитель шума 33);

20 34 - резьбовая крепежная гайка, образованная из штатной резьбовой пробки перекрытия открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 с удаленной донной частью (далее - резьбовая крепежная гайка 34);

35 - внешний участок внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 (далее - внешний участок
25 35 внутреннего трубчатого удлинителя 19);

36 - внутренний участок внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 (далее - внутренний участок
30 36 внутреннего трубчатого удлинителя 19);

37 - подводящий патрубок открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа 14 охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора
30 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - подводящий патрубок 37);

38 - отводящий патрубок открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа 14 охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - отводящий
35 патрубок 38);

39 - несущая профилированная листовая и/или стержневая основа монтажной компоновки утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (далее - несущая профилированная листовая или стержневая основа монтажной компоновки 39);

40 - тонкий воздухопродуваемый звукопрозрачный тканевый слой, перекрывающий проходное сечение внешнего участка 35 внутреннего трубчатого удлинителя 19 (далее - тонкий воздухопродуваемый звукопрозрачный тканевый слой 40);

41 - воздухопродуваемый звукопрозрачный микроперфорированный пленочный слой, перекрывающий проходное сечение внешнего участка 35 внутреннего трубчатого удлинителя 19 (далее - тонкий воздухопродуваемый звукопрозрачный
45 микроперфорированный пленочный слой 41);

42 - воздухопродуваемый звукопрозрачный слой нетканого полотна, перекрывающий проходное сечение внешнего участка 35 внутреннего трубчатого удлинителя 19 (далее - тонкий воздухопродуваемый звукопрозрачный слой нетканого полотна 42);

43 - отверстия перфорации, выполненные в стенке горловой компоновочной матрицы 26, монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (далее - отверстия перфорации стенки горловой компоновочной матрицы 43);

44 - монтажная панель установки единичных обособленных 20 или сгруппированных 5 заблокированных 21 акустических модулей, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованные несколькими утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 (далее - монтажная панель 44);

45 - несущая тонкостенная дверная панель входной двери 13 помещения (здания) 10 электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (далее - несущая тонкостенная дверная панель 45);

h_{Γ} - геометрическая длина горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м ($h_{\Gamma}=h_{\Gamma1}+h_{\Gamma2}$);

15 $h_{\Gamma1}$ - геометрическая длина внутреннего участка внутреннего трубчатого удлинителя горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м;

$h_{\Gamma2}$ - геометрическая длина внешнего участка внутреннего трубчатого удлинителя горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м;

20 $V_{\text{ПТ}}$ - воздушный объем полости емкостной ПЭТ-тары, м³;

$V_{\text{К}}$ - воздушный объем полости камерной части акустического резонатора Гельмгольца, м³ ($V_{\text{К}}=V_{\text{ПТ}}+V_{\Gamma1}$);

25 V_{Γ} - воздушный объем горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м³ ($V_{\Gamma}=V_{\Gamma1}+V_{\Gamma2}$);

30 $V_{\Gamma1}$ - фрагмент воздушного объема, вытесняемый из воздушного объема камерной части $V_{\text{К}}$ внутренним участком внутреннего трубчатого удлинителя горловой части длиной $h_{\Gamma1}$, включающий объем воздушной и структурной составляющей (материала стенки внутреннего участка внутреннего трубчатого удлинителя горловой части длиной $h_{\Gamma1}$), м³;

$V_{\Gamma2}$ - фрагмент воздушного объема, ограниченный внешним участком внутреннего трубчатого удлинителя горловой части длиной $h_{\Gamma2}$, м³;

35 d_{Γ} - диаметр круглого проходного сечения внутреннего трубчатого удлинителя горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м;

l_{R} - динамическая длина открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, м;

40 $k_{\text{ПТУ}}$ - коэффициент перфорации стенки внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части;

$k_{\text{ПМ}}$ - коэффициент перфорации стенки горловой компоновочной матрицы;

$\alpha_{\text{н}}$ - нормальный коэффициент звукопоглощения, усл. ед.;

45 $\alpha_{\text{Г}}$ - реверберационный коэффициент звукопоглощения, усл. ед.;

A - площадь эквивалентного звукопоглощения, м²;

R_1, R_2 и R_3 - акустические резонаторы Гельмгольца;

F_{Γ} - площадь проходного сечения открытой горловой части акустического резонатора

Гельмгольца (площадь проходного сечения внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части), m^2 ;

H - габаритная высота камеры емкостной ПЭТ-тары (ПЭТ-бутылки), м;

k_{Π} - проводимость горловой части акустического резонатора Гельмгольца, м;

c - скорость звука, м/с;

$t^{\circ}C$ - температура воздуха, $^{\circ}C$;

$\pi=3,14$;

f_R - собственная (резонансная) частота акустического резонатора Гельмгольца R ,

Гц;

f_{R1}, f_{R2}, f_{R3} - значения собственных (резонансных) частот акустических резонаторов

Гельмгольца R_1, R_2 и R_3 , Гц;

f_c - промышленная частота сети переменного тока к которой подключен силовой электротрансформатор, Гц;

ϕ - фаза звуковых колебаний, град;

λ - длина звуковой волны, м;

T - период колебаний, с;

m_T - масса воздуха, сосредоточенная в открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R (включает, в том числе, динамическое удлинение m_T , с формированием динамической длины открытой горловой части l_R за счет присоединенных к m_T воздушных масс, располагаемых по обе стороны открытого горлового среза);

m_K - масса воздуха, сосредоточенная в камерной части акустического резонатора Гельмгольца R (при использовании внутреннего трубчатого удлинителя, размещенного в полости камерной части, его объем $V_{Г1}$ вычитается из объема камерной части V_K).

Технические термины, использованные в тексте описания заявки на изобретение, приведены ниже.

Звукопоглощение - физический процесс необратимого диссипативного перехода колебательной механической (волновой) энергии, распространяемой в упругой среде звуковой волны, в тепловую энергию. Оценивается в условных единицах коэффициентом звукопоглощения { нормальным - α_n и реверберационным - α_r } и/или эквивалентной площадью звукопоглощения (A в m^2).

Звукоизоляция. Термин «звукоизоляция» употребляется для обозначения трех технических (физических) характеристик и относится непосредственно к самой акустической (шумопоглощающей) конструкции, к комплексному физическому процессу поглощения и отражения звуковых волн акустической конструкцией и к количественной оценке изменения (ослабления) передачи акустического излучения (численного изменения параметров физического процесса энергетической передачи акустического излучения), вносимого используемой акустической конструкцией. Является мерой изоляции звука экранной перегородкой, стеной или панелью, выраженной в дБ.

Звукопрозрачность - физическое свойство конструкций, отдельных элементов конструкций (пластин, оболочек, пленок) пропускать звуковую волну без существенного ослабления ее энергии (без существенного отражения в направлении противоположном распространению от источника излучения). Количественно звукопрозрачность характеризуется коэффициентом прохождения звука. Конструкция считается звукопрозрачной если вносимое ею ослабление передачи звуковой энергии не превышает

10%.

Перфорированное отверстие (отверстия перфорации) - одно или несколько сквозных отверстий заданной (как правило - идентичной) геометрической формы и габаритных размеров (площади проходного сечения), расположенных друг относительно друга и/или относительно другого близкорасположенного конструктивного элемента детали (узла) на заданном расстоянии. Перфорация - от латинского perforate - пробиваю, прокалываю - технологический процесс выполнения сквозных отверстий заданных размеров, расположенных соответствующим образом в структуре стенки изготавливаемой детали (узла).

Коэффициент перфорации - отношение суммарной площади отверстий перфорации к общей площади лицевой поверхности стенки (структуры детали) которая была подвергнута процедуре перфорирования (до момента ее перфорирования).

Дифракция звука - физическое свойство, характеризующее отклонение поведения распространения звука от законов геометрической акустики, обусловленное волновой природой распространения звука, в частности, вызывающее явление загибания распространяемых звуковых волн, в область звуковой тени позади огибаемого звукоотражающего препятствия по габаритам большего по сравнению с длиной распространяемой звуковой волны.

Эквивалентная площадь звукопоглощения - оценочный технический параметр звукопоглощающих свойств плосколистовых образцов материалов или полномасштабных неплоских объемных шумопоглощающих деталей, определяемый в условиях воздействия на них диффузного звукового поля, который сопоставляется с соответствующей эквивалентной площадью абстрактной плоской звукопоглощающей поверхности, обладающей 100% поглощением звуковой энергии. Реверберационный коэффициент звукопоглощения $\alpha_r = 1,0$ усл. ед. количественно оценивается в m^2 площади плосколиствого образца, обладающего 100% поглощением звуковой энергии.

Другие особенности и преимущества заявляемого изобретения станут понятны из чертежей и следующего детального описания устройства, где:

- на фиг. 1 представлен общий вид электротрансформаторной подстанции закрытого типа, выполненной в виде закрытого (изолированного) автономного строительного сооружения (здания), содержащей силовой электротрансформатор 1, размещенный в воздушной полости 8 помещения (здания) 11, образуемого ограждающими панелями стеновых и потолочных перекрытий (крыши) 10, дверным проемом 12 со смонтированной входной дверью 13, открытыми вентиляционными каналами (проемами) 14 охлаждения активной части силового электротрансформатора 1;

- на фиг. 2 представлен общий вид электротрансформаторной подстанции закрытого типа, выполненной в виде закрытого (изолированного) автономного строительного сооружения (здания), содержащей силовой электротрансформатор 1, размещенный в воздушной полости 8 помещения (здания) 11, встроенного в состав общего строительного сооружения здания производственного цеха, образуемого ограждающими панелями стеновых и потолочных перекрытий (крыши) 10, дверным проемом 12 со смонтированной входной дверью 13, открытыми вентиляционными каналами (проемами) 14 охлаждения активной части силового электротрансформатора

- на фиг. 3 представлена схема акустического резонатора Гельмгольца классического типа, характеризующегося воздушными объемами горловой V_r и камерной V_k частей с сосредоточенными в них, соответственно, массами воздуха m_r и m_k и собственной (резонансной) частотой f_R , определяемой согласно приведенных соотношений

геометрических и физических параметров.

- на фиг. 4а представлены геометрические параметры составных элементов глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18 - воздушным объемом V_K (сосредоточенной в ее объеме массой воздуха m_K) и открытую горловую часть 17 - воздушным объемом V_Γ (сосредоточенной в ее объеме массой воздуха m_Γ), с неопределенным выраженным граничным разделением открытой горловой 17 и камерной 18 частей, содержащих два цилиндрических и два конусообразных участка, включающих смонтированный внутренний трубчатый удлинитель 19 диаметром проходного сечения d_Γ и геометрической длиной h_Γ , состоящий из внешнего участка 35 геометрической длиной $h_{\Gamma 2}$ и внутреннего участка 36 геометрической длиной $h_{\Gamma 1}$;

- на фиг. 4б представлены геометрические параметры составных элементов глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18 - воздушным объемом V_K и открытую горловую часть 17 - воздушным объемом V_Γ , характеризующихся выраженным граничным разделением, включающих смонтированный внутренний трубчатый удлинитель 19 диаметром проходного сечения d_Γ и геометрической длиной h_Γ , состоящий из внешнего участка 35 длиной h_Γ и внутреннего участка 36 длиной $h_{\Gamma 1}$;

- на фиг. 5а представлена упрощенная схематическая физическая модель колебательной акустической системы, представленной акустическим резонатором Гельмгольца R 15, образованным утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18 с сосредоточенной в ней массой воздуха m_K , открытую горловую часть 17 геометрической h_Γ и динамической l_R длинами, воздушным объемом V_Γ с сосредоточенной в нем массой воздуха m_Γ , имеющую внешний концевой срез 22 и смонтированный в ней внутренний трубчатый удлинитель 19, в вариантах без использования и с использованием дополнительных диссипативных элементов в ее составе (пористой воздухопродуваемой пробки 25, размещенной в полости и отверстий перфорации 23, выполненных в стенке, а также содержать воздухопродуваемые слои материала 40, 41, 42, перекрывающие проходные сечения внешнего участка 35, внутреннего трубчатого удлинителя 19);

- на фиг. 5б представлена схема глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18, открытую горловую часть 17 имеющую внешний концевой срез 22 смонтированного в камерной части 18 внутреннего трубчатого удлинителя 19, состоящего из внешнего 35 и внутреннего 36 участков, в стенке которого выполнены отверстия перфорации 23, имеющие заданные габаритные размеры (длину, диаметр, площадь проходного сечения), собственная (резонансная) частота колебаний f_R которого - в два, ИЛИ четыре, ИЛИ в шесть раз превышает частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1;

- на фиг. 5в представлена схема глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного

утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18, открытую горловую часть 17 имеющую внешний концевой срез 22 смонтированного в камерной части 18 внутреннего трубчатого удлинителя 19, состоящего из внешнего 35 и внутреннего 36 участков, в полости которого установлена пористая воздухопродуваемая пробка 25, имеющий заданные габаритные размеры (длину, диаметр, площадь проходного сечения), собственная (резонансная) частота колебаний f_R которого - в два, ИЛИ четыре, ИЛИ в шесть раз превышает частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1;

- на фиг. 5г представлена схема глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18, открытую горловую часть 17 имеющую внешний концевой срез 22 смонтированного в камерной части 18 внутреннего трубчатого удлинителя 19, состоящего из внешнего 35 и внутреннего 36 участков, в стенке которого выполнены отверстия перфорации 23, а в его полости установлена пористая воздухопродуваемая пробка 25, имеющий заданные габаритные размеры (длину, диаметр, площадь проходного сечения), собственная (резонансная) частота колебаний f_R которого - в два, ИЛИ четыре, ИЛИ в шесть раз превышает частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1;

- на фиг. 5д представлена схема глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18, открытую горловую часть 17 имеющую внешний концевой срез 22 смонтированного в камерной части 18 внутреннего трубчатого удлинителя 19, состоящего из внешнего 35 и внутреннего 36 участков, имеющий заданные габаритные размеры (длину, диаметр, площадь проходного сечения), собственная (резонансная) частота колебаний f_R которого - в два, ИЛИ четыре, ИЛИ в шесть раз превышает частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1, при этом проходное сечение внешнего участка 35 внешнего концевого среза 22 внутреннего трубчатого удлинителя 19 перекрыто тонким воздухопродуваемым звукопрозрачным тканевым слоем 40, или воздухопродуваемым звукопрозрачным микроперфорированным пленочным слоем 41, или воздухопродуваемым звукопрозрачным слоем нетканого полотна 42;

- на фиг. 5е представлена схема глушителя шума 33, выполненного в виде акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованного утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16, содержащей камерную часть 18, открытую горловую часть 17 имеющую внешний концевой срез 22 смонтированного в камерной части 18 внутреннего трубчатого удлинителя 19, закрепленного с использованием резьбовой крепежной гайки 34, состоящего из внешнего 35 и внутреннего 36 участков, имеющего заданные габаритные размеры (длину, диаметр, площадь проходного сечения), собственная (резонансная) частота колебаний f_R которого - в два, ИЛИ четыре, ИЛИ в шесть раз превышает частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1;

- на фиг. 6 представлена схема составных элементов входной двери 13 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (вид снаружи помещения (здания) 11 с открытой входной дверью 13), смонтированной в дверном проеме 12, содержащей уплотнительно-звукоизолирующие элементы 31 расположенные

по периметру дверного полотна (несущей тонкостенной дверной панели 45), акустические резонаторы Гельмгольца (R_1, R_2, R_3) поз. 15, образованные утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, при этом их открытые горловые части 17 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный

5 слой 29 цельноформованного типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично охватывающих поверхности стенок камерных частей 18, утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

- на фиг. 7 представлена схема сечений открытого вентиляционного канала (проема) 14, содержащего объемную расширительную камеру 32 прямоугольного поперечного сечения, в полости которой смонтированы сгруппированные заблокированные акустические модули 21, в составе семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19, собственные

10 (резонансные) частоты колебаний f_R которых - в два, четыре и шесть раз превышают частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы

15 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 цельноформованного типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично стенок камерных частей 18 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

- на фиг. 8 представлена схема открытого вентиляционного канала (проема) 14, содержащего объемную расширительную камеру 32 восьмиугольного поперечного сечения, в полости которой смонтированы сгруппированные заблокированные акустические модули 21, в составе семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19, собственные

20 (резонансные) частоты колебаний f_R которых - в два, четыре и шесть раз превышают частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы

25 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 плосколиствого типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

- на фиг. 9 представлена схема сечений открытого вентиляционного канала (проема) 14, содержащего объемную расширительную камеру 32 круглого поперечного сечения, в полости которой смонтированы сгруппированные заблокированные акустические

30 модули 21, в составе семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19, собственные

35 (резонансные) частоты колебаний f_R которых - в два, четыре и шесть раз превышают частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы

40 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29

плосколистового типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

5 - на фиг. 10 представлена схема сечений открытого вентиляционного канала (проема) 14, содержащего объемную расширительную камеру 32 круглого поперечного сечения, в полости которой смонтированы сгруппированные сблокированные акустические модули 21, в составе семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19, собственные (резонансные) частоты колебаний f_R которых - в два, четыре и шесть раз превышают частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 цельноформованного типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично камерных частей 18 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16;

10 - на фиг. 11 представлена схема фрагментного участка сечения открытого вентиляционного канала (проема) 14 одна из сторон которого образована стеновым перекрытием 10 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11, содержащего сгруппированные сблокированные акустические модули 21, составленные из утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, открытые горловые части 17 которых установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой цельноформованного типа 29, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично - стенок камерных частей 18, при этом оси внутренних трубчатых удлинителей 19 открытых горловых частей 17 направлены перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14;

20 - на фиг. 12 представлена схема фрагментного участка сечения открытого вентиляционного канала (проема) 14 одна из сторон которого содержит монтажную панель 44, которая сопрягается со стеновым перекрытием 10 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11, содержащего сгруппированные сблокированные акустические модули 21, составленные из утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, открытые горловые части 17 которых установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой цельноформованного типа 29, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично - стенок камерных частей 18, при этом оси внутренних трубчатых удлинителей 19 открытых горловых частей 17 направлены перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14;

25 - на фиг. 13 представлена схема конструктивно-технологического исполнения монтажной панели 44, на которой посредством монтажно-крепежных элементов адгезионного типа 30 смонтирован сгруппированный сблокированный акустический модуль 21, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных сопрягаемыми соединенными между собой монтажно-крепежными элементами адгезионного типа 30, шестнадцатью утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных

размеров и объемов камерных 18 и открытых горловых частей 17;

- на фиг. 14 представлена схема конструктивно-технологического исполнения монтажной панели 44, на которой посредством монтажно-крепежных элементов адгезионного типа 30 смонтированы единичные обособленные акустические модули 20, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), образованных соответствующими соединенными между собой монтажно-крепежными элементами адгезионного типа 30, шестнадцатью утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 различающихся геометрических форм, размеров и объемов камерных 18 и открытых горловых частей 17;

- на фиг. 15 представлена схема конструктивно-технологического исполнения несущей профилированной листовой и стержневой основы 39 монтажной компоновки, смонтированной на монтажной панели 44, содержащей закрепленные посредством монтажно-крепежных элементов механического (коробчатого) типа 30 акустические резонаторы Гельмгольца (R_1 , R_2 , R_3) 15, образованные девятью утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 идентичных габаритных и геометрических размеров;

- на фиг. 16 представлена схема установки сгруппированных сблокированных акустических модулей 21, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, смонтированными посредством монтажно-крепежных элементов адгезионного типа 30 на поверхности монтажной панели 44, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей несущую пластинчатую структуру, перфорированную отверстиями перфорации 43 и внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 цельноформованного типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17 и частично поверхности стенок камерных частей 18;

- на фиг. 17 представлена схема установки сгруппированных сблокированных акустических модулей 21, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, смонтированными посредством монтажно-крепежных элементов адгезионного типа 30 на поверхности монтажной панели 44 и/или на поверхности несущей тонкостенной дверной панели 45, при этом открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей несущую пластинчатую структуру, перфорированную отверстиями перфорации 43 и внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 плосколиствого типа, охватывающий внешние поверхности стенок открытых горловых частей 17;

- на фиг. 18 представлена схема конструктивно-технологического исполнения несущей профилированной листовой основы монтажной компоновки 39 в выполненных поднутрениях которой размещены акустические резонаторы Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), образованные утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и объемов камерных 18 и открытых горловых частей 17, при этом их открытые горловые части 17 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей отверстия перфорации 43;

- на фиг. 19 представлена схема конструктивно-технологического исполнения несущей

профилированной листовой и стержневой основы 39 монтажной компоновки, смонтированной на монтажной панели 44, содержащей закрепленные посредством монтажно-крепежных элементов механического (коробчатого) типа 30 акустические резонаторы Гельмгольца (R_1, R_2, R_3) 15, образованные девятью утилизируемыми

5 бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 идентичных габаритно-геометрических размеров, при этом их открытые горловые части 17 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, содержащей отверстия перфорации 43;

- на фиг. 20 представлена схема конструктивно-технологического исполнения монтажной панели 44, на которой смонтированы единичные обособленные акустические

10 модули 20, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных девятью утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и объемов камерных 18 и открытых горловых частей 17, при этом их открытые горловые части 17

15 установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, изготовленной из слоя пористого звукопоглощающего материала, пространство между поверхностью стенки монтажной панели 44 и поверхностью стенки горловой компоновочной матрицы 26 содержит два разделенных внутренних звукопоглощающих слоя 29;

- на фиг. 21 представлена схема конструктивно-технологического исполнения

20 отдельных составных элементов фрагментного участка открытого вентиляционного канала (проема) 14, одна из сторон которого сопрягается со стеновым перекрытием 10 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11, содержащего подводящий 37 и отводящий 38 патрубки, глушитель шума 33,

25 образованный смонтированными на внутренних поверхностях его противоположных боковых стенок, сгруппированными сблокированными акустическими модулями 21, составленными из используемых семейств акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16,

при этом оси внутренних трубчатых удлинителей 19 (на схеме не представлены)

30 открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 направлены перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14 (монтажные панели 44, формирующие стенки вентиляционного канала (проема) 14 - не представлены);

- на фиг. 22 представлена схема конструктивно-технологического исполнения

35 отдельных составных элементов фрагментного участка открытого вентиляционного канала (проема) 14, с присоединенным к его полости глушителем шума 33, образованным в виде смонтированных на внутренних поверхностях боковых стенок сгруппированных сблокированных акустических модулей 21, составленных из используемых семейств акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3),

40 образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16, при этом оси внутренних трубчатых удлинителей 19 (на схеме не представлены) открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 направлены перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14 (монтажные панели 44, формирующие стенки вентиляционного канала (проема) 14

45 - не представлены);

- на фиг. 23 представлена схема одностенной, выполненной из плоской пластинчатой перфорированной структуры, горловой компоновочной матрицы 26 монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, в структуре которой выполнены

монтажные отверстия 27 и отверстия перфорации стенки 43;

5 - на фиг. 24 представлена схема двустенной, выполненной из обособленных плоских перфорированных пластинчатых структур, горловой компоновочной матрицы 26 монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, в структуре каждой из стенок соосно выполнены монтажные отверстия 27 и отверстия перфорации стенки 43;

10 - на фиг. 25 представлена схема замкнутого четырехстенного коробчатого типа горловой компоновочной матрицы 26 монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, в структуре каждой из фрагментных участков стенок которой выполнены соответствующие монтажные отверстия 27 и отверстия перфорации стенки 43;

15 - на фиг. 26 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка горловой компоновочной матрицы 26, в монтажных отверстиях 27 которой с использованием резьбовой крепежной гайки 34 установлена и закреплена открытая горловая часть 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16, образующей акустический резонатор Гельмгольца 15, со смонтированным в ней внутренним трубчатым удлинителем 19, в стенке внутреннего участка 36 которого содержатся отверстия перфорации 23;

20 - на фиг. 27 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка горловой компоновочной матрицы 26, в монтажных отверстиях 27 которой установлены внутренние трубчатые удлинители 19 различных габаритных размеров, при этом в полости одного из них смонтирована пористая воздухопродуваемая пробка 25;

25 - на фиг. 28 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка одностенной структуры горловой компоновочной матрицы 26, в монтажных отверстиях 27 которой с использованием резьбовых крепежных гаек 34 установлены и закреплены открытые горловые части 17 и внутренние трубчатые удлинители 19 трех утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и полостных объемов, образующих
30 единичные обособленные акустические модули 20, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), со смонтированными в них соответствующими внутренними трубчатыми удлинителями 19 отличающихся габаритных размеров;

35 - на фиг. 29 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка двухстенной структуры горловой компоновочной матрицы 26, между обособленными перфорированными пластинчатыми структурами стенок которой установлен внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29, а в ее монтажных отверстиях 27, с использованием резьбовой крепежной гайки 34, смонтированы открытые горловые части 17 и внутренние трубчатые удлинители 19
40 трех утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и полостных объемов, образующих единичные обособленные акустические модули 20, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1 , R_2 , R_3), со смонтированным в них внутренними
45 трубчатыми удлинителями 19 отличающихся габаритных размеров;

- на фиг. 30 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка двухстенной структуры горловой компоновочной матрицы 26, на внутренних поверхностях стенок которой установлены внутренние футерующие звукопоглощающие поверхностные слои 29 (плосколистовой - между стенками и

цельноформованный - на тыльной поверхности внутренней стенки), в ее монтажных отверстиях 27 установлены открытые горловые части 17 и внутренние трубчатые удлинители 19 трех утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и полостных объемов, образующих сгруппированные заблокированные акустические модули 21, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19 отличающихся габаритных размеров;

- на фиг. 31 представлена схема сопрягаемых составных элементов в зоне фрагментного участка одностенной структуры горловой компоновочной матрицы 26, на внутренней поверхности которой установлен цельноформованный внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29, сопрягающийся с боковыми поверхностями стенок открытых горловых частей 17 и частично - с куполообразными поверхностями стенок камерных частей 18, в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26 установлены открытые горловые части 17 трех утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 идентичных геометрических форм, габаритных размеров и полостных объемов, образующих сгруппированные заблокированные акустические модули 21, в составе используемого семейства акустических резонаторов Гельмгольца 15 (R_1, R_2, R_3), со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19 отличающихся габаритных размеров.

Заявленное техническое устройство низкошумной электротрансформаторной подстанции закрытого типа, содержит в своем составе силовой электротрансформатор 1 (фиг. 1, 2), состоящий из активной части 2 в виде магнитопровода 3 и изолированных обмоток 4, охватываемых общим магнитным потоком, несущего каркаса 5 и фундаментного основания 6, устройств ослабления акустического излучения 7 активной части 2. Указанные составные узловые элементы смонтированы в воздушной полости 8 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11, образуемого полом 9, ограждающими панелями стеновых и потолочных перекрытий (крыши) 10, дверным проемом 12 со смонтированной входной дверью 13, открытыми вентиляционными каналами (проемами) 14 охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 (фиг. 1, 2). Устройства ослабления акустического излучения 7 активной части 2 силового электротрансформатора 1 представлены глушителями шума 33, составленными из акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 с камерными 18 и открытыми горловыми частями 17, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями 19 открытых горловых частей 17, содержащих внешний 35 и внутренний 36 участки, выполненными заданных габаритных размеров (длины, диаметра, площади проходного сечения, фиг. 4а, 4б, 5а, 5б, 5в, 5г, 5д, 5е). При этом собственные (резонансные) частоты колебаний f_R используемых акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15) - в два, или четыре, или в шесть раз превышают промышленную частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор 1. Частотно-резонансные настройки (f_{R1}, f_{R2}, f_{R3}) акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, соответствуют значениям рабочих функциональных частот акустического излучения активной части силового электротрансформатора 1 - $f_1=2f_c, f_2=4f_c, f_3=6f_c$. Частотно-резонансные настройки (f_{R1}, f_{R2}, f_{R3}) акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, определяются соответствующим исполнением их составных конструктивных элементов, образованных

преобразуемыми (модифицируемыми) утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16 - воздушного объема полости камерной части 18 (V_k), геометрической длины h_r и площади проходного сечения F_r (диаметра круглого проходного сечения - d_r) открытой горловой части 17, формируемых используемыми внутренними трубчатыми удлинителями 19, выполненных заданных габаритных размеров и смонтированных в открытых горловых частях 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, рассчитанных с учетом температуры воздуха $t^{\circ}\text{C}$, установившейся в воздушной полости помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции закрытого типа согласно выражению (1):

$$f_R = \frac{20,1\sqrt{273+t^{\circ}\text{C}}}{2\pi} \sqrt{\frac{k_n}{V_k}} \quad (1)$$

где $t^{\circ}\text{C}$ - температура воздуха, установившаяся в воздушной полости помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции, $^{\circ}\text{C}$;

f_R - значение собственной (резонансной) частоты в Гц акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), поз. 15, совпадающее с одной из рабочих функциональных частот акустического излучения силового электротрансформатора 1 ($f_1=2f_c, f_2=4f_c, f_3=6f_c$), кратной промышленной частоте сети переменного тока f_c ;

$$\pi=3,14$$

F_r - площадь проходного сечения в м^2 используемого внутреннего трубчатого удлинителя 19, смонтированного в открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16;

$$F_r = \frac{\pi d_r^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (2)$$

где d_r - диаметр круглого проходного сечения открытой горловой части 17 используемого внутреннего трубчатого удлинителя 19, м;

V_k - объем камерной части 18 акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), соответствующий (идентичный) воздушному объему камерной части 18 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ тары 16 с вычитанием объема, занимаемого в камерной части 18 концевым участком внутреннего трубчатого удлинителя 19, м^3 ;

k_n - проводимость открытой горловой части 17 акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), м;

$$k_n = \frac{F_r}{l_R} \quad (3)$$

где l_R - динамическая длина открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, м.

$$l_R = h_r + 0,8\sqrt{F_r} \quad (4)$$

где h_r - геометрическая (габаритная) длина открытой горловой части 17 акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), м.

Используемые устройства ослабления акустического излучения 7 активной части силового электротрансформатора 1, представленные глушителями шума 33, монтируются, в частности, на несущей тонкостенной дверной панели 45 входной двери 13 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (фиг. 1, 2, 6). Также они устанавливаются в полостях открытых вентиляционных каналов

(проемов) прямого типа 14 (фиг. 7...12, 21, 22). Глушители шума 33 могут быть выполнены в виде соответствующих единичных обособленных акустических модулей 20 и/или в виде сгруппированных сблокированных акустических модулей 21, составленных из утилизируемых и дополнительно преобразованных

5 (модифицированных) бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16. В открытых горловых частях 17 утилизируемых и дополнительно преобразованных (модифицированных) бутылочных емкостях ПЭТ-тары 16 смонтированы соответствующие конструкции внутренних трубчатых удлинителей 19 (фиг. 4а, 4б, 5а, 5б, 5в, 5г, 5д, 5е). При этом внешние участки концевых срезов 22 внутренних трубчатых удлинителей 19 открытых горловых частей

10 17 преобразованных (модифицированных) утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, смонтированных на входной двери 13 помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции закрытого типа, своими открытыми частями 17 направлены в зону воздушной полости 8 помещения (здания) локализации активной части силового электротрансформатора 1 (фиг. 1, 2, 6). Утилизируемые преобразованные

15 (модифицированные) бутылочные емкости ПЭТ-тары 16, установленные в полостях открытых вентиляционных каналов (проемов) 14, направлены осями внешних концевых срезов 22 внутренних трубчатых удлинителей 19 открытых горловых частей 17 перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) 14 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 (фиг. 21, 22).

20 Приточный подвод воздуха для охлаждения активной части 2 силового электротрансформатора 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 осуществляется с использованием подводящего патрубка 37 открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14 (фиг. 1, 2, 21). Отвод (вытяжка) избыточного тепла (в составе разогретого воздуха) из зоны

25 локализации активной части 2 силового электротрансформатора 1 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 в открытое пространство осуществляется посредством отводящего патрубка 38 открытого вентиляционного канала (проема) прямого типа 14 (фиг. 1, 2, 21).

С целью уменьшения передачи шумового излучения (низкочастотного

30 электротрансформаторного гула) из помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 в смежные помещения строительного здания или в открытое пространство окружающей среды через звукопередающие соединения с неудовлетворительной звукоизолирующей способностью элементов дверного проема 12 и входной двери 13, и/или открытых вентиляционных каналов (проемов) 14, стеновых,

35 потолочных перекрытий (крыши) 10 помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11, могут применяться соответствующие уплотнительно-звукоизолирующие элементы 31, обеспечивающие акустически эффективную герметизацию (приемлемую звукоизоляцию) сопряжений указанных элементов (фиг.6).

Открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16

40 могут быть установлены в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26. Дополнительная структурная фиксация (неподвижное закрепление), с заданным пространственным размещением утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, может осуществляться с использованием несущей профилированной листовой или стержневой основы монтажной компоновки 39 (фиг. 18).

45 Структура стенки горловой компоновочной матрицы 26 может быть выполнена из листового воздухопродуваемого перфорированного металлического или из перфорированного листового плотного полимерного материала, или из воздухопродуваемого пористого цельноформованного звукопоглощающего вспененного

открытоячеистого материала, или из пористого воздухопродуваемого цельноформованного звукопоглощающего волокнистого материала или из многослойной композиции, включающей сочетания вышеперечисленных альтернативных структур материалов (фиг. 7...12, 16...20, 23...31).

5 В стенке внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 могут быть выполнены соответствующие отверстия перфорации 23 (фиг. 5б, 5г, 26). При этом коэффициент перфорации $k_{пту}$ стенки внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 определяется согласно выражения (5)

$$10 \quad k_{пту} \leq 0,05F_{Г} \quad (5)$$

где $F_{Г}$ - площадь проходного сечения внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17.

15 В полости внутреннего трубчатого удлинителя 19 открытой горловой части 17 может быть также смонтирована пористая воздухопродуваемая пробка 25, изготовленная из соответствующего волокнистого или вспененного открытоячеистого звукопоглощающего материала (фиг. 5а, 5в, 5г, 27).

20 Проходное сечение внешнего участка 35 концевой среза внутреннего трубчатого удлинителя 19 может быть также дополнительно перекрыто тонким воздухопродуваемым звукопрозрачным тканевым слоем 40, или воздухопродуваемым звукопрозрачным микроперфорированным пленочным слоем 41, или воздухопродуваемым звукопрозрачным слоем нетканого полотна 42 (фиг. 5д).

25 Открытые горловые части 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, установленные в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, могут быть неподвижно закреплены к стенке горловой компоновочной матрицы 26 резьбовыми крепежными гайками 34 (фиг. 5е, 26, 28...30). В стенке открытой горловой части 17 утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16 могут быть выполнены отверстия перфорации 24. Коэффициент перфорации стенки горловой компоновочной матрицы 26 $k_{пм} \geq 0,1$.

30 Комплектование утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 в сгруппированные заблокированные акустические модули 21 может производиться с использованием соответствующих монтажно-крепежных элементов механического и/или адгезионного типа 30, соединением между собой и/или с другими составными элементами технического устройства контактирующих стенок отдельных экземпляров утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16.

35 Резьбовые крепежные гайки 34, используемые для неподвижного закрепления открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, установленных в монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26, предпочтительно могут быть образованы из штатных резьбовых пробок перекрытия открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 с 40 соответственно удаленными их донными частями (полностью или частично - с образованием внутреннего опорного кольцевого буртика), как это представлено на фиг. 5е, 26, 28...30.

45 В монтажных отверстиях 27 горловой компоновочной матрицы 26 могут быть также неподвижно закреплены (с используемыми адгезионными веществами) внутренние трубчатые удлинители 19 открытых горловых частей 17 утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (фиг. 27). В этом случае, горловая компоновочная матрица 26 может быть представлена в виде неразъемной узловой структуры, объединенной с внутренними трубчатыми удлинителями 19 открытых горловых частей 17 утилизируемых

бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16.

Открытые вентиляционные каналы (проемы) 14 могут содержать объемные расширительные камеры 32 в полостях которых смонтированы единичные обособленные акустические модули 20 и/или сгруппированные сблокированные акустические модули 21 (фиг. 7...12, 21, 22).

Горловая компоновочная матрица 26 монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, с целью их защиты от негативных воздействий внешней окружающей среды, может содержать в своем составе внешний облицовочный звукопрозрачный поверхностный слой 28 (на фиг. - не показан). Для обеспечения дополнительного эффекта звукопоглощения - в составе горловой компоновочной матрицы 26 монтируемых утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 может использоваться внутренний футерующий звукопоглощающий поверхностный слой 29 (фиг. 7...12, 16, 17, 29...31).

Описание процесса функционирования низкошумной электротрансформаторной подстанции закрытого типа, реализующей физические эффекты подавления ее акустического (шумового) излучения, может быть охарактеризовано следующим образом. Магнитострикционный эффект, как базовый исходный доминирующий источник динамического возбуждения механических (упругих деформационных) колебаний и возникающего последующего характерного низкочастотного шумового излучения, производимого активной частью 2 (магнитопровода 3 и изолированных обмоток 4) силового электротрансформатора 1, обусловлен физическим явлением ряда ферромагнитных тел упруго деформироваться при изменении их магнитного состояния под воздействием протекающего переменного тока с частотой сети f_c . Возникающая колебательная деформационная составляющая магнитострикции проявляется, преимущественно, на трех кратных гармониках частоты сети переменного тока (f_c) - $f_1=2f_c$, $f_2=4f_c$ и $f_3=6f_c$. При прохождении переменного электрического тока с частотой f_c ($f_c=50$ Гц), происходит перемагничивание активной части 2 (магнитопровода 3 и изолированных обмоток 4) силового электротрансформатора 1 при котором индукция в ней достигает максимума дважды за один период частоты сети переменного тока f_c , что соответствует двухкратному временному изменению (двухкратной динамической деформации) длины стальных шихтованных листов магнитопровода 3. Таким образом формируются, в частности, периодические упругие деформационные колебания элементов активной части 2 силового электротрансформатора 1, происходящие с удвоенной частотой колебаний $f_1=2f_c=100$ Гц, по отношению к частоте сети переменного Тока $f_c=50$ Гц которая, в свою очередь, способствует также возбуждению и генерированию кратных ей частотных гармоник $f_2=4f_c$ и $f_3=6f_c$. В связи с вышеописанными физическими явлениями, активная часть 2 силового электротрансформатора 1 представлена как непосредственным механо-акустическим устройством - возбудителем (механо-акустическим преобразователем) генерирования «паразитных» акустических сигналов (шумовых излучений), так и вторичным структурным источником динамических (вибрационных) возбуждений и последующих звуковых (шумовых) излучений, присоединенных к нему составных конструктивных элементов силового электротрансформатора 1 и других конструктивных элементов электротрансформаторной подстанции. Возбужденные рабочими процессами функционирования силового электротрансформатора 1, вибрационные колебания поверхностей твердых структур элементов активной части 2 силового

электротрансформатора 1, поверхностей несущего каркасного 5 и фундаментного 6 оснований, ограждающих панелей стеновых и потолочных перекрытий 10 помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции закрытого типа, образуют совокупное результирующее звуковое поле, рассредоточенное в замкнутой полости помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции закрытого типа, которое характеризуется соответствующим спектром звуковых давлений с выделяющимися в нем (доминирующими) дискретными низкочастотными составляющими, в первую очередь, на трех рабочих функциональных частотах акустического излучения активной части 2 силового электротрансформатора 1 - $f_1=2f_c$, $f_2=4f_c$ и $f_3=6f_c$, где f_c - промышленная частота сети переменного тока к которой подключен силовой электротрансформатор 1.

Таким образом, имеется в наличии результирующий спектральный состав звукового поля, формирующегося в замкнутой воздушной полости помещения (здания) 11 электротрансформаторной подстанции закрытого типа, который характеризуется выделяющимися в нем доминирующими дискретными составляющими звуковых давлений на частотах f_1 , f_2 , f_3 . Такого типа звуковые излучения, на выделяющихся конкретных значениях дискретных частотных составляющих шумового спектра, наиболее целесообразно подавлять (ослаблять) частотонастроенными шумозаглушающими устройствами - акустическими резонаторами и, в частности, акустическими резонаторами Гельмгольца R (поз. 15). Осуществляемый ими эффект подавления распространяемой в упругой среде (воздухе) акустической энергии, базируется на реализациях интерференционных компенсационных эффектов, связанных со сложением (результирующим суммированием) амплитудных значений звуковых волн (с учетом заданных частот f и фаз ϕ звуковых колебаний), который должен производиться, согласно представленным материалам заявки, с учетом влияния эксплуатационных температурных изменений (температуры воздуха $t^\circ\text{C}$), на соответствующие изменения значений их фаз ϕ и длин λ звуковых волн. Под термином интерференция волн подразумевается физический процесс сложения в неограниченном пространстве или в ограниченном волноводе двух или большего числа волн, имеющих одинаковые периоды колебаний T , в результате которого в различных зонах неограниченного пространства или ограниченного пространства волновода, амплитудное значение результирующей волны увеличивается или уменьшается в зависимости от соотношений фаз колебаний ϕ складывающихся (взаимодействующих) волн, формируя таким образом неравномерные пространственные распределения амплитуды результирующей волны.

Функционирование акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15) как технических устройств ослабления (заглушения) акустической энергии на отдельных дискретных значениях звуковых частот f или в заданных узких частотных диапазонах (Δf), определяется соответствующими дискретными значениями их собственных (резонансных) частот колебаний f_R и характеристиками добротности (определяемой частотной шириной резонансных характеристик - ограниченной частотной областью спада амплитудного значения на 3 дБ относительно значения собственной резонансной частоты колебаний f_R) указанных акустических резонаторов Гельмгольца R. Параметр добротность равен отношению значения собственной (резонансной) частоты колебаний f_R акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15) к ширине частотной полосы Δf_R , на границах которой акустическая энергия при вынужденных резонансных колебаниях вдвое (на 3 дБ) меньше акустической энергии на резонансной частоте f_R . Добротность

акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15) определяется (формируется) реализуемой в нем величиной внутренних диссипативных потерь, возникающих как непосредственно в составных структурах (элементах) акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), так и возникающими внешними энергетическими потерями, непосредственно связанными с процессом излучения звука в окружающую среду, на который также расходуется колебательная энергия акустического резонатора Гельмгольца R (поз.15). Частотная настройка акустических резонаторов Гельмгольца R (поз 15) базируется на результирующем волновом (длина волны λ , фаза волны ϕ) взаимодействии с возникающим эффектом интерференционного компенсационного подавления энергии распространяемых в упругой (воздушной) среде звуковых волн заданного частотного диапазона, совпадающего (близких по значениям) с собственными (резонансными) частотами f_R акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15).

Иллюстративный пример выполненной резонансно-частотной настройки акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15), формируемых соответствующими модификационными преобразованиями утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16 (на примерах бутылочных емкостей 2.0, 0.6 и 0.3 литра) в резонансно-частотные шумозаглушающие технические устройства акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15) представлен в таблице 1. Как следует из представленных расчетных акустических параметров акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), образованного модифицированной утилизируемой бутылочной емкостью ПЭТ-тары 16 (с заявленной заполняемой до утилизации жидкостью объемом 2 литра), воздушный объем камерной части 18 которой составляет 2,07 л и применяемого внутреннего трубчатого удлинителя 19, соответствующих габаритных размеров - значение его собственной (резонансной) частоты составляет $f_{R1}=100,6$ Гц. Полученное значение f_{R1} на 22,2 Гц меньше значения собственной (резонансной) частоты штатной (серийной) двухлитровой утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары 16, без установленного в открытой горловой части 17 внутреннего трубчатого удлинителя 19. Утилизируемая бутылочная емкость с заявленной заполняемой жидкостью 0,6 литровой ПЭТ-тары 16 с установленным в открытой горловой части 17 внутренним трубчатым удлинителем 19 заданных габаритных размеров внешнего 35 и внутреннего 36 участков внутреннего трубчатого удлинителя 19, составляющих соответственно $h_{Г1}=24 \times 10^{-3}$ м и $h_{Г2}=4 \times 10^{-3}$ м, образует акустический резонатор Гельмгольца R (поз.15), характеризующийся проводимостью горловой части $k_{Г}=8,7 \times 10^{-3}$ м и собственной (резонансной) частотой $f_{R2}=200,7$ Гц. Установка в аналогичную бутылочную емкость 0,3 литровой ПЭТ-тары 16 внутреннего трубчатого удлинителя 19 геометрические длины внешнего 35 и внутреннего 36 участков внутреннего трубчатого удлинителя 19 которого составляют соответственно $h_{Г2}=29 \times 10^{-3}$ м и $h_{Г1}=2 \times 10^{-3}$ м, реализует техническое устройство акустического резонатора Гельмгольца R (поз. 15), характеризующегося проводимостью горловой части $k_{Г}=10,5 \times 10^{-3}$ м и собственной (резонансной) частотой $f_{R3}=300,8$ Гц. Таким образом, приведенные примеры иллюстрируют достижимость примененных модификационных преобразований утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары 16, как это представлено выше требуемой частотно-резонансной настройки акустических резонаторов Гельмгольца 15, что обеспечивает соответствие их собственных (резонансных) частот f_R требуемым значениям частотно-резонансной настройки $f_{R1}=100$ Гц, $f_{R2}=200$ Гц, - 300 Гц с разницей, не превышающей 0,6...0,8 Гц (что при наличие

диссипативных потерь в открытой горловой части 17 и реализуемом параметре добротности, обеспечивает приемлемую эффективность функционирования образцов акустических резонаторов Гельмгольца R, поз. 15).

5 В проведенных расчетах (см. результаты в табл. 1) не учитывались конкретные значения параметров резистивных диссипативных потерь, уменьшающих добротность и расширяющих частотную полосу эффективного функционирования акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15). Указанные резистивные диссипативные потери возникают (могут направленно увеличиваться) при дополнительном введении элементов поз. 23, 24, 25, 28, 29, 40, 41, 42 в состав конструкции акустических резонаторов
10 Гельмгольца 15, образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары 16. Тем самым, обеспечивается эффективное функционирование акустических резонаторов Гельмгольца R (поз. 15) в расширенном частотном диапазоне Δf при возможном изменении эксплуатационных температур воздуха в воздушной полости помещения 8 электротрансформаторной подстанции закрытого типа 11 и связанного
15 с этим существенного изменения скорости звука c и длиной λ , распространяемых звуковых волн.

Анализ известных технических решений в данной области техники свидетельствует, что заявляемое техническое решение имеет признаки, которые отсутствуют в известных технических решениях, а использование их в заявленной совокупности признаков дает
20 возможность получить новый технический результат, следовательно, предложенное техническое решение имеет изобретательный уровень по сравнению с существующим уровнем техники.

Предложенное техническое решение промышленно применимо, так как может быть изготовлено промышленным способом, работоспособно, осуществимо и
25 воспроизводимо, следовательно, оно соответствует условию патентоспособности по критерию «промышленная применимость».

Заявляемое техническое решение не ограничивается конкретными конструктивными примерами его осуществления, описанными в тексте и показанными на прилагаемых
30 схемах. Остаются возможными и некоторые (несущественные) изменения различных элементов или конструкционных материалов, из которых эти элементы выполнены, либо замена их технически эквивалентными, не входящими за пределы объема притязаний, обозначенного формулой изобретения.

35

40

45

Таблица 1 - Расчетные параметры частотонастроенных акустических резонаторов Гельмгольца **R**, формируемых соответствующими модификационными преобразованиями утилизируемых емкостей ПЭТ-тары (на примерах бутылочных емкостей 2.0, 0.6 и 0.3 литра)

Принятые и расчетные геометрические и физические параметры акустических резонаторов Гельмгольца R		Доминирующие в шумовом спектре электротрансформатора гармонические частотные составляющие		
		$f_1 = 100$ Гц	$f_2 = 200$ Гц	$f_3 = 300$ Гц
Расчетные геометрические параметры	$V_{\text{м}}, \text{м}^3$	$2,07 \times 10^{-3}$	$0,65 \times 10^{-3}$	$0,35 \times 10^{-3}$
	$V_{\text{к}}, \text{м}^3$	$2,06 \times 10^{-3}$	$0,648 \times 10^{-3}$	$0,349 \times 10^{-3}$
	$V_{\text{г}}, \text{м}^3$	$1,48 \times 10^{-3}$	$1,06 \times 10^{-3}$	$1,61 \times 10^{-3}$
	$V_{\text{г1}}, \text{м}^3$	$0,53 \times 10^{-3}$	$0,15 \times 10^{-3}$	$0,11 \times 10^{-3}$
	$V_{\text{г2}}, \text{м}^3$	$0,95 \times 10^{-3}$	$0,91 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$
	$h_{\text{г}}, \text{м}$	39×10^{-3}	28×10^{-3}	31×10^{-3}
	$h_{\text{г1}}, \text{м}$	14×10^{-3}	4×10^{-3}	2×10^{-3}
	$h_{\text{г2}}, \text{м}$	25×10^{-3}	24×10^{-3}	29×10^{-3}
	$d_{\text{г}}, \text{м}$	22×10^{-3}	22×10^{-3}	$25,7 \times 10^{-3}$
	$F_{\text{г}}, \text{м}^2$	$3,8 \times 10^{-4}$	$3,8 \times 10^{-4}$	$5,2 \times 10^{-4}$
	$k_{\text{ш}}, \text{м}$	$6,9 \times 10^{-3}$	$8,7 \times 10^{-3}$	$10,5 \times 10^{-3}$
Принятые физические параметры	$c, \text{м/с}$	343	343	343
	$t, ^\circ\text{C}$	+20	+20	+20
	2π	6,2831853	6,2831853	6,2831853
Расчетные значения собственных (резонансных) частот $f_{\text{R1}}, f_{\text{R2}}, f_{\text{R3}}$	Гц (с^{-1})	100,6	200,7	300,8

(57) Формула изобретения

1. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа, содержащая силовой электротрансформатор, состоящий из активной части в виде магнитопровода и изолированных обмоток, охватываемых общим магнитным потоком, несущего каркаса и фундаментного основания, устройств ослабления акустического излучения активной части, смонтированных в воздушной полости помещения (здания), образуемого полом, ограждающими панелями стеновых и потолочных перекрытий (крыши), дверным

проемом со смонтированной входной дверью и открытыми вентиляционными каналами (проемами) охлаждения активной части силового электротрансформатора, отличающаяся тем, что устройства ослабления акустического излучения активной части силового электротрансформатора представлены глушителями шума в виде акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары с открытыми горловыми частями, со смонтированными в них внутренними трубчатыми удлинителями открытых горловых частей, выполненных заданных габаритных размеров (длины, диаметра, площади проходного сечения), собственные (резонансные) частоты колебаний f_R которых - в два, или четыре, или в шесть раз превышают частоту сети переменного тока f_c , к которой подключен силовой электротрансформатор, эффективные частотно-резонансные настройки акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3) совпадают со значениями рабочих функциональных частот акустического излучения активной части силового электротрансформатора $f_1=2f_c, f_2=4f_c, f_3=6f_c$, определяемых соответствующим выбором составных конструктивных элементов акустических резонаторов Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), образованных утилизируемыми бутылочными емкостями ПЭТ-тары - объема полости камерной части V_k , геометрической длины h_r и площади проходного сечения F_r открытой горловой части, формируемых используемыми внутренними трубчатыми удлинителями, выполненных заданных габаритных размеров и смонтированных в открытых горловых частях утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, используемых с учетом эксплуатационной температуры воздуха $t^\circ\text{C}$, установившейся в воздушной полости помещения (здания) электротрансформаторной подстанции согласно выражению:

$$f_R = \frac{20,1\sqrt{273 + t^\circ\text{C}}}{2\pi} \sqrt{\frac{k_\pi}{V_k}}$$

где f_R - значение собственной (резонансной) частоты в Гц акустического резонатора Гельмгольца R (R_1, R_2, R_3), совпадающее с одной из рабочих функциональных частот акустического излучения силового электротрансформатора ($f_1=2f_c, f_2=4f_c, f_3=6f_c$), кратной частоте сети переменного тока f_c ;

$t^\circ\text{C}$ - эксплуатационная температура воздуха, установившаяся в воздушной полости помещения (здания) электротрансформаторной подстанции, $^\circ\text{C}$;

$$\pi=3,14$$

F_r - площадь проходного сечения в м^2 открытой горловой части используемого внутреннего трубчатого удлинителя, смонтированного в открытой горловой части утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ-тары;

$$F_r = \frac{\pi d_r^2}{4}, \text{м}^2$$

где d_r - диаметр круглого проходного сечения открытой горловой части используемого внутреннего трубчатого удлинителя, м;

V_k - объем камерной части акустического резонатора Гельмгольца R, соответствующий (идентичный) воздушному объему камерной части утилизируемой бутылочной емкости ПЭТ тары с вычитанием объема, занимаемого в камерной части

концевым участком внутреннего трубчатого удлинителя, м³;

k_{Π} - проводимость открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, м;

$$k_{\Pi} = \frac{F_{\Gamma}}{l_R}$$

где l_R - динамическая длина открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, м.

$$l_R = h_{\Gamma} + 0,8\sqrt{F_{\Gamma}}$$

где h_{Γ} - геометрическая (габаритная) длина открытой горловой части акустического резонатора Гельмгольца R, м.

2. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 1, отличающаяся тем, что устройства ослабления акустического излучения активной части силового электротрансформатора, представленные глушителями шума, смонтированы на входной двери помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа и/или установлены в полостях открытых вентиляционных каналов (проемов) прямооточного типа охлаждения активной части силового электротрансформатора помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, при этом они выполнены в виде соответствующих единичных обособленных акустических модулей, и/или выполнены в виде сгруппированных сблокированных акустических модулей, составленных из утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, а внешние участки концевых срезов внутренних трубчатых удлинителей открытых горловых частей утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, смонтированных на входной двери помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, своими открытыми частями направлены в зону воздушной полости помещения (здания) локализации активной части силового электротрансформатора, и/или утилизируемые бутылочные емкости ПЭТ-тары, установленные в полостях открытых вентиляционных каналов (проемов) прямооточного типа охлаждения активной части силового электротрансформатора помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, направлены осями внешних концевых срезов внутренних трубчатых удлинителей открытых горловых частей перпендикулярно оси открытого вентиляционного канала (проема) прямооточного типа.

3. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 2, отличающаяся тем, что открытые горловые части утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары установлены в монтажных отверстиях горловой компоновочной матрицы.

4. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 3, отличающаяся тем, что структура стенки горловой компоновочной матрицы выполнена из листовой воздухопродуваемой перфорированной металлической или из плотной полимерной структуры материала, или изготовлена из воздухопродуваемого цельноформованного звукопоглощающего вспененного открытоячеистого материала, или из воздухопродуваемого цельноформованного звукопоглощающего волокнистого материала, или изготовлена из многослойной композиции, включающей сочетания вышеперечисленных альтернативных структур материалов.

5. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 1, отличающаяся тем, что в стенке внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части выполнены отверстия перфорации, при этом коэффициент перфорации стенки

внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части $k_{\text{ГТУ}}$ составляет

$$k_{\text{ГТУ}} \leq 0,05F_{\Gamma}$$

где F_{Γ} - площадь проходного сечения внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части.

6. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 1, отличающаяся тем, что в полости внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части смонтирована пористая воздухопродуваемая пробка, изготовленная из волокнистого или вспененного открытоячеистого звукопоглощающего материала.

7. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 1, отличающаяся тем, что проходное сечение внешнего участка концевой среза внутреннего трубчатого удлинителя открытой горловой части перекрыто тонким воздухопродуваемым звукопрозрачным тканевым слоем, или воздухопродуваемым звукопрозрачным микроперфорированным пленочным слоем, или воздухопродуваемым звукопрозрачным слоем нетканого полотна.

8. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 3, отличающаяся тем, что открытые горловые части утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары, установленные в монтажных отверстиях горловой компоновочной матрицы, неподвижно закреплены к стенке горловой компоновочной матрицы резьбовыми крепежными гайками.

9. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 4, отличающаяся тем, что коэффициент перфорации стенки горловой компоновочной матрицы $k_{\text{ПМ}}$ удовлетворяет выражению $k_{\text{ПМ}} \geq 0,1$.

10. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 8, отличающаяся тем, что используемые резьбовые крепежные гайки образованы из утилизируемых штатных резьбовых пробок перекрытия открытых горловых частей утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары с удаленными донными частями.

11. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 4, отличающаяся тем, что в монтажных отверстиях горловой компоновочной матрицы неподвижно закреплены внутренние трубчатые удлинители открытых горловых частей утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары или горловая компоновочная матрица представлена в виде неразъемной узловой структуры, объединенной с внутренними трубчатыми удлинителями открытых горловых частей утилизируемых бутылочных емкостей ПЭТ-тары.

12. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 2, отличающаяся тем, что открытые вентиляционные каналы (проемы) охлаждения прямооточного типа активной части силового электротрансформатора помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа содержат объемные расширительные камеры, в полостях которых смонтированы единичные обособленные акустические модули и/или установлены сгруппированные сблокированные акустические модули.

13. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 3, отличающаяся тем, что горловая компоновочная матрица оборудована внешним облицовочным звукопрозрачным поверхностным слоем и/или внутренним футерующим звукопоглощающим поверхностным слоем.

14. Низкошумная электротрансформаторная подстанция закрытого типа по п. 1, отличающаяся тем, что сопряжение дверного проема и/или входной двери, и/или открытых вентиляционных каналов (проемов) со стеновыми, потолочными

перекрытиями (крышей) помещения (здания) электротрансформаторной подстанции закрытого типа, выполняется с использованием дополнительных уплотнительно-звукоизолирующих элементов.

5

10

15

20

25

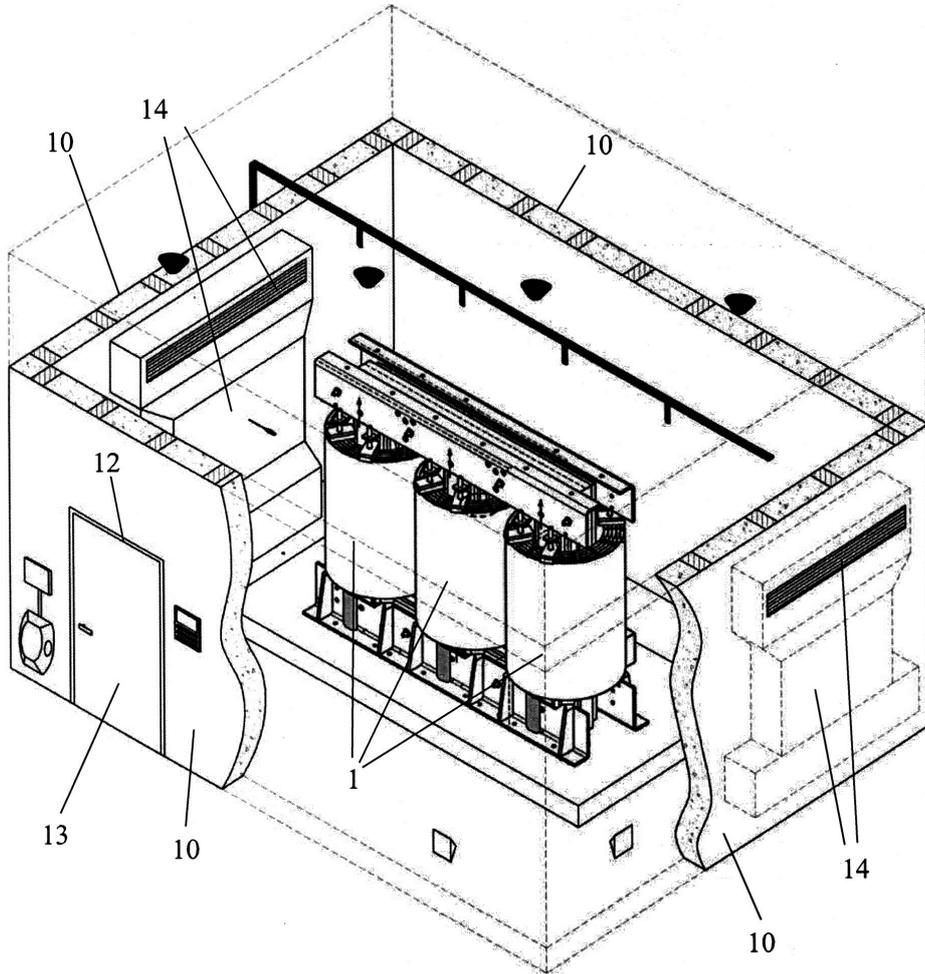
30

35

40

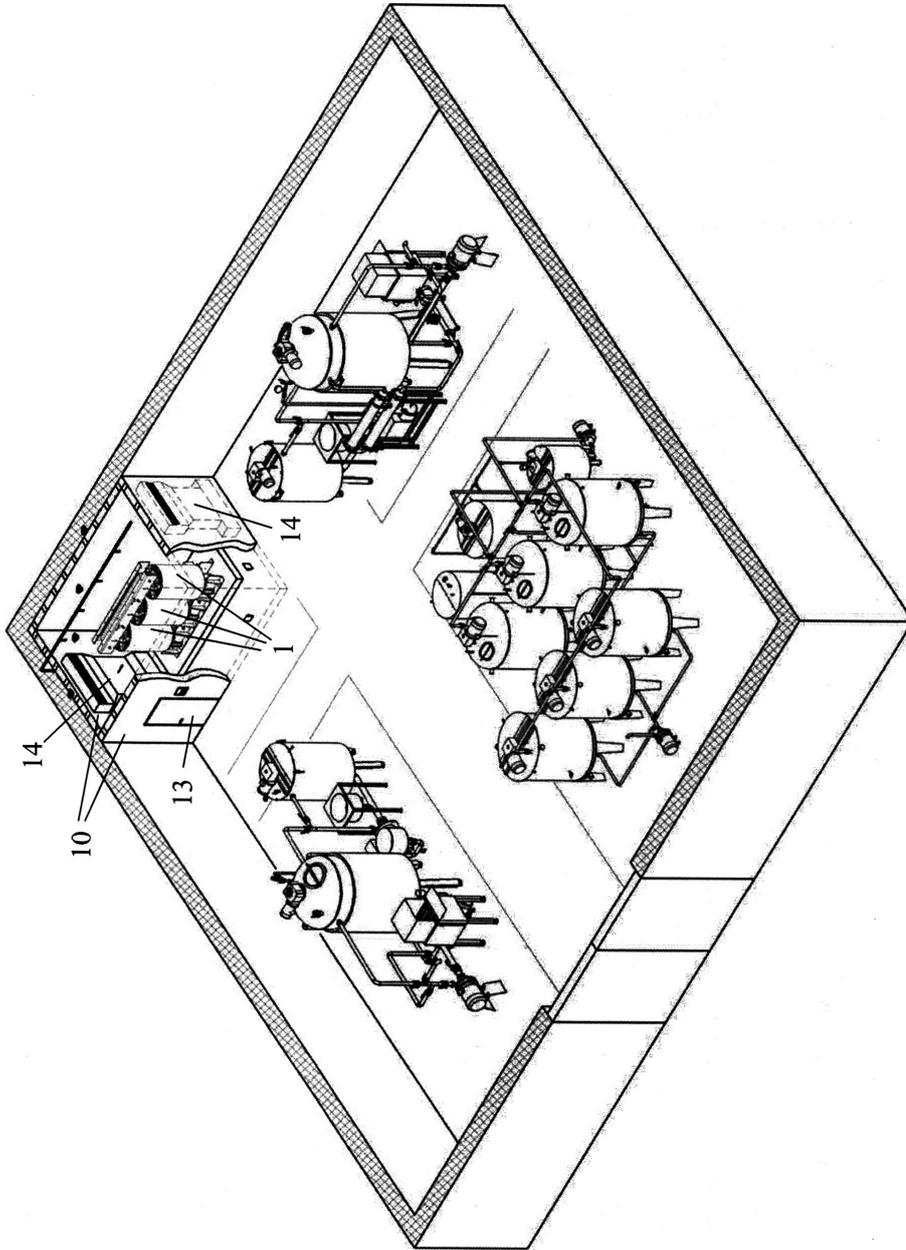
45

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



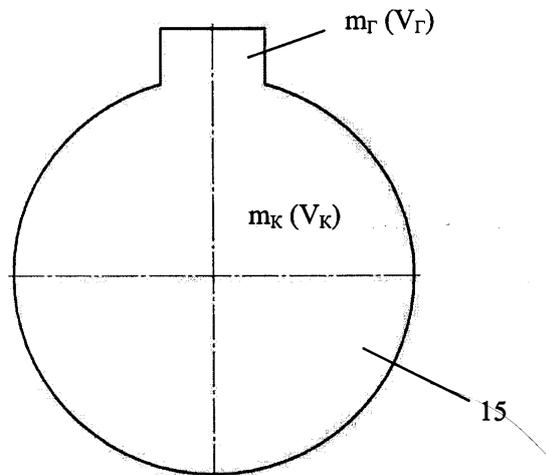
Фиг. 1

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



Фиг. 2

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



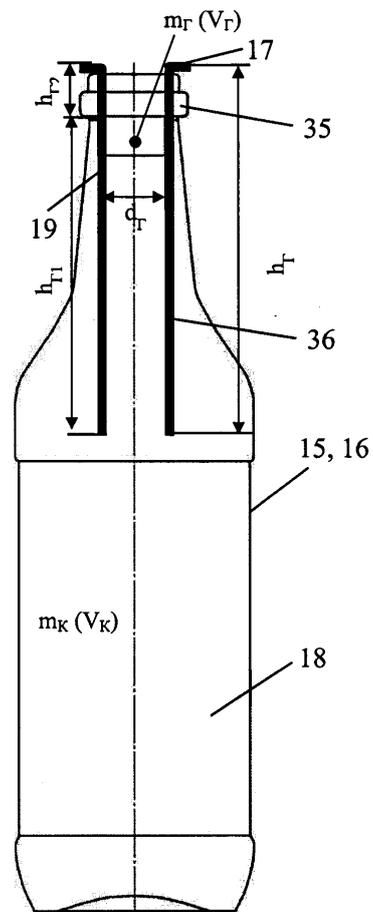
$$f_R = \frac{20,1\sqrt{273 + t^{\circ}\text{C}}}{2\pi} \sqrt{\frac{k_{\pi}}{V_k}}$$

$$k_{\pi} = \frac{F_{\Gamma}}{l_R}$$

$$l_R = h_{\Gamma} + 0,8\sqrt{F_{\Gamma}}$$

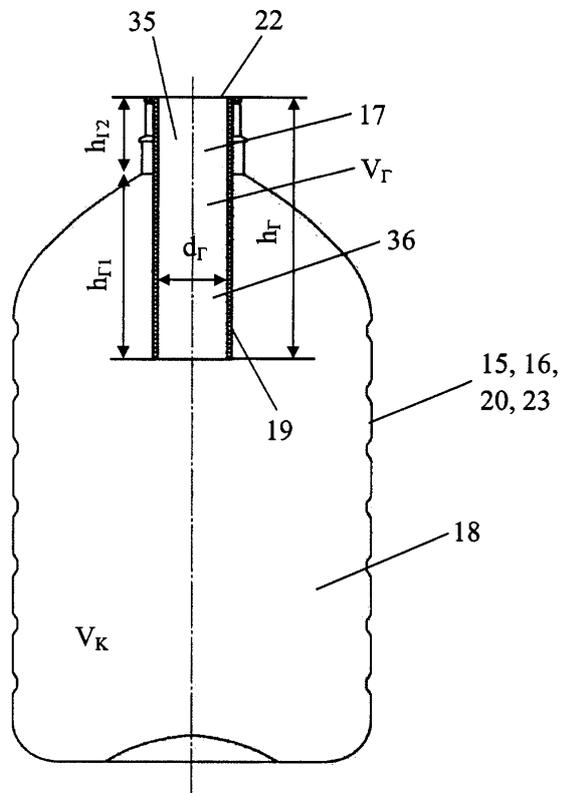
Фиг. 3

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



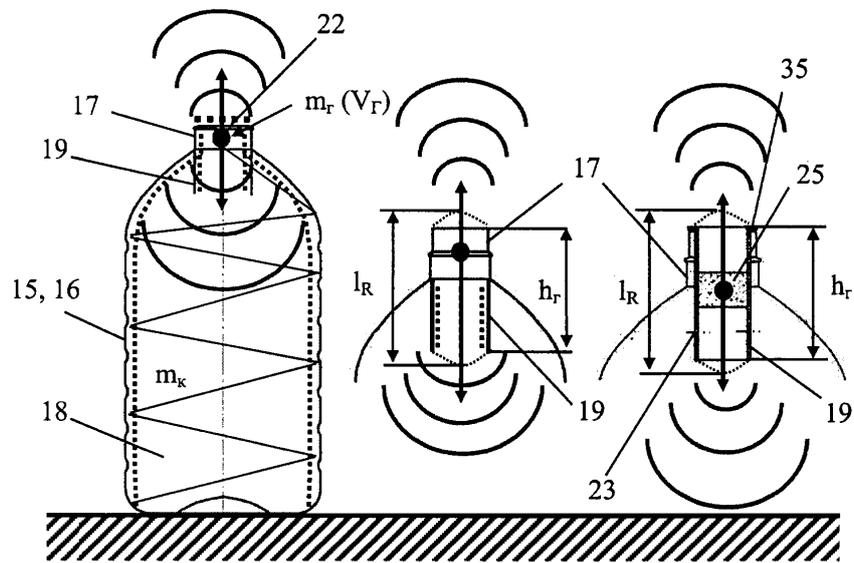
Фиг. 4а

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



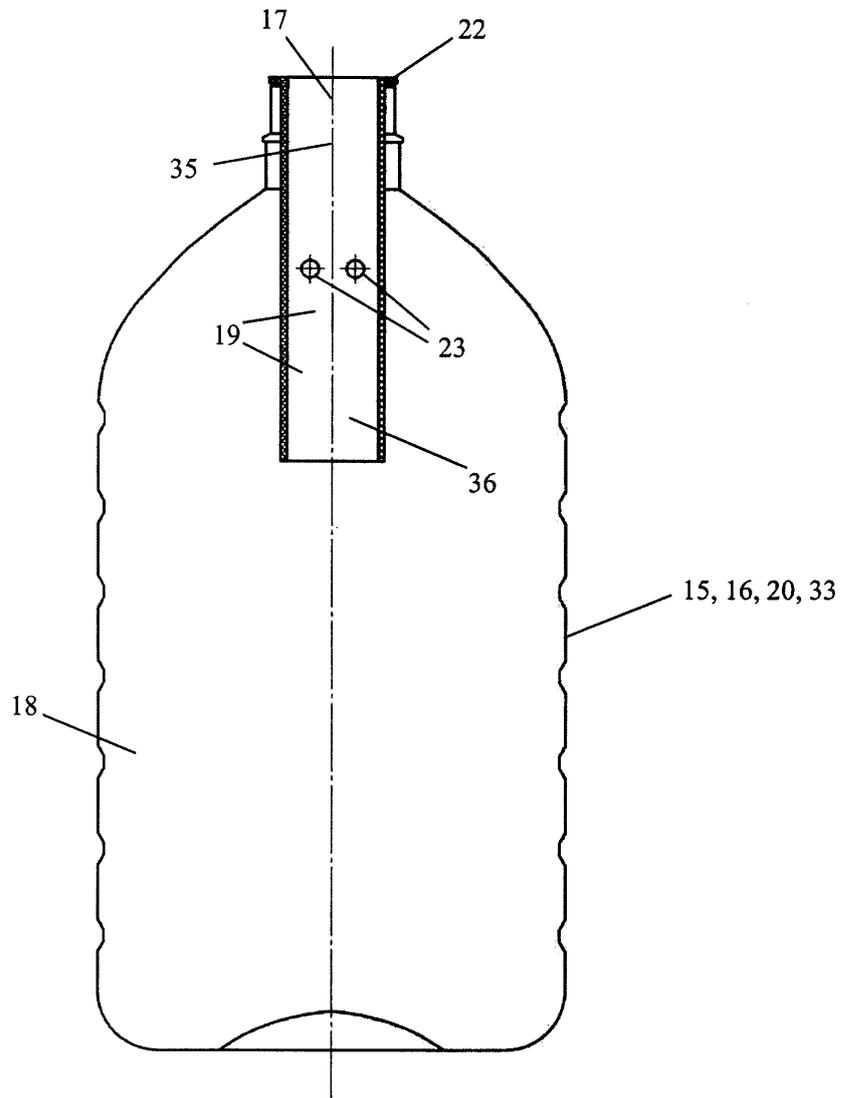
Фиг. 46

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



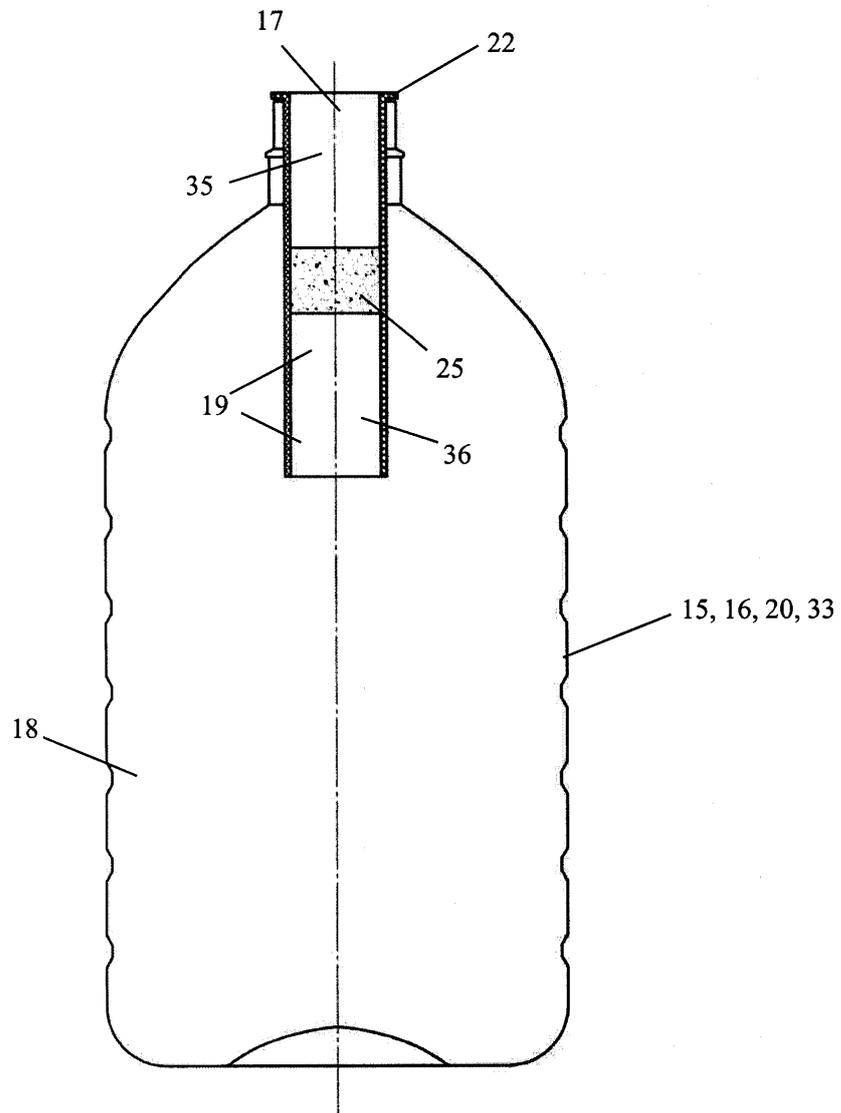
Фиг. 5а

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



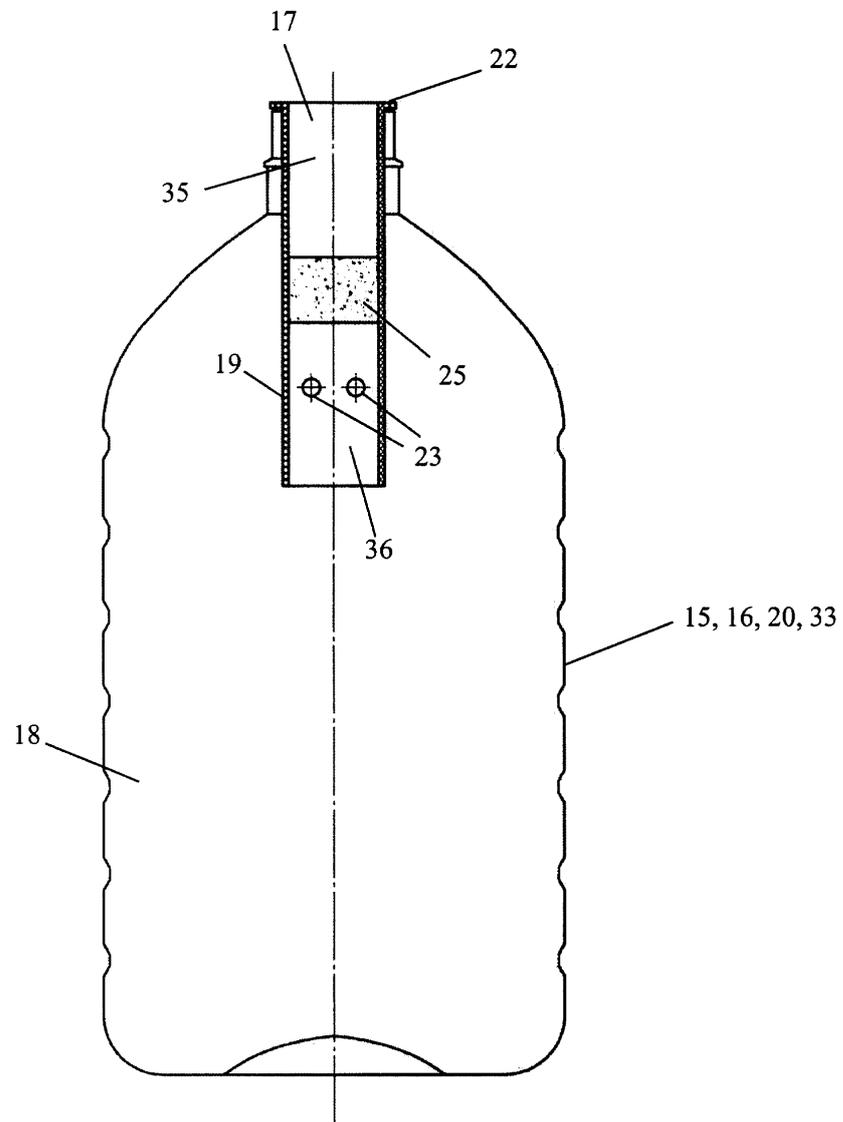
Фиг. 56

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



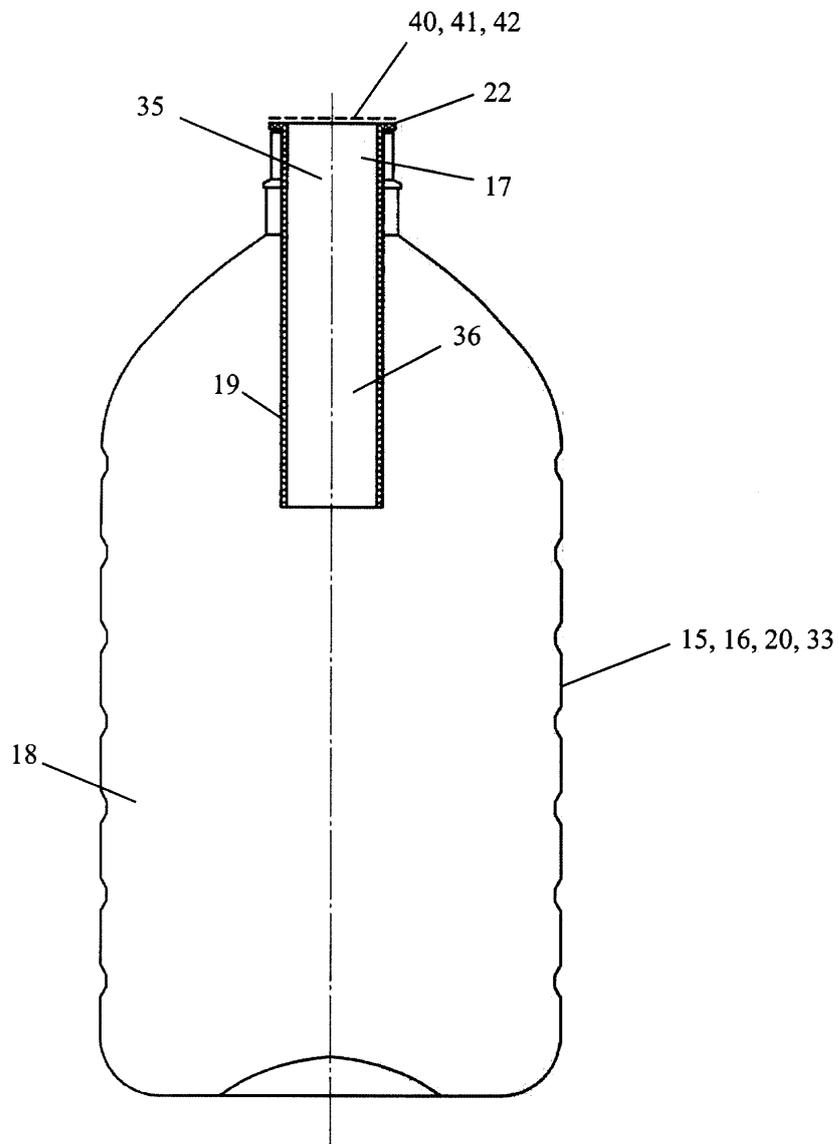
Фиг. 5в

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



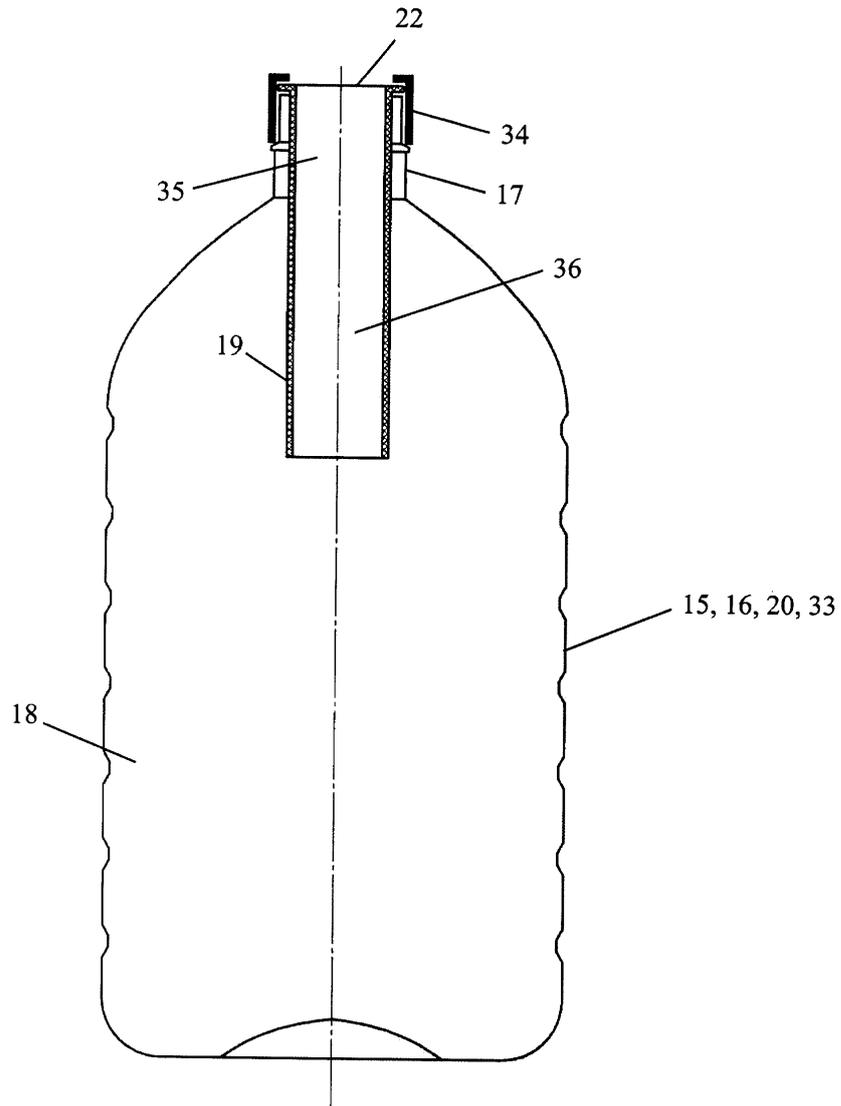
Фиг. 5г

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



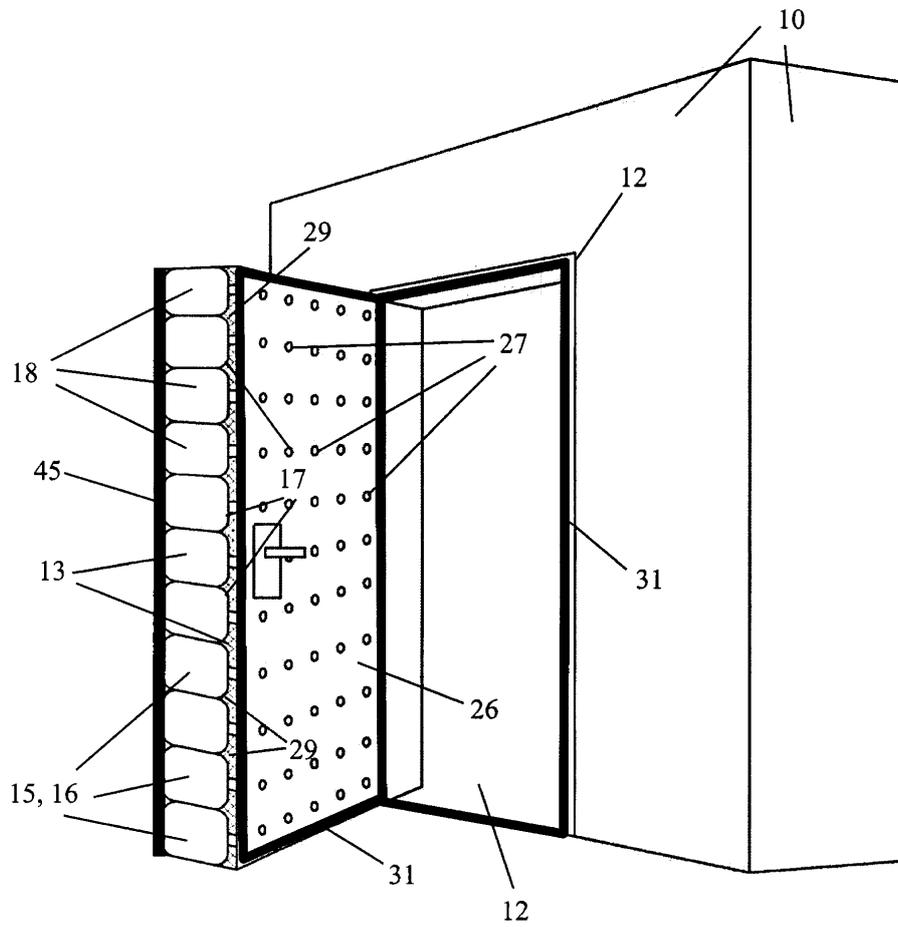
Фиг. 5д

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



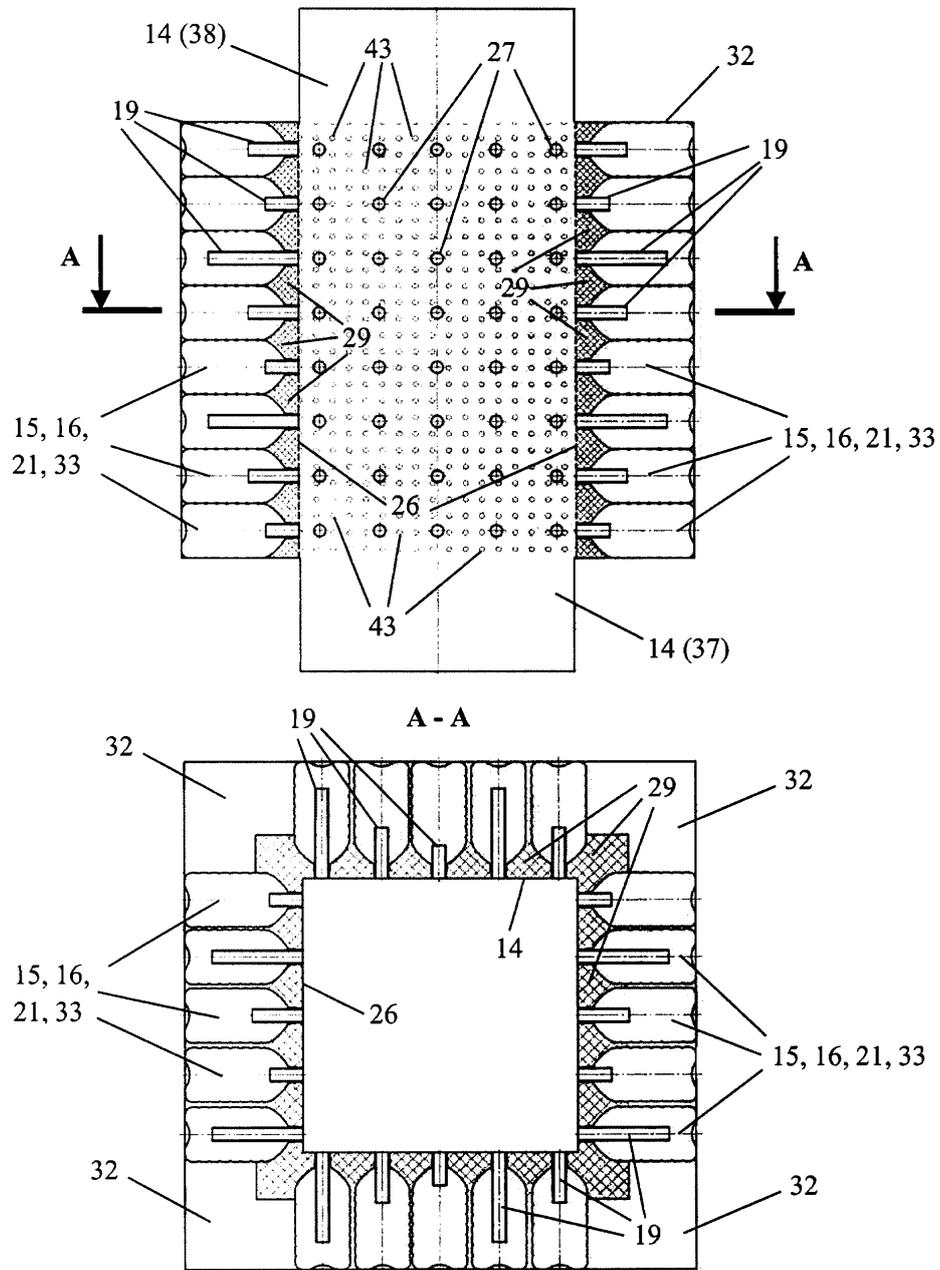
Фиг. 5е

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



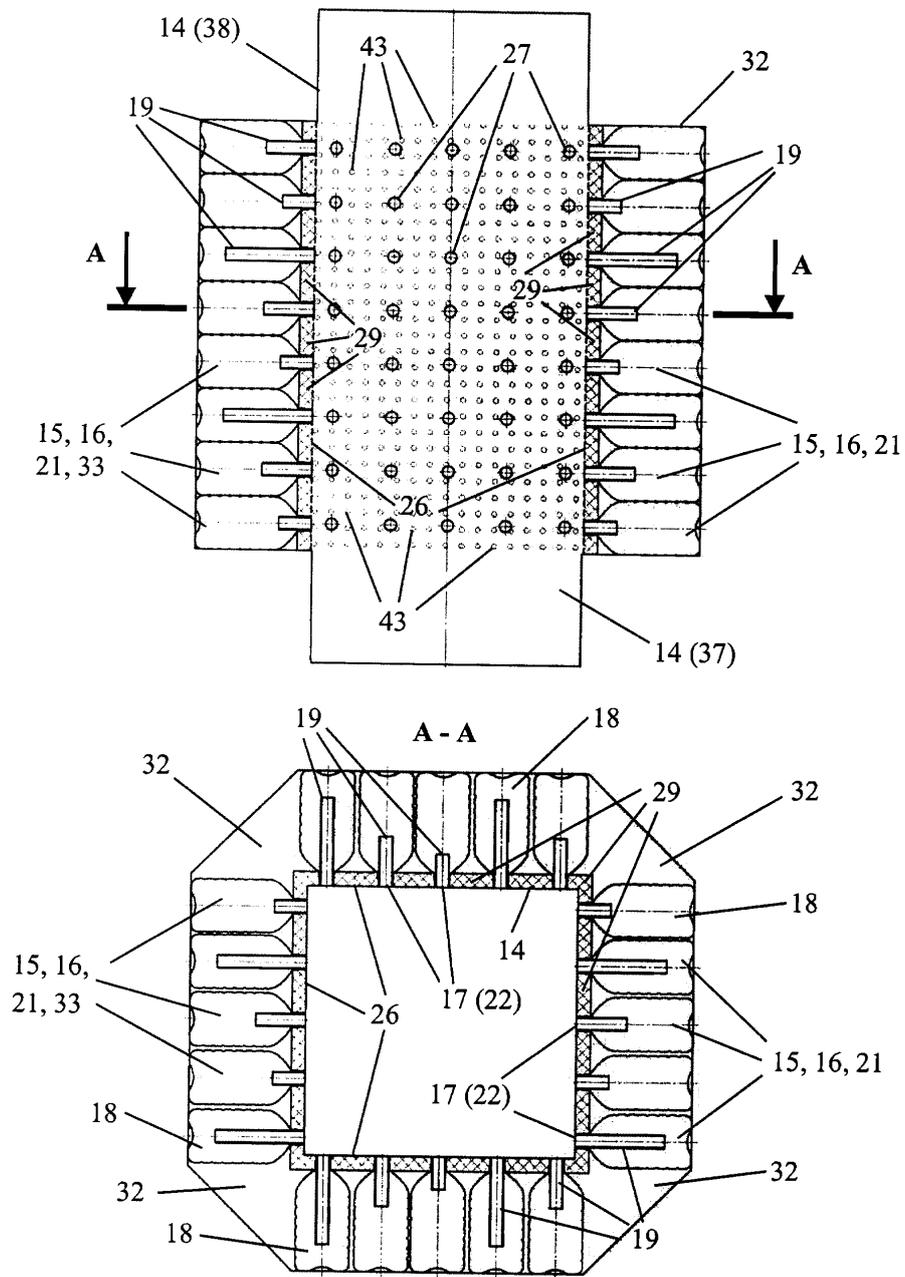
Фиг. 6

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



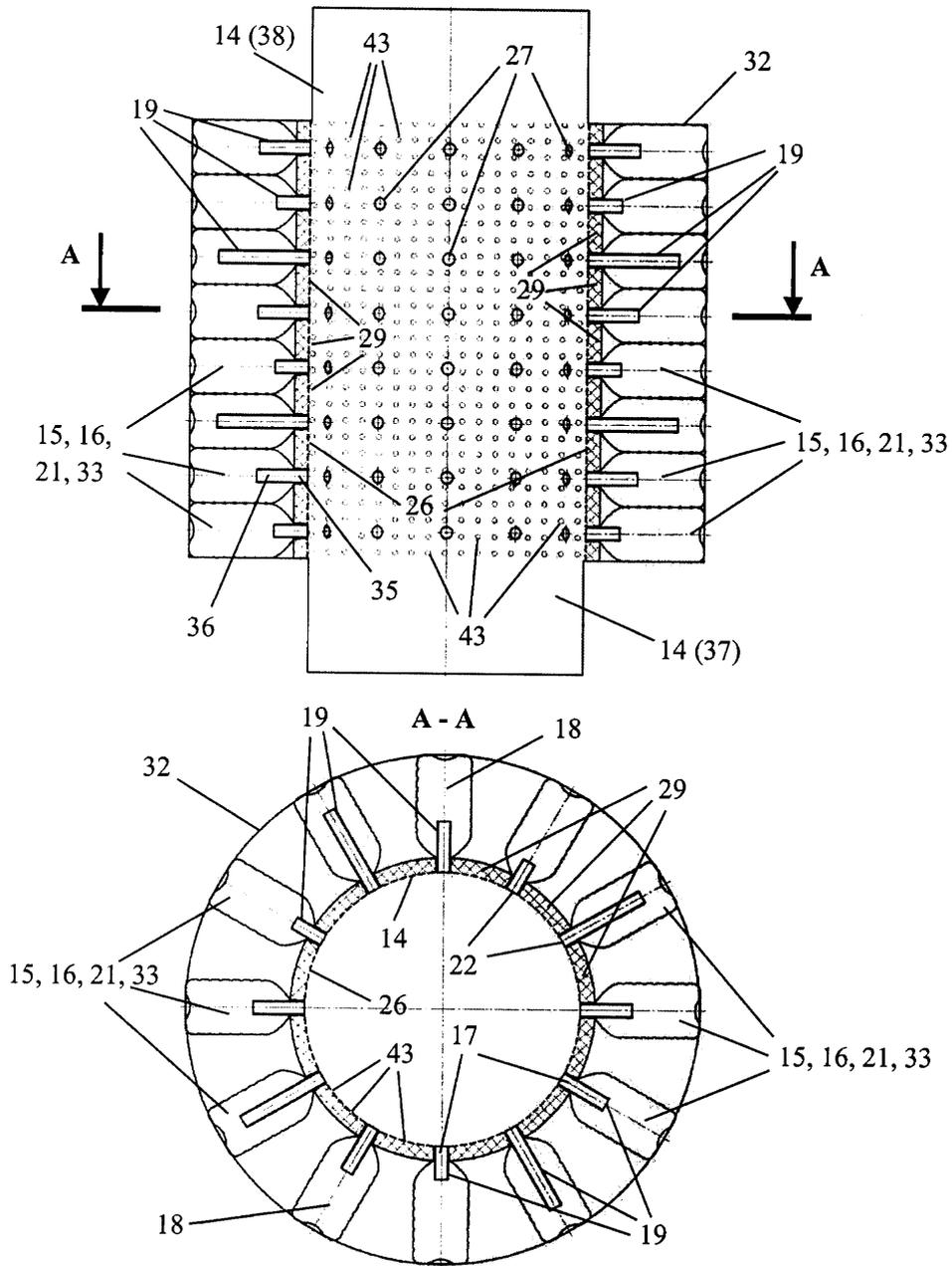
Фиг. 7

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



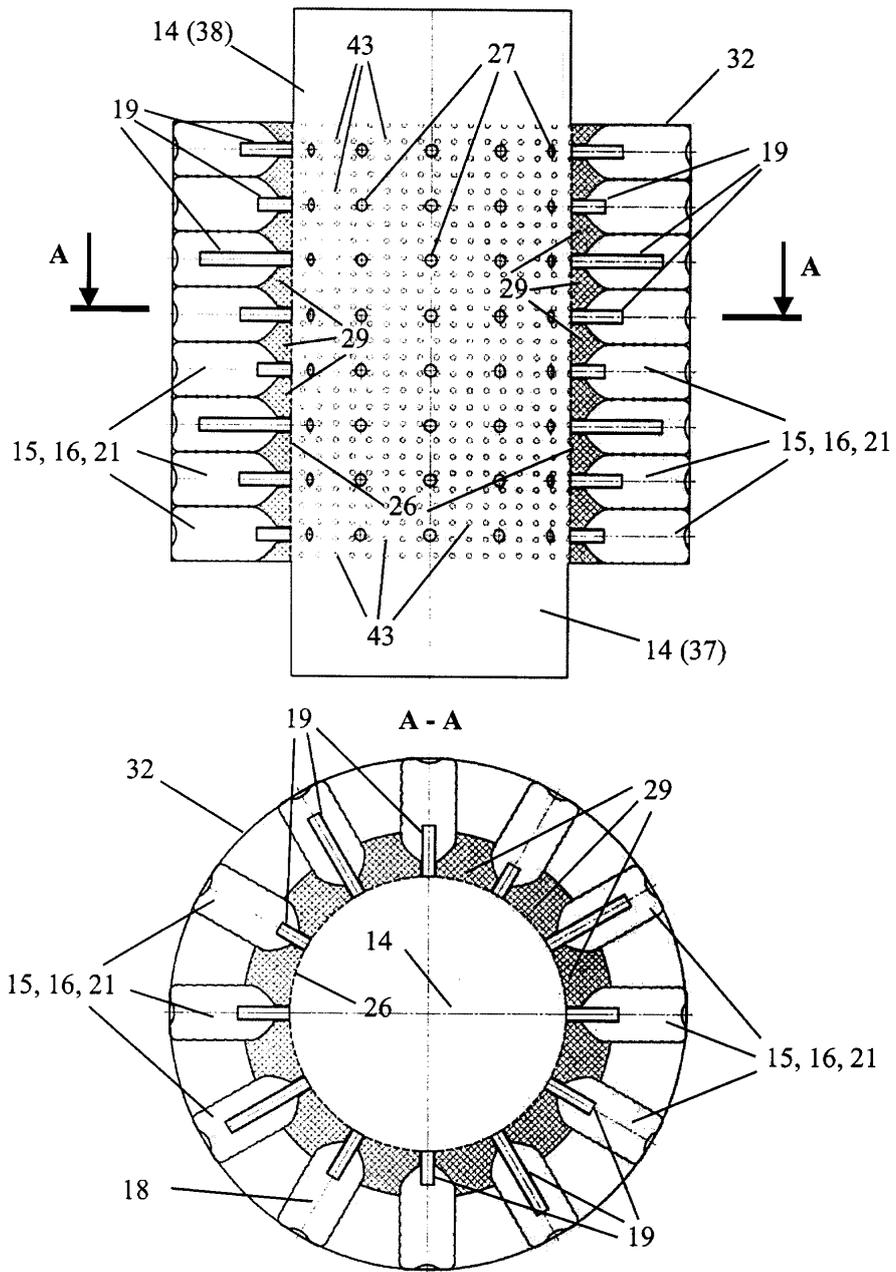
Фиг. 8

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



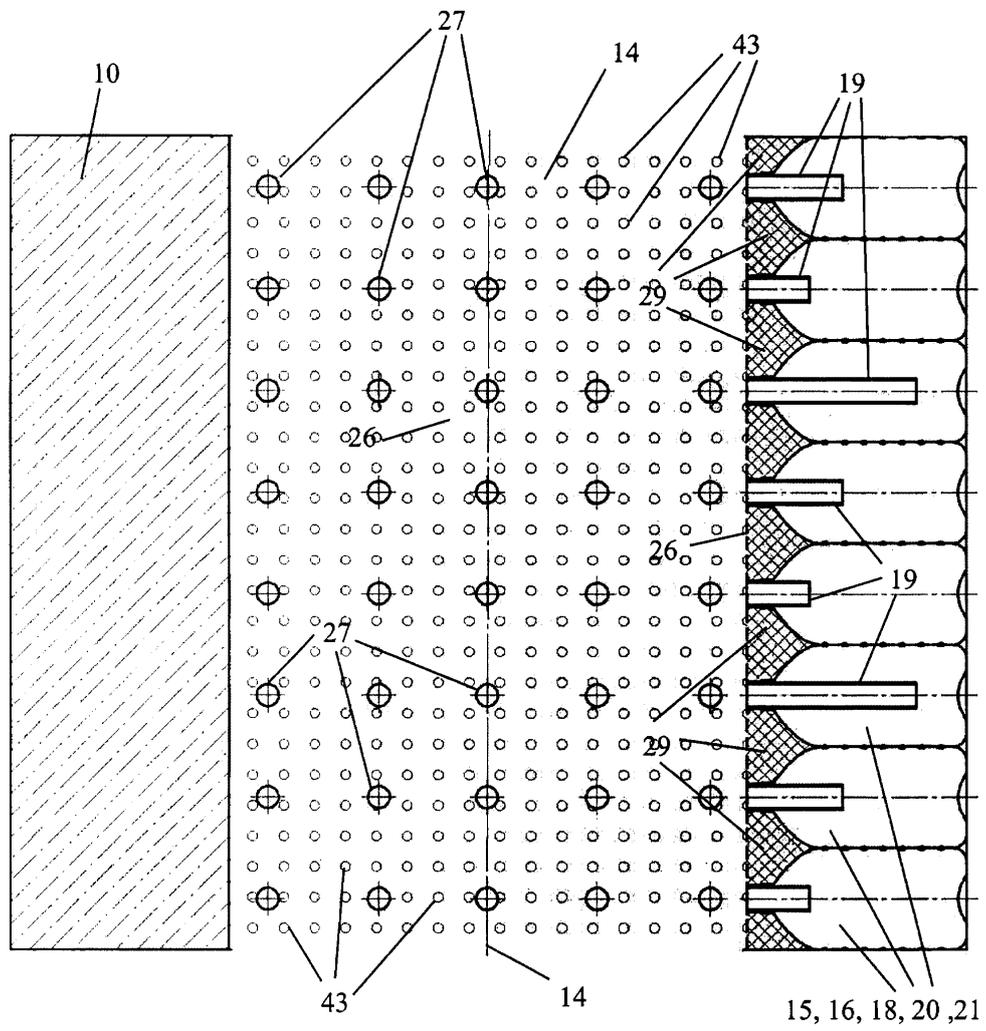
Фиг. 9

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



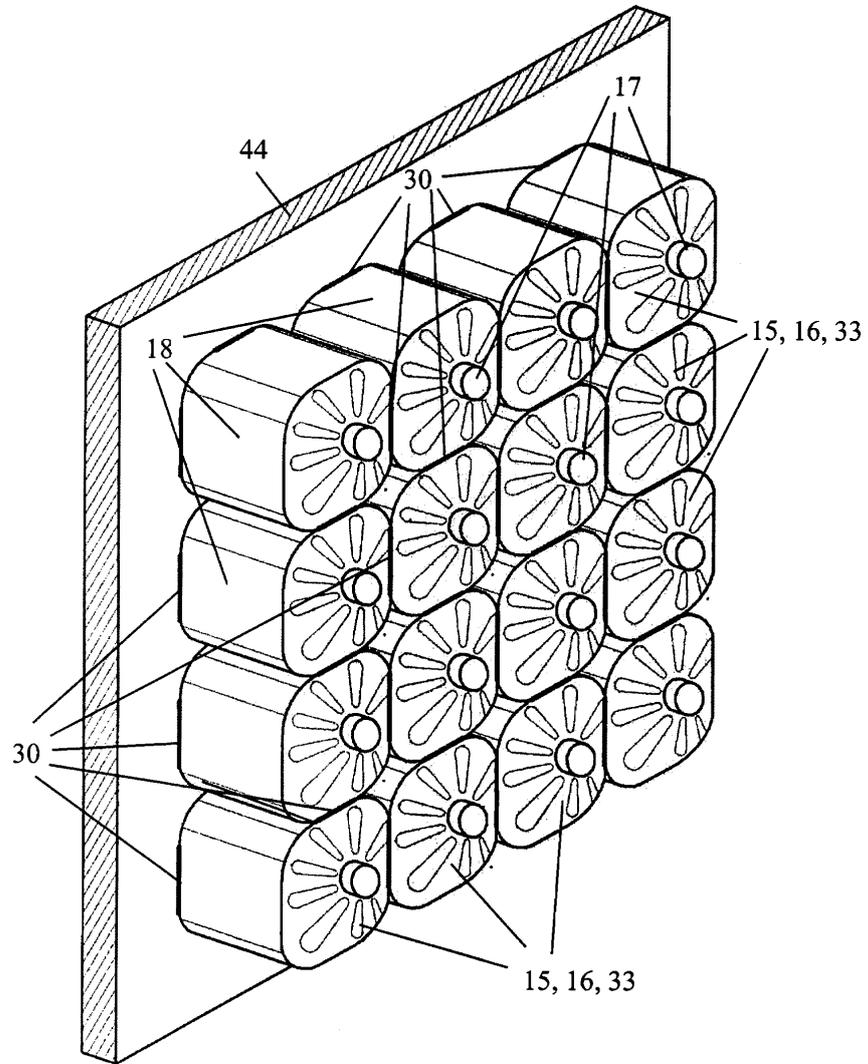
Фиг. 10

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



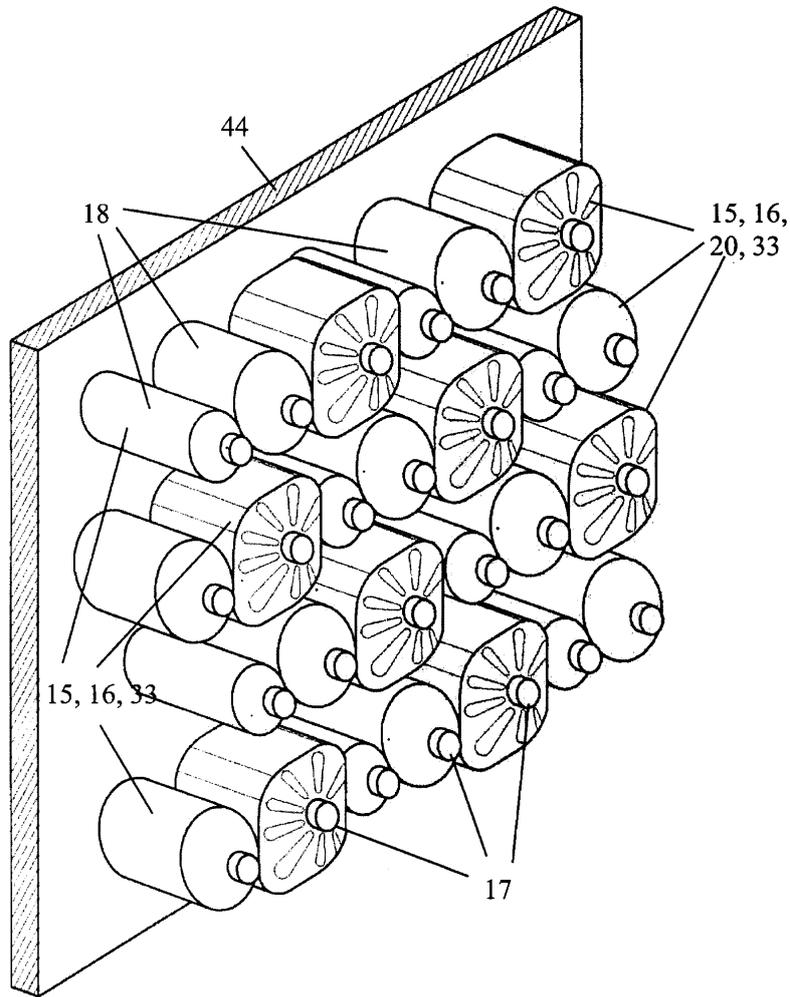
Фиг. 11

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



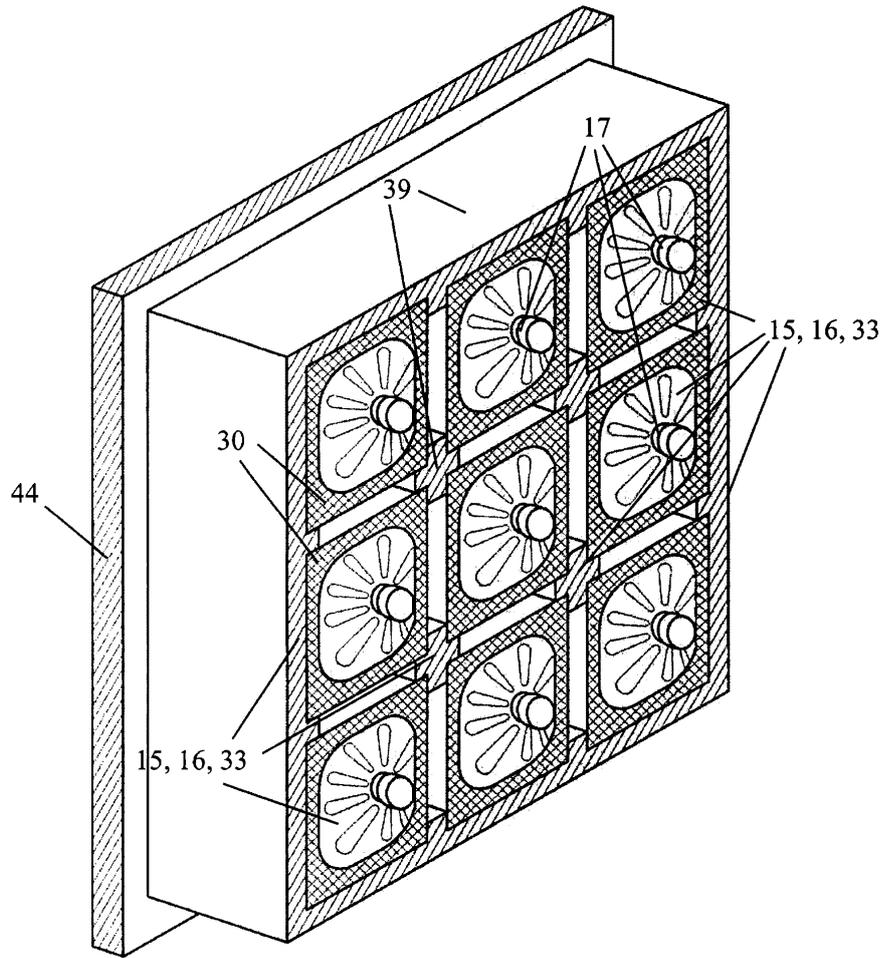
Фиг. 13

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



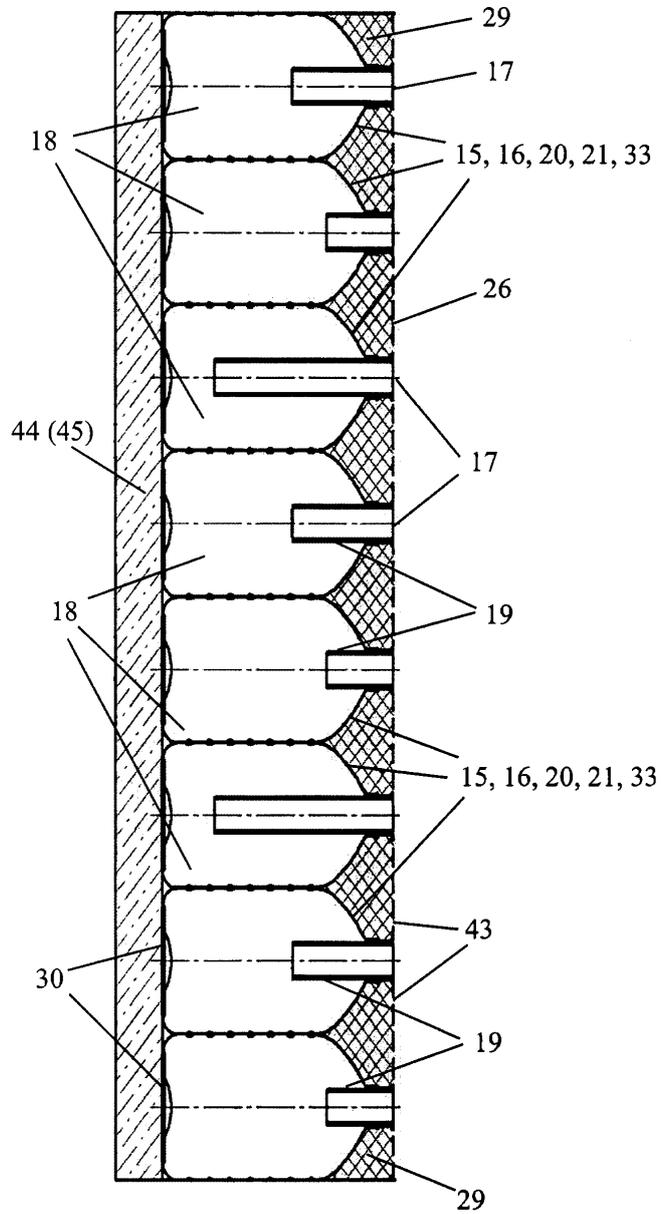
Фиг. 14

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



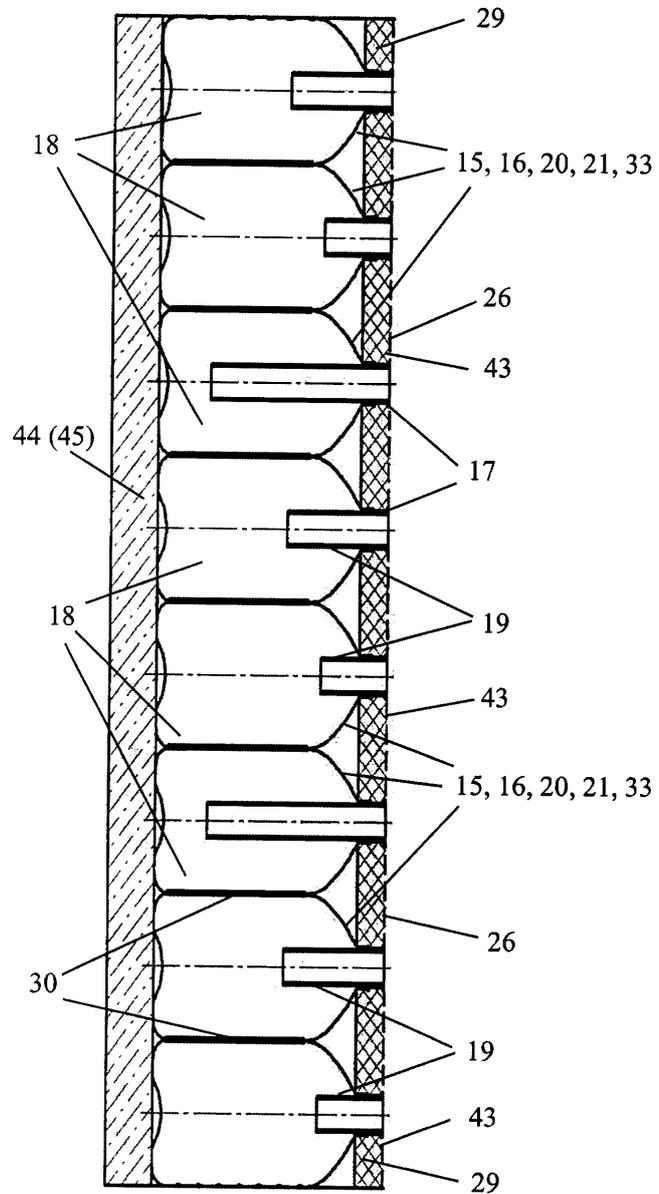
Фиг. 15

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



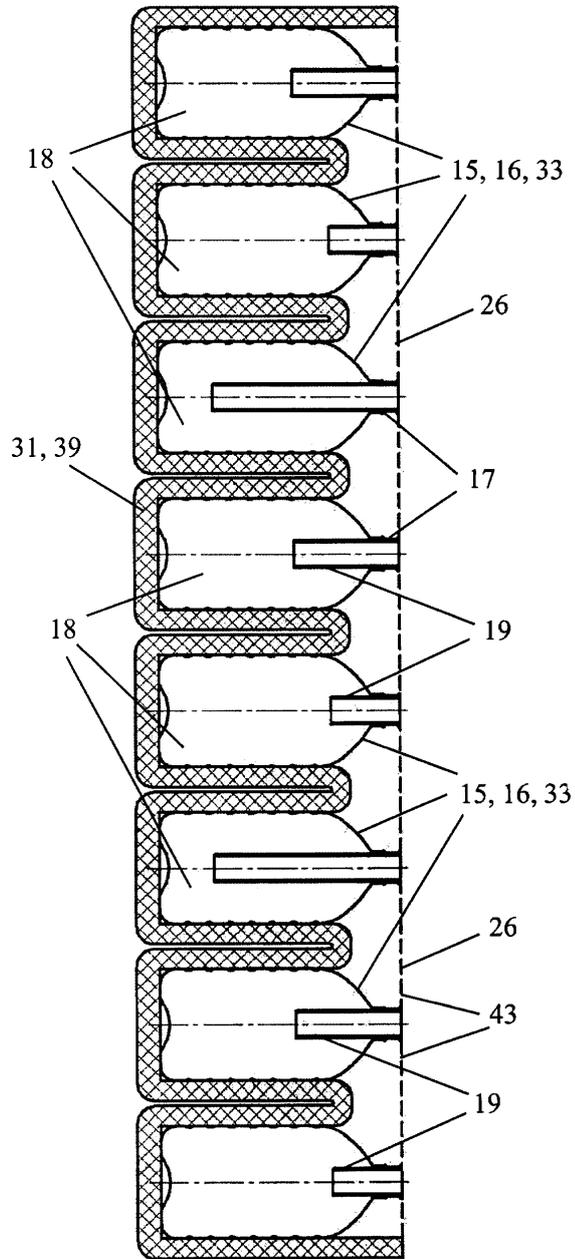
Фиг. 16

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



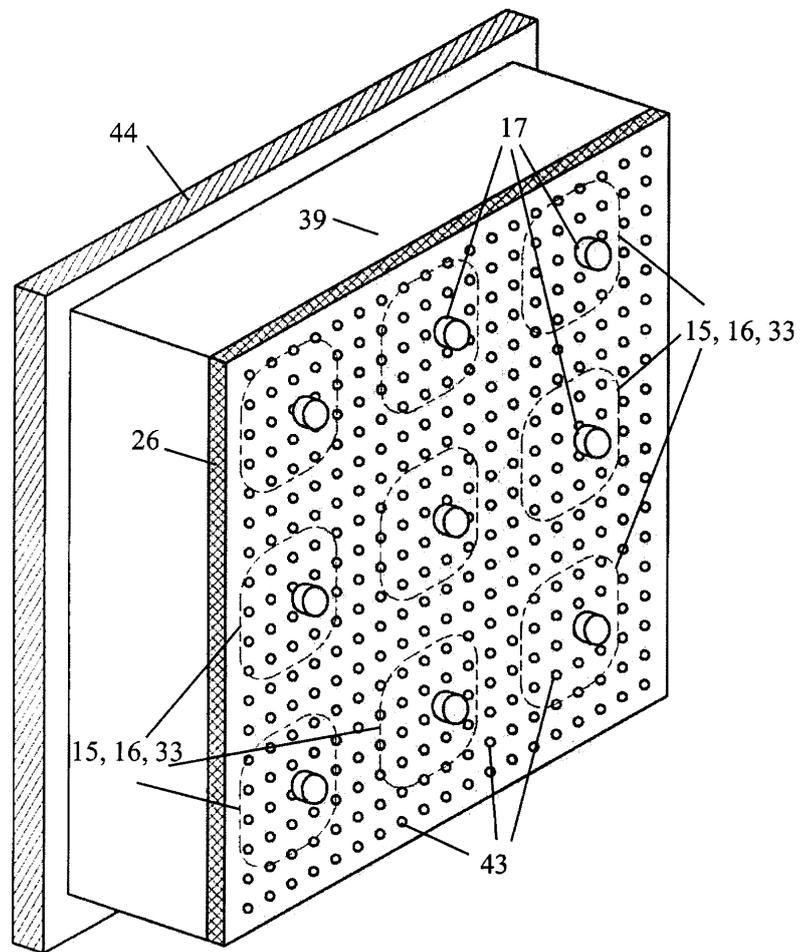
Фиг. 17

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



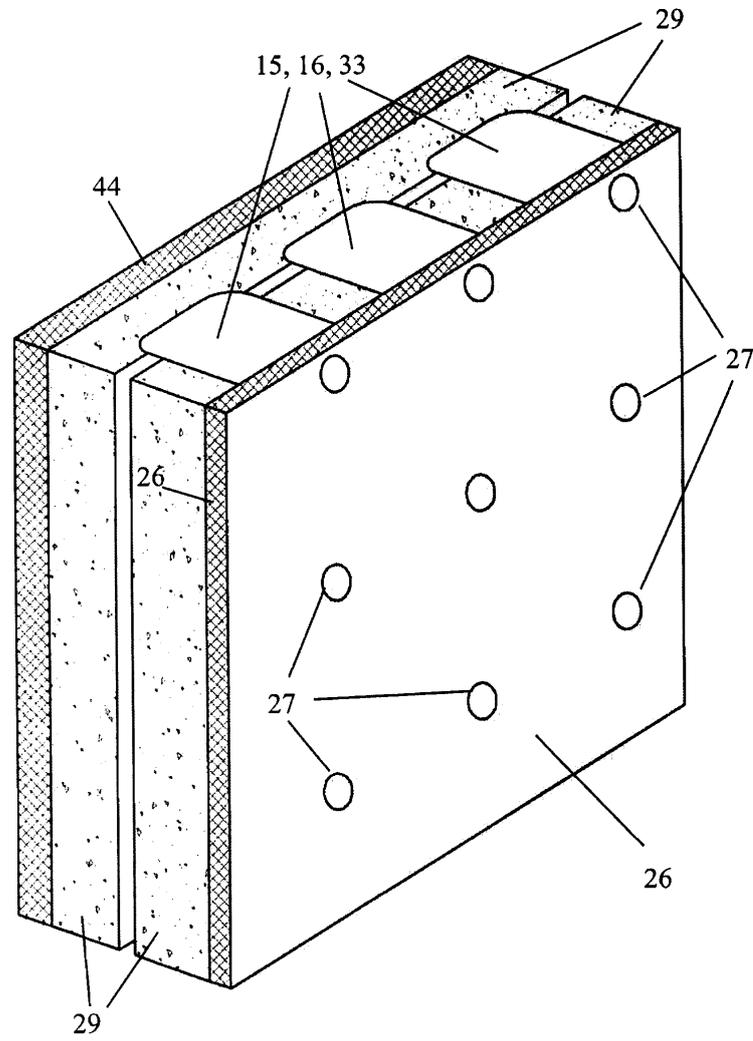
Фиг 18

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



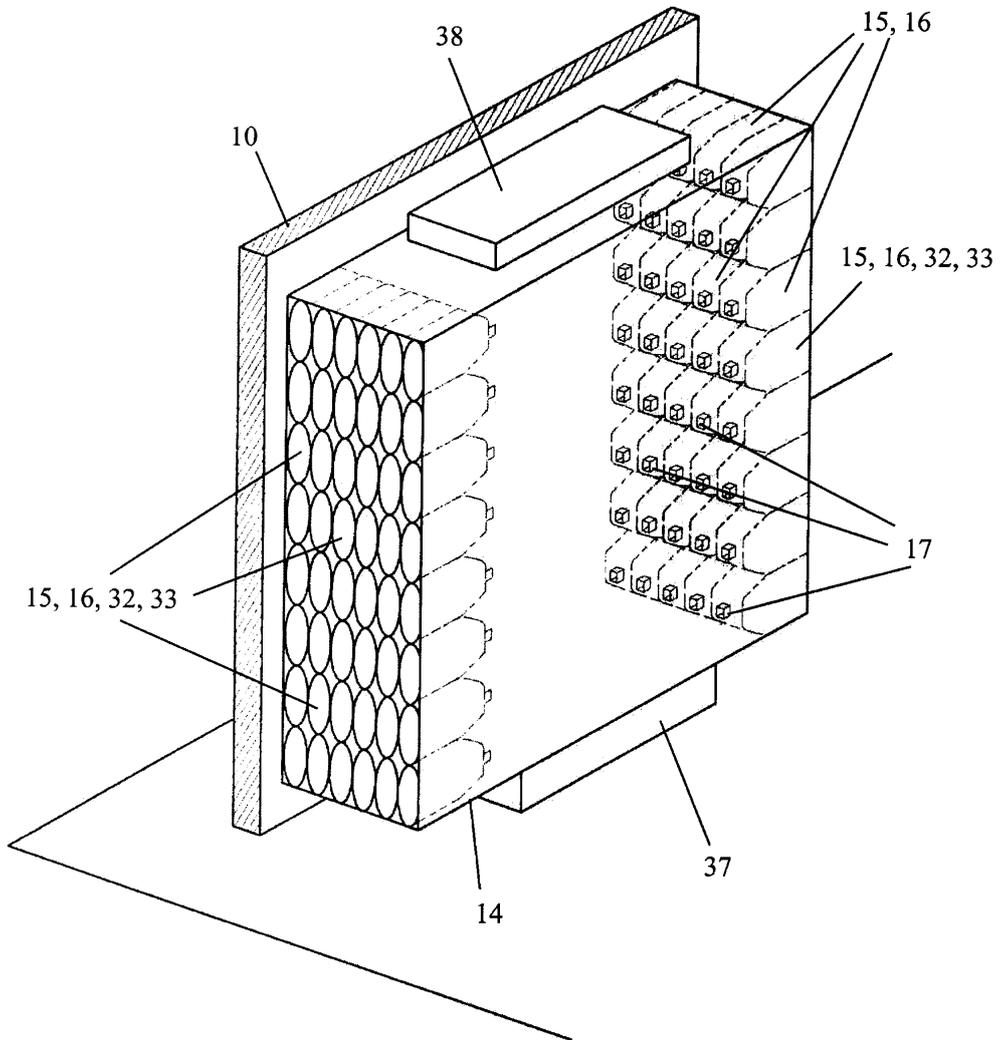
Фиг. 19

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



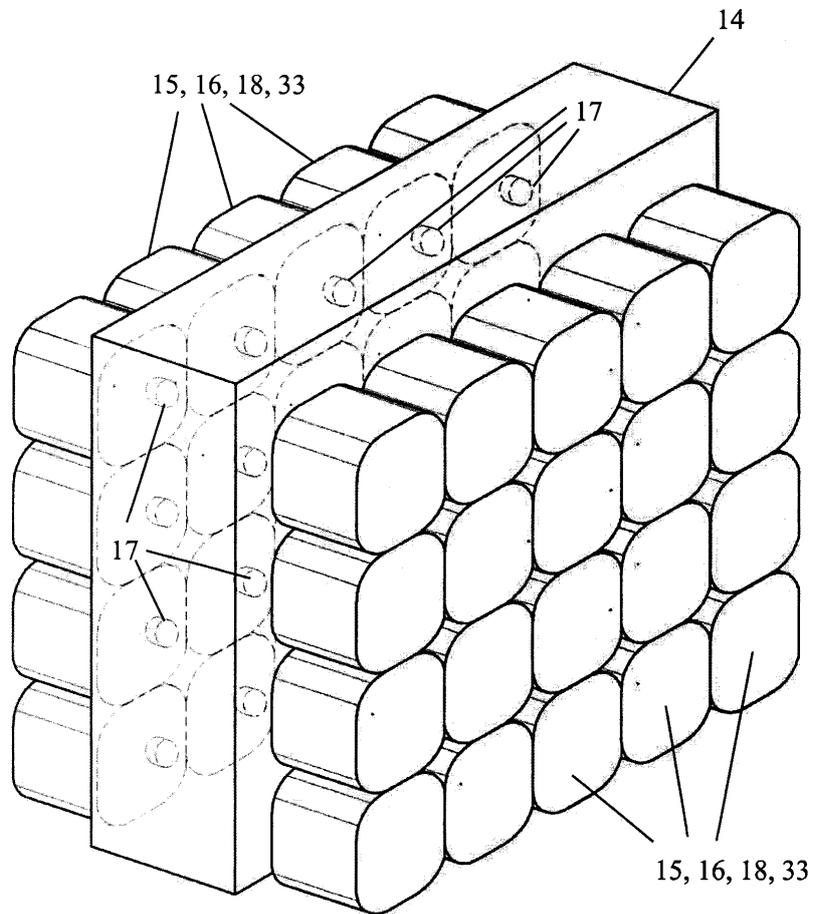
Фиг. 20

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



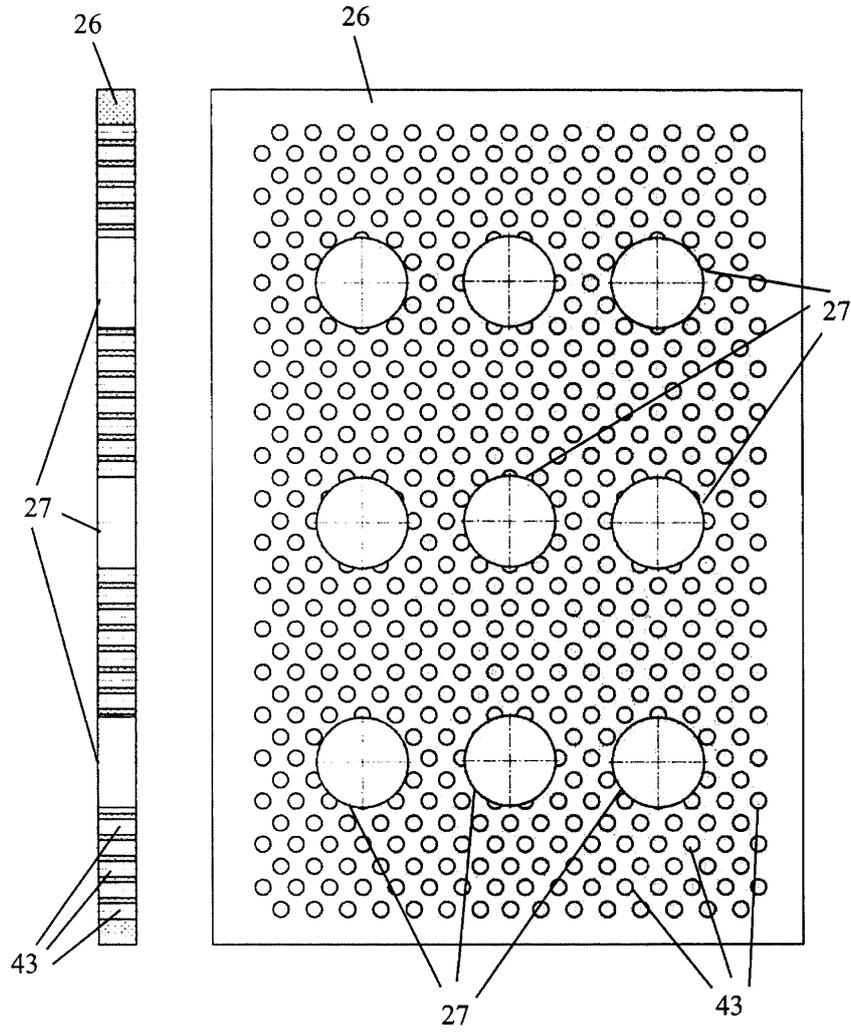
Фиг. 21

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



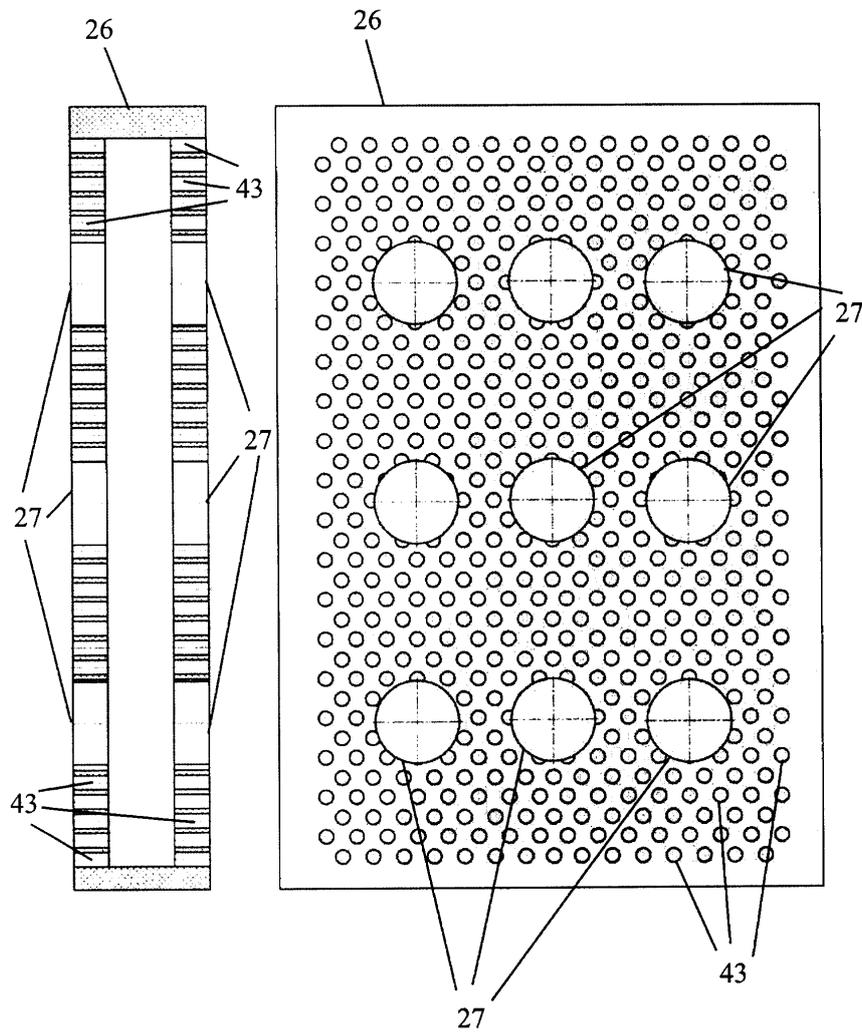
Фиг. 22

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



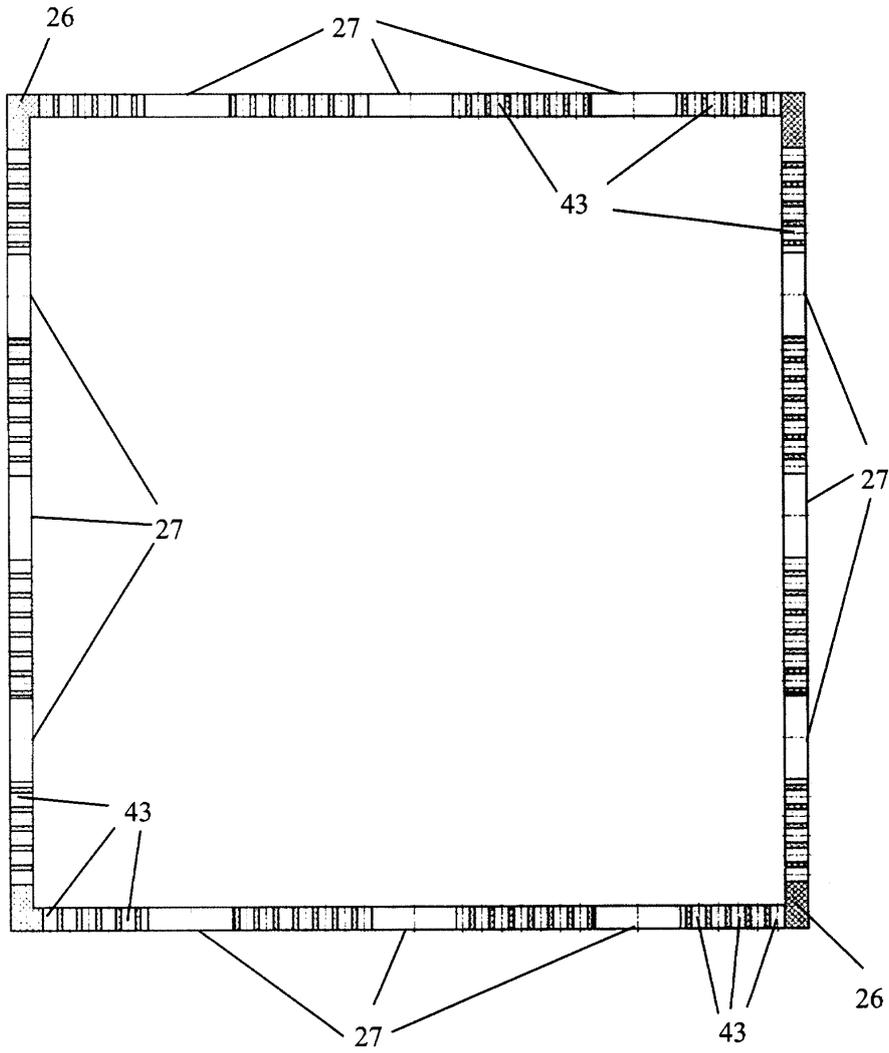
Фиг. 23

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



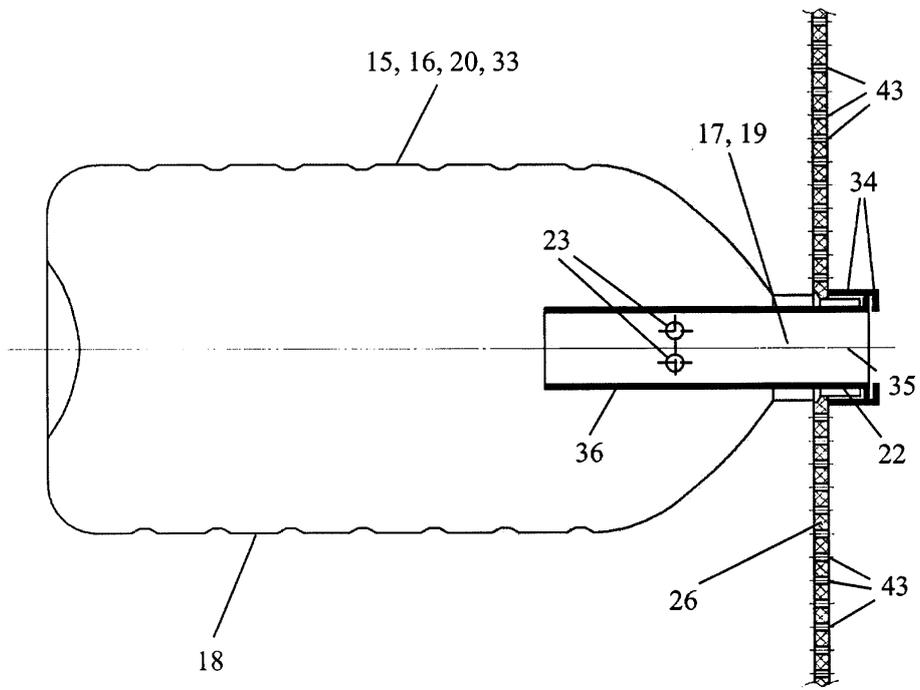
Фиг. 24

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



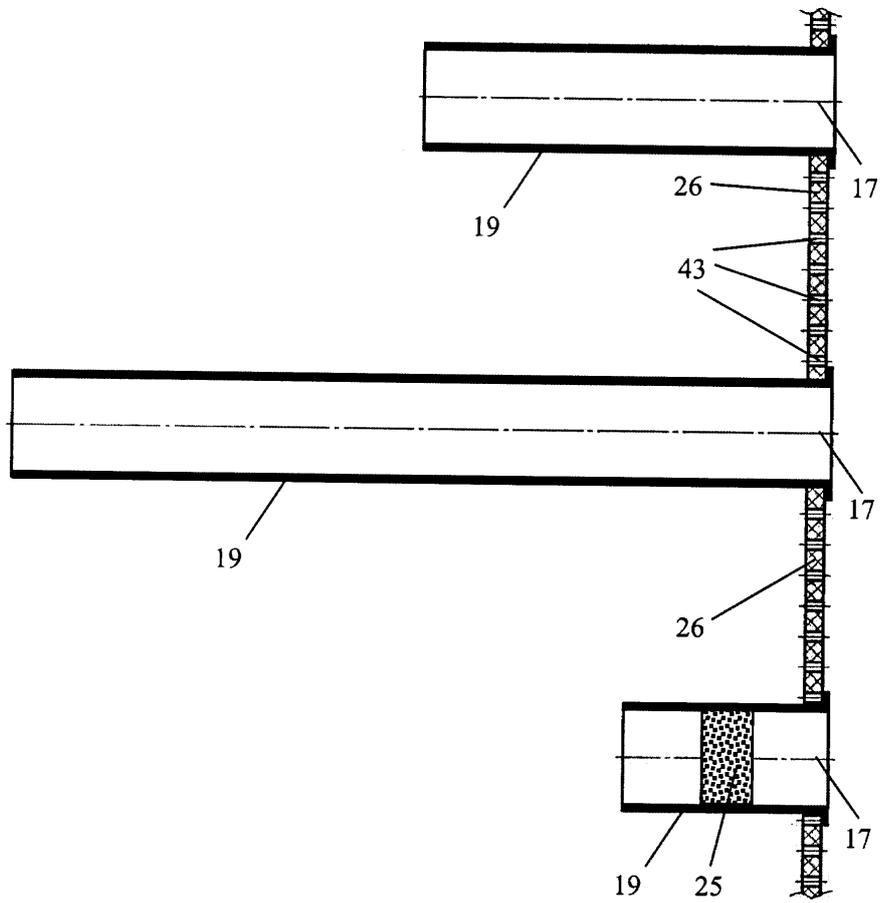
Фиг. 25

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



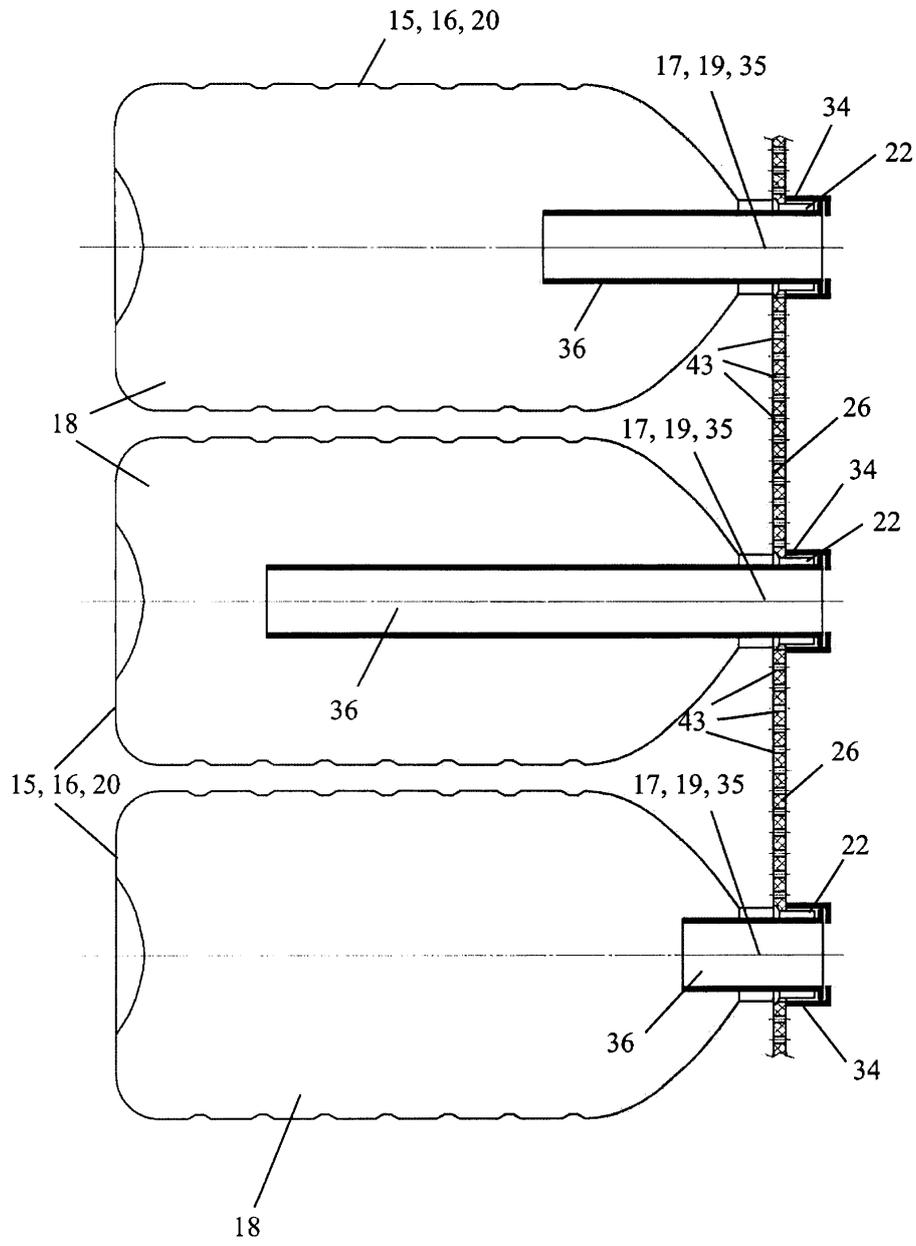
Фиг. 26

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



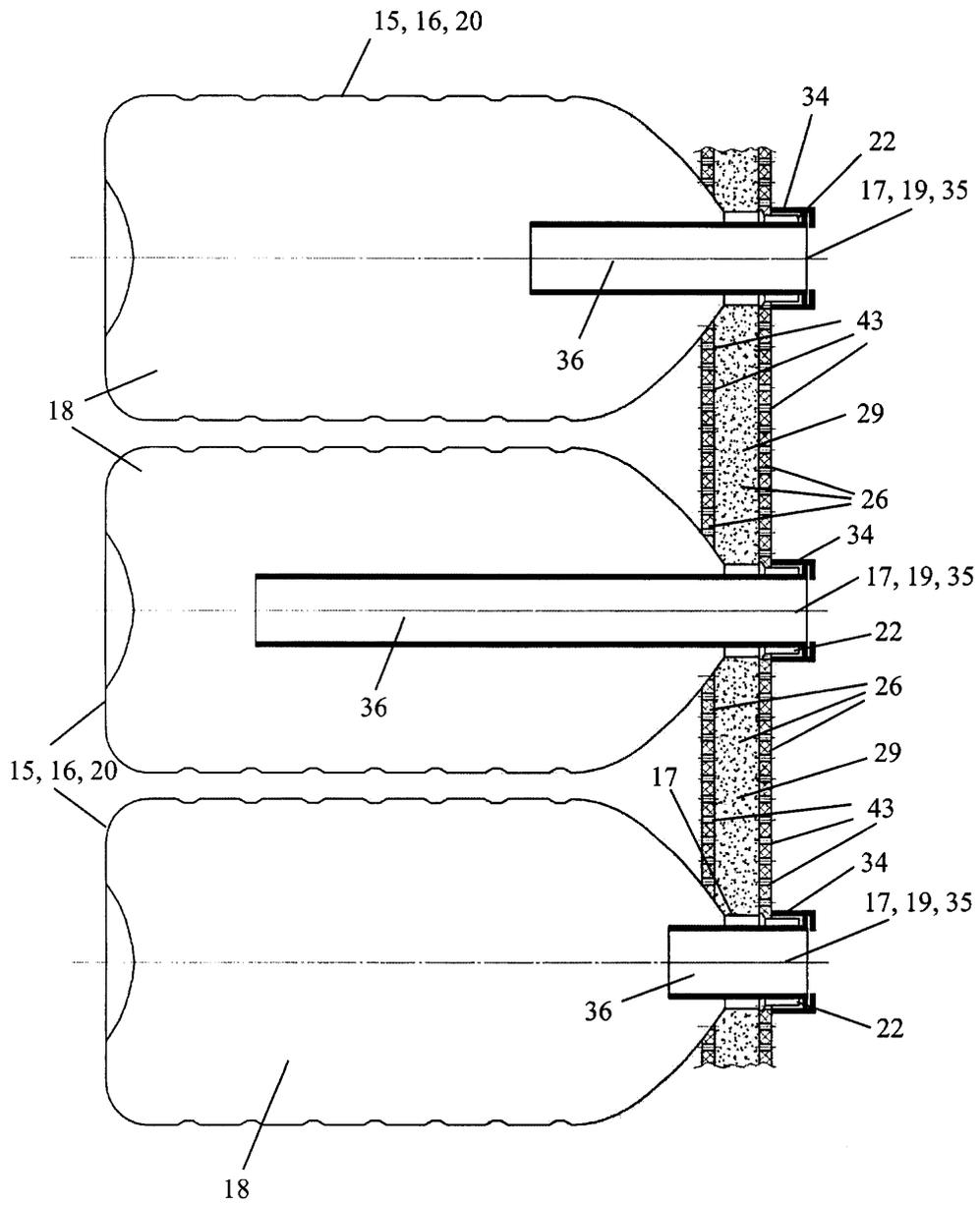
Фиг. 27

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



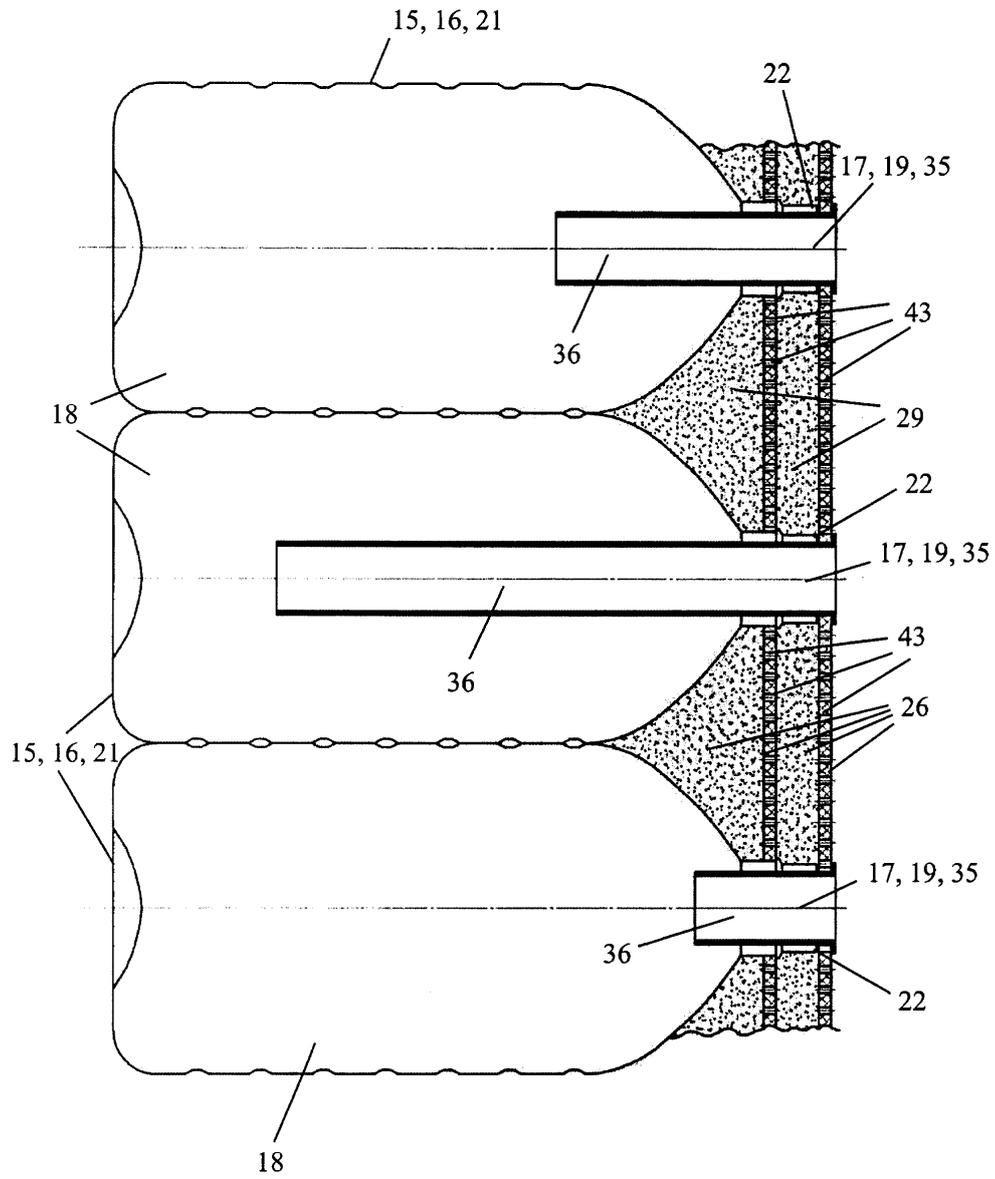
Фиг. 28

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



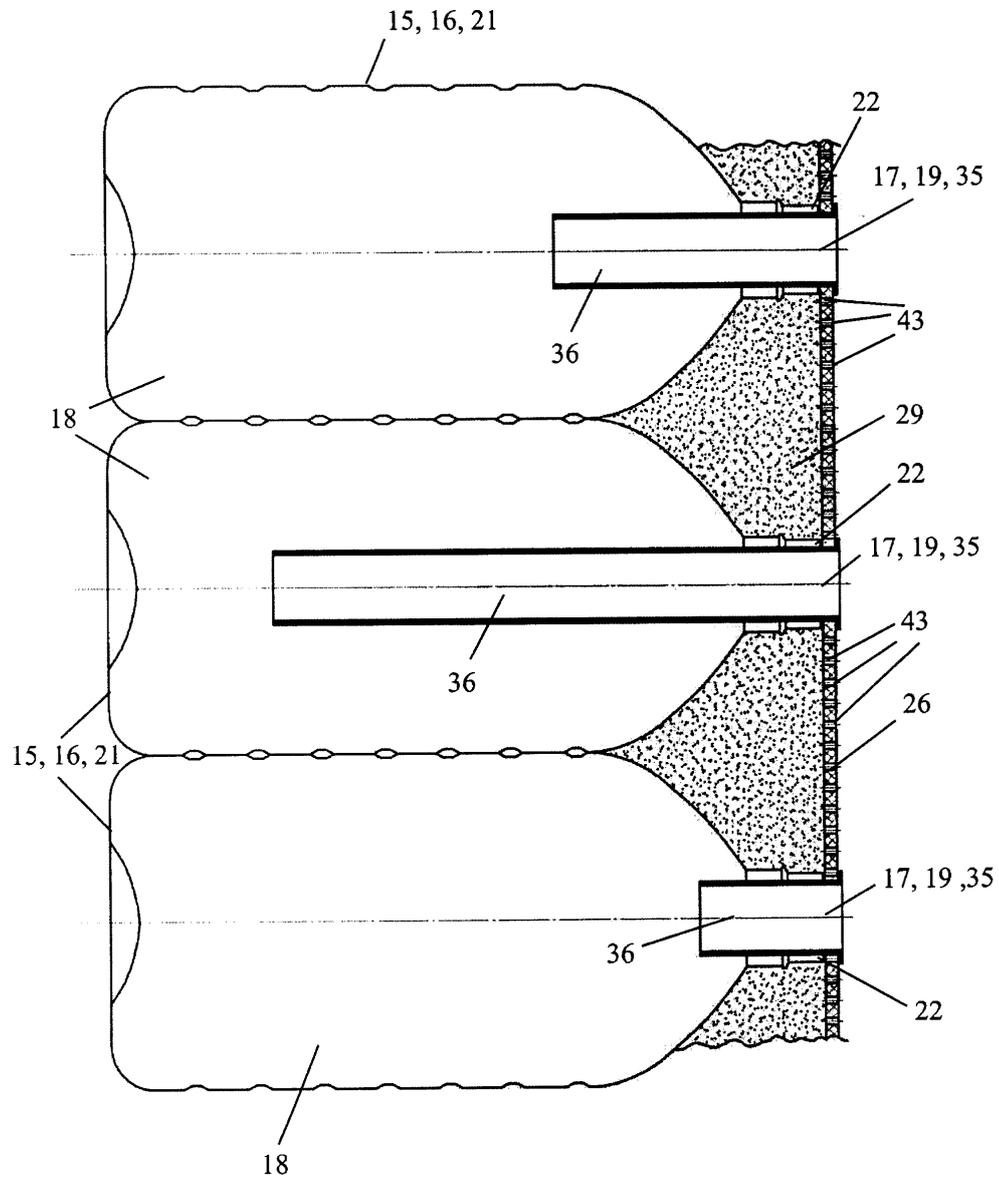
Фиг. 29

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



Фиг. 30

НИЗКОШУМНАЯ ЭЛЕКТРОТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА



Фиг. 31