



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 24587

(13) C2

(51) 7 H05B6/10, H05B6/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ РІДИНИ В ТРУБОПРОВОДІ

(21) 97063043

(22) 24.06.1997

(24) 16.07.2001

(46) 16.07.2001, Бюл. № 6, 2001 р.

(72) Єрьомін Володимир Петрович, Єрьомін Геннадій Петрович, Лаппа Олег Павлович

(73) Єрьомін Володимир Петрович, Єрьомін Геннадій Петрович, Лаппа Олег Павлович

(56) Заявка Франції № 2568083, Н 05В 6/10, 1986.

(57) 1. Устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе, включающее последовательно соединенные регулятор переменного тока, индукционный нагреватель, содержащий, по меньшей мере, одну индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающую цилиндрическую магнитопроводную емкость, имеющую связанные с трубопроводом входной и выходной патрубки, первый термодатчик, механически закрепленный на выходной магистрали трубопровода, **отличающееся** тем, что в него введены в качестве регулятора переменного тока последовательно соединенные выпрямитель переменного тока и инвертор, выход которого подключен к электрическому входу индукционного нагревателя, а второй вход - к выходу блока управления инвертором, второй термодатчик, механически закрепленный на входной магистрали трубопровода, выходы первого и второго термодатчиков соединены с входами узла сравнения температур, один из выходов последнего подключен к входу блока управления инвертором, а второй - к входу блока управления насосом, выход блока управления насосом подсоединен к управляющему входу насо-

са, причем насос механически закреплен на трубопроводе между входной и выходной магистралями, а в индукционном нагревателе, по меньшей мере, одна индукционная обмотка, заключенная в герметичный цилиндрический корпус с электроизоляционными прокладками, размещена внутри цилиндрической магнитопроводной емкости, внутри емкости закреплены также, по меньшей мере, один цилиндрический и один круговой распределители потока нагреваемой жидкости, расположенные, соответственно, вдоль продольной и поперечной осей магнитопроводной цилиндрической емкости, снаружи индукционный нагреватель заключен в магнитопроводный экран, а затем - в теплоизоляционный кожух, причем указанные магнитопроводная емкость, корпус внутренней индукционной обмотки и распределители потока нагреваемой жидкости изготовлены из тонколистовой ферромагнитной стали.

2. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что в индукционном нагревателе размещена, по меньшей мере, еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус, и обмотки закреплены в магнитопроводной емкости концентрично одна в другой с зазором между ними.

3. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что в индукционном нагревателе размещена, по меньшей мере, еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус, и обмотка закреплена в магнитопроводной емкости одна над другой с зазором между ними.

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в системах отопления и водоснабжения.

Наиболее близким по технической сути и достигаемому результату к предлагаемому является известное устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе, включающее, по меньшей мере, один индукционный нагреватель, содержащий, по меньшей мере, одну индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающую цилиндрическую магнитопроводную емкость, соединенную с трубопроводом для

подачи и отвода жидкости через, соответственно, входной и выходной патрубки и последовательно соединенный с регулятором переменного тока в виде двух выключателей тока, термодатчиком, механически закрепленным на выходной магистрали трубопровода. Источник питания - переменный ток с частотой 50 Гц [1].

Недостатком известного устройства является медленный и неравномерный нагрев больших количеств жидкости, поскольку при его эксплуатации происходит рассеяние тепла в пространство от наружной индукционной обмотки, и неполное по-

(13) C2

(11) 24587

(19) UA

глощение электромагнитной энергии оболочкой индукционного нагревателя. Это является причиной снижения коэффициента мощности (0,70-0,78) и приводит к снижению КПД устройства (до 0,80-0,85). КПД снижают и омические потери на индукционной обмотке известного устройства с большим количеством витков медного провода, что связано с использованием тока питания частотой 50 Гц. По этой же причине известный нагреватель выполнен толстостенным, что замедляет процесс нагрева жидкости в трубопроводе. Большой расход меди и стали делает производство известного устройства неэкономичным. Вес устройства примерно 45-50 кг.

Недостаток известного устройства - неравномерный и недостаточно быстрый нагрев больших объемов холодной жидкости, поскольку конструкция известного индукционного нагревателя обеспечивает нагрев лишь пристеночных слоев жидкости. В дальнейшем же тепло передается от более теплых слоев жидкости к холодным за счет естественной термоконвекции. Кроме того, необходимость использования толстостенной магнитопроводной емкости в известной конструкции также приводит к снижению скорости нагрева жидкости.

Известное устройство имеет недостаточно высокие характеристики надежности за счет частых ложных срабатываний термодатчика, а за ним - и выключателя нагрева, что обусловлено нестационарным характером нагрева слоев жидкости, обеспечиваемого конструкцией известного устройства.

В основу изобретения поставлена задача: в устройстве для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе путем ввода новых узлов для преобразования потребляемого электрического тока, усовершенствования системы управления устройством и конструкции индукционного нагревателя обеспечить повышение коэффициента мощности устройства, равномерности и скорости нагрева жидкости, снижение расхода металлов. При этом повышается КПД предлагаемого устройства.

Коэффициент мощности и КПД возрастают до 0,95-0,96. При испытании предлагаемого устройства установлено, что время разогрева 70 л воды от 20 до 80°C составляет 45-50 минут при мощности устройства 3-4 кВт. Расход металлов снижен, по сравнению с прототипом, на 75-80%, скорость нагрева увеличилась на 10-15%. Вес предлагаемого устройства составляет 7-8 кг, а экономия электроэнергии - 25-30%.

Поставленная задача решается тем, что в известное устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе, включающее последовательно соединенные регулятор переменного тока, индукционный нагреватель, содержащий, по меньшей мере, одну индукционную обмотку с электротеплоизоляционной прокладкой, охватывающую цилиндрическую магнитопроводную емкость, имеющую связанные с трубопроводом входной и выходной патрубки, первый термодатчик, механически закрепленный на выходной магистрали трубопровода, введены в качестве регулятора переменного тока последовательно соединенные выпрямитель переменного тока и инвертор, выход которого подключен к электрическому входу индукционного нагревателя, а второй вход - к выходу блока управления инвертором, второй

термодатчик, механически закрепленный на входной магистрали трубопровода, выходы первого и второго термодатчиков соединены с входами узла сравнения температур, один из выходов последнего подключен к входу блока управления инвертором, а второй - к входу блока управления насосом, выход блока управления насосом подключен к управляющему входу насоса, причем насос механически закреплен на трубопроводе между входной и выходной магистралями, а в индукционном нагревателе, по меньшей мере, одна индукционная обмотка, заключенная в герметичный цилиндрический корпус с электроизоляционными прокладками, размещена внутри цилиндрической магнитопроводной емкости, внутри емкости закреплены также, по меньшей мере, один цилиндрический и один круговой распределители потока нагреваемой жидкости, расположенные, соответственно, вдоль продольной и поперечной осей магнитопроводной цилиндрической емкости, снаружи индукционный нагреватель заключен в магнитопроводный экран, а затем - в теплоизоляционный кожух, причем, указанные магнитопроводная емкость, корпус внутренней индукционной обмотки и распределители потока нагреваемой жидкости изготовлены из тонколистовой ферромагнитной стали.

Другим отличием предлагаемого устройства является то, что в индукционном нагревателе размещена, по меньшей мере, еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус, и обмотки закреплены в магнитопроводной емкости концентрично одна в другой с зазором между ними.

Еще одним отличием предлагаемого устройства является то, что в индукционном нагревателе размещена, по меньшей мере, еще одна внутренняя индукционная обмотка, каждая обмотка заключена в герметичный цилиндрический корпус, и обмотка закреплена в магнитопроводной емкости одна над другой с зазором между ними.

Между совокупностью существенных признаков изобретения и достигаемым техническим результатом имеется причинно-следственная связь.

Коэффициент мощности предлагаемого устройства повышается за счет практически полного преобразования электромагнитной энергии. Этот эффект достигается введением в предлагаемое устройство в качестве регулятора переменного тока последовательно соединенных выпрямителя переменного тока, инвертора и блока управления инвертором. С помощью выпрямителя сетевой переменный ток с частотой около 50 Гц превращается в постоянный, который с помощью инвертора преобразуется в высокочастотный: 10-20 кГц.

Индукционная обмотка, на которую подают высокочастотный ток, изготовлена со значительно меньшим количеством витков, чем при подаче тока с промышленной частотой 50 Гц (прототип). Это существенно уменьшает омические потери, приводит к экономии меди и электроэнергии.

С помощью блока управления инвертором автоматически регулируется величина тока, подаваемого на индукционную обмотку, обеспечивается высокая надежность работы всего устройства, равномерный нагрев больших объемов, т. к. пре-

дотвращается перегрев жидкости. Применение высокочастотного тока позволяет заменить все толстенные металлические детали тонкостенными, что ускоряет нагрев жидкости и значительно снижает расход металла (на 75-80%) (см.: А.Б.Кувалдин. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - С. 27).

Надежной работе, более быстрому и равномерному нагреву больших объемов жидкости способствует введение в предлагаемое устройство второго термодатчика, закрепленного на входной магистрали трубопровода и подключенного вместе с первым термодатчиком, закрепленным на выходной магистрали, к входам узла сравнения температур. Причем указанный узел имеет выходы на блоки управления инвертором и насосом, который установлен между входной и выходной магистралями трубопровода. В устройстве-прототипе присутствует лишь первый термодатчик, контролирующей начальную стадию нагрева жидкости и препятствующий увеличению скорости нагрева всего объема жидкости в основной магистрали. В известном устройстве происходят частые включения-выключения нагрева, поскольку процесс выравнивания температур различных слоев жидкости естественной термоконвекцией в начале выходной магистрали носит нестационарный характер. Это приводит к ложным срабатываниям первого термодатчика и выключателей и ухудшению технических характеристик устройства. Поэтому для начального разгона теплых слоев жидкости путем принудительной термоконвекции при включении нагрева в предлагаемом устройстве, между входной и выходной магистралями трубопровода, установлен насос. После выравнивания градиентов температур в трубопроводе и достижения необходимых температурных показателей насос отключается автоматически с помощью блока управления насосом. Благодаря установлению насоса между входной и выходной магистралями трубопровода, после его отключения возможно беспрепятственное движение жидкости по трубопроводу с последующей естественной термоконвекцией. Дальнейшее поддержание заданного температурного режима нагрева воды во входной магистрали трубопровода осуществляется вторым термодатчиком. Благодаря работе двух термодатчиков и узла сравнения температур, повышается надежность работы предлагаемого устройства и скорость нагрева жидкости. А за счет подключения к системе насоса с блоком управления повышается скорость нагрева, появляется возможность быстрого и равномерного нагрева больших объемов жидкости, повышается надежность работы предлагаемого устройства за счет устранения перегрева жидкости и ложных срабатываний термодатчиков.

В одном из частных вариантов использования известного устройства возможно применение насоса в случае установки в системе нагрева резервуара с жидкостью. Однако в конструкцию известного устройства насос не входит (см. фиг. 2 в описании к з. Франции N 2568083), и в указанном выше частном случае применения известного устройства он выполняет функцию, отличную от функции насоса в предлагаемой конструкции.

Новая конструкция индукционного нагревателя

для способствует увеличению скорости нагрева больших объемов жидкости, коэффициента мощности и КПД устройства за счет устранения электрических потерь (благодаря применению магнитопроводного экрана). Скорость нагрева увеличивается за счет интенсификации теплопередачи с помощью цилиндрических и круговых металлических распределителей потока нагреваемой жидкости, которые делят поток холодной жидкости на узкие слои, значительно быстрее нагревающиеся, чем один широкий поток. Указанный эффект возрастает при введении в индукционный нагреватель, кроме внешней индукционной обмотки, еще и внутренней. В известном индукционном нагревателе тепло передается от индукционной обмотки к цилиндрической магнитопроводной емкости, а от нее к холодной жидкости, которая нагревается и передает тепло более холодным слоям. В предлагаемом нагревателе тепло передается, например, по следующему пути: наружная индукционная обмотка, цилиндрическая магнитопроводная емкость, жидкость, цилиндрический распределитель потока, жидкость, круговой распределитель потока, жидкость, корпус внутренней индукционной обмотки и т. д. Быстрому и стабильному нагреву способствует и материал металлических деталей нагревателя: тонколистовая ферромагнитная сталь, которая быстро нагревается и быстро передает тепло жидкости. Увеличению энергосберегающего эффекта при эксплуатации известного устройства способствуют имеющиеся электротеплоизоляционные прокладки и теплоизоляционный кожух.

На фиг. 1 представлена блок-схема устройства для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе. На фиг. 2 и 3 представлены, соответственно, продольный и поперечный разрезы индукционного нагревателя.

Устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе (фиг. 1) содержит последовательно соединенные выпрямитель 1 переменного тока и инвертор 2, выход которого подсоединен к индукционному нагревателю 3, а второй вход - к выходу блока 4 управления инвертором. Кроме того, устройство содержит первый термодатчик 5 и второй термодатчик 6, механически закрепленные, соответственно, на выходной 7 и входной 8 магистралях трубопровода. Электрически оба термодатчика своими выходами подключены к двум входам узла 9 сравнения температур, который одним своим выходом связан с входом блока 4 управления инвертором, а вторым - с входом блока 10 управления насосом. Выход блока 10 подсоединен к управляющему входу насоса 11, механически закрепленного между входной 8 и выходной 7 магистралями трубопровода.

Индукционный нагреватель 3 состоит из магнитопроводной цилиндрической емкости 12, на противоположных концах которой имеются для связи с основным трубопроводом патрубки: внизу емкости - входной патрубок 13, сверху - выходной патрубок 14. По наружной поверхности магнитопроводной цилиндрической емкости 12 проложена электротеплоизоляционная прокладка 15, затем закреплена наружная индукционная обмотка 16, которая снаружи защищена магнитопроводным экраном 17 и теплоизоляционным кожухом 18.

Внутри емкости 12 индукционного нагревателя 3 расположены цилиндрические 19 и круговые 20 распределители потока нагреваемой жидкости. Внутри нагревателя 3 в его цилиндрической магнитопроводной емкости 12 закреплена внутренняя индукционная обмотка 21, заключенная в герметичный тороидальный цилиндрический корпус 22 с проложенными внутри и снаружи его электротеплоизоляционными прокладками 15. Если в устройстве имеются две (и более) внутренние индукционные обмотки 21, заключенные каждая в корпус 22 с прокладками 15, то они механически закреплены внутри цилиндрической магнитопроводной емкости 12, концентрически одна в другой, с зазором между ними или одна над другой, также с зазором (на чертеже не показано).

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Предлагаемое устройство для индукционного нагрева жидкости в трубопроводе, в зависимости от применения, устанавливается в систему отопления или систему горячего водоснабжения. Устройство подключается к электросети в 220 в / 380 в. Ток поступает на выпрямитель 1, который преобразует его в постоянный. Постоянный ток поступает с выхода выпрямителя 1 на вход инвертора 2 и преобразуется там в высокочастотный переменный ток (10-20 кГц). С выхода инвертора 2 высокочастотный ток подается в индукционный нагреватель жидкости 3, а именно: на наружную 16 и внутреннюю 21 индукционные обмотки, которые вихревыми токами быстро нагревают металл цилиндрической магнитопроводной емкости 12 и корпуса 22 обмотки 21. От них нагреваются пристеночные слои холодной жидкости и тонкие слои жидкости в зазорах между распределителями потока 19 или 20.

Магнитопроводный экран 17, система электротеплоизоляционных прокладок 15 и теплоизоляционный кожух 18, кроме изолирующей функции, выполняют и энергосберегающую функцию.

Для начального разгона жидкости (принудительной конвекции) и предупреждения ее вскипания включают насос 11, управляемый блоком 10, в зависимости от сигнала, подаваемого из узла 9 сравнения температур после анализа в нем сигналов, поступивших от термодатчиков первого 5 (на выходной 7 магистрали трубопровода) и второго 6 (на входной 8 магистрали). После выравнивания температур жидкости в магистралях 7 и 8 насос 11 отключается с помощью блока 10. В дальнейшем насос 11 может быть включен при установке более высокого режима нагрева. Одновременно узел 9 сравнения температур вырабатывает управляющее напряжение, пропорциональное температуре жидкости внутри входного патрубка 13. Сигнал с выхода узла 9 поступает на вход блока 4 управления инвертором.

Сигнал с выхода блока 4 передается на второй вход инвертора 2, который согласует величину тока, питающего обмотки 16 и 21 индукционного нагревателя 3, с новым температурным режимом. Так достигается стабилизация температуры в трубопроводе. Нагретый поток жидкости через патрубок 14 поступает к потребителю. При достижении в контуре трубопровода заданной температуры жидкости, потребляемую от сети мощность тока устройство автоматически снижает до уровня, необходимого для поддержания баланса температур, задаваемого блоком 4 в автоматическом режиме.

В зависимости от потребляемой тепловой мощности, в предлагаемое устройство может быть включено одна или несколько индукционных обмоток 16 и 21 и, соответственно, один или несколько распределителей потока 19 и 20. Предлагаемое устройство обеспечивает предел автоматического регулирования температур от +5 до +95°C. Для горячего водоснабжения предложенное устройство обеспечивает быстрый нагрев расходной воды при меньших энергозатратах в прямоточном варианте или с использованием теплообменника.

Устройство выполнено на следующей элементной базе:

- выпрямитель 1 выполнен на дискретных диодах типа Д-132-40-8;
- инвертор 2 - на тиристорах типа ТБ;
- термодатчики 5, 6 - на термисторах типа КМТ;
- блок 4 управления инвертором, узел 9 сравнения температур, блок 10 управления насосом - на интегральных микросхемах типа К 140 УД-10, транзисторах типа КГ 315, КГ 815, КГ 817, КГ 117.

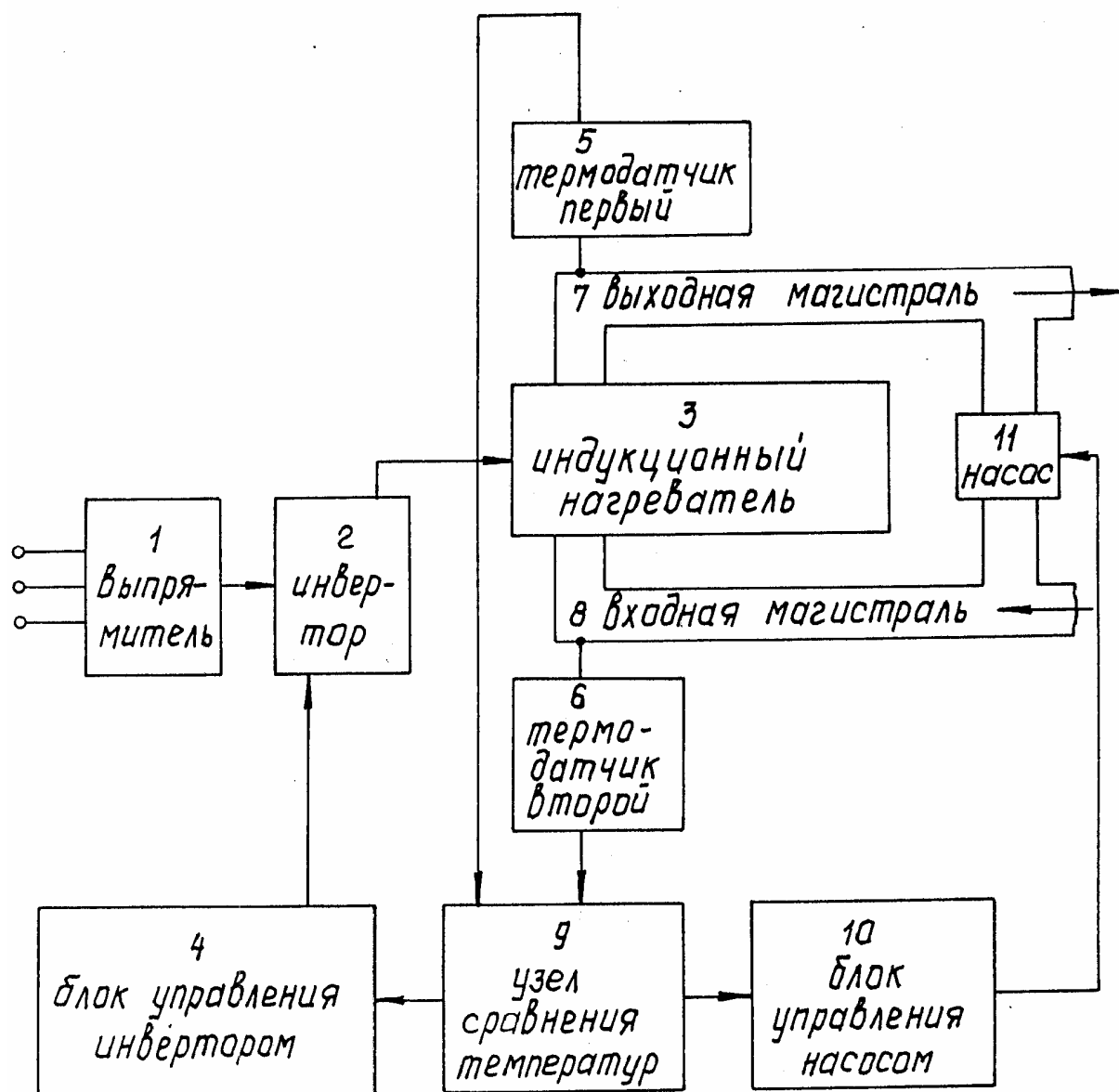
В устройстве применен насос 11 фирмы Grundfos (Германия) марки UPS 25-40 (или 25-60). Цилиндрическая магнитопроводная емкость 12 с патрубками 13, 14, корпус 22 внутренней индукционной обмотки 21, распределители потока жидкости 19, 20 изготовлены из тонколистовой безникелевой ферромагнитной нержавеющей стали марки "ДИ" (завод "Днепропетросталь").

Магнитопроводный экран 17 изготовлен на базе пористой основы (например, стеклоткани), которая пропитана ферритовой пастой марки "2000 НМ".

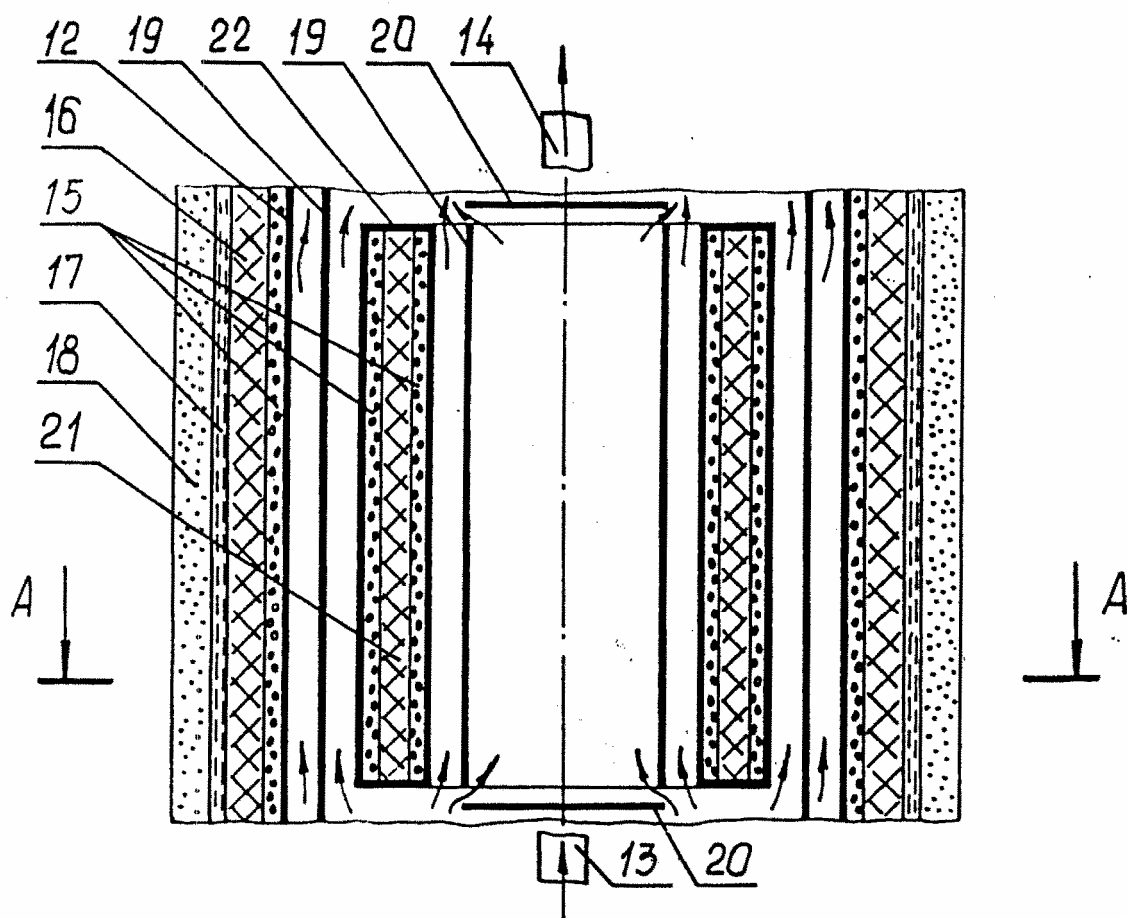
Индукционные обмотки 16, 21 изготовлены с применением медного провода сечением 3-4 мм², покрытого изоляцией типа ПНСДКТ и ПНСДК с пропиткой нагревостойкими лаками.

В устройстве применены электротеплоизоляционные прокладки 15 типа "Меканит М-3".

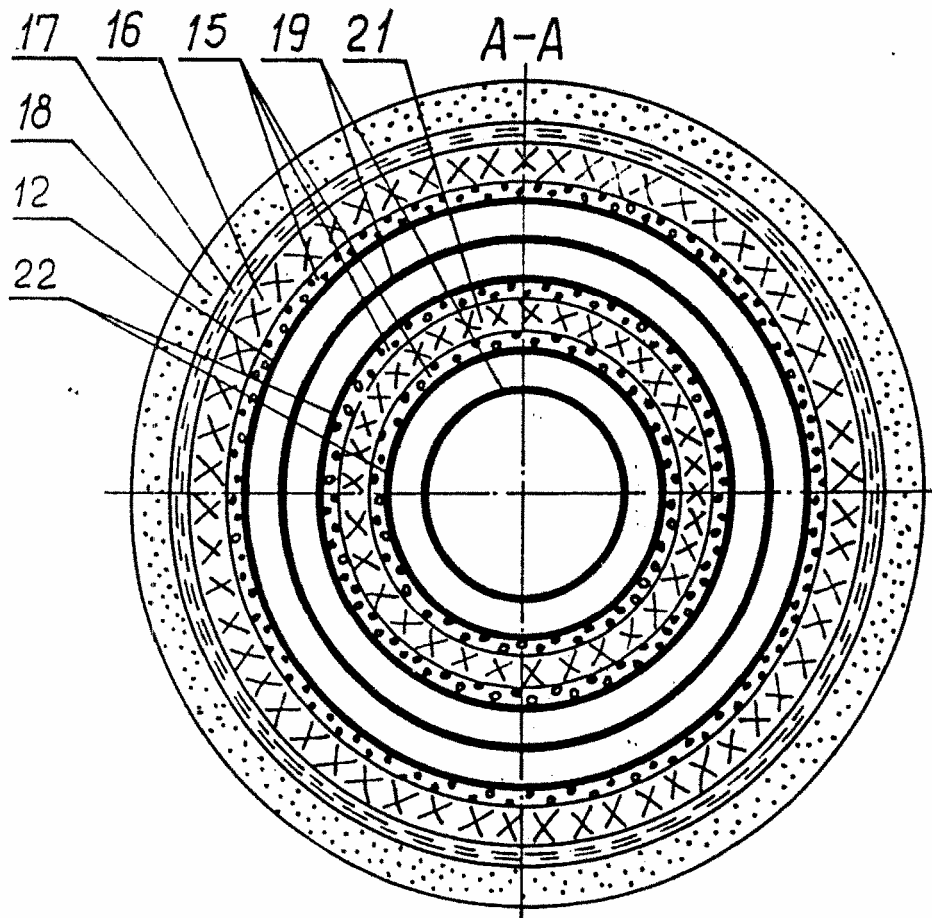
Разработанное устройство по степени защиты в закрытых помещениях соответствует ГОСТ 14254 - 80, а по способу защиты от поражения электрическим током - классу 0.1 согласно ГОСТ 12.2.007.0 - 75.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
 Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
 (044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2001 р. Формат 60x84 1/8.
 Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
 (044) 268-25-22
