

УДК 658.261/262

Долінський А.А.¹, Федоров С.Д.²,
Басок Б.І.¹, Лоза В.М.²¹Інститут технічної теплофізики НАН України²НВП „Синапс”, м. Київ

ВПЛИВ ФАКТОРУ ДОСТУПНОСТІ ПОТУЖНОСТІ НА ОЦІНКУ ЕФЕКТИВНОСТІ КОГЕНЕРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Наведено методику розрахунку коефіцієнта фактичного використання потужності тригенераційного обладнання з урахуванням особливостей його експлуатації.

Приведена методика расчета коэффициента фактического использования мощности тригенерационного оборудования с учетом особенностей его эксплуатации.

We propose a procedure for calculating the coefficient of actual use of trigeneration equipment power with the account of specific features of its operation.

В [1, 2] на розгляд широкого загалу фахівців було запропоновано новий підхід для оцінки ефективності енергетичного обладнання, зокрема, когенераційних та тригенераційних комплексів. Запропонований інтегральний критерій оцінки енергетичного обладнання являє собою відношення фінансових витрат до узагальненого обсягу виробленої енергії. Тобто визначається узагальнена собівартість одиниці енергії, що буде вироблена до капітального ремонту основного обладнання або протягом іншого періоду дії інноваційного енергетичного проекту. При цьому фінансові витрати, що пов'язані з застосуванням такого обладнання, в міру зростання повноти і точності оцінки, мають включати вартість самого обладнання (ВО), витрати на капітальне будівництво (КВ) та експлуатаційні витрати (ЕВ). Точність оцінки зростає, безумовно, із зростанням повноти врахування і точності визначення вказаних витрат. Узагальнений обсяг виробленої енергії визначається через термін роботи оцінюваного обладнання до капітального ремонту ($T_{\text{КР}}$) і потужність – електричну ($P_{\text{Е}}$), теплову ($P_{\text{Т}}$) та за холодом ($P_{\text{Х}}$). Але виходячи з того, що МВт·год вироблених електроенергії, теплоти та за холодом мають різну собівартість виробництва та ринкову ціну, було запропоновано запровадити вагові коефіцієнти до відповідних обсягів виробленої енергії, максимальне значен-

ня яких не може перевищувати 1. Такі вагові коефіцієнти ґрунтуються на використанні чинних тарифів на обсяги енергії, якщо вона закуповується у зовнішнього постачальника, або собівартості власного виробництва відповідного виду енергії – електричної ($T_{\text{Е}}$), теплової ($T_{\text{Т}}$) та холоду ($T_{\text{Х}}$), і визначаються наступним чином:

$$K_{\text{ТЕ}} = \frac{T_{\text{Т}}}{T_{\text{Е}}} - \text{ваговий коефіцієнт узагальнення}$$

обсягу виробленої теплової енергії, де $T_{\text{Т}}$ – тариф або собівартість виробництва теплової енергії, грн/кВт·год, $T_{\text{Е}}$ – тариф на електричну енергію, грн/кВт·год, а

$$K_{\text{ХЕ}} = \frac{T_{\text{Х}}}{T_{\text{Е}}} - \text{ваговий коефіцієнт узагальнення}$$

обсягу виробленої енергії холоду, де $T_{\text{Х}}$ – тариф або собівартість виробництва енергії холоду, грн/кВт·год.

Вірогідно, що тарифи або собівартість виробництва $T_{\text{Т}}$ та $T_{\text{Х}}$ будуть меншими ніж тариф на електричну енергію $T_{\text{Е}}$. Отже, наведені вагові коефіцієнти мають значення не більше 1. До цього слід зауважити, що при розгляді різного енергетичного обладнання для одного і того ж проекту відповідні вагові коефіцієнти мають однакове значення через те, що обладнання добирається

для єдиних умов використання. При цьому не враховується, що кожне запропоноване обладнання характеризується індивідуальними показниками потужності, часом напрацювання до капітального ремонту, питомими витратами первинного палива та іншими показниками.

З урахуванням наведеного вище інтегральний критерій оцінки енергетичного обладнання розраховується за формулою

$$K_{и} = \frac{BO + KB + EB}{P_E \cdot T_{КР} + P_T \cdot T_{КР} \cdot K_{TE} + P_X \cdot T_{КР} \cdot K_{XE}}. \quad (1)$$

Стосовно фізичного смислу виразу слід зауважити, що в ньому у знаменнику узагальнюється обсяг вироблених видів енергії. Якщо ж винести спільний співмножник $T_{КР}$, то спочатку буде узагальнюватися потужність обладнання, якою воно характеризується, з наступним визначенням узагальненого обсягу виробленої енергії.

При практичному застосуванні інтегрального критерію підтвердилася його придатність для проведення більш точної порівняльної оцінки пропозицій щодо використання, зокрема, когенераційного обладнання. Особливий вплив на прийняття рішення вона мала при істотній різниці в одній із складових – ВО. Але при проведенні аналізу виявилось, що у запропонованого обладнання існує відмінність, яка не врахована в інтегральному критерії, хоча суттєво впливає на кінцеві результати роботи такого обладнання. Зокрема, це стосується таких техніко-економічних показників:

1. Потужність. Окремі постачальники або виробники заявляють пікову потужність, яку обладнання здатне забезпечити лише протягом короткого періоду часу експлуатації, а не постійно. І це з'ясується лише після отримання інформації від власників такого обладнання, що його вже експлуатують. Інші постачальники, щоб запобігти таким раптовим "відкриттям", вводять, наприклад, коефіцієнт навантаження, який може становити 0,85...0,9. Тобто 10...15% оплаченої потужності фактично недоступні при експлуатації. З іншої сторони, у власника обладнання можливе неповне використання теплової потужності при повному

електричному навантаженні. Тому виникає потреба оцінити в інтегральному критерії доступність або можливість використання потужності з кожного виду енергії.

2. Час на планове технічне обслуговування (ТО). Кожне обладнання має свій графік періодичного обслуговування, яке потребує на певний час його зупинки. Тобто воно стає недоступним для роботи протягом цього часу. При цьому виникає потреба враховувати не тільки терміни проведення, наприклад, середнього ремонту, але й їх кількість за період ТКР. Певно, що планова зупинка впливає, наприклад, в когенераційній системі, в рівній мірі на виробництво обсягів як електричної, так і теплової енергії.

3. Час простою обладнання через непланові зупинки. Такі зупинки можуть бути викликані частіше за все виходом з ладу елементів обладнання. Зупинки, які виникають через зовнішні обставини, наприклад, відсутність газу або навантаження, тут не повинні враховуватися тому, що характеристики обладнання на це ніяк не впливають. Але непланові зупинки впливають на виробництво обсягів енергії подібно до планових зупинок. Це дозволяє розглядати такі зупинки разом з зупинками на ТО.

У зв'язку з такими обставинами виникає потреба оцінювати доступність робочої потужності генеруючого обладнання як за номінальним показником, так і за часом, тобто визначати фактичний інтегральний (як за навантаженням, так і за часом роботи) коефіцієнт навантаження. Пропонується впровадити коригуючі коефіцієнти, дія яких подібна до дії наведених вище вагових коефіцієнтів. Тоді їх значення мають бути не більше 1.

Для оцінки доступності потужності коефіцієнт КДП буде визначено як відношення потужності $P_{тр}$, доступної протягом тривалого часу (щонайменше 72 години), до потужності заявленої P_3 :

$$K_{дп} = \frac{P_{тр}}{P_3}.$$

Виходячи з того, що, як правило, $P_{тр} \leq P_3$, значення цього коефіцієнта не перевищують 1. При цьому доцільно робити окрему оцінку за елект-

ричною ($P_{\text{тре}}, P_{\text{зе}}$), тепловою ($P_{\text{трт}}, P_{\text{зт}}$) потужностями та за холодом ($P_{\text{трх}}, P_{\text{зх}}$). Тобто до формули (1) включаємо такі коефіцієнти:

$$K_{\text{дпе}} = \frac{P_{\text{тре}}}{P_{\text{зе}}} - \text{коефіцієнт доступності електричної потужності,} \quad (2)$$

$$K_{\text{дпт}} = \frac{P_{\text{трт}}}{P_{\text{зт}}} - \text{коефіцієнт доступності теплової потужності,} \quad (3)$$

$$K_{\text{дпх}} = \frac{P_{\text{трх}}}{P_{\text{зх}}} - \text{коефіцієнт доступності потужності за холодом.} \quad (4)$$

При використанні цих коефіцієнтів необхідно враховувати технологічну взаємозалежність електричної та теплової потужностей в установках комбінованого виробництва електричної та теплової енергії. Якщо тепла потужність визначається рівнем задіяної електричної потужності,

наприклад, з використанням газопоршневого або газотурбінного устаткування, то $K_{\text{дпт}} \leq K_{\text{дпе}}$, тоді як в парогенераторних установках з використанням парових турбін $K_{\text{дпе}} \leq K_{\text{дпт}}$. Такий підхід зберігається і при оцінці доступності потужності виробництва холоду в тригенераційних системах.

Оцінюючи доступність обладнання у часі, виходимо з того, що час простою, пов'язаного з зупинками на планове технічне обслуговування ($T_{\text{то}}$) та неплановими зупинками ($T_{\text{р}}$), призводить до однакових наслідків – зменшення обсягів виробництва енергії, а при незмінному періоді $T_{\text{кр}}$ момент проведення капремонту переноситься у часі на сумарний час таких зупинок. Виходячи з останнього, коефіцієнт доступності у часі ($K_{\text{дч}}$) буде визначатися за формулою:

$$K_{\text{дч}} = \frac{T_{\text{кр}}}{T_{\text{кр}} + T_{\text{то}} + T_{\text{р}}}. \quad (5)$$

З урахуванням (2)–(5) інтегральний критерій (1) набуває такого вигляду

$$K_{\text{и}} = \frac{\text{ВО} + \text{КВ} + \text{ЕВ}}{K_{\text{дч}}(P_{\text{е}} \cdot T_{\text{кр}} \cdot K_{\text{дпе}} + P_{\text{т}} \cdot T_{\text{кр}} \cdot K_{\text{дпт}} + P_{\text{х}} \cdot T_{\text{кр}} \cdot K_{\text{хе}} \cdot K_{\text{дпх}})}. \quad (6)$$

Таким чином, можна зробити висновок, що врахування додаткових техніко-економічних показників призводить до підвищення точності порівняльної оцінки енергетичних комплексів [3, 4], які можливо застосувати для реалізації різних енергетичних проектів – від простої котельні до електростанції будь-якого типу, що можуть використовувати різні технології виробництва енергії. Нагальна потреба в цьому виникає у зв'язку із зростанням вимог до ефективності інвестиційних енергетичних проектів, ощадливого використання первинних і вторинних енергетичних ресурсів. Останнім часом це зумовило вихід на ринок нового обладнання, зокрема для використання відновлювальних енергетичних ресурсів. Деяке обладнання надходить лише пробними партіями, що призводить до втягування їх майбутніх власників у процес випробовувань та дослідної експлуатації. Тільки ця частка обставин спонукає власників більш виважено приймати рішення не тільки при виборі обладнання, але навіть і при виборі технології виробництва необхідної

енергії. Це можливо зробити тільки при комплексному розгляді як техніко-економічних показників, так і ринкових параметрів, яким має відповідати вибраний енергетичний комплекс. Тому інтегральний критерій (6), який враховує це, придатний для проведення порівняльної оцінки в стислі терміни при мінімальних витратах.

ВИСНОВОК

Запропонований у цій роботі новий метод розрахунку коефіцієнта використання потужності тригенераційного обладнання з врахуванням особливостей експлуатації енергетичного обладнання дає змогу істотно підвищити ефективність його використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лоза В.М. Выбор по расчету. Оценка эффективности энергетического оборудования.

Часть 1 //ММ Деньги и технологии. – 2007. – № 1–2. – С. 18 – 23.

2. Лоза В.М. Выбор по расчету. Оценка эффективности энергетического оборудования. Часть 2 //ММ Деньги и технологии. – 2007. – № 3. – С. 30–35.

3. Лоза В.М. Критерий оценки эффективности энергетического оборудования.

Часть 1 //Турбины и дизели. – 2007. – № 1. – С. 10–15.

4. Лоза В.М. Критерий оценки эффективности энергетического оборудования. Часть 2 //Турбины и дизели. – 2007. – № 2. – С. 8–14.

Получено 18.08.2008 г.