

УДК 621.311

М. М. Чепурний, канд. техн. наук, доц.;

С. Й. Ткаченко, д-р техн. наук, проф.;

С. В. Дишлюк, студ.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИБУДОВАНИХ ТУРБІН НА ТЕПЛОЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ З ПРОТИТИСКОВИМИ ТУРБІНАМИ

Наведено аналіз роботи протитискових турбін на промислових теплоелектроцентралях з прибудованими протитисковими турбінами, які працюють з низькими параметрами пари.

Стан проблеми

Комбіноване виробництво теплоти та електроенергії є перспективною, перевіреною на практиці технологією, яка в значній мірі дозволяє вирішити задачі енергозбереження і набула відображення на законодавчому рівні [1]. Саме тому ця технологія визнана одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики України та активно підтримується країнами Європейського Союзу [2].

Незважаючи на значний прогрес у розвитку теплоелектроцентралей (ТЕЦ) в Україні, централізоване теплопостачання великої кількості споживачів здійснюється не від ТЕЦ, а від котелень. Цим і пояснюється мала частка (в порівнянні з країнами Заходу) відпуску електроенергії на тепловому споживанні. Зрозуміло, що ефективність роботи ТЕЦ зумовлена наявністю сталих теплових навантажень. Однак тепер склалась ситуація, коли внаслідок зменшення споживання технологічної пари на промислових ТЕЦ неможливо виробляти проектні електричні потужності. До складу великої кількості підприємств переробного профілю входять промислові ТЕЦ, які оснащені протитисковими паротурбінними установками. Ці ТЕЦ входять до регіональної енергосистеми, але не розраховані на автономний режим роботи, оскільки виробництво електроенергії здійснюється на базі відпуску теплоти. Однак, завдяки переорієнтації основних виробництв або скороченню їх потужності відпуск теплоти на технологічні потреби суттєво скоротився. Це призвело до зменшення питомого виробництва електроенергії на тепловому постачанні, який є основним із показників ефективності роботи ТЕЦ [3, 4], і, як наслідок, до неефективного використання палива [4].

Особливо негативно склалась ситуація з протитисковими турбінами. Падіння промислового виробництва призвело до скорочення використання турбін зазначеного типу. Крім неефективного використання встановленого обладнання на ТЕЦ, робота з недовантаженими паротурбінними установками збільшує як дефіцит електроенергії в енергосистемі, так і дефіцит маневрених потужностей, що значно ускладнює роботу останньої в пікових режимах. В зв'язку з вищевикладеним виникає необхідність переобладнання промислових ТЕЦ, оснащених протитисковими турбінами. Забезпечити їх повне завантаження можна за допомогою прибудованих турбін. Пропозиції щодо застосування прибудованих турбін на базі протитискових турбін великої потужності з протитиском 1,3 МПа і більше містяться в [5]. Загальні аспекти застосування прибудованих турбін на базі протитискових турбін невеликої потужності з протитиском менше 0,7 МПа розглянуто в [6]. На турбомашинобудівних заводах Росії та України вже почали розробляти різні типи прибудованих турбін, які працюють з невеликими початковими параметрами пари, що дорівнюють параметрам пари в протитисках базових турбін. Вибір модифікації прибудованої турбіни залежить від наявності споживачів пари певних параметрів. Зрозуміло, що застосування конденсаційних прибудованих турбін менш вигідно, ніж протитискових або теплофікаційних, внаслідок менших коефіцієнтів корисної дії (ККД), зумовлених, як втратами в конденсаторі турбіни, так і значними витратами на власні потреби. Найефективніше будуть працювати протитискові прибудовані турбіни з протитиском 0,12...0,18 МПа. Протити-

скова пара може використовуватись, як промисловими споживачами, так і системою теплофікації. До переваг таких турбін слід віднести: високу паливну ефективність, меншу вартість основного та допоміжного устаткування, меншу частку витрат на власні потреби.

Зважаючи на викладене, була поставлена задача дослідити ефективність роботи комбінованої теплоенергетичної установки з основною (базовою) і прибудованою протитисковими турбінами.

Основні результати

За базову турбіну вибрана протитискові турбіна Р-6-35/6, яка найбільш поширена на ТЕЦ промислових підприємств невеликих потужностей. Параметри пари перед турбіною: тиск 3,5 МПа і температура 435 °С; а за турбіною (в протитиску) — 0,6 МПа і 250 °С. Тиск пари за прибудованою — 0,14 МПа, ККД котельної установки — 0,91. Умовою роботи комбінованої установки є те, що базова протитискова турбіна працює з номінальним електричним навантаженням ($N = 6$ МВт) незалежно від витрати пари на промислові теплові споживачі, тобто виконується баланс (рис. 1): $D_o = D_{np} + D_{пр}$, де D_o — витрата пари на базову турбіну; D_{np} — витрата пари на промислові споживачі пари з протитиску базової турбіни; $D_{пр}$ — витрата пари на прибудовану турбіну. Пара з прибудованої турбіни з витратою $D_{тп}$ надходить до споживачів пари низького тиску і з витратою D_d — надходить на деаератор. В порівнянні з тепловою схемою базової установки схема, яка показана на рис. 1, відрізняється наявністю прибудованої турбіни 4, споживачами пари низького тиску 5 і дренажного насоса 6.

Витрата пари на прибудовану турбіну залежить від частки завантаження споживачів пари з

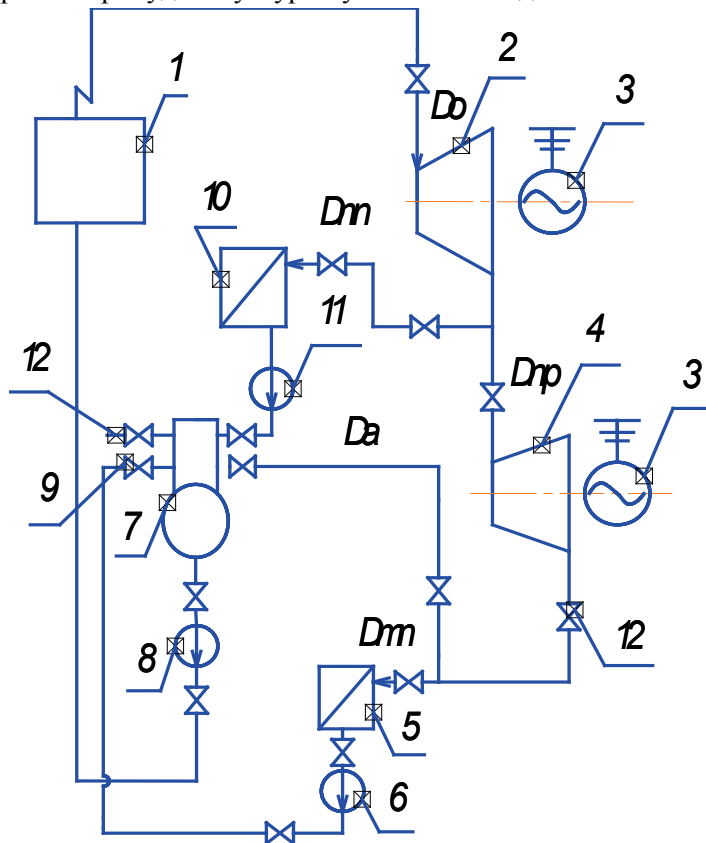


Рис. 1. Принципова теплова схема з базовою і прибудованою протитисковими турбінами:
 1 — паровий котел; 2 — базова турбіна; 3 — електрогенератор; 4 — прибудована турбіна;
 5 — тепловий споживач пари низького тиску; 6 — дренажний насос; 7 — деаератор;
 8 — живильний насос; 9 — лінія додаткової води; 10 — споживачі пари з протитиску базової турбіни; 11 — насос зворотного конденсату; 12 — запірні арматури

протитиску базової турбіни: $\alpha_n = D_{np}/D_o$. Зрозуміло, що для будь-яких завантажень споживачів пари 10, (див. рис. 1) витрата пари на базову турбіну залишається сталою, а, отже, і сталою залишається витрата палива в паровому котлі. При цьому практично незмінною залишається витрата електроенергії на власні потреби, оскільки зменшення потужності насоса зворотного конденсату

11 компенсується збільшенням потужності дренажного насоса б і навпаки.

Розрахунки теплових схем комбінованих установок з різними частками завантаження базової турбіни α_n і різними значеннями протитиску $P_{пр}$ за прибудованою турбіною здійснювались за методикою, викладеною в [7]. На рис. 2 показано зміну електричної $N_{пр}$ і теплової $Q_{пр}$ потужностей прибудованої турбіни від величини протитиску $P_{пр}$ за умови, що вся пара від базової турбіни D_o надходить в прибудовану турбіну, тобто за умови $D_{пн} = 0, \alpha_n = 0$.

Із рис. 2 видно, що в межах зміни $P_{пр}$ від 0,1 до 0,5 МПа електрична потужність прибудованої турбіни зменшується в 12 разів, а тепла потужність, що віддана споживачам, збільшується лише на 11 %. Це пояснюється тим, що зі збільшенням $P_{пр}$ зростає ентальпія пари за прибудованою турбіною, внаслідок чого суттєво зменшується робочий теплоперепад (питома робота) в турбіні. При цьому вплив ентальпії відпрацьованої в турбіні пари на величину відпущеної теплової потужності виявляється значно слабше. Очевидно, що найдоцільніші значення протитиску за прибудованою турбіною перебувають в діапазоні $0,1 < P_{пр} < 0,2$.

В таблиці наведені основні розрахункові показники роботи прибудованої турбіни та комбінованої установки для $P_{пр} = 0,14$ МПа і різних частках завантаження промислових споживачів з протитиску базової турбіни α_n .

Показники роботи прибудованої турбіни та комбінованої установки

Показники	Значення α_n				
	0	0,3	0,5	0,7	0,8
Витрата пари на прибудовану турбіну, т/год.	65,8	45,77	32,17	18,54	11,72
Електрична потужність прибудованої турбіни, МВт	4,39	3,11	2,14	1,23	0,75
Теплова потужність, що віддана від прибудованої турбіни, МВт	41,39	28,75	20,21	11,64	7,36
Теплова потужність, що віддана комбінованою установкою, МВт	41,39	40,95	40,77	40,6	40,4
Електрична потужність комбінованої установки, МВт	10,39	9,11	8,14	7,23	6,75
Частка виробництва електроенергії на тепловому постачанні в комбінованій установці (ϵ)	0,251	0,22	0,2	0,178	0,167
Частка витрат електроенергії на власні потреби в комбінованій установці, %	5,36	5,39	5,41	5,43	5,45
Питома витрата умовного палива на одиницю виробленої енергії в комбінованій установці, кг/МДж	0,0477	0,048	0,0482	0,0485	0,0488

Для наочності на рис. 3 наведено зміни електричної потужності N_k , теплової потужності Q_k і частки виробництва електроенергії на тепловому постачанні $\epsilon = N_k / Q_k$ комбінованої установки від частки завантаження протитиску базової турбіни α_n . Із рис. 3 видно, що електрична потужність комбінованої теплоенергетичної установки в складі базової та прибудованої протитискових турбін лінійно зменшується зі збільшенням α_n . В разі $\alpha_n = 0$ потужність комбінованої установки в порівнянні з електричною потужністю базового турбогенератора зростає в 1,73 рази. Одночасно в зазначених межах зміни α_n виробництво теплової потужності зменшується лише на 2,2 %. При цьому значення ϵ , який є одним з головних показників ефективності роботи ТЕЦ [4], зменшується в 1,5 рази. Частка витрат електроенергії на власні потреби, а також питома витрата умовного палива на сумарне виробництво електричної та теплової енергії (див. табл.) в межах $0 \leq \alpha_n \leq 0,8$ зростає майже на 2 %. Зазначимо також, що остання величина в 2,2 рази менша, ніж в енергосистемі.

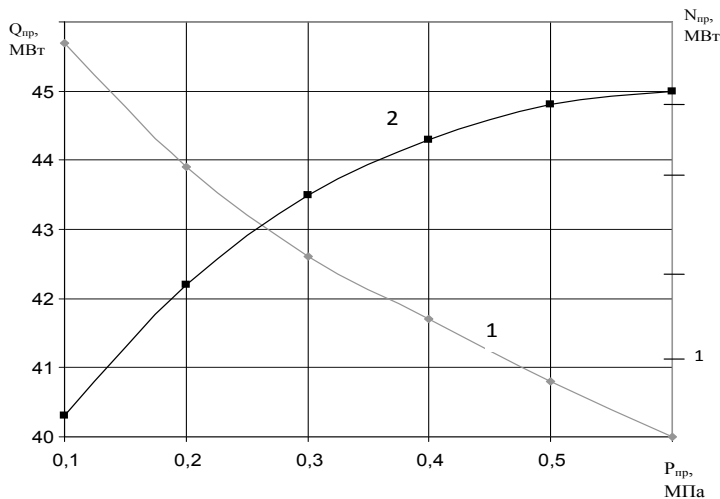


Рис. 2. Залежності: $N_{пр} = f(P_{пр})$ (крива 1), $Q_{пр} = f_1(P_{пр})$ (крива 2)

Отже, переобладнання ТЕЦ з протитисковими базовими турбінами шляхом установлення прибудованих турбін не є дорогим через невеликі габарити, металоемність та вартість останніх. Ця вартість не перевищує 30 % від вартості базових турбін, а термін окупності — трьох років [6].

Отримані результати не претендують на закінченість, але свідчать про ефективність застосування прибудованих турбін у випадках неповного завантаження протитискових базових турбін на ТЕЦ. Вони є необхідною передумовою для вибору прибудованих турбін і оцінки ефективності роботи комбінованих установок без додаткової витрати палива.

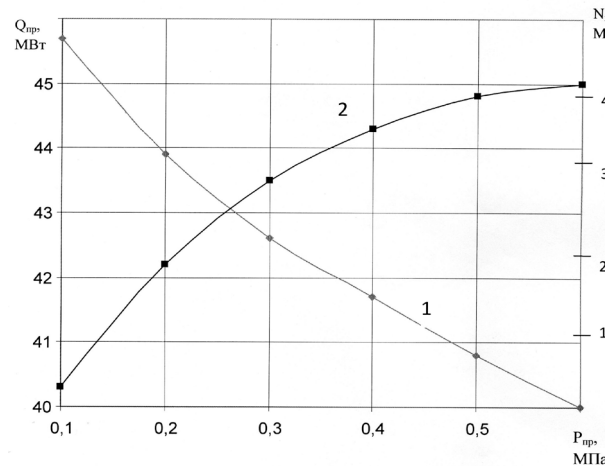


Рис. 3. Характерні зміни N_k (лінія 1), Q_k (лінія 2), ε (лінія 3) в залежності від значень α_p

Висновки

1. Застосування прибудованих турбін на промислових ТЕЦ невеликої потужності не потребує значних капіталовкладень.
2. Таке переобладнання ТЕЦ дозволяє збільшити виробництво електроенергії без додаткової витрати палива і зменшити дефіцит регульованих потужностей в регіональній електромережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії та використання скидного потенціалу // Відомості Верховної Ради, 2005. — № 20. — С. 278—285.
2. Combined heat and power plant. European cogeneration review // Project NSA/E/6/96/BE GOGEN Europe, 2001.
3. Андрущенко А. И. О показателях совершенства проектируемых и эффективности эксплуатации действующих ПТУ-ТЕЦ / А. И. Андрущенко // Изв. вузов и энергообъединений СНГ. «Энергетика». — Минск, 2001. — № 4. — С. 78—85.
4. Чепурний М. М. Аналіз роботи протитискових турбін на теплоелектроцентралях / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2010. — № 1. — С. 52—54. — ISSN 1997-9266.
5. Хлебалин Ю. М. Техническое перевооружение ТЭЦ с противодавленческими турбинами / Ю. М. Хлебалин // Промэнергетика, 2007. — № 4. — С. 2—5.
6. Чепурной М. М. Актуальность переоборудования промышленных ТЭЦ / М. М. Чепурной, Е. В. Антропова // Энергосбережение, 2008. — № 12. — С. 13—15.
7. Чепурний М. М. Розрахунки теплових схем ТЕЦ та ефективності при їх модернізації / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. — Вінниця : ВДТУ, 1998. — 60 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 1.12.09
Рекомендована до опублікування 8.12.09

Чепурний Марко Миколайович — професор, **Ткаченко Станіслав Йосипович** — завідувач кафедри, Кафедра теплоенергетики;
Дишлюк Сергій Васильович — студент Інституту будівництва, теплоенергетики та газопостачання. Вінницький національний технічний університет, Вінниця