



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 82386

(13) C2

(51) МПК (2006)

F01K 11/00

F01K 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

1

2

(21) а200602238

(22) 01.03.2006

(24) 10.04.2008

(46) 10.04.2008, Бюл.№7, 2008 рік

(72) ДОЛІНСЬКИЙ АНАТОЛІЙ АНДРІЙОВИЧ, UA,
БІЛЕСКА БОРИС ДМИТРОВИЧ, UA, ГАРКУША
ЛЕОНІД КИРИЛОВИЧ, UA(73) ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, UA

(56) UA 31518, F01K21/00, 15.12.2000

SU 1657676, F01K17/04, 23.06.91

EP 0099501, F01K17/02, 01.02.84

RU 2027026, F01K13/00, 20.01.95

SE 9700472, F01K25/06, 13.08.98

(57) Установа для комбінованого вироблення
теплової та електричної енергії, яка містить
компресор, камеру згоряння, електрогенератор,
котел-утилізатор, систему трубопроводів і

газоходів, теплофікаційне обладнання, систему автоматики і регулювання, яка відрізняється тим, що має встановлену після камери згоряння газопарову турбіну, технологічно з'єднаний з котлом-утилізатором тепловий насос, контактний конденсатор, розміщений після котла-утилізатора, з конденсатним насосом для подачі конденсату в холодний контур теплового насоса, систему очищення конденсату, розташовану після теплового насоса, нагнітальний насос для подачі конденсату із системи очищення в контактний конденсатор, накопичувач конденсату, з'єднаний з системою очищення конденсату, з розташованим після нього підживлювальним насосом, живильний насос для подачі зворотної води в гарячий контур теплового насоса і регулюючу арматуру для розподілу конденсату.

Винахід стосується комунальної та промислової теплоенергетики і може бути використаний для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії в системах комунального і промислового теплопостачання

Комбіноване вироблення теплової та електричної енергії вже давно застосовується в централізованому теплоелектрозабезпеченні (ТЕЦ). Значним удосконаленням комбінованого вироблення теплової та електричної енергії є використання паро газового циклу.

Відомі парогазові установки великої потужності, які використовуються в масштабах району чи міста і поволі замінюють традиційні ТЕЦ. В великих містах це основні постачальники теплової та електричної енергії і відносяться до установок централізованого

Недоліком цих установок є висока капітальна вартість. Крім того, їм властиві недоліки, пов'язані з централізованим енергопостачанням (великі втрати в теплових та електричних мережах, концентровані викиди шкідливих речовин, недостатня надійність тепло- і електропостачання, високі тарифи на електроенергію і теплоенергію).

В останні роки комбіноване вироблення енергії (когенераційні технології) розповсюджується на комунальне теплопостачання та теплопостачання промислових підприємств. Когенераційні технології в комунальному теплопостачанні ґрунтуються на використанні теплових двигунів з електрогенераторами, технологічно зв'язаних з теплофікаційними котлоагрегатами. Застосування когенераційних технологій пов'язане з підвищенням надійності тепло-електропостачання і значним економічним ефектом, який обумовлюється відмовою від дорогої мережевої електроенергії для власних потреб підприємств, зменшенням потреб в паливі для теплопостачання і потенційною можливістю продажу надлишку виробленої дешевої електроенергії в мережу.

В останні роки знайшли поширення когенераційні установки, які поставляються разом з котлами-утилізаторами. Це пояснюється їх більш простою технологією застосування і монтажу, компактністю, а також незадовільним в багатьох випадках технічним станом теплофікаційних котлів комунальних підприємств. Когенераційні установки з котлами-утилізаторами працюють автономно і

(13) C2

(11) 82386

(19) UA

зв'язані з загальною технологічною схемою котельні тільки по цільовому теплоносію.

Відомі когенераційні установки на базі газопоршневих двигунів з котлами-утилізаторами, які застосовуються в котельнях малої і частково середньої потужності [5-7].

Недоліком цих установок є обмеженість їх потужнісного ряду і незадовільні екологічні характеристики (великі викиди NO_x і CO (до 500 мг на кубічний метр продуктів спалення)).

Відома когенераційна установка на базі газотурбінного двигуна з котлом-утилізатором, обрана за прототип, яка застосовується в котельнях середньої і підвищеної потужності комунальних і промислових підприємств [8]. В цій установці газотурбінний двигун працює по простому циклу. В передню частину камери спалення газотурбінної установки (ГТУ) подають паливо (природний газ) і частину стислого повітря з компресора для спалення палива, а решту стислого повітря подають в хвостову частину камери спалення для зниження температури продуктів спалення перед газовою турбіною до допустимого рівня. З ГТУ продукти спалення подають в котел-утилізатор, після чого вони поступають в димар. Ці установки задовольняють широкий діапазон теплових та електричних навантажень комунальних енергетичних та промислових підприємств і мають відносно низькі шкідливі викиди (викиди NO_x і CO в багатьох

Недоліком цих установок є те, що, як правило, теплової потужності котлів-утилізаторів не вистачає для покриття потреб споживачів теплової енергії. Для покриття нестачі доводиться підключати теплофікаційні котли, які за цих умов працюють не в номінальному режимі з більш низьким ккд, що спричиняє перевитрату палива. В умовах перспективи значного зростання ціни на природний газ це дуже суттєво. Крім того, існують проблеми з продажем до електричної мережі надлишку виробленої когенераційною установкою електроенергії (особливо якщо мова йдеться про значні електричні потужності), що вимушує власників когенераційних установок обмежувати їх електричну потужність власними потребами в електроенергії і зумовлює тим самим зниження теплової потужності котлів-утилізаторів, що знижає ефективність і потенційні можливості

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення когенераційної установки з ГТУ і котлом-утилізатором для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії в комунальних теплофікаційних підприємствах і системах теплопостачання промислових підприємств шляхом введення в схему установки додаткових устроїв і зміни циклу роботи ГТУ для збільшення виробництва теплової енергії і запобігання обмежень на потужність установки.

Поставлена задача вирішується тим, що установка для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії, яка містить компресор, камеру згоряння, електрогенератор, котел-утилізатор, систему трубопроводів і газоходів, теплофікаційне обладнання, систему автоматики і регулювання, відповідно до винаходу, установка

містить встановлену після камери згоряння газопарову турбіну, технологічно з'єднаний з котлом-утилізатором тепловий насос, контактний конденсатор, розміщений після котла-утилізатора, з конденсатним насосом для подачі конденсату в холодний контур теплового насосу, систему очищення конденсату, розташовану після теплового насосу, нагнітальний насос для подачі конденсату з системи очищення в контактний конденсатор, накопичувач конденсату, зв'язаний з системою очищення конденсату, з розташованим після нього підживильним насосом, живильний насос для подачі зворотної води в гарячий контур теплового насосу і регулюючу арматуру для розподілу конденсату.

Зміна простого циклу ГТУ на газопаровий є необхідною для підвищення потужності турбіни, її ккд і установки в цілому і зниження собівартості виробленої електроенергії.

Тепловий насос в запропонованій установці є необхідним для утилізації низькопотенційної теплоти конденсату і підвищення теплової потужності установки.

Контактний конденсатор в схемі установці є необхідним, оскільки саме такий конденсатор забезпечує найбільш ефективну конденсацію пари з парогазової суміші і акумулювання фізичної теплоти викиду з котла-утилізатора та скритої теплоти конденсації.

Конденсатний насос є необхідним для підвищення тиску конденсату і його подачі до системи очищення конденсату.

Система очищення конденсату є необхідною для очищення конденсату від забруднення і сіркових та азотних сполук, які потрапляють в конденсат з продуктів спалення.

Накопичувач конденсату є необхідним для накопичення зайвого конденсату, який використовується для компенсації втрат живильної

Під живильний насос є необхідним для подачі очищеного конденсату в контур живильної води для компенсації втрати цільового теплоносія в теплофікаційній системі установки.

Нагнітальний насос є необхідним для подачі частини конденсату з системи очищення конденсату до форсунок контактної

Живильний насос є необхідним для подачі води в тепловий насос.

Регулююча арматура для розподілу конденсату є необхідною для розподілу чистого конденсату між накопичувачем і форсунками контактної конденсатора. Вона також регулює підживлення конденсатом цільового теплоносія.

Суть винаходу пояснюється кресленням, на якому зображена принципова схема запропонованої установки для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії. Установка містить компресор 1, камеру згоряння 2, газопарову турбіну 3 з електрогенератором 4, котел-утилізатор 5, контактний конденсатор 6, підживлювальний насос 12, накопичувач конденсату 13, живильний насос 14, , нагнітальний насос 15, систему очищення конденсату 16, тепловий насос 17, регулюючу арматуру для розподілу конденсату (на кресленні не показана).

Крім того, на схемі умовно зображено теплофікаційне обладнання котельні для теплопостачання споживачу 7 і насос для подачі зворотної води 8, а також система водопідготовки 11 з підживлювальним насосом 10, які відносяться до теплофікаційної системи котельні.

Працює установка наступним чином. Стисле повітря з компресора 1 подають в передню частину камери згоряння 2, куди подають і паливо. В вихідну частину камери згоряння для утворення газопарової суміші і зниження температури перед турбіною подають частину пари з котла-утилізатора 5. Утворену газопарову суміш подають в газопарову турбіну 3, де тепла енергія суміші перетворюється в механічну енергію ротора турбіни, яка в механічно зв'язаним з турбіною електрогенераторі 4 перетворюється в електроенергію. Частину видобутої електроенергії використовують в тепловому насосі 17, а решту - для задоволення інших власних потреб в електроенергії установки, котельні і підприємства і, якщо є можливість, частково передають до електричної мережі (штрих-пунктирні лінії на

Продукти спалення з турбіни подають в котел-утилізатор 5, де їх тепла енергія використовується для догрівання цільового теплоносія до утворення пари з необхідними для споживання параметрами. Частину утвореної пари подають в камеру згоряння 2, а решту направляють в теплофікаційне обладнання котельні ^{^1} для теплопостачання споживачу. Продукти спалення після котла-утилізатора 5 подають в контактний конденсатор 6, на форсунки якого поступає охолоджена вода з системи очищення конденсату 16. В контактному конденсаторі відбувається конденсація пари з продуктів спалення і охолодження газової частини продуктів спалення до температури вихлопу. Конденсат разом з охолоджуючим агентом накопичуються в нижній частині конденсатора і акумулюють в собі як скриту теплоту конденсації, так і фізичну теплоту продуктів спалення. В контактному конденсаторі відбувається конденсація не тільки пари, яку падають в камеру згоряння з котла утилізатора, але й пари, яка утворюється при горінні палива в камері згоряння. Одержаний в конденсаторі додатковий конденсат використовують для компенсації втрат охолоджуючого агента в конденсаторі і цільового теплоносія в теплофікаційному контурі установки. Охолоджена газова частина продуктів спалення виводиться з конденсатора в димар, а накопичений конденсат разом з охолоджуючим агентом за допомогою конденсатного насосу 9 подають в тепловий насос 17, де потік води з конденсатора становить теплове джерело для теплового насосу. В високотемпературний контур теплового насосу з теплофікаційного обладнання котельні для теплопостачання 7 насосом зворотної води 8 і живильним насосом 14 подають зворотну воду, яка утворює цільовий теплоносій. В тепловому насосі низькопотенційна теплота потоку води з конденсатора перетворюється в висопотенційну теплоту цільового теплоносія. При цьому потік води з конденсатора втрачає свій

тепловий потенціал, значно охолоджується. Відбувається ефективна утилізація низькопотенційної теплоти води з конденсатора.

Охолоджену в тепловому насосі воду з конденсатора подають в систему очистки 16, де вона очищується від механічного забруднення і від сіркових и азотних сполук, які потрапили в конденсат в контактному конденсаторі з продуктів

Частину очищеної води з системи очистки нагнітальним насосом 15 подають на форсунки контактного конденсатора 6, а решту - в накопичувач конденсату 13, звідки конденсат підживлювальним насосом 12 подають періодично в контур зворотної води для компенсації втрат теплоносія в установці.

Теплоносій з теплового насосу 17 подають на догрівання в котел-утилізатор, на виході з якого одержують цільовий теплоносій (пару з необхідними параметрами).

Наведена на кресленні система водопідготовки 11 з підживильним насосом 10, яка відноситься до обладнання котельні, може бути використана при роботі установки в разі великих втрат теплоносія в установці чи в теплофікаційному обладнанні котельні. В цьому разі після обробки технічної води в системі водопідготовки 11 її підживильним насосом 10 подають в контур зворотної води для поповнення живильної води і компенсації втрат цільового

Сьогодні когенераційні технології є найбільш прогресивними технологіями в комунальній енергетиці. Незаперечною перевагою когенераційних технологій є низька собівартість електроенергії, яку виробляють когенераційні установки (7-10 коп./кВт при простому циклі ГТУ, яка входить в состав когенераційної установки, прийнятої за прототип), що обумовлює економічну ефективність когенераційних технологій. Саме ця особливість когенераційних установок покладена в основу ідеї винаходу.

Заміна в когенераційних технологіях газових турбін на газопарові значно підвищить переваги когенераційних технологій. При оптимальних параметрах газопарової турбіни електрична потужність установки при тій же витраті повітря збільшується в 5 разів [8], що дозволяє різко зменшити собівартість виробленої електроенергії і, як слідє в3, зменшити питому вартість когенераційних установок і термін їх окупності. Низька собівартість виробленої установкою електроенергії і наявність джерела низькопотенційної теплової енергії (суміш конденсату і охолоджуючої води на виході з контактного конденсатора) дозволяє використати в схемі когенераційної установки тепловий насос, що значно підвищує теплову потужність когенераційної установки і знижує собівартість

Використання запропонованої когенераційної установки буде сприяти поширенню когенераційних технологій, які сьогодні є найбільш прогресивними технологіями в комунальній

Джерела інформації:

1. Рыжкин В.Я.. Тепловые электрические станции. М.: «Энергия», 1967.

2. Канаев А.А., Корнеев М.И.. Парогазовые установки. Л.: «Машиностроение», 1974.
3. Арсеньев Л.В., Тырышкин П.Г.. Комбинированные установки с газовыми турбинами. Л.: «Машиностроение», Ленинградское отделение, 1982.
4. Каталог ООО "Налим", г.Севастополь, Украина.
5. Когенерационные установки (для комбинированного производства электрической

- энергии и тепла). Каталог АООТ "Первомайскдизельмаш", г. Первомайск, Украина.
6. Мини-теплоэлектростанции DEUTZ. «Автомоторе», Генеральное представительство АО «ВЕШ71» (Германия) в Украине, г. Киев.
7. ГТЭС когенерационного цикла (теплофикационные). Каталог газотурбинного оборудования. «Газотурбинные технологии», 2005
8. Андрущенко А.И., Лапшов В.И.. Парогазовые установки электростанций. М.: «Энергия», 1965, с.209.

