

УДК 697.34

Е.І.ДМИТРОЧЕНКОВА, канд. техн. наук

Донбаська національна академія будівництва й архітектури, м. Макєєвка

КОНСТРУКТИВНА СХЕМА І МЕТОДИКА ПІДБОРУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛО- І ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Запропоновано конструктивну схему когенераційної установки для децентралізованого тепло- і електропостачання на базі двигуна внутрішнього згоряння й теплогенератора на твердому паливі. Описано принцип її роботи. Проаналізовано можливі варіанти двигунів, видів палива, систем охолодження двигуна, теплоутилізаційного устаткування, які можуть бути використані в розглянутій схемі. Визначені як позитивні, так і негативні сторони кожного з можливих варіантів.

Предложена конструктивная схема когенерационной установки для децентрализованного тепло- и электроснабжения на базе двигателя внутреннего сгорания и твердотопливного теплогенератора. Описан принцип ее работы. Проанализированы возможные варианты двигателей, видов топлива, систем охлаждения двигателя, теплоутилизационного оборудования, которые могут быть использованы в рассматриваемой схеме. Определены как положительные, так и отрицательные стороны каждого из возможных вариантов.

The structural chart of cogenerations plant is offered decentralized heat- and power supplies on the base of combustion engine and boiler on a hard fuel. Principle of its work is described. The possible variants of engines are analyzed, types of fuel, systems of cooling of engine, heat utilization equipment, which can be used in the examined chart. Both positive and subzero sides are certain each of possible variants.

Ключові слова: когенераційна установка, децентралізоване теплопостачання, двигун внутрішнього згоряння, теплоутилізуюче обладнання.

На сьогоднішній день в Україні гостро стоїть питання економії енергетичних ресурсів. У зв'язку з цим Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово – комунального господарства України розроблена й затверджена «Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 гг.» [1]. Вона спрямована на вирішення проблеми підвищення ефективності використання та зменшення споживання енергоресурсів житлово-комунальним комплексом, збільшення обсягів і сфери застосування нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії, використання інноваційних технічних, технологічних, організаційних рішень у сфері житлово-комунального господарства (ЖКГ). Тому сьогодні як ніколи актуальним є розробка схемних рішень теплопостачальних установок, які б дозволили замість імпортованого палива (природного газу) використовувати місцеві види палив, нетрадиційні та поновлювані джерела енергії, а також за рахунок установки теплоутилізуючого устаткування

знижувати витрати на отримання основної продукції – теплової енергії.

У роботі [2] наведені різні варіанти схем когенераційних установок на базі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), у тому числі у комплексі з водогрійним котлоагрегатом. Однак не наведено аналіз технологічного обладнання, яке може бути використане в тепловій схемі КГУ, а також методику його підбору. Тому представляється доцільним запропонувати таку схему когенераційної установки, де підбір тепло- та електрогенеруючого обладнання здійснюється відповідно до теплових та електричних навантажень, що задаються.

Дана робота присвячена розробці схеми когенераційної установки, призначеної для децентралізованого тепло- і електропостачання, а також аналізу варіантів устаткування, яке може бути використане в конструкції установки.

На кафедрі «Теплотехніка, теплогазопостачання та вентиляція» Донбаської національної академії будівництва та архітектури розроблена когенераційна установка (КГУ) для децентралізованого тепло- і електропостачання. Особливо доцільним буде впровадження цієї установки у важкодоступних, не газифікованих районах, там де є дефіцит електричної енергії, а також у регіонах, де є запаси твердого палива. Схема КГУ наведена на рисунку.

Конструкція установок містить у собі: водогрійний котлоагрегат 1, двигун внутрішнього згоряння 2, генератор електричного струму 3, теплообмінний апарат (ТА) системи охолодження двигуна типу «вода-вода» 4, теплообмінний апарат утилізації теплоти продуктів згоряння ДВЗ типу «газ - вода» 5, рециркуляційний насос 6, золоуловлювач 7.

Двигун 2 охолоджується водою, що циркулює по замкнутому контурі. Теплота, відібрана від ДВЗ у теплообмінному апараті 4, передається теплоносієві зі зворотної системи теплопостачання. Остаточний підігрів цієї води здійснюється відпрацьованими газами в теплообмінному апараті 5. Підігріта в такий спосіб вода, змішується з мережною водою, тим самим підвищуючи її температуру. Після чого розрахункова витрата теплоносія подається в котельний агрегат 1 для наступного підігріву до необхідних параметрів. Для забезпечення стабільного температурного режиму роботи блоку ДВЗ передбачена лінія рециркуляції із установленим на ній рециркуляційним насосом 6. Продукти згоряння твердого палива очищуються у золоуловлювачі – циклоні 7, а потім надходять у навколишнє середовище. Джерелом електроенергії для двигунів і насосів є електрогенератор 3. Для запобігання переохолодження або перегріву двигуна при роботі в режимі, який

відрізняється від номінального, на кришці циліндрів передбачена установка термодатчика, поєднаного з блоком автоматичного керування. З його допомогою здійснюється регулювання витрати води, що проходить через утилізаційні теплообмінні апарати.

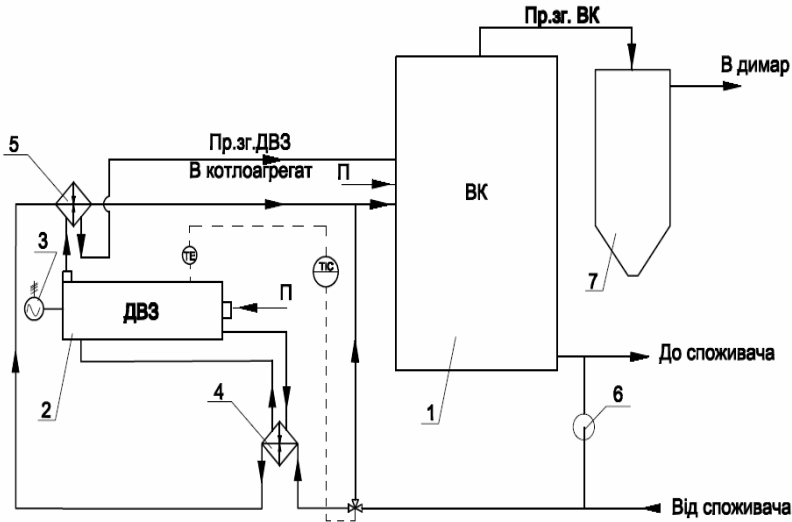


Схема когенераційної установки на базі двигуна внутрішнього згоряння та котлоагрегату на твердому паливі із двома утилізаторами теплоти і подачею продуктів згоряння ДВЗ у топкову камеру котла:
ВК – водогрійний котел, П – паливо

На основі проведених досліджень [3] установлено, що створювати когенераційну установку для потреб децентралізованого тепло- та електропостачання найбільш доцільно на базі поршневого двигуна, що працює на рідкому або газоподібному паливі. Це обумовлено наступними перевагами: в 1,5-2 рази зменшується зношування основних деталей циліндропоршневої групи; значно знижується токсичність відпрацьованих газів.

Газові двигуни звичайно створюють на базі двигунів, що випускаються серійно і працюють на рідкому паливі. При конвертуванні на газоподібне паливо серійного двигуна його основні вузли й деталі за-

лишаються незмінними. У газовій модифікації дизеля, призначеної для роботи на газоподібному паливі, замість дизельної паливної системи використовується система підведення газу до двигуна та у циліндри, а також система електричного запалювання. Відповідно до якості газу, що використовується, якщо буде потреба можна зменшувати ступінь стиску для забезпечення бездетонаційного згоряння газоподібного палива. При зниженні ступеня стиску потужність газової модифікації зменшується в порівнянні з базовим двигуном [4]. Умови сумішоутворення газового двигуна забезпечують відсутність сажі й значно меншу кількість оксиду вуглецю в продуктах згоряння, чим у двигунів, що працюють на рідкому паливі. При цьому моторне масло менше забруднюється продуктами згоряння. При спалюванні від електричної іскри надійне запалення забезпечується при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,7-1,8$. Подальше збільшення α зменшує ефективність згоряння. У цьому випадку двигун працює хитливо.

Частка теплової енергії, перетвореної в індикаторну роботу у дизелів вище, ніж у карбюраторних двигунів внаслідок більш високого ступеня стиску. Найкраще значення індикаторного ККД у сучасних карбюраторних двигунів 0,38, а у дизелів – 0,53. Частка теплової енергії, перетвореної в ефективну роботу, також вище у дизелів. З погляду роботи розробленої КГУ більше значення ефективної роботи дизеля означає, що можливе одержання більшої кількості електричної енергії.

Частка теплової енергії, що відноситься відпрацьованими газами, у карбюраторних двигунів трохи вище, ніж у дизелів внаслідок гіршого використання в них теплової енергії палива [5]. Це знаходить своє відображення в більш високих температурах відпрацьованих газів у карбюраторних двигунів.

Отже, у карбюраторному двигуні при однакових потужностях з дизелем, можливе одержання більшої кількості теплоти, але меншої кількості електричної енергії.

Віддати перевагу використанню того або іншого типу двигуна однозначно не можна. Явні переваги або недоліки різних типів двигунів у різних ситуаціях при роботі КГУ можуть бути як позитивними, так і негативними. При виборі двигуна необхідно враховувати наступні фактори:

- наявність місцевих видів палива. Наявність таких джерел як біогаз або вторинні газові ресурси, істотно знизять витрати на когенераційну установку. Якщо таких джерел немає або не можливо їх використовувати, то потрібно обирати варіант із меншими транспортними витратами на доставку палива. Якщо це не газифіковані райони, то вибір тут очевидний – рідке паливо;

- важливим фактором є вибір основного продукту роботи КГУ – теплова або електрична енергія;

- необхідно враховувати і характер навантаження. Очевидно, що для об'єктів ЖКГ спостерігається нерівномірність добового споживання електричної та теплової енергії. Проведені експерименти підтверджують, що максимальний ККД спостерігається при роботі когенераційної установки в номінальному режимі. А це значить, що відношення $N_{мен}/N_{ел}$ повинне бути постійним. Питання нерівномірності відбору потужності споживачем може бути вирішене установкою додаткових пристроїв (наприклад, акумуляторів), що дозволяють накопичувати енергію й віддавати її в потрібний час.

Істотне значення при розробці технологічної схеми когенераційної установки має система охолодження ДВЗ, що значною мірою визначає конструкцію й експлуатаційні якості не тільки двигуна, але і всієї установки в цілому. По виду робочого тіла, що охолоджує голівки (кришки) циліндрів і самі циліндри, системи охолодження ділять на рідинні й повітряні [6].

Двигуни з водяним охолодженням більш поширені, краще освоєно їх виробництво, тому їх вартість менша, ніж двигунів з повітряним охолодженням. Двигуни з повітряним охолодженням середньої і великої потужності мають гірші масові та габаритні показники. Однак, у цілому в силових установках з такими двигунами, ці показники, як правило, краще, ніж в установках із двигунами з рідинним охолодженням [4]. Пуск двигунів з повітряним охолодженням менш ускладнений при низьких температурах. Витрата палива менше, але витрата мастила більше. Швидше відбувається прогрів, більша надійність, а обслуговування набагато простіше.

До істотних недоліків рідинного охолодження відноситься неможливість тривалої роботи двигуна навіть при частковій втраті рідини, що охолоджує. Якщо в якості рідини, що охолоджує, використовується вода, то ще одним істотним недоліком є небезпека її замерзання, що істотно ускладнює експлуатацію двигуна. Через менш інтенсивне охолодження газів у циліндрі двигуна з повітряним охолодженням, кількість теплової енергії, що йде з відпрацьованими газами, у них більше, ніж у двигунів з водяним охолодженням [7].

При виборі системи охолодження також необхідно враховувати схему роботи установки, тип теплоутилізуючого устаткування, потребу в теплоносієві.

Якщо здійснювати утилізацію теплової енергії від повітряної системи охолодження, то варто звернути увагу на той факт, що ККД газодводяних теплообмінних апаратів нижче, ніж у вододводяних.

Для правильного вибору типу двигуна й схеми утилізації теплоти, які будуть найбільш ефективними в когенераційній установці, необхідний аналіз термодинамічних характеристик енергетичних потоків установки у кожному конкретному випадку.

Для виробництва теплоносія для системи опалення в розробленій КГУ запропоновано використовувати сучасний водогрійний котлоагрегат необхідної (для даної децентралізованої системи тепlopостачання) теплової потужності.

При цьому в якості теплогенеруючої установки (ТГУ) пропонується використовувати для умов України котел на твердому паливі, тому що в цьому випадку немає необхідності в імпортованому природному газі. У цей час на ринку паливних котлів України широко представлені сучасні ефективні теплогенератори, що працюють на вугільному, деревному паливі та на паливі, виготовленому з побутових відходів. Вибір конкретного теплогенератора буде визначатись необхідною тепловою потужністю та місцевими паливними умовами.

Відповідно до розробленої конструктивної схеми, відпрацьовані гази після ДВЗ 2 і ТА «газ-вода» 4, направляються в топкову камеру котлоагрегата для утилізації їх теплоти і надлишку повітря.

Важливим питанням при розробці конструктивної схеми й підборі технологічного устаткування КГУ є вибір теплообмінників.

Процес утилізації теплоти в установках на базі поршневого двигуна і теплогенератора можна розділити на два етапи. На першому етапі утилізується теплота рідини або повітря, що охолоджує (залежно від типу системи охолодження), на другому – теплота відпрацьованих газів двигуна. На кількість теплоти, яку можна одержати в кожному з контурів і на вибір конкретного типу ТА впливають такі параметри як температура газів і температура охолоджуючої рідини.

Умови роботи теплообмінних апаратів істотно відрізняються: ТА 4 експлуатується при порівняно низьких температурах теплоносіїв, а утилізатор 5 – не тільки при їх більш високій температурі, але і за умови можливого забруднення поверхні теплообміну частками сажі.

Для утилізації теплоти в системі охолодження двигуна в розробленій конструктивній схемі КГУ пропонується використання теплообмінних апаратів пластинчастого типу, які володіють досить високим ККД (90-95%). Найбільшими європейськими виробниками такого теплообмінного устаткування є фірми Alfa Laval і Danfoss.

Для підбору теплообмінного апарата з метою його установки в газозвідній частині двигуна варто враховувати, що вихлопні гази ДВЗ містять дрібні частки сажі й/або незгорілого мастила. Вони утворюють на стінках труб пористі низькотеплопровідні відкладення, що істотно

знижують теплову потужність утилізатора і збільшують аеродинамічний опір його газового тракту. Після механічного очищення поверхонь нагрівання ТА повністю відновлюються його вихідні показники. Необхідність періодичного очищення визначається за показниками термодатчиків, установлених на рідинних і газових патрубках.

У розробленій когенераційній установці разом з тепловою енергією виробляється і електрична, яка використовується для роботи двигунів, вентиляторів, димососів та насосного парку установки. Такі заходи як поступовий підігрів мережної води в утилізаційному устаткуванні та подача димових газів двигуна в топкову камеру теплогенератора сприяють як зниженню витрати палива, так і певному екологічному та економічному ефекту. А запропоновані варіанти устаткування, яке може бути використано в конструкції розробленої КГУ, надають можливість вибору залежно від умов експлуатації.

1. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 роки [Текст]. – К., 2009 – 26 с.

2. Дмитроченкова Э.И. Аналитические исследования структурных схем когенерационных установок для систем теплоснабжения [Текст] / Э.И. Дмитроченкова, С.И. Монах, С. М. Орлов // Современное промышленное и гражданское строительство. – Макеевка: Из-во ДонНАСА, 2009 – Вып. 2009. – Т. 5 (№3). – С. 106-112.

3. Клименко В.Н. Когенерационные системы с тепловыми двигателями: Справ. пособ. [Текст] / В.Н. Клименко, А.И. Мазур, П.П. Сабашук. – К.: 2008. – 560 с.

4. Орлин А.С. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] / А.С. Орлин – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.

5. Поспелов Д.Р. Двигатели внутреннего сгорания с воздушным охлаждением [Текст] / Д.Р. Поспелов – М.: Машиностроение, 1971. – 536 с.

6. Дизели: Справочник [Текст] / под ред. В.А. Ваншейдта. – Л.: Машиностроение, 1977. – 479 с.

7. Алексеев В.П. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов [и др.] – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.

Отримано 30.05.2013