

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 2993

(13) U

(46) 2006.08.30

(51)<sup>7</sup> H 01F 27/20

## (54) СИСТЕМА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА ТРАНСФОРМАТОРА

(21) Номер заявки: u 20060082

(22) 2006.02.14

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

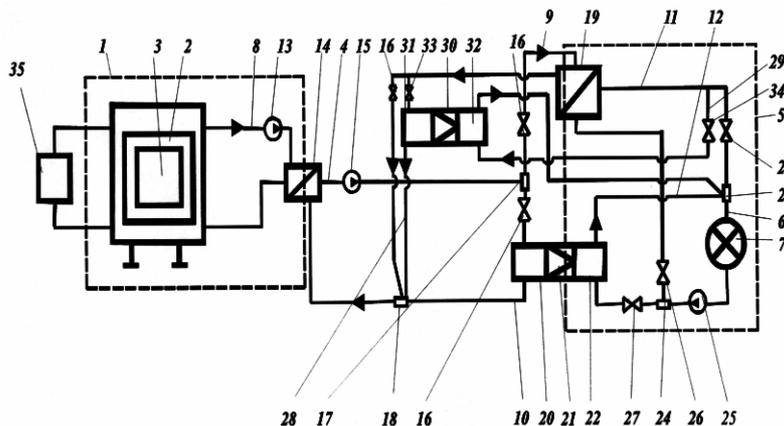
(72) Авторы: Кашеев Владимир Петрович; Жидович Иван Станиславович; Кашеев Андрей Владимирович; Сорокин Владимир Николаевич; Кашеева Елена Владимировна; Тарасевич Леонид Александрович (ВУ)

(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 и контур потребителя теплоты имеют по две параллельные производственные линии, при этом первые производственные линии соединены между собой через теплообменник, а вторые - через тепловой насос, кроме того, первые производственные линии имеют байпасы, соединенные между собой посредством теплового насоса, вход в испарительную зону которого соединен с выходом из теплообменника со стороны технологического контура, а вход в конденсатную зону - с выходом из теплообменника со стороны контура потребителя теплоты, производственные линии и байпасы снабжены раздающими и сборными коллекторами с регуляторами расхода теплоносителей.

2. Система по п. 1, отличающаяся тем, что она имеет аналитический комплекс для определения количества теплоносителей, направляемых по каждой из линий и байпасу, и исполнительные механизмы для осуществления этого.



ВУ 2993 U 2006.08.30

(56)

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

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

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

4. PATENTSCHRIFT DD 225.537 МПК А1 Н 01F 27/20, 1985 г. "Устройство для использования тепла воздухоохлаждаемых трансформаторов".

---

Полезная модель относится к 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 КПД 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 выделяющееся в трансформаторах тепло 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 трансформатора, содержащая устройство для отбора тепла из теплообменника трансформатора, соединенное посредством технологического контура с устройством для приема тепла, включающим контур потребителя теплоты [4]. Эта система представляет технологически связанные между собой компоненты: силовой трансформатор с принудительной системой масляного охлаждения (1-й контур охлаждения), воздушный контур (2-й контур охлаждения), отбирающий тепло от масла, теплонасосная установка с теплообменником (3-й контур), средства интенсификации теплообмена и потребителей теплоты. Эта система принята в качестве прототипа полезной модели. В ней выделяющаяся при работе силового трансформатора теплота вначале снимается циркулирующим через него маслом. От масла теплота отбирается воздухом, проходящим через радиаторы 2-х масляно-воздушных теплообменников. Причем воздух для

## BY 2993 U 2006.08.30

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 потребителем теплоты. 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 радиаторы, 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.

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. 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 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, включающим контур потребителя теплоты, технологический контур и контур потребителя теплоты имеют по две параллельные производственные линии, при этом первые производственные линии соединены между собой через теплообменник, а вторые - через тепловой насос, кроме того, первые производственные линии имеют байпасы, соединенные между собой посредством теплового насоса, вход в испарительную зону которого соединен с выходом из теплообменника со стороны технологического контура, а вход в конденсатную зону - с выходом из теплообменника со стороны контура потребителя теплоты, производственные линии и байпасы снабжены раздающими и сборными коллекторами с регуляторами расхода теплоносителей. Кроме того, система имеет аналитический комплекс для определения количества теплоносителей, направляемых по каждой из линий и байпасу, и исполнительные механизмы для осуществления этого.

Полезная модель поясняется чертежом, где представлена схема системы для использования тепла трансформатора. Система содержит технологически связанные между собой: устройство 1 для отбора тепла из теплообменника 2 трансформатора 3, соединенное посредством технологического контура 4 с устройством 5 для приема тепла, включающим контур 6 потребителя теплоты 7. Устройство 1 включает масляный теплообменник 2, силовой трансформатор 3, замкнутую принудительную систему 8 масляного охлаждения трансформатора 1. Технологический контур 4 состоит из двух параллельных производст-

## ВУ 2993 U 2006.08.30

венных линий (первая 9 и вторая 10, соответственно). Устройство 5 также имеет две параллельные производственные линии (первая 11, вторая 12, соответственно). Контур 8 масляного охлаждения трансформатора 3 включает насос 13 и теплообменник 14, который является частью технологического контура 4. Последний содержит также насос 15, вентили 16, раздающий (оборудованный регулятором расхода теплоносителей по линиям 9 и 10) и смесительный коллекторы 17 и 18, соответственно, теплообменник 19 и испарительную часть 20 главного теплового насоса 21. Причем в этом контуре 4 линия 9 содержит теплообменник 19, общий с линией 11 контура 6 потребителя теплоты 7, а линия 10 - испарительную зону 20 теплового насоса 21. Главный тепловой насос 21 (его конденсатная часть 22) входит также в линию 12 контура 6 теплового потребителя 7. Контур 6 теплового потребителя 7 содержит также смесительный и раздающий (оборудованный регулятором расхода теплоносителей по линиям 11 и 12) коллекторы - позиции 23 и 24, соответственно, насос 25. Линия 11 контура 6 потребителя теплоты 7, кроме вышеуказанного, также содержит вентили 26, а линия 12 - вентиль 27. Кроме того, первые производственные линии 9 и 11 имеют байпасы 28 и 29, соответственно, соединенные между собой посредством байпасного теплового насоса 30, вход в испарительную зону 31 которого соединен с выходом из теплообменника 19 со стороны технологического контура, а вход в конденсатную зону 32 - с выходом из теплообменника 19 со стороны контура потребителя теплоты. Байпасы 28 и 29 снабжены вентилями 33 и 34 с регуляторами расхода теплоносителей.

Устройство оборудовано автоматическим анализирующим комплексом 35, анализирующим поступающую информацию о потребностях теплового потребителя 7, вырабатываемой силовым трансформатором 3 тепловой мощности, параметрах окружающей среды (температуре, влажности, барометрическом давлении и т.д.), на основании этого определяющим нужные расходы теплоносителей по каждой из производственных линий и дающим команду на исполнительные механизмы (на схеме не показаны) для реализации этого.

Полезная модель - система для использования тепла трансформатора - работает так. Через силовой трансформатор 3 насосом 13 по контуру 8 прокачивается теплоноситель - масло, которое снимает выделяющееся там тепло и передает его через теплообменник 14 промежуточному теплоносителю, циркулирующему по контуру 4. Промежуточный теплоноситель передает это тепло контуру 6 теплового потребителя 7. При этом доли теплоносителей, проходящих по линиям 9 и 11 (через теплообменник 19) и по линиям 10 и 12 (через тепловой насос 21), включая байпасы 28 и 29, определяет аналитический комплекс 35. После этого последний дает команду исполнительным устройствам на установку в нужное положение регуляторов расхода теплоносителей по линиям 9 и 10, линиям 11 и 12 (включая байпасы 28 и 29), приводит в действие или выключает насосы 13, 15, 25, регулирует работу тепловых насосов 21 и 30. При отсутствии расхода теплоносителей через тепловые насосы 21 и 30 они отключаются.

В прототипе при передаче тепла от трансформатора к теплому потребителю всегда работает тепловой насос, потребляя энергию, в нашей же системе часть времени тепловые насосы отключены и нет затрат энергии на их работу. Поэтому затраты энергии в предлагаемой системе меньше. Для процесса передачи теплоты термическое сопротивление теплового насоса, включающего испарительную и конденсатную зоны с теплообменниками, контур циркуляции рабочего тела, компрессор и дроссель, значительно большее, чем термическое сопротивление одного теплообменника. При отключенном тепловом насосе велика потеря температурного потенциала при передаче через него теплоты теплому 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 потребителем теплоты, хотя температура тепло-

# BY 2993 U 2006.08.30

носителя первого контура выше требуемой потребителем теплоты. 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 тепловые насосы работают только часть времени и только тогда, когда температурный уровень промежуточного теплоносителя меньше, чем требуется потребителю теплоты. Поэтому предлагаемая система более надежна, чем прототип.

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.

Предлагаемая схема позволяет повысить маневренность системы полезного использования тепла трансформатора и увеличить эффективность передачи теплоты в разных случаях:

1. При небольших потребностях теплового потребителя в теплоте. В этом случае теплота к нему поступает только по первым параллельным линиям через теплообменник. Тепловые насосы не работают.

2. При очень больших тепловых потребностях потребителя теплоты (когда тепловыделения в трансформаторе недостаточно для удовлетворения этих потребностей) дополнительная теплота к контуру потребителя теплоты подводится в главном тепловом насосе, а если ее недостаточно, то включается второй тепловой насос (байпасный).

3. В промежуточных случаях, когда потребитель теплоты требует немного больше теплоты, чем ее выделяет трансформатор, часть теплоты трансформатора тепловому потребителю поступает через теплообменник, а часть - через тепловой насос.

Эта схема позволяет добавить в схему теплоснабжения теплового потребителя лишь то количество теплоты, которое необходимо. По сравнению с прототипом, где при некоторых режимах часть теплоты добавляется тепловым насосом и одновременно часть теплоты сбрасывается в окружающую среду, в нашем случае сброса теплоты в окружающую среду в подобных случаях не происходит.

Предлагаемая схема позволяет организовать плавное регулирование теплоснабжения потребителя теплоты, избежать непроизводительных потерь энергии и повысить надежность системы охлаждения трансформатора.

Таким образом, задача полезной модели - 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.