

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 2505

(13) U

(46) 2006.02.28

(51)<sup>7</sup> H 01F 27/00

## (54) СИСТЕМА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ТРАНСФОРМАТОРА

(21) Номер заявки: u 20050330

(22) 2005.06.02

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Хартанович Николай Георгиевич; Жидович Иван Станиславович; Сорокин Владимир Николаевич; Кашеев Владимир Петрович; Кашеева Ольга Владимировна (ВУ)

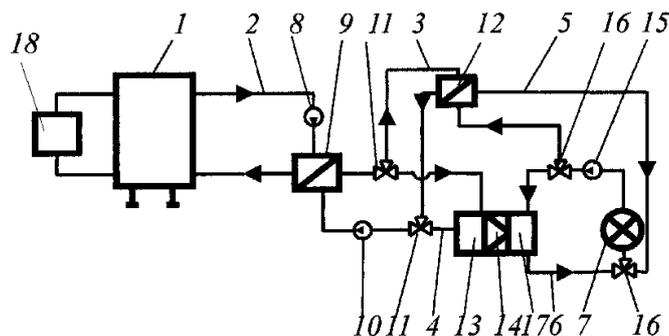
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

1. Система для использования тепла трансформатора, содержащая устройство для отбора тепла из теплообменника трансформатора, соединенное посредством технологического контура с устройством для приема тепла, включающее контур потребителя теплоты, **отличающаяся** тем, что технологический контур состоит из двух контуров, расположенных параллельно, при этом первый контур содержит теплообменник теплового потребителя, а второй - тепловой насос, кроме того, оба контура имеют общие для них масляный теплообменник, вентили, насос и трубопроводы, а контур потребителя теплоты также состоит из двух параллельных контуров, один из которых связан с первым, а другой - со вторым технологическими контурами, и имеют общие для них вентили, насос и трубопроводы.

2. Система по п. 1, **отличающаяся** тем, что вентили контуров выполнены в виде трехходовых кранов.

3. Система по п. 1 или 2, **отличающаяся** тем, что она оборудована автоматическим анализирующим комплексом, переключающим потоки теплоносителей по контурам для обеспечения заданного режима теплового потребителя.



ВУ 2505 U 2006.02.28

# BY 2505 U 2006.02.28

(56)

1. А.с. СССР № 1367054. МПК Н 01F 27/22, 1985. Система для использования тепла трансформатора.

2. А.с. СССР № 1688292. МПК Н 01F 27/22, 1989. Система использования тепла трансформатора.

3. EP 985218, A1. МПК Н 01F 27/22, 1998. Способ и устройство использования тепла воздухоохлаждаемых трансформаторов.

4. PATENTSCHRIFT DD 225.537 A1 H01 F 27/20, 1985. Устройство для использования тепла воздухоохлаждаемых трансформаторов.

---

Полезная модель относится к полезному использованию тепла устройств, выделяющих при работе теплоту, в частности к полезному использованию тепла, выделяющегося при работе силовых трансформаторов, электродвигателей и других электротехнических устройств.

При работе силовых трансформаторов выделяется значительное количество теплоты, поскольку их к.п.д. составляет около 98 %. Для отвода этой теплоты применяют различные разомкнутые и замкнутые системы.

Известны двухконтурные технологические линии для охлаждения силовых трансформаторов, использующие в первом контуре трансформаторное масло, прокачиваемое через трансформаторы и непосредственно снимающее их тепло, а во втором в качестве охлаждающего агента использующие атмосферный воздух, отбирающий тепло от масла [1, 2]. В этих устройствах колебания теплофизических и газодинамических свойств атмосферного воздуха снижаются за счет установки между системой масляного охлаждения трансформатора и атмосферным воздухом, отбирающим тепло от масла, множества тепловых труб. Существенное усложнение общей системы охлаждения снижает надежность трансформаторной установки.

Выделяемое тепло бесполезно сбрасывается в атмосферу, загрязняя окружающую среду (тепловое загрязнение).

Известны системы для использования тепла силовых трансформаторов, где для охлаждения трансформаторов применяются специальные устройства, в которых выделяющаяся в трансформаторах теплота в конце концов передается атмосферному воздуху или же какому-то тепловому потребителю [3]. В данном устройстве колебания теплофизических и газодинамических свойств атмосферного воздуха снижены, но система охлаждения трансформатора получилась многоконтурная, громоздкая. Минимизация габаритных размеров теплообменной системы достигается за счет применения воздушных вентиляторов, увеличивающих скорость обтекания деталей радиаторной группы.

Все это снижает надежность трансформаторной установки из-за усложнения общей системы охлаждения. Из-за громоздкости системы возрастает ее стоимость, велики затраты электроэнергии на привод дутьевых устройств, на обслуживание контура теплового насоса. Часть тепла сбрасывается в окружающую среду.

Известна система для использования тепла силовых трансформаторов, в котором выделяющаяся при работе трансформатора теплота снимается циркулирующим через него маслом [4]. Это устройство принято в качестве прототипа полезной модели. От масла теплота отбирается воздухом, проходящим через радиаторы 2-х масляно-воздушных теплообменников. Причем, воздух для одного теплообменника берется из атмосферы и в нее же сбрасывается, а воздух, проходящий через второй теплообменник, поступает в испарительную зону теплового насоса, где отдает теплоту рабочему телу теплового насоса. Теплота из теплового насоса используется тепловым потребителем. В зависимости от его потребностей в тепле регулируется отдача тепла в атмосферу в первом теплообменнике, для чего последний оборудован шибером, который меняет расход воздуха через его радиато-

## BY 2505 U 2006.02.28

ры, вплоть до его прекращения. Таким образом, избыточное тепло, если оно есть, сбрасывается в атмосферу. Теплосъем с трансформатора зависит от многих факторов и поэтому трудно регулируется. Эта система для использования тепла трансформаторной подстанции содержит технологически связанные между собой силовой трансформатор с принудительной системой масляного охлаждения (1-ый контур охлаждения), воздушный контур (2-ой контур охлаждения), отбирающий тепло от масла, теплонасосную установку с теплообменником (3-ий контур), средства интенсификации теплообмена и потребителей теплоты.

В данной системе колебания теплофизических и газодинамических свойств атмосферного воздуха снижают за счет установки:

кожуха, окружающего радиаторные группы трансформатора, с регулятором подачи охлаждающего атмосферного воздуха;

теплонасосной установки;

шахты для подачи подогретого воздуха к теплонасосной установке.

Это снижает надежность работы трансформаторной подстанции из-за усложнения общей системы охлаждения трансформатора и принудительного повышения температуры масла в системе охлаждения трансформатора. Избыточное тепло снимается атмосферным воздухом, обтекающим радиаторную группу.

Недостатком данной системы является ее громоздкость, дороговизна и недостаточная надежность, большие затраты электроэнергии на привод нагнетателей и теплового насоса, потеря теплового потенциала теплоносителя при передаче теплоты при отключенном тепловом насосе, низкая надежность силовых трансформаторов из-за разрушения отдельных деталей трансформатора под воздействием термических усталостных напряжений, вызванных охлаждающим атмосферным воздухом. Атмосферный воздух непрерывно изменяет свои теплофизические (температуру, плотность, теплоемкость, теплопроводность) и газодинамические (скорость, влажность, запыленность, уровень турбулентных пульсаций) свойства. Особенно существенна разница этих свойств в течение года (лето-зима).

Задачей полезной модели является полезное использование выделяющегося при работе трансформатора тепла при повышении надежности его системы охлаждения, при удешевлении системы для использования тепла, уменьшении затрат на прокачку теплоносителей и при уменьшении тепловых потерь.

Поставленная задача достигается тем, что в системе для использования тепла трансформатора, содержащей устройство для отбора тепла из теплообменника трансформатора, соединенное посредством технологического контура с устройством для приема тепла, включающее контур потребителя теплоты, технологический контур состоит из двух контуров, расположенных параллельно, при этом первый контур содержит теплообменник теплового потребителя, а второй - тепловой насос, кроме того, оба контура имеют общие для них масляный теплообменник, вентили, насос и трубопроводы, а контур потребителя теплоты также состоит из двух параллельных контуров, один из которых связан с первым, а другой - со вторым технологическими контурами, и имеют общие для них вентили, насос и трубопроводы. Причем вентили контуров выполнены в виде трехходовых кранов. Кроме того, система оборудована автоматическим анализирующим комплексом, переключающим потоки теплоносителей по контурам для обеспечения заданного режима теплового потребителя.

Полезная модель поясняется чертежом, где представлена схема системы для использования тепла трансформатора.

Система содержит технологически связанные между собой силовой трансформатор 1, замкнутую принудительную систему 2 масляного охлаждения трансформатора 1, первый и второй промежуточные контуры 3 и 4, передающие тепло от контура 2 масляного теплоносителя двум контурам 5 и 6 теплового потребителя 7. Причем тепло от контура 3 передается контуру 5, а тепло от контура 4 - контуру 6.

## BY 2505 U 2006.02.28

Контур 2 масляного охлаждения трансформатора 1 включает насос 8 и теплообменник 9, который является частью промежуточных контуров 3 и 4. Общими элементами последних также являются насос 10 и два трехходовых крана 11. Первый промежуточный контур 3 содержит также теплообменник 12, а второй промежуточный 4 включает испарительную зону 13 теплового насоса 14. Контур 5 теплового потребителя 7 включает теплообменник 12, циркуляционный насос 15 и два трехходовых крана 16. Контур 6 теплового потребителя 7 содержит, кроме трехходовых кранов 16 и насоса 15 общих для контуров 5 и 6, конденсатную зону 17 теплового насоса 14.

Устройство оборудовано автоматическим анализирующим комплексом 18, переключающим потоки теплоносителей по контурам 3 и 5 или 4 и 6 для обеспечения заданного режима теплового потребителя 7.

Полезная модель - система для использования тепла трансформатора, работает так. Через силовой трансформатор 1 насосом 8 по контуру 2 прокачивается теплоноситель-масло, которое снимает выделяющееся там тепло и передает его через теплообменник 9 промежуточному теплоносителю, циркулирующему по контурам 3 или 4. Промежуточный теплоноситель передает тепло теплому потребителю 7 через теплообменник 12 по контуру 5 или же через тепловой насос 14 по контуру 6.

Автоматический анализирующий комплекс 18 определяет пути передачи тепла от трансформатора 1 к теплому потребителю - через контуры 3 и 5 или же через контуры 4 и 6. После этого он дает команду исполнительным устройствам на установку в нужное положение трехходовых кранов 11 и 16, чем открывает или закрывает проход для теплоносителей промежуточных контуров 3 и 4 и контуров 5 и 6 теплового потребителя 7 - через теплообменник 12 или же через тепловой насос 14, который им же и включается в случае необходимости. Во втором случае, при поступлении промежуточного теплоносителя в испарительную зону 13 теплового насоса 14, его рабочее тело кипит, тратя на теплоту фазового перехода теплоту, выделяемую при работе трансформатора 1. Далее пар рабочего тела теплового насоса 14 сжимается компрессором, при этом возрастают его параметры: давление и температура. В конденсатной зоне 17 теплового насоса 14 пар его рабочего тела конденсируется, отдавая теплоту фазового перехода теплоносителю-воде контура 6 теплового потребителя 7, который прокачивается насосом 15. Если же открыт контур 5, то теплоноситель контура 5 теплового потребителя 7 подогревается в теплообменнике 12.

В предлагаемой системе, по сравнению с прототипом, работает только одна часть схемы передачи тепла от трансформатора, нужная в данный момент. А, как известно, в соответствии с теорией надежности, "надежность установок, включающих несколько систем, обратно пропорциональна квадрату числа этих систем". Поэтому предлагаемая система более надежна, чем прототип, что приводит к повышению надежности охлаждения самих силовых трансформаторов. В предлагаемой системе для использования тепла трансформатора меньшие, по сравнению с прототипом, тепловые потери в окружающую среду, так как они зависят от перепада температур между горячим телом и окружающей средой, а в нашей системе только ее часть (работающая) имеет высокую температуру. В нашей системе в промежуточных контурах используется жидкий теплоноситель, а не воздух, как в прототипе. Поэтому затраты энергии в них на привод насоса в десятки раз меньше, чем на привод компрессора в прототипе при одинаковой передаваемой тепловой мощности трансформатора (только поэтому в энергетике используют парожидкостный цикл Ренкина, а не газовый цикл Карно). Используемый в нашей системе промежуточный теплоноситель (водный раствор этиленгликоля) обладает лучшими теплофизическими свойствами, чем воздух. Это уменьшает требуемые для теплообмена поверхности теплообменников, что удешевляет всю систему.

В прототипе при передаче тепла от трансформатора к теплому потребителю всегда работает тепловой насос, потребляя энергию, в нашей же системе часть времени тепловой

## **BY 2505 U 2006.02.28**

насос отключен и нет затрат энергии на его работу. Поэтому затраты энергии в предлагаемой системе меньше еще и по этой причине. Для процесса передачи теплоты термическое сопротивление теплового насоса, включающего испарительную и конденсатную зоны с теплообменниками, контур циркуляции рабочего тела, компрессор и дроссель, значительно больше, чем термическое сопротивление одного теплообменника. При отключенном тепловом насосе велика потеря температурного потенциала при передаче через него теплоты тепловому потребителю. Поэтому в течение определенного времени в году при работе системы-прототипа получается, что при передаче тепла через контур промежуточного теплоносителя с тепловым насосом тепловой потенциал теплоносителя тепловой сети получился бы ниже требуемого для его использования тепловым потребителем, хотя температура теплоносителя первого контура выше требуемой тепловым потребителем. Поэтому в прототипе в этот период работает тепловой насос и одновременно происходит сброс тепловой энергии в окружающую среду. Для этого через один из масляных радиаторов прокачивают атмосферный воздух. Таким образом, в прототипе происходят дополнительные непроизводительные потери тепловой и электрической энергии. Этих потерь нет в нашей системе. К тому же тепловой насос менее надежен и имеет меньший ресурс работы, чем простой теплообменник. В нашей системе тепловой насос работает только часть времени, и только тогда, когда температурный уровень промежуточного теплоносителя меньше, чем требуется тепловому потребителю. Еще и поэтому предлагаемая система более надежна, чем прототип.

Таким образом, задача полезной модели - полезное использование выделяющегося при работе трансформатора тепла при повышении надежности его системы охлаждения, при удешевлении системы, уменьшении затрат на прокачку теплоносителей и при уменьшении тепловых потерь, выполнена. Обеспечивается повышение надежности и долговечности трансформатора.

Промышленная апробация заявленного объекта планируется в системе Белглавэнерго.