

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»

Молодая мысль – развитию энергетики

Материалы VII (XXII) Всероссийской научно-технической
конференции студентов, магистрантов и аспирантов
15-20 апреля 2022 года

Братск
Братский государственный университет
2022

УДК 621, 681.5

Молодая мысль – развитию энергетики: материалы VII(XXII) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов. – Братск: БрГУ, 2022. – 290 с.

Материалы конференции отражают основные результаты научно-исследовательской работы обучающихся высших учебных заведений России и ближнего зарубежья в 2021/22 гг по направлениям подготовки в области энергетики, автоматики, управления и информатики, связи.

Оргкомитет:

Т.Н. Яковкина, канд. техн. наук, доцент,

декан факультета энергетики и автоматики

Ю.Н. Булатов, канд. техн. наук, доцент,

зав. кафедрой энергетики

Т.А. Григорьева, канд. техн. наук, доцент,

и.о. зав. кафедрой управление в технических системах

Д.Б. Горохов, док. техн. наук, профессор,

зав. кафедрой информатики, математики и физики

Струмеляк, канд. техн. наук, доцент кафедры энергетики,

зам. декана ФЭиА по научной работе.

© ФГБОУ ВО «БрГУ», 2022

А. Д. Юдин	ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, ОТРАБОТАВШИХ НОРМАТИВНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ.....	63
В.Р. Акмалдинова	ВЫБОР СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	65
А.С. Попов	БЫСТРОВОЗВОДИМЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ОПОРЫ.....	67
Р.Н. Гаврилюк	ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УСТАРЕВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИКИ НАСОСНЫХ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС.....	69
В.Н. Винокуров, Д.Р. Мячин, М.А. Шумихин	GLOWEE – ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ В КАЧЕСТВЕ ОСВЕЩЕНИЯ.....	71
Н.А. Морозова, Н.А. Морозов, Н.С. Кузьминова	АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КОНТРОЛЯ НЕНОРМИРОВАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ ГАРАЖНОГО КООПЕРАТИВА «АВТОЛЮБИТЕЛЬ-2» Г. БРАТСКА.....	75
Ю.С. Макарова, К.А. Виноградова, Д.С. Выборнов	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВОЛНЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОСТРОВА БУРНИНА.....	81
Я.С. Кошмелюк	АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В 2021 ГОДУ.....	86
Н.С. Кузьминова, Н.А. Морозова, Н.А. Морозов	ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ.....	91
Р.Н. Гаврилюк	ЗАЩИТА ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ НАСОСОВ ОСУШЕНИЯ ПЛОТИНЫ ГЭС ВСЛЕДСТВИЕ «СУХОГО» ХОДА.....	96
	ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.....	98
К.Л. Хусаинова	ПЕРСПЕКТИВЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ..	98
А.А. Азнабаева	ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ.....	100
Л.А. Попова, А.А, Трофимова	ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ.....	103
Г.Р. Мустафина	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА.....	106
Р.Р. Даутов	МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА.....	108
Н.А. Зубарев	АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.....	112

Научный руководитель: к.т.н., доцент А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90.

2. Мустафина, Г. Р. Анализ систем сжигания биогаза / Г. Р. Мустафина // Тинчуринские чтения - 2021 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллаязянова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая компания "Астор и Я", 2021. – С. 142-144.

3. Патент на полезную модель № 105449 У1 Российской Федерации, МПК G01N 1/22. Лабораторная установка для исследования метанового сбраживания органических отходов с получением биогаза: № 2011102657/05: заявл. 24.01.2011: опубл. 10.06.2011 / С. Р. Калачева, А. Е. Кондратьев; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный энергетический университет" (КГЭУ).

4. Ибадов, А. А. Применение биогазовой установки для утилизации органических отходов молочного производства / А. А. Ибадов // Актуальные проблемы науки в студенческих исследованиях: Сборник материалов VII Всероссийской студенческой научно-практической конференции, Альметьевск, 11–12 мая 2017 года / Под общей редакцией С.В. Юдиной. – Альметьевск: Издательство "Перо", 2017. – С. 150-151.

Р.Р. Даутов

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, gluza.dautova@ya.ru*

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА

В теплоэнергетике в настоящее время повышение энергоэффективности и снижение тепловых потерь являются актуальнейшими проблемами. В частности, перспективным

направлением в сфере теплоснабжения является использование альтернативных источников тепла. В работе рассматривается система отопления на базе теплового насоса. Ввиду запрета на традиционные хладагенты (фреоны), из-за их высоких потенциалов к глобальному потеплению и разрушению озонового слоя, было решено использовать природные хладагенты в качестве альтернативы.

Одним из высокоэффективных и доступных хладагентов является диоксид углерода (CO_2). Он представляет собой природный газ, содержащийся в атмосфере, который не имеет озоноразрушающего потенциала и не способствует глобальному потеплению. Диоксид углерода считается безопасным газом, так как не токсичен и не горюч. Главной проблемой при использовании диоксида углерода в качестве хладагента в системах отопления является то, что данные тепловые насосы работают в сверхкритическом состоянии высокого давления. С другой стороны, использование газоохладителя в контуре данного теплового насоса позволяет нагревать воду до гораздо более высоких температур, чем с обычными холодильными агентами [1].

Принцип действия традиционного парокомпрессионного теплового насоса состоит в следующем. Испарителем извлекается тепловая энергия из низкопотенциального источника. Через данный теплообменник тепло поглощается низкотемпературной жидкостью, превращающей хладагент в газ. Затем он сжимается и его давление увеличивается с помощью компрессора. Температура теплоносителя резко повышается в конденсаторе благодаря высокопотенциальному теплоте хладагента. Поскольку рабочая жидкость все еще находится на под высоким давлением он проходит через расширительный клапан, который снижает давление, создавая охлаждающий эффект. При этом жидкость возвращается в жидкую фазу при низком давлении, и цикл повторяется снова [2].

Диоксид углерода может использоваться в качестве хладагента в парокомпрессионных тепловых насосах, если в докритическом состоянии температура среды ниже 20°C . Если используемая среда имеет температуру выше 20°C , то диоксид углерода будет использоваться в транскритическом состоянии. Система, работающая в транскритическом цикле, может также эффективно работать и в докритическом режиме. Это означает, что при использовании диоксида углерода в качестве хладагента можно достичь высокого коэффициента трансформации СОР (Coefficient of Performance) теплового насоса. Так как критическая температура углекислого газа составляет около 31°C , то, если для охлаждения на стороне высокого давления используется окружающий воздух при температуре 30°C , он не сможет

конденсировать углекислый газ. Таким образом, хладагент после компрессора будет охлаждаться как сверхкритическая жидкость при давлении выше критического [3].

Системы отопления с тепловым насосом на CO₂ имеют три основных отличия от систем, использующих традиционные хладагенты. Во-первых, тепловая энергия отводится при сверхкритическом давлении. Это объясняется транскритическим циклом. В нем тепловой насос работает выше критической точки хладагента. При проектировании систем отопления должно учитываться возможность контроля параметров на стороне высокого давления для обеспечения высокого COP. Во-вторых, уровень давления внутри системы теплового насоса на диоксиде углерода заметно выше, чем в обычных системах. Так, можно достичь до значения рабочего давления, которое будет на 13 МПа и выше. Одним из главных преимуществ высокого давления заключается в воздействии, оказываемом на рабочий объем компрессора. В-третьих, при отводе тепловой энергии температура хладагента сильно изменяется, так как в сверхкритических условиях отвод тепла от хладагента происходит за счет охлаждения сжатого газа. С помощью газоохладителя хладагент можно охладить на несколько градусов выше температуры охлаждающей жидкости на входе, что способствует высокому КПД системы [4].

По мере повышения температуры воды на входе давление на выходе компрессора будет увеличиваться. Воздействие на газоохладитель напрямую влияет на эффективность и теплопроизводительность теплового насоса. Чем выше температура воды на его входе, тем выше будет температура на выходе из охладителя газа. Поэтому при проектировании системы отопления с тепловым насосом на диоксиде углерода следует обратить внимание на минимально возможную температуру на выходе из газоохладителя и максимально возможную температуру испарения [5].

При использовании транскритического цикла давление газоохладителя не зависит от состояния углекислого газа. Это объясняется тем, что нет связи между температурой и давлением выше критической точки. Это означает, что тепловой насос может работать при различных значениях высокого давления, т.е. давление в системе должен быть зафиксировано устройством управления, чтобы цикл мог работать в оптимальном режиме.

COP системы отопления на базе теплового насоса на CO₂ зависит от температуры испарения, температуры на выходе из газоохладителя,

КПД (коэффициента полезного действия) компрессора и температуры нагнетания компрессора [6].

В Японии популярно использование тепловых насосов на диоксиде углерода. Так, под торговой маркой японцами был разработан тепловой насос марки EcoSute. Он способен нагревать горячую воду с температурой до 90°C при среднегодовом коэффициенте трансформации СОР выше 3. Высокая энергоэффективность теплового насоса на диоксиде углерода обусловлена хорошей температурной совместимостью между данным ним и водой в газоохладителе [7].

Таким образом, диоксид углерода может стать достойной альтернативой в качестве природного хладагента для теплового насоса. Свойства CO₂ являются его преимуществами при использовании в качестве хладагента. Тепловой насос на диоксиде углерода имеет большой потенциал для модернизации будущих отопительных систем.

Научный руководитель: к.т.н., доц. А.Е. Кондратьев

Литература:

1. Даутов, Р.Р. Диоксид углерода как хладагент тепловых насосов, применяемых в системах теплоснабжения // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодежная научная конференция: Материалы конференции. Сборник докладов/ Казань: Изд-во ИП Сагиева А.Р., 2021. Т.2. С. 191-195.
2. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России: материалы VI Всероссийской студенческой конференции. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2020. – С. 107-108.
3. Гатауллина, И. М. Построение системы теплоснабжения на основе теплового насоса / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 160-162.
5. Сабирова, Л. Р. Особенности применения индивидуальных тепловых пунктов в городе / Л. Р. Сабирова // Тинчуринские чтения: Тезисы докладов XIII молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 24–27 апреля 2018 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2018. – С. 203-205.

6. Ghazizade-Ahsaee H., Ameri M. Study of a direct-expansion ground source heat pump using carbon dioxide // Modares Mechanical Engineering 2017. – № 17(6). – Tehran: 433-443 p.

7. Гатауллина, И. М. Технология устройства снегоплавильных станций на основе применения тепла сточных вод / И. М. Гатауллина // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23 апреля – 26 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 104-107.

Н.А. Зубарев

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
г. Казань, zubarev_n@mail.ru, sogaponenko@yandex.ru

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

На сегодняшний день все большее применение находят методы технической диагностики энергетического оборудования на основе вибрационного контроля. Это связано с тем, что установившийся вибросигнал объекта контроля обладает полной информацией по его техническому состоянию [1].

Вся информация в сигнале, как правило, характеризуется амплитудой сигнала, его частотой или спектральным составом, фазой или относительными временными зависимостями нескольких сигналов. Всю эту информацию возможно получить из сигнала при помощи его обработки. Для исследования аспектов обработки сигналов необходимо умение использовать системы численно – математического моделирования, например, MATLAB, Octave, Mathcad, LabVIEW и др.

Каждый аналоговый сигнал может быть подвергнут дискретизации по времени и квантованию по уровню, то есть показан в цифровом виде.

Сигналы могут быть обработаны с использованием аналоговых, цифровых или комбинации аналоговых и цифровых методов.

Основным различием между цифровой обработкой сигнала от традиционного компьютерного анализа данных является более высокой скорости и эффективности выполнения сложных функций цифровой обработки, например, фильтрации, анализа с использованием быстрого или дискретного преобразования Фурье, или алгоритмическое преобразование данных в действительном масштабе времени.

Комбинированная обработка сигналов предполагает, что система исполняет как аналоговую, так и цифровую обработку. Именно комбинированная обработка является наиболее распространенной из-за