

УДК 681.5.015

**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СТУПІНЧАСТОЇ ТЕПЛОНАСОСНОЇ
УСТАНОВКИ З ГІДРОДИНАМІЧНИМ КАВІТАЦІЙНИМ УЛАШТУВАННЯМ****Асманкіна А.А., Лорія М.Г., Целіщев О.Б., Жидков А.Б.****THE DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS APARTMENT WITH A HYDRODYNAMIC
KAVITATION DEVICE MATHEMATICAL MODEL****Asmankina A.A., Loria M.G., Tselishchev O.B., Zhydkov A.B.**

Мета усіх сучасних розробок - поліпшення якості та зменшення виробничих витрат. Підвищення тарифів є однією з основних проблем сучасної України, тому виникає необхідність створення енергонезалежних, автономних систем, які будуть контролюватися та управлятися віддалено. Створення комбінованих систем, здатних працювати дистанційно і незалежно від прямих енергоресурсів, призведе до значного підвищення рівня захищеності від нестабільності температурних перепадів і перепадів в електричній мережі. Наявність датчиків в цій системі дозволяє контролювати, регулювати і сигналізувати про її стан, а також дозволяє встановлювати необхідні параметри для побудови математичної моделі.

Ключові слова: математична модель, комбінований, система, кавітаційний, теплонасос, економічний, автономний.

Вступ. Основними споживачами всіх видів енергії та енергоносіїв є підприємства, а неодмінна частина будь-якого підприємства - його енергогосподарство. Енергогосподарство підприємства є не тільки допоміжним і обслуговуючим виробництвом, а й основою, що забезпечує нормальне функціонування підприємства. Наявність споживачів (малих міст, селищ), які перебувають в районах, ізольованих від існуючих енергомереж, або ж постачає електроенергією, з різних причин, з перебоями, вимагають організації автономного енергозабезпечення.[1] Обмеженість запасів викопних джерел енергії, а також що склалася в даний час ситуація з ростом цін на вуглеводневе паливо, поряд із загостренням екологічної обстановки, є факторами, що стимулюють впровадження і використання поновлюваних природних ресурсів в сфері виробництва електричної енергії.[2] Актуальність проблем автономного енергозабезпечення в нашій країні і її розвиненість за кордоном визначають необхідність досліджень і розробок щодо систем, що забезпечують незалежне енергопостачання з використанням ефективних засобів отримання,

накопичення і перетворення електроенергії. [3]

У даній роботі пропонується поєднати кілька видів систем, з подальшим дистанційним контролем. Для дослідження роботи комплексу систем необхідно створити математичну модель, тому були розглянуті праці інших дослідників.

Відомий винахід відноситься до устаткування для опалювання житлових і виробничих будівель. Компресійний тепловий насос містить випарник, компресор, конденсатор, дросельний вентиль і віддільник рідини. [4] Випарник і конденсатор виконані у вигляді кожухо-віхрових теплообмінників, що містять патрубків подачі і відведення робочого агента і патрубків подачі і відведення, відповідно низького потенційного теплоносія і високопотенційного теплоносія, колектор з направляючим апаратом і торцевими стінками, на внутрішній і зовнішній поверхні яких виконані канали, а із зовнішнього боку встановлений кожух.

Для підвищення ефективності трансформації теплової енергії використовують різні прийоми. Наприклад, в способі досягнення максимального опалювального коефіцієнта теплового насоса за патентом [5] вибирають хладагент теплового насоса рідким, щоб його критична температура була близька або дорівнює температурі охолоджуваного середовища.

Відомий спосіб теплопостачання, який включає подачу води на нагрів в теплонасосну установку системи, нагрівання води з її допомогою і доставку нагрітої води споживачам. Теплонасосна установка складається з теплових насосів, кожен з яких використовують як рівень послідовного нагріву води. [6]

Відомий пристрій[7], в якому для підвищення температури нагріву рідини додатково використовуються вставка, виконана у вигляді перфорованої перегородки, встановленої в інжекційному патрубку. При проходженні рідини через канали перегородки в

рідині утворюються торіодальні каверни (бульбашки кавітації), пульсуючі на виході струменів за їх периферією. У кавернах з великою частотою відбуваються електричні розряди, енергія яких при «схлопуванні» каверн переходить в теплову, за рахунок чого відбувається генерування тепла в рідині. Недолік – відсутність кавітації у всьому об'ємі.

Мета статті, на вирішення якої направлений винахід, є розробка математичної моделі теплообмінної установки з тепловим насосом, що забезпечує підвищений тепловий коефіцієнт за рахунок зменшення витрат потужності на стискування робочого тіла в робочих порожнинах теплового насоса, а також за рахунок вживання на другому рівні гідродинамічного пристрою.

Основний матеріал. Поставлена мета досягається тим, що для зниження енергетичного навантаження на компресор і зменшення дросельних втрат робочого тіла установка забезпечена гідродинамічним пристроєм кавітації, в якому кавітатор представляє циліндр, внутрішня поверхня якого складається з «п» усічених конусів так, що похилі і горизонтальні поверхні створюють «каверни» схлопування перед звужуючим соплом, яке пов'язує потік кавітації з розсікачем, що має криволінійну поверхню. Крім того, крок між отворами конусів варіюється, а як робоче тіло використовується негорюча суміш.

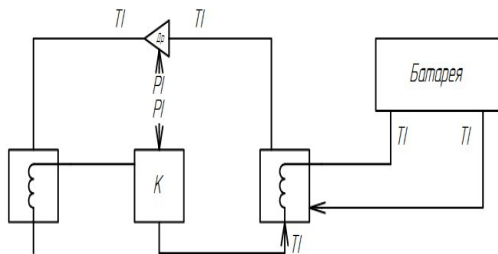


Рис. 1. Схематичне зображення установки

Для проведення лабораторних випробувань була розроблена установка, яка складається з компресора К, батареї, дроселя Др, системи датчиків температури ТП і датчиків тиску РІ. Для руху рідини по трубах передбачений насос на вході лабораторної установки. Вода, що надходить в установку проходячи через компресор, де відбувається стиснення і переміщення парів холодоагенту, як в холодильних установках. Далі була поставлена задача на розробку математичної моделі, введені початкові параметри.

При стискаанні пари відбувається підвищення не лише тиску, але і температури. Після компресора стислий холодильний агент поступає в конденсатор, де стислий газ охолоджується і перетворюється на рідину, рідина потім через дросельний пристрій поступає у випарник (при цьому її тиск і температура знижується), де вона кипить, переходить в стан газу,

тим самим забираючи тепло з навколишнього простору. Після цього пари холодагента поступають знову в компресор для повторення циклу. Таким чином, на виході вода матиме температуру багато вище, ніж на вході, що і забезпечує нагрівання радіатора.[8] Далі використана рідина, що понизила температуру, проходить через дросель, для створення гідралічного опору потоку рідини. Додатковий гідралічний опір створюється за рахунок зміни прохідного перетину потоку рідини. Зміною гідралічного опору створюється необхідний перепад тиску, що призводить до ще більшого зниження температури потоку.[9]

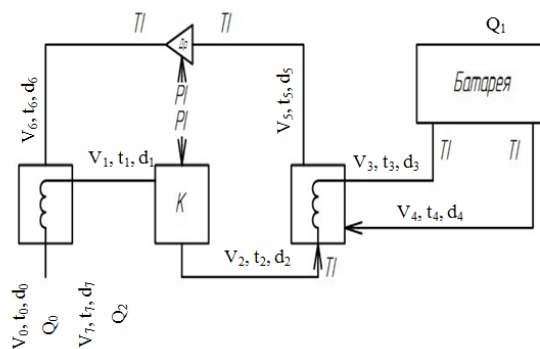


Рис. 2. Параметри для побудови математичної моделі, де V – об'єм рідини, t – показник температури, d – діаметр отвору, Q – кількість теплоти

Підвищення ефективності і міри кавітування теплоносія досягається шляхом інтенсифікації процесу на кордоні розділу фаз за рахунок кінетичної енергії взаємодії потоку рідини і кумулятивного ефекту схлопування струн.

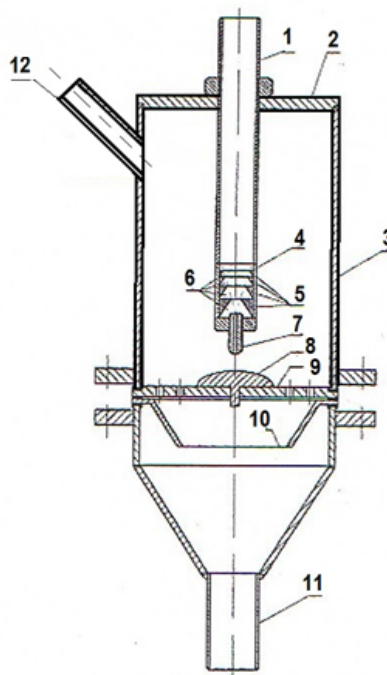


Рис. 3. Гідродинамічний реактор кавітації

Реактор містить: патрубок введення 1 другого потоку теплоносія; кришку 2; проточну камеру 3; циліндр 4; зворотні усечені конуси 5; каверни схлопівання 6; сопло 7; розсікач 8; разделительную перфоровану перегородку 9, яка служить опорою для розсікача; дифузор 10; патрубок виведення сумарного потоку теплоносія 11, що складається з першого і другого потоків; патрубок введення першого потоку теплоносія 12.

При стисненні парів відбувається підвищення не тільки тиску, а й температури. Після компресора стиснене холодильний агент поступає в конденсатор, де стиснений газ охолоджується і перетворюється в рідину, рідину потім через дросельний пристрій надходить у випарник (при цьому її тиск і температура знижується), де вона кипить, переходить в стан газу, тим самим забираючи тепло з навколишнього простору.

Після цього пари холодоагенту надходять знову в компресор для повторення циклу. Таким чином, на виході вода буде мати температуру багато вище, ніж на вході, що і забезпечує нагрівання радіатора.[10] Далі використана і знизилася температура рідини проходить через дросель, для створення гідравлічного опору потоку рідини. Додатковий гідравлічний опір створюється за рахунок зміни прохідного перетину потоку рідини. Зміною гідравлічного опору створюється необхідний перепад тисків, що призводить до ще більшого зниження температури потоку.[11]

Висновки. Результатом даної роботи є розробка і тестування дослідної лабораторної установки. Для побудови математичної моделі потрібен певний час на зняття показників, зведення їх у таблиці та подальшого формування закону дії установки. Для оцінки адекватності математичної моделі збір свідчень з датчиків змінюється залежно від температурних показників зовнішнього середовища, що вимагає детальніших спостережень залежно від пори року і бажаної температури в приміщенні.

Але, сильною стороною даного дослідження є отриманий позитивний ефект від зниження енергетичного навантаження на компресор. Так само зменшуються дросельні втрати робочого тепла в контурах теплового насоса досягається при середніх температурах конденсації.

Література

1. Фролов В.Я. Графики активной и реактивной нагрузки бытовых потребителей/ В.Я. Фролов, А.В. Коротков// Вестник ИГЭУ. – 2011. — № 5.
2. Е.А. Блинов Энергоснабжение. Учеб. пособие. – Спб.: СЗТУ/ Блинов Е.А., Джаншиев С.И., Зайцев Г.З., Можяева С.В. – 117с.
3. Поппель О.С. Комбинированные энергоустановки на основе ВИЭ [Электронный ресурс]: ООО «ГРЦ-Вертикаль». – Электрон. текстовые дан. – М., [200-]. – URL: www.src-vertical.com/files/misc/maps.pdf – Загл. с экрана.
4. патрф №2345295
5. РФ№2083932 F25B 30/00, 1997г
6. Авторское свидетельство СССР № 1283272

7. Chem Nayar. Innovative Remote Micro-Grid Systems // International Journal of Environment and Sustainability. — Vol. 1 No. 3, pp. 53-65. – 2012.
8. Г. Хейнрих, Х. Найрок, В. Нестлер «Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения» М. Строниздот. 1985г. 53-56
9. Целищев О.Б. Математичне моделювання технологічних об'єктів: підруч./ О.Б. Целищев, П.Й.Слісєєв, М.Г. Лорія, І.І. Захаров – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2011. – 421с.
10. Цветков О. Б. и другие / [Озонобезопасные хладагенты](#). — Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». -Статья. — УДК 621.564
11. Абдурашитов С. А. Насосы и компрессоры/ С.А. Абдурашитов — М.: Недра, 1974.

References

1. Frolov V.Ya. Grafiki aktivnoy i reaktivnoy nagruzki bytovyih potrebitel' / V.Ya. Frolov, A.V. Korotkov// Vestnik IGEU. – 2011. — # 5.
2. E.A. Blinov Energosnabzhenie. Ucheb. posobie. – Spb.: SZTU/ Blinov E.A., Dzhanshiev S.I., Zaytsev G.Z., Mozhaeva S.V. – 117s.
3. Poppel O.S. Kombinirovannyye energoustanovki na osnove VIE [Elektronnyiy resurs]: ООО «GRTs-Vertikal». – Elektron. tekstovyye dan. – M., [200-]. – URL: www.src-vertical.com/files/misc/maps.pdf zagl. s ekrana.
4. patrf #2345295
5. RF#2083932 F25B 30/00, 1997g
6. Avtorskoe svidetelstvo SSSR # 1283272
7. Chem Nayar. Innovative Remote Micro-Grid Systems // International Journal of Environment and Sustainability. — Vol. 1 No. 3, pp. 53 -65. – 2012.
8. G. Heynrih, H. Nayrok, V. Nestler «Teplonasosnyie ustanovki dlya otopleniya i goryachego vodosnabzheniya» M. Stronizdot. 1985g. 53-56
9. TselIschEv O.B. Matematichne modelyuvannya tehnologIchnih ob'EktIv: pIdruch./ O.B. TselIschEv, P.Y.EllsEEv, M.G. LorIya, I.I. Zaharov – Lugansk: Vid-vo ShIdnoukr. nats. un-tu, 2011. – 421s.
10. Tsvetkov O. B. i drugie / Ozonobezopasnyie hladagentyi. — Nauchnyiy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Holodilnaya tehnika i konditsionirovanie». -Statya. — UDK 621.564
11. Abdurashitov S. A. Nasosyi i kompressoryi/ S.A. Abdurashitov — M.: Nedra, 1974.

Асманкина А.А., Лорія М.Г., Целищев А.Б., Жидков А.Б. Разработка математической модели ступенчатой теплонасосной установки с гидродинамическим кавитационным устройством

Цель всех современных разработок - улучшение качества и уменьшение производственных затрат. Повышение тарифов является одной из основных проблем современной Украины, поэтому возникает необходимость создания энергонезависимых, автономных систем, которые будут контролироваться и управляться удаленно. Создание комбинированных систем, способных работать дистанционно и независимо от прямых энергоресурсов, приведет к значительному повышению уровня защищенности от нестабильности температурных перепадов и перепадов в электрической сети. Наличие датчиков в этой системе позволяет контролировать, регулировать и сигнализировать о ее состоянии, а также позволяет устанавливать необходимые параметры для построения математической модели.

Ключевые слова: математическая модель, комбинированный, система, кавитационный, теплонасос, экономический, автономный.

Asmankina A.A., Loria M.G., Tselishchev O.B., Zhydkov A.B. The development of autonomous apartment with a hydrodynamic kavitation device mathematical model

The all modern developments purpose is production inputs an improvement and diminishing. Tariffs increase is one of main modern Ukrainian problems, therefore there is a necessity for the energyindependent, autonomous systems creation which will be controlled and managed remotely. The combined systems creation, able to work remotely and regardless of direct energy resorses, will result in the considerable protected level increase from tempreature overfalls and overfalls in the electric system instability . Sensors presence in this system allows to control, regulate and signal about its state, and similarly, enables to set necessary parameters for the mathematical model construction.

Keywords: mathematical model, combined, system, kavitation, hitpump, economic, autonomous.

Лорія Марина Генадіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк).

Асманкіна Анастасія Анатоліївна – аспірант кафедри електронних апаратів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк).

Целіщев Олексій Борисович - к.т.н., доц., директор Інституту міжнародних відносин, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк).

Жидков Андрій Борисович - к.т.н., доц., директор відокремленого підрозділу «Науково-дослідний інститут «Іскра» Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк).

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 15.11.2017