УДК 621.311.22

М.П. Кулик, канд. техн. наук, доц., Нац. техн. ун-т
нафти і газу, м. Івано-Франківськ

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

М.П. Кулик. Підвищення екологічної безпеки теплових електростанцій. Проаналізовано екологічну ситуацію поблизу теплових електростанцій. Запропоновано ряд технічних рішень щодо вдосконалення спільної роботи парових і газових турбін. Показано, що для роботи газових турбін можна використовувати кам'яне вугілля низької якості. Проведено оцінку зростання коефіцієнта корисної дії енергоблока, який при такій організації технологічного процесу є більш екологічно безпечним, а також стає більш мобільним.

Ключові слова: парова турбіна, газова турбіна, вугілля низької якості, пікові навантаження.

М.П. Кулик. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. Проанализирована экологическая ситуация вблизи тепловых электростанций. Предложен ряд технических решений по усовершенствованию совместной работы паровых и газовых турбин. Показано, что для работы газовых турбин можно использовать каменный уголь низкого качества. Проведена оценка роста коэффициента полезного действия энергетического блока, который при такой организации технологического процесса является более экологически безопасным, а также становится более маневренным.

Ключевые слова: паровая турбина, газовая турбина, уголь низкого качества, пиковые нагрузки.

М.Р. Кулык. Increasing ecological safety of thermal power stations. The ecological situation in the vicinity of thermal power stations is analyzed. A number of technical solutions to improve collaboration of steam and gas turbines are proposed. It is shown that for gas turbines poor quality coal can be used. The efficiency factor growth has been estimated for power unit, which, in organizing such a process, is more environmentally friendly, as well as more mobile.

Keywords: steam turbine, gas turbine, poor quality coal, peak loads.

Вступ. Об'єкти теплової енергетики є досить значними джерелами викидів шкідливих речовин в атмосферу, а також джерелами теплового забруднення навколишнього середовища. Це пояснюється недосконалістю технологічних процесів та надмірним зношуванням основного і допоміжного технологічного обладнання. Найбільші питомі викиди характерні для теплових електричних станцій (ТЕС) в перехідних режимах роботи, які використовуються для покриття пікових навантажень в електроспоживанні.

Постановка проблеми. Усунути вказані недоліки і підвищити ефективність технологічних процесів, а також підвищити загальний коефіцієнт корисної дії теплової електростанції можна шляхом застосування сучасного технологічного обладнання, нетрадиційних підходів в передачі тепла, особливо при спалюванні вугілля низької якості, а також використанням комбінації методів парової і газової генерації електроенергії.

Комбіновані парогазові установки (ПГУ) характеризуються високою мобільністю, оскільки можуть дуже швидко змінювати свою потужність, але досить рідко використовуються для виробництва електроенергії у великих об'ємах через високу вартість турбінного палива. Інші види палива досить рідко використовують для роботи таких установок.

Вирішення проблеми. Враховуючи те, що розвідані запаси вугілля, як мінімум, в десять разів перевищують запаси рідкого та газоподібного палива, видається досить перспективним використання тепла, отриманого при спалюванні вугілля, для роботи газової частини генеруючої установки, а застосування сучасних теплопередаючих пристроїв на базі теплових труб може значно підвищити ефективність спалювання твердого палива, особливо вугілля низької якості. Вибір вдалого поєднання частки парової і газової частини паро- газотурбінної установки, в

свою чергу, може значно поліпшити техніко-економічні показники, знизити питомі валові викиди шкідливих речовин в атмосферу та підвищити мобільність генеруючих установок.

Вперше в історії теплової енергетики використовувати нагріті продукти спалювання твердого палива для роботи газової турбіни запропоновано німецькими винахідниками (патент Німеччини № 839290, 1944 р.).

Пропонувались варіанти компоновки енергетичної установки, в яких для передачі тепла, отриманого при спалюванні меленого вугілля низької якості, в газовій частині ПГТУ використовується певних розмірів та спеціально сконструйована теплова труба [1, 2]. Частина тепла із котельного агрегата (його топки) передається в камеру спалювання (КС) і тобто в камеру нагрівання робочого тіла газової турбіни, яка знаходиться між компресором та турбіною, з використанням процесів нагрівання, випаровування та конденсації низькокиплячої суміші рідин.

При цьому кількість тепла, яка передається від котельного агрегата в газову частину, а значить і кількість виробленої електричної енергії, можна змінювати або регулювати різними способами, наприклад, використовуючи газорегульовані теплові труби, або зміною витрати газу(чи атмосферного повітря) в камері нагрівання робочого середовища для ПГТУ.

Проаналізовано переваги спільної роботи парової і газової турбін, а також приведено порівняльні оцінки варіантів перетворення прихованої теплової енергії палива за традиційною схемою (див. рисунок), при якій використовується чотири етапи(спалювання вугілля і отримання нагрітих до високої температури димових газів; нагрівання, випаровування води і отримання водяної пари високих параметрів; розширення перегрітої пари в паровій турбіні; виробництво електроенергії за допомогою електрогенератора), з одного боку, і виробництво енергії за трьохетапною схемою (отримання нагрітого робочого потоку, розширення його в газовій турбіні та розкрутка окремого електрогенератора), з другого боку [3]. Коефіцієнт корисної дії другої схеми перетворення за рахунок меншої кількості етапів як мінімум на 10 % вище аналогічного показника першої схеми перетворення. З врахуванням цієї обставини загальний коефіцієнт корисної дії окремого енергетичного блока електростанції може вирости як мінімум на 5 %.

Схема поєднання парової та газової турбін

Поліпшення динамічних характеристик енергоблока забезпечить швидкий процес зміни навантаження, що виключає його тривалу роботу в перехідному режимі для покриття пікового споживання електроенергії, а це означає, що значно зменшаться викиди шкідливих речовин, які блок викидає в перехідному режимі роботи. При цьому зросте кількість виробленої електроенергії при незмінній кількості спаленого вугілля. Таким чином, значно знизяться питомі валові викиди шкідливих речовин та поліпшиться екологічна ситуація в зоні розташування електростанції та на прилеглий території.

Значно ширші можливості для підвищення маневреності комбінованих парогазотурбінних установок (ПГТУ) з'являються при дво- трьохетапному спалюванні твердого палива, особливо низької якості, яке реалізується при використанні додаткової топки або так званого циклонного "передтопка" для ініціювання процесу спалювання меленого вугілля. В цьому випадку з'являється можливість використання отриманих продуктів спалювання чи газифікації для забезпечення роботи газової частини ПГТУ [4, 5].

Описані різні варіанти використання циклонного передтопка в комбінованій паро- газотурбінній установці для генерації електроенергії за допомогою парової і газової турбін [4, 5]. Циклонний передтопок виконаний з сорочкою охолодження, при цьому стиснуте атмосферне повітря, яке потім нагрівається в цій сорочці, використовується для розкручування газової (повітряної) турбіни. Мобільність в роботі газової турбіни досягається тим, що при потребі зміни її потужності змінюють витрату повітря в сорочці охолодження, або скеруванням частини його на інші потреби.

Ще одна важлива і несподівана можливість в підвищенні економічної ефективності і екологічної безпеки теплової енергетики проявляється у випадку використання мембранних технологій для попередньої підготовки атмосферного повітря перед його подачею в топку котельного агрегата [6].

Ця підготовка полягає в тому, що атмосферне повітря подається в мембранний блок, на виході з якого отримують суміш, збагачену киснем, яка іде в топку котельного агрегату на спалювання вугілля. Друга частина повітря воздуха, збагачена атмосферним азотом, може подаватися в газовий цикл через сорочку охолодження для нагріву, після попереднього стиснення, для подальшого розширення в газовій турбіні

У зв'язку з розвитком мембранних технологій ефективно збагачення атмосферного повітря киснем, який надходить в топку котельного агрегату для горіння, може підняти його вміст у суміші майже в два рази.

Використання збагаченого киснем атмосферного повітря для здійснення процесу спалювання підготовленого вугільного пилу приводить вже до зменшення об'єму шкідливих викидів, оскільки відпадає необхідність підтримання коефіцієнта необхідного надлишку повітря, яке подається на горіння. Тепер ефективність спалювання досягається при значно меншому об'ємі збагаченого киснем атмосферного повітря, з другого боку в повітряній суміші міститься значно менше атмосферного азоту, тим самим дещо менша кількість шкідливих окислів азоту може утворитися при тих же значеннях температури у факелі.

Висновки. Таким чином, сучасна тепла енергетика може значно підвищити коефіцієнт корисної дії всього ланцюжка перетворення прихованої теплоти твердого палива, особливо при використанні вугілля низької якості. Технічне переоснащення технологічних процесів теплової енергетики назріває з кожним роком, і розвинуті економіки світових лідерів обов'язково почнуть реалізовувати передові досягнення науки і техніки. При такому, на перший погляд нетрадиційному підході, реалізується найбільш ефективний спосіб боротьби з викидами оксидів азоту — зменшення шкідливих речовин у джерелі утворення. Одночасно з цим досить значно(орієнтовно на 10 %) збільшиться потужність і маневреність енергетичної установки.

Література

1. А.с. 1198230 СССР. Энергетическая установка / Д.Н. Гринченко, М.П. Кулик, Л.Ф. // Бюл. — 1985. — № 46.
2. А.с. 1281690 СССР. Энергетическая установка / Д.Н. Гринченко, Л.Ф. Ермакова, М.П. Кулик // Бюл. — 1987. № 1.
3. Семчук, Я.М. Екологічні та техніко-економічні аспекти спільної роботи парогазотурбінних енергетичних установок / Я.М. Семчук, М.П. Кулик // Нафтогазова енергетика. — 2008. — № 1(6). — С. 65 — 68.
4. А.с. 1188338 СССР. Способ работы энергетической установки / Д.Н. Гринченко, М.П. Кулик // Бюл. — 1985. — № 40.
5. Кулик, М.П. Підвищення ефективності роботи комбінованих парогазотурбінних енергетичних установок та зменшення екологічного забруднення навколишнього середовища / М.П. Кулик // Вісн. Вінн. політехн. ін-ту. — 2006. — № 5. — 107 — 110.
6. Кулик, М.П. Застосування мембранних технологій для ресурсоенергозбереження у виробництві електроенергії / М.П. Кулик // Зб. наук. статей III-го Всеукр. з'їзду екологів з міжнар. участю. — Вінниця, 2011. — Т. 1. — С. 336 — 338.

References

1. A.s. 1198230 SSSR. Energeticheskaya ustanovka [Author's certificate 1198230 USSR. Power plant] / D.N. Grinchenko, M.P. Kulik // Byul. [Bull.]. — 1985. — # 46.
2. A.s. 1281690 SSSR. Energeticheskaya ustanovka [Author's certificate 1281690 USSR. Power plant] / D.N. Grinchenko, L.F. Ermakova, M.P. Kulik // Byul. [Bull.]. — 1987. — # 1.
3. Semchuk, Ya.M. Ekologichni ta tekhniko-ekonomichni aspekty spilnoi roboty parohazoturbinnnykh enerhetychnykh ustanovok [Environmental, technical and economic aspects of combined action of steam-gas turbine power plants] / Ya.M. Semchuk, M.P. Kulyk // Naftohazova enerhetyka [Oil-and-gas power engineering]. — 2008. — # 1(6). — pp. 65 — 68.
4. A.s. 1188338 SSSR. Spособ raboty energeticheskoy ustanovki [Author's certificate 1188338 USSR. Mode of power plant's operation] / D.N. Grinchenko, M.P. Kulik // Byul. [Bull.]. — 1985. — # 40.
5. Kulyk, M.P. Pidvyshchennia efektyvnosti roboty kombinovanykh parohazoturbinnnykh enerhetychnykh ustanovok ta zmenshennia ekologichnoho zabrudnennia navkolyshnoho seredovyshcha [Increasing the efficiency of operation of combined steam-gas turbine power plants and decreasing the environmental pollution] / M.P. Kulyk // Visn. Vinn. politekhn. in-tu [Herald of Vinn. Polytech. Univ.]. — 2006. — # 5.— pp. 107 — 110.
6. Kulyk, M.P. Zastosuvannia membrannykh tekhnolohii dlia resursoenerozberezhenia u vyrobnytstvi elektroenerhii [Application of membrane technologies for resource and energy saving in generating electric energy] / M.P. Kulyk // Zb. nauk. statei III-ho Vseukr. zizdu ekologiv z mizhnar. uchastiu [Coll. Papers of the III All-Ukrainian Ecol. Congress]. — Vinnytsia, 2011. — Vol. 1. — pp. 336 — 338.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. політехн. ун-ту Мазуренко А.С.

Надійшла до редакції 5 липня 2013 р.