

УДК 621.577.004.18

Г. С. Олишевский, И. Г. Олишевский

*Государственное высшее учебное заведение
«Национальный горный университет», г. Днепропетровск***ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В
СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ**

Аналитически проанализированы различные схемы применения теплового насоса, использующего тепловую энергию мощных силовых трансформаторов, и обоснован выбор наиболее эффективных случаев.

Ключевые слова: теплофикация, тепловой насос, хладагент, коэффициент использования теплоты, экономия топлива, силовой трансформатор, микротурбина.

Аналітично проаналізовано різноманітні схеми застосування теплового насоса, що використовує теплову енергію потужних силових трансформаторів, і обґрунтовано вибір найбільш ефективних випадків.

Ключові слова: теплофікація, тепловий насос, холодоагент, коефіцієнт використання теплоты, економія палива, силовий трансформатор, мікротурбіна.

Different charts of application of thermal pump using thermal energy of powerful power transformers are analytically analysed, and the choice of the most effective cases is grounded.

Key words: introduction of a heating system, thermal pump, coldagent, coefficient of the use of warmth, fuel saving, power transformer, mykro turbine.

Введение. В современных условиях на крупных узловых подстанциях электроснабжения городов, горных обогатительных комбинатах, электросталеплавильных предприятиях применяются силовые трансформаторы высокой мощности. Во время работы данных трансформаторов часть трансформируемой электромагнитной энергии теряется и выделяется в виде тепловой энергии, достигающей значений в сотни киловатт. При этом обмотки трансформатора разогреваются до 90 °С и выше, что опасно для целостности изоляции и требует применения систем охлаждения различных типов и схем. Для мощных трансформаторов обычно используется масляная система охлаждения, которая отводит выделяющуюся теплоту с помощью специальных радиаторов в окружающую среду (Рис. 1).

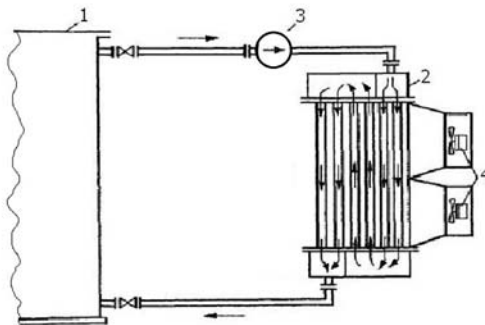


Рис. 1. Схема масляного охлаждения мощного трансформатора:

1 – бак трансформатора; 2 – теплообменник охладителя;

3 – масляный насос; 4 – вентиляторы охладителя

Это является нерациональным с точки зрения принятой в государстве стратегии энергосбережения.

Ранее на отдельных подстанциях средней мощности имели место случаи использования тепловой энергии силовых трансформаторов для нужд собственного отопления. Данные системы отопления могли быть масляного, водяного или воздушного типа [5]. Однако при этом применялся принцип непосредственной передачи тепла от масла, охлаждающего трансформатор, к теплоносителю. При этом температура теплоносителя в теплообменниках достигалась не более 57°C , что для системы отопления часто недостаточно, а также требовалось расположение теплового потребителя вблизи трансформатора, что также не всегда допустимо, особенно при высоких мощностях и напряжениях. Поэтому для повышения температуры теплового потока, отводимого от трансформатора, было решено проанализировать следующую схему полезного использования выделяемой теплоты с применением теплового насоса (Рис. 2).

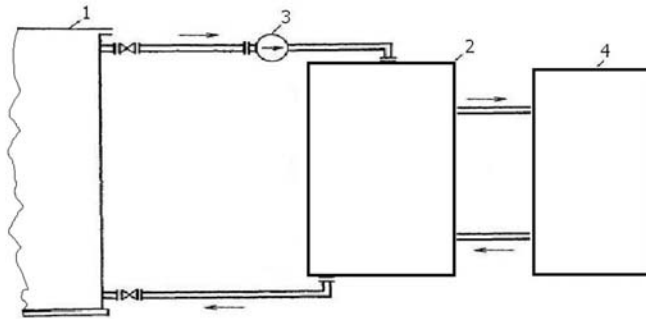


Рис. 2. Схема утилизации тепловых выделений силового трансформатора с применением теплового насоса:

1 – бак трансформатора; 2 – тепловой насос; 3 – масляный насос;
4 – потребитель тепловой энергии

Теплонасосное оборудование получает все более широкое применение в энергосистемах [1]. Как правило, тепловые насосы применяются для теплоснабжения и кондиционирования жилых и административных зданий. Тепловые насосы используют низкопотенциальные источники теплоты и тепловые потоки, выбрасываемые в окружающую среду на различных производствах и технологических процессах.

Принцип действия теплового насоса заключается в заборе теплоты от разных низкопотенциальных (низкотемпературных) источников энергии с последующей трансформацией в высокотемпературную тепловую энергию и передачу ее потребителю [4]. При этом затрачивается энергия на привод компрессора теплового насоса.

Таким образом, в качестве перспективного низкопотенциального источника теплоты может быть рассмотрено масло, охлаждающее силовой трансформатор. Теплота данного масла может быть использована с помощью теплового насоса для удовлетворения различных энергетических нужд потребителей. Поэтому проблема анализа и обоснования применения теплонасосного оборудования в тепловой схеме системы охлаждения мощных трансформаторов, исходя из условия рациональных значений показателей эффективности использования энергии, является важной и актуальной.

Постановка задачи. Задачей проведения исследования является анализ и обоснование применения теплонасосной установки в системе охлаждения силового трансформатора для различных энергетических потребителей с дальнейшей рекомендацией наиболее рационального варианта.

Было решено проанализировать возможности применения теплового насоса, использующего тепловую энергию мощного трансформатора для различных видов потребителей тепловой энергии. В качестве примера был взят силовой трансформатор ТДНМ – 160 МВА/330 кВ. Такие трансформаторы (Рис. 3) применяются на предприятии «Днепросталь».

В данном трансформаторе мощность отбора теплоты в среднем может составить 375 кВт при достижении температуры масла в баке до 90 °С и выше.

Были проанализированы следующие возможности использования тепловой энергии:

- в паровых микротурбинах для электрификационного и теплофикационного циклов;
- в установках отопления и горячего водоснабжения.



Рис. 3. Силовой трансформатор предприятия «Днепросталь»

Исходные данные для решения задачи:

- тепловой насос работает на хладагенте фреон-11;
- модель построена на холодильном цикле для данного хладагента в p, i – координатах [2];
- регулирование тепловой мощности осуществляется посредством изменения расхода хладагента через компрессор теплового насоса.

Методы исследования. Были применены методы анализа и численного моделирования, реализованные в приложениях пакета Mathcad Professional.

Связь работы с научными и учебными программами кафедры. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки бакалавров по направлению «Электротехника и электротехнологии».

Результаты и их обсуждение. С помощью разработанной авторами комплексной методики была оценена эффективность применения теплового насоса для ряда случаев.

Было исследовано применение микротурбины мощностью от 100 до 1000 кВт, являющейся характерным примером энергосберегающих технологий и позволяющей утилизировать избыточную тепловую энергию. С помощью данной технологии можно получить дополнительную электрическую и тепловую энергию для покрытия собственных нужд предприятия [3].

Анализ различных режимов работы паросиловой установки показал, что применение теплового насоса для получения пара с давлением 0,5 МПа и температурой 150 °С при производстве только электроэнергии (Рис. 4) не имеет смысла, так как затраты мощности на компрессор более чем в 2 раза превышают генерируемую электрическую мощность.

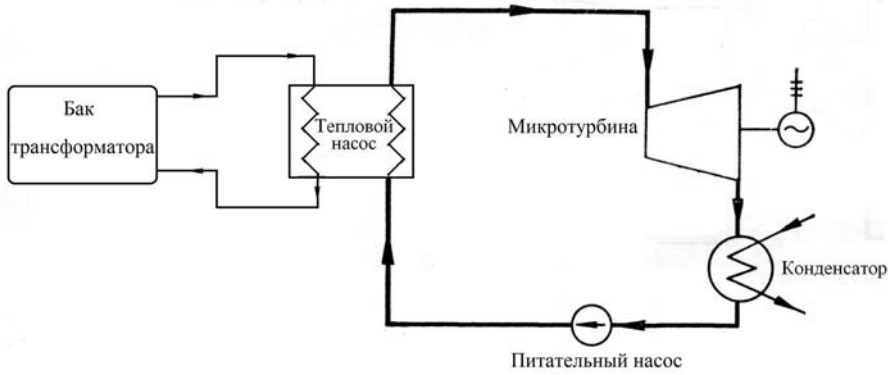


Рис. 4. Схема применения теплового насоса в электрификационном цикле

В свою очередь применение теплофикационного цикла (Рис. 5) также не является рациональным. Хотя коэффициент использования энергии при этом и достигает значения более 88 %, однако на получаемую электрическую энергию приходится не более 12 % (57,5 кВт), а затраты электрической мощности на компрессор теплового насоса превышают величину генерируемой мощности более чем в 3 раза (210,7 кВт).

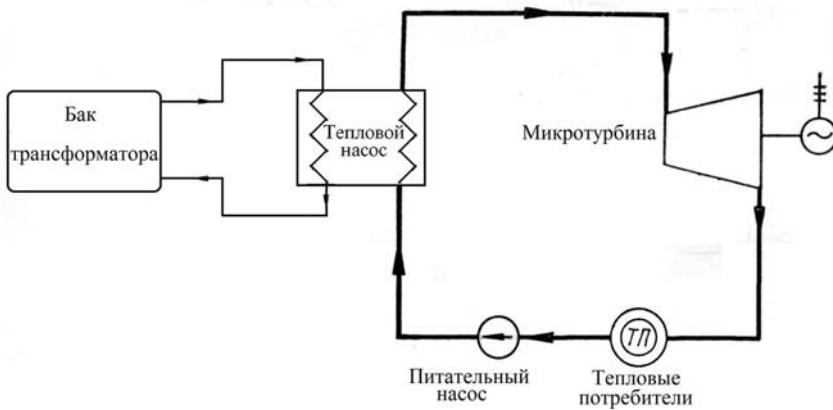


Рис. 5. Схема применения теплового насоса в теплофикационном цикле

Также было рассмотрено применение теплового насоса для предварительного подогрева воды в микропаротурбинной установке, работающей на природном топливе (Рис. 6). Для данных условий была определена рациональная температура предварительного подогрева воды в тепловом насосе перед котлом, равная 107 °С (Рис. 7) и соответствующая максимуму КПД. При этом генерируемая электрическая мощность достигла 987 кВт, затраты мощности в компрессоре – 50 кВт, экономия условного топлива по сравнению с только котельной установкой составила 358 т в год (что составляет 8 %), КПД увеличился на 2,2 %.

И наконец, была рассмотрена схема применения теплового насоса для отопления и горячего водоснабжения. В результате анализа определено, что применение теплового насоса позволяет получить тепловую мощность системы отопления и горячего водоснабжения, равную 406,8 кВт. При этом затраты электрической мощности на привод компрессора составят 37,5 кВт, что соответствует значению коэффициента преобразования энергии свыше 13. Это позволит уменьшить расход условного топлива более чем в 4 раза по сравнению с обычным котлом. Такая тепловая мощность дает возможность покрыть все собственные нужды предприятия в отоплении и горячем водоснабжении. Кроме того, данных трансформато-

ров на підприємстві по правилам експлуатації два, що дає додатковий резерв для системи теплоснабження.

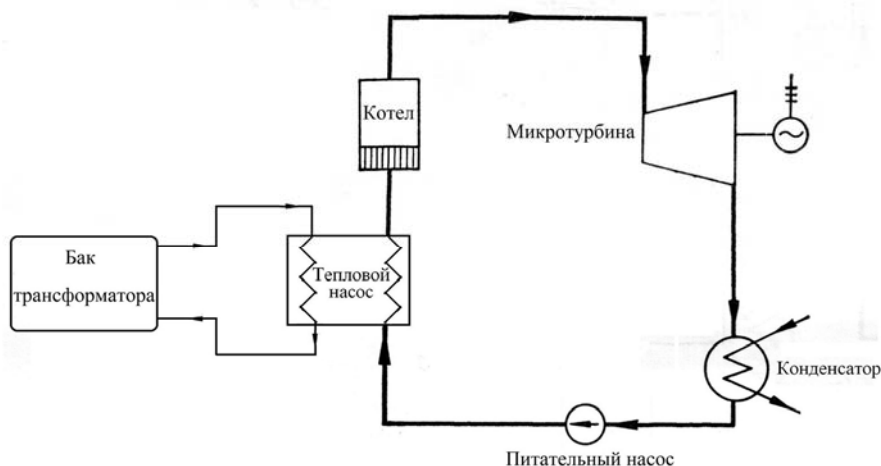


Рис. 6. Схема применения теплового насоса для предварительного подогрева питательной воды в электрификационном цикле

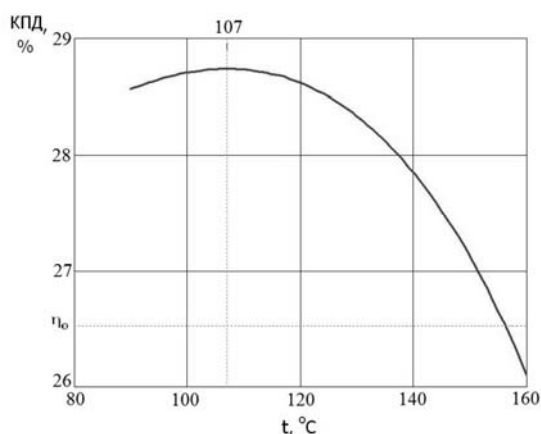


Рис. 7. Рациональная температура предварительного подогрева воды

Выводы. Авторами была разработана комплексная методика, позволяющая исследовать эффективность применения теплового насоса, использующего тепловую энергию силового трансформатора, для различных вариантов энергетических установок.

В результате исследований определено, что наиболее рациональной схемой применения теплового насоса в системе утилизации тепловых выделений силового трансформатора ТДНМ – 160 МВА/330 кВ является отопительная схема, имеющая явные преимущества касательно экономии энергоресурсов и требующая по сравнению с другими схемами ощутимо меньших капитальных и эксплуатационных затрат.

Комплексная методика учитывает конкретные параметры силового трансформатора, паросиловых и отопительных установок, характеристики хладагента, холодильного цикла и позволяет составлять рекомендации о возможности применения теплового насоса в различных схемах энергетических установок.

Методика реализуется на общедоступном матобеспечении (Mathcad Professional).

Матеріали статті можуть бути використані студентами при вивченні дисципліни «Енергосбереження в галузях промисловості» і дипломному проектуванні по ОКР «Спеціаліст» і «Магістр» по спеціальності «Енергетичний менеджмент».

Библиографические ссылки

1. **Корчемний, М.** Енергозбереження в агропромисловому комплексі [Текст] / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Вид-во: Підручники і посібники, 2001. – 976 с.
2. **Олишевский, Г. С.** Обоснование применения теплонасосного оборудования для повышения эффективности конденсационных электростанций [Текст] / Г. С. Олишевский, В. Е. Олишевская, Д. А. Чернявина // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. – 2013. – № 4. – Т. 21. – С. 189 – 193.
3. **Разумний, Ю. Т.** Енергозбереження [Текст]: навч. посіб. / Ю. Т. Разумний, В. Т. Заїка, Ю. В. Степаненко. – Д.: Нац. гірн. ун-т, 2005. – 166 с.
4. **Рей, Д.** Тепловые насосы [Текст]: пер. с англ. / Д. Рей, Д. Макмайкл. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с.
5. Теплотехника [Текст]: учебник / А. П. Баскаков [и др.]; под ред. А. П. Баскакова. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.

Надійшла до редколегії 28.05.2015

УДК 669.45+669.046.558

С. А. Полишко

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА И ХРОМА НА СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Рассмотрено влияние углерода и хрома на механические свойства хромистых сталей. Доказано, что отличие воздействия углерода и хрома на характеристики ударной вязкости обусловлено различным взаимодействием углерода и хрома на кристаллическую решетку железа. Углерод действовал как элемент внедрения, а хром – как элемент замещения. Установлено, что неконтролируемые примеси в сталях заметно изменяют их свойства.

Ключевые слова: хромистые стали, ударная вязкость, механические свойства, кристаллическая решетка.

Розглянуто вплив вуглецю та хрому на механічні властивості хромистих сталей. Доведено, що відмінність впливу вуглецю та хрому на характеристики ударної в'язкості обумовлена різною взаємодією вуглецю та хрому на кристалічну решітку заліза. Вуглець діяв як елемент впровадження, а хром – як елемент заміщення. Встановлено, що неконтрольовані домішки в сталях помітно змінюють їх властивості.

Ключові слова: хромисті сталі, ударна в'язкість, механічні властивості, кристалічна решітка.

This article discusses the effect of carbon and chromium on the mechanical properties of chromium steels. It was proved that the difference between the impact of carbon and chromium on the characteristics of toughness due to the different interactions of carbon and chromium on the iron lattice. Carbon acted as an element of the implementation and chrome – as an element of substitution. It had been established that the uncontrolled impurities in steels significantly alter their properties.

Key words: chromium steels, the toughness, mechanical properties, the crystal lattice.

© С. А. Полишко, 2015