

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ГІРНИЧИХ РОБІТ

УДК 621.311.1

МЕТОДИКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

*В. П. Розен, канд. техн. наук, Н. В. Нечипоренко, інж.,
В. А. Побігайло, асп. (НТУУ «КПІ»)*

Предложена методика энергетического аудита режима электропотребления как для проектируемых, так и для действующих предприятий любой отрасли промышленности.

Вступ

Суттєвого ефекту в розв'язанні проблеми енергозбереження можна досягти шляхом регулювання графіка навантаження енергосистеми. Таке регулювання може здійснюватися кількома способами [1]:

зниженням максимуму навантаження в піковій зоні добового графіка енергосистеми;

збільшенням енергоспоживання в період зниження навантаження добового графіка;

зміщенням пікового навантаження споживача в позапікову зону графіка навантаження енергосистеми, у тому числі в зону нічного навантаження;

залученням до регулювання добового графіка навантаження енергосистеми великої кількості дрібних споживачів.

Проблема дефіциту спеціалізованого маневреного генерувального обладнання для покриття змінної частини графіків електричного навантаження енергосистем виникла ще на початку 50-х рр.

Навантаження теплових електростанцій (ТЕС) регулюється в широкому діапазоні в усіх країнах світу. Це стосується й тих країн, у структурі електрогенерувальних потужностей яких значну частку складають гідроелектростанції (ГЕС) (Франція, Швеція, Канада). Для покриття змінної частини графіка навантаження в деяких країнах здійснюють цілодобові зупинки і пуски агрегатів ТЕС.

На більшості ТЕС можна здійснювати: розвантаження енергоблоків потужністю 150–200 МВт, які працюють на пилоподібному паливі, до 33,2–45 % без підсвітлювання розтоплювальним паливом; роботу агрегатів з підсвітлюванням, що дозволяє знизити їх навантаження до 53,3–60 % і забезпечити розвантаження до 66,7–30 % з переходом на розтоплювальне паливо; переведення турбоагрегатів енергоблоків потужністю 150–200 МВт в “моторний” режим на період нічного зниження навантаження [2].

Для регулювання навантаження використовують також паротурбінні агрегати потужністю 200–300 МВт з можливістю приросту максимальної потужності на 20–40 % завдяки погодинній зміні їх технологічної схеми. Експлуатуються та споруджуються спеціальні паротурбінні маневрені агрегати потужністю до 100 МВт, розраховані на експлуатацію зі зниженими параметрами пари.

На ТЕС середнього і високого тиску, устаткування яких має поперечні зв'язки, допускається розвантаження агрегатів до 30 % і менше, а також щодобова зупинка устаткування.

Для покриття максимального навантаження електроенергетична система повинна мати запас спеціальних генерувальних потужностей, наприклад газотурбінних установок, гідроакмулюючих електростанцій, що призводить до суттєвої перешкоди палива і вимагає значних капіталовкладень [3].

Пряме регулювання навантажень великих промислових підприємств має проводитись у рамках замкненої виробничо-технічної структури. Глибина і тривалість регулювання електроспоживання визначаються рівнем виробничих та енергетичних зв'язків енергосистеми, встановленою потужністю і максимальним навантаженням підприємства, кількістю змін роботи підприємства, особливостями конкретного технологічного процесу виробництва, вимогами до безперервності процесу виробництва та до якості продукції підприємства, рівнем втрат підприємства від недовипуску продукції внаслідок обмеження потужності основного електроустаткування в години максимального навантаження електроенергосистеми; додатковими витратами, пов'язаними з компенсацією цих збитків [4].

Розв'язання задачі регулювання навантаження промислових підприємств утруднює відсутність методики енергетичного аудиту режиму електроспоживання, яка б включала стадії обстеження підприємства, а також рекомендації по побудові оптимального графіка навантаження підприємства в умовах дефіциту максимальної потужності.

Постановка задачі

Кардинальне розв'язання проблеми дефіциту спеціалізованого маневреного устаткування може бути досягнуте шляхом модернізації устаткування діючих електростанцій, будівництва нових ГЕС, впровадження пікових нагромаджувачів електроенергії, газотурбінних установок, маневрених блоків і парогазових установок, міжсистемних ліній електропередач, використання споживачів-регуляторів тощо [5, 6].

Оптимальний критерій вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми має такий вигляд:

$$J = \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P}) \rightarrow \min, \quad i = \overline{1, n},$$

де P_i – часові навантаження графіка енергосистеми; \bar{P} – середнє значення графіка електричного навантаження; n – кількість годин.

Обмеженням є генерувальне активне навантаження і сальдо перетоків потужності з сусідніми енергосистемами.

Для розв'язання проблеми вирівнювання графіка електричного навантаження енергосистеми з використанням споживачів-регуляторів необхідно розробити методичне забезпечення, яке включає методіку енергетичного аудиту.

Методика енергетичного аудиту режиму електроспоживання промислових підприємств

В методіку енергетичного аудиту режиму електроспоживання для підприємства на стадії проектування або для діючого підприємства будь-якої галузі промисловості повинні входити такі складові розрахунку:

вивчення і розрахунок показників фактичного використання виробничих потужностей промислового підприємства, рівня організації виробництва і праці робітників [7].

складання фактичних графіків випуску продукції та електричного навантаження фаз технологічного процесу і всього підприємства, аналіз графіків і організації профілактичних та ремонтних робіт, обстеження робочих місць електроємних фаз технологічного процесу [8].

розрахунок максимальних величин промислових потужностей підприємства і визначення перерв у виробничих процесах [8].

розроблення оптимальних режимів електроспоживання промислового підприємства [7].

статистична обробка режимів споживача-регулятора і фаз виробництва для розроблення оптимального режиму електроспоживання електроємних агрегатів і фаз технологічного процесу підприємства [7, 8, 9, 10].

Для виконання основних положень методіки енергетичного аудиту режиму електроспоживання потрібно провести дослідження, що включають такі етапи:

1. Складання розгорнутої схеми технологічного процесу і вивчення його особливостей, фізичних та хімічних властивостей проміжного продукту в функції часу, оцінення величини запасів промислового продукту тощо. Особливу увагу треба приділити агрегатам електроємної фази промислового підприємства.

2. Ділення технологічного процесу на фази – основну Φ_0 , проміжну Φ_n та допоміжну Φ_d . У середині цих фаз виділяються агрегати і місткості для створення запасу проміжного продукту – основні A_0 , проміжні A_n і допоміжні A_d . В такій системі фаз виробництва вивчається технічне призначення кожного агрегату, характеристика і міра його участі в основному виробничому процесі.

3. Розрахунок фактичного балансу робочого часу T^p для кожного агрегату кожної фази технологічного процесу підприємства. Особливу увагу слід приділити визначенню часу, який затрачується на пуски і зупинки агрегатів, а також часу роботи споживачів під навантаженням. Важливе значення мають також питання організації праці робітників і управління технологічними

процесами та операціями навантаження, розвантаження і профілактики установок:

$$T^{\Phi} = T_K - T_P - T_D - T_{TO} - T_{\text{проф}} - T_{\text{ПЗ}} - T_{\text{ав}} - T_{\text{ін}} - T_{\text{вип.}}$$

де T_K – корисний час; T_P , T_D , T_{TO} , $T_{\text{проф}}$, $T_{\text{ПЗ}}$, $T_{\text{ав}}$, $T_{\text{ін}}$, $T_{\text{вип.}}$ – час простоїв відповідно під час ремонтів, при довантаженні і розвантаженні, технічному огляді, профілактиці, під час пусків і зупинок, в аварійному ремонті, час інших простоїв агрегата за умов, які залежать від підприємства (простій у резерві, через недостачу сировини, матеріалів, недостатнє навантаження, відсутність місткостей для створення запасу промислового продукту тощо), час випробування на холостому ходу після ремонту.

4. Визначення фактичної продуктивності агрегату і кожної фази технології виробництва. Тут важливо врахувати нестационарні втрати, а також втрати при пусках і зупинках устаткування.

Продуктивність будь-якої фази виробництва Q^{Φ} в умовах експлуатації відрізняється від продуктивності, яку одержують в оптимальних умовах. Тому Q^{Φ} має визначатися експериментально шляхом спостереження за фактичними режимами роботи або за виробітком Q_B групи агрегатів одного типу за час роботи T^{Φ} за звітними даними підприємства:

$$Q^{\Phi} = \sum_{i=1}^n Q_{B_i}^{\Phi} = \sum_{i=1}^n Q_{a_i}^{\Phi} n' (T^{\Phi} + T_{\text{НЗ}}^{\Phi}),$$

де i – кількість типів агрегатів однакового технологічного призначення фази технології; n' – кількість агрегатів однакового типу i -ї фази технологічного процесу; $Q_{a_i}^{\Phi}$ – фактичний виробіток агрегату.

5. Встановлення фактичних перерв у роботі устаткування усередині кожної фази, визначення різниці між продуктивністю попередньої Q_n і наступної Q_{n+1} фаз виробництва, тобто розрахувати $\Delta Q = Q_n - Q_{n+1}$. Проведення аналогічних розрахунків і для допоміжних фаз.

6. Визначення фактичних запасів продукту, які можна створити між агрегатами і фазами технологічного процесу.

7. Визначення стійкої максимальної продуктивності агрегату Q_{max} . В разі потреби (якщо відсутні непрямі способи визначення Q_{max}) проводиться експериментальне її визначення.

8. Попереднє з'ясування можливості і шляхів досягнення агрегатом визначеної максимальної продуктивності на основі енергетичної характеристики агрегата, технологічних умов його використання, організації навантаження і організації праці робітників.

9. Вирахування основних коефіцієнтів, що характеризують ефективність використання агрегату у фактичному режимі, а саме: коефіцієнтів інтенсивності і екстенсивності використання устаткування; коефіцієнтів рівня організації праці і потоків руху сировини і матеріалів, напівфабрикатів і продукту.

10. Складання добового, тижневого, місячного і річного фактичних графіків роботи агрегату з використанням формули для визначення T^{Φ} .

Складання фактичного графіка електроспоживання устаткування підприємства, фаз технологічного процесу виробництва і добового виробітку продукції.

11. Розрахування залежності виробітку агрегату (групи агрегатів) від електричного навантаження $Q = f(P)$.

12. Складання максимально можливого і фактичного добового, тижневий, місячного та річного графіків випуску продукції агрегату, визначення фактичних і допустимих розривів у продуктивності попереднього і наступного агрегатів виробничого процесу фази технології ΔQ , а також встановлення запасів промислового продукту – фактичних V_3^{Φ} і максимально можливих V_3^{\max} .

13. Складання кількох можливих варіантів режиму споживача від регулятора агрегатів і фаз технології і складання балансу робочого часу для кожного з режимів регулювання з урахуванням часу простою агрегатів та зниження їх навантаження (в години ранішнього та вечірнього максимумів навантаження енергосистеми).

14. Складання графіків роботи агрегату (добового, тижневого, місячного, річного) для різних варіантів регулювання.

15. Визначення відповідності запрограмованого і фактичного випуску продукції у режимах споживача-регулятора шляхом розрахунку балансу випуску продукції у різних режимах регулювання електроспоживання.

16. Розрахування енергетичного балансу агрегатів і фаз виробництва при роботі у фактичному режимі і в режимах споживача-регулятора протягом доби, місяця й року і визначення питомих втрат електроенергії.

17. Проведення техніко-економічного розрахунку роботи агрегату в режимах регулювання електроспоживання.

18. Оцінення показників рівня організації виробництва, праці та управління в режимах регулювання і визначення їх впливу на рівень регулювання електроспоживання та ефективність режиму споживача-регулятора.

19. Розроблення конкретних варіантів організаційно-технічних заходів по здійсненню розрахункових режимів споживача-регулятора.

20. Експериментальна перевірка і відпрацювання вибраного оптимального варіанту режиму споживача-регулятора.

21. Складання плану проведення організаційно-технічних заходів, спрямованих на досягнення оптимальних режимів електропостачання агрегатів.

22. Розрахування економічного ефекту від впровадження вибраного оптимального режиму електроспоживання агрегатів і фаз технології з урахуванням функції як споживача-регулятора.

Висновки

Розроблена методика дозволяє провести енергетичний аудит режиму електроспоживання, побудувати оптимальний режим електроспоживання промислових підприємств, скоротити потреби в генерувальних потужностях енергосистеми і, завдяки цьому, знизити знос устаткування, зменшити залежність виробництва електроенергії від наявності дефіцитних видів палива,

підвищити частку найбільш економічних базових електростанцій у покритті графіка навантаження енергосистеми, знизити собівартість електроенергії та плату за неї в умовах використання стимулювальних тарифів в Україні, забезпечити прийняття раціональних рішень щодо управління електроспоживанням.

1. *Методы разработки материальных балансов* / Под ред. П. А. Калинина, П. П. Карпова. – М.: Экономика, 1977. – 228 с.
2. *Черня Г. А.* Оптимизация режимов работы КЭС. – В кн.: Оптимизация режимов работы энергосистем. – М., 1974.
3. *Король Л. А.* Гидравлическое аккумулирование энергии. – М.: Энергия, 1975. – 169 с.
4. *Ковалко М. П., Денисюк С. П.* Энергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. – Київ: УЕЗ, 1998. – 506 с.
5. *Гордеев В. И.* Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.: ил.
6. *Дикмаров С. В., Садовский Г. Г.* Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии. – К.: Техніка, 1981. – 126 с.
7. *Праховник А. В.* Методы и средства управления электропотреблением. – Киев: Знание, 1981. – 25 с.
8. *Праховник А. В., Розен В. П., Дегтярев В. В.* Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий. – М.: Недра, 1985. – 232 с.
9. *Михайлов В. В.* Тарифы и режимы электропотребления. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 216 с.: ил.
10. *Хронусов Г: С.* Комплексы потребителей–регуляторов мощности на горнорудных предприятиях. – М.: Недра, 1989. – 200 с.: ил.

УДК 622.026.3: 621.31.

ОБЛІК І КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ГІРНИЧИХ МАШИН ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Б. С. Рогальский, докт. техн. наук, Ю. П. Войтюк, інж. (ДТУ, м. Вінниця)

Обоснованы новые критерии оценки категорий горных пород. Описаны системы учета и контроля электропотребления горных машин и категорий горных пород.

Облік і контроль електроспоживання гірничих машин з електроприводом напругою до 1000 В здійснюються за допомогою електролічильників, а з напругою 6 кВ такий облік практично відсутній. Через пересувний характер роботи гірничих машин неможливо приєднати електролічильники, установлені