

УДК 621.31

Печеник Николай Валентинович, канд.техн.наук, доцент, проректор по научно-педагогической работе Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», пр-т Победы, 37, корп. 1, к. 109, 03056, г. Киев, Украина, тел.: (044)-236-70-43, pechenik@kpi.ua

Самойлик Александр Васильевич, канд.техн.наук, доцент

Черкасский государственный технологический университет, б-р Шевченко, 460, 18006, г. Черкассы, Украина тел.: (0472)-73-02-56, smsn@ukr.net

Курбака Галина Васильевна, старший преподаватель

Черкасский государственный технологический университет, б-р Шевченко, 460, 18006, г. Черкассы, Украина тел./факс: +38-0472-73-02-56, (067)-345-06-67; kyrbaka77@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫРАВНИВАНИЯ ТАРИФОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрены методы и способы решения задач, связанных с экономией электроэнергии, с использованием в управлении электроэнергетикой новых информационных технологий и аппаратно-программных средств. Определена целевая функция при выборе оптимального режима электропотребления. Установлены критерии, позволяющие определить границы целесообразности проведения мероприятий по выравниванию системных графиков.

Ключевые слова: экономия электроэнергии, управление электроэнергией, выравнивание системного графика, экономия капитальных вложений, экономическая эффективность, критерии мероприятий по выравниванию системного графика.

Печеник Николай Валентинович, канд.техн.наук, доцент, проректор по научно-педагогической работе Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», пр-т Победы, 37, корп. 1, к. 109, 03056, г. Київ, Україна, тел.: (044)-236-70-43, pechenik@kpi.ua

Самойлик Александр Васильевич, канд.техн.наук, доцент

Черкаський державний технологічний університет, б-р Шевченка, 460, 18006, г. Черкаси, Україна тел.: (0472)-73-02-56, smsn@ukr.net

Курбака Галина Васильевна, старший викладач

Черкаський державний технологічний університет, б-р Шевченка, 460, 18006, г. Черкаси, Україна тел./факс: +38-0472-73-02-56, (067)-345-06-67; kyrbaka77@mail.ru

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРІВНЮВАННЯ ТАРИФІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЯК СКЛАДОВА УПРАВЛІННЯ РЕЖИМОМ ЕЛЕКТРОВЖИТКУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуті методи і способи вирішення завдань, пов'язаних з економією електроенергії, з використанням в управлінні електроенергетикою нових інформаційних технологій і апаратно-програмних засобів. Визначена цільова функція при виборі оптимального режиму електровжитку. Встановлені критерії, що дозволяють визначити кордони доцільності проведення заходів щодо вирівнювання системних графіків.

Ключові слова: економія електроенергії, управління електроенергією, вирівнювання системного графіка, економія капітальних вкладень, економічна ефективність, критерії заходів щодо вирівнювання системного графіка.

Pechenyk Nikolay Valentinovich, Ph.D., associate professor, pro-rector on education and research work National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute», Pobedy ave., 37, building 1, room 109, 03056, Kiev, Ukraine, tel.: (044)-236-70-43, pechenik@kpi.ua

Samoylyk Alexandr Vasilievich, Ph.D., associate professor

Cherkasy State Technological University, Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine, tel.: (0472)-73-02-56 smsn@ukr.net

Kurbaka Galina Vasilievna, senior lecturer

Cherkasy State Technological University, Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine, tel./fax: +38-0472-73-02-56, (067)-345-06-67; kyrbaka77@mail.ru

THE EFFICIENCY OF ALIGNMENT OF ELECTRIC LOAD RATES OF POWER NETWORK AS A COMPONENT OF THE MANAGEMENT BY ELECTRIC CONSUMPTION REGIME OF INDUSTRIAL ENTERPRISE

In the article methods and ways of tasks solution connected with energy saving, the use of new information technologies and hardware-software facilities in electrical power engineering management are considered. Objective

function at the choice of optimum electric consumption regime is regarded. Criteria which allow to determine the limits of expediency of measures concerning system diagrams alignment are examined.

Keywords: *energy saving, electric power engineering management, system diagrams alignment, capital investment economy, economic efficiency, criteria of measures concerning system diagrams alignment.*

Ведение

Эффективное использование электрической энергии на промышленных предприятиях составляет важнейшую проблему электроэнергетики. Связано это с ростом цен на электроэнергию и возрастанием ее доли в себестоимости продукции, что особенно это актуально для энергоемких предприятий. Стратегическим направлением, позволяющим сократить эту долю, является автоматизация управления режимом потребления электрической энергии [1].

Постановка задачи

Комплекс задач, методов и способов решения задач, связанных с экономией электроэнергии за последние десятилетия совершил эволюцию от пассивного учета электроэнергии через простые аппаратно-программные средства до современного уровня, который характеризуется переходом к использованию в управлении электроэнергетикой новых информационных технологий и аппаратно- программных средств.

В настоящее время существуют три основных метода управления энергопотреблением:

- управление по принципу мгновенной нормы (непрерывный контроль);
- управлением по идеальной норме;
- управление по прогнозной величине.

При этом, независимо от используемого метода, автоматизированное управление режимом электропотребления на промышленных предприятиях способствует выравниванию графиков нагрузок энергетических систем и обеспечивает их нормальное функционирование в условиях дефицита электрической энергии и мощности.

Методы и алгоритмы решения

Задача выравнивания системных графиков должна рассматриваться как применительно к действующим предприятиям (задача текущего планирования и управления), так и применительно к процессу проектирования [1]. Правильное решение задачи выравнивания направлено на принятие оптимальных вариантов при проектировании новых и эксплуатации действующих предприятий, а следовательно экономии энергоресурсов. Проектирование производственных мощностей технологических звеньев необходимо осуществлять с учетом режима электропотребления промышленного предприятия, то есть расчета графиков работы технологических звеньев, создание аккумулирующих емкостей, расчета величины резерва производственной мощности технологических звеньев.

В качестве основных исходных данных для проектирования могут быть приняты: производительность технологических звеньев и режим электропотребления. Для выравнивания системного графика производится изменение режима электропотребления – графика нагрузки промышленного предприятия, который будет служить базой для проектирования.

Целевой функцией при выборе оптимального режима электропотребления является минимум суммарных народнохозяйственных затрат [1, 2], или максимум народнохозяйственного эффекта:

$$\sum Z = Z_{\text{з}} + Z_{\text{н}} = \sum_{i=1}^{\tau} (I_i + E_e K_i), \quad (1)$$

где $Z_{\text{з}}$ – сумма затрат на производство, передачу и распределение электроэнергии;

$Z_{\text{н}}$ – сумма затрат, связанных с использованием электроэнергии в народном хозяйстве;

K_i – капитальные затраты в комплексе «Энергосистема – потребитель»;

I_i – издержки комплекса «Энергосистема – потребитель»;

E_g – коэффициент внутренней эффективности.

При осуществлении выравнивания системного графика подвергаются изменению следующие показатели:

1) на предприятии:

- капиталовложения;
- эксплуатационные расходы.

2) в энергосистеме:

- капиталовложения энергосистемы в генерирующие мощности;
- затраты на топливо в энергосистеме;
- амортизационные отчисления.

Экономическая эффективность комплекса «Энергосистема – Потребитель» выравнивания системных графиков электрических нагрузок определится из выражения

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_k = \mathcal{E}_g - \Delta Z_n = \sum_{i=1}^{\tau} \left[\Delta I_{gi} + E_g \Delta K_{gi} (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right] - \\ - \sum_{i=1}^{\tau} \left[\Delta I_{ni} + E_g \Delta K_{ni} (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right], \end{aligned} \quad (2)$$

где \mathcal{E}_g – экономия затрат в энергосистеме; ΔZ_n – затраты предприятия на создание режима выравнивания;

ΔK_{gi} – экономия капитальных вложений в пиковую мощность на электроэнергию; ΔK_{ni} – капитальные затраты на создание режима выравнивания; ΔI_{gi} – экономия издержки в энергосистеме; ΔI_{ni} – издержки предприятия создание режима выравнивания;

τ – год приведения затрат, за год приведения рекомендуется принимать начала эксплуатации объекта;

E_{nn} – нормативная величина, значение которой в условиях действующего порядка начисления амортизации основных фондов устанавливается в размере 0,08 [3].

Дополнительные затраты предприятия на создание режима выравнивания определяются из выражения

$$\Delta Z_n = \Delta I_n + E_g \Delta K_n, \quad (3)$$

где ΔI_n – увеличение издержек производства предприятия в режиме выравнивания;

ΔK_n – дополнительные капитальные затраты.

В качестве дополнительных издержек производства служат амортизационные отчисления (ΔI_a).

При плате за электроэнергию по двухставочному тарифу за максимальную мощность предприятие получает экономию

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_m - \Delta Z_n, \quad (4)$$

где \mathcal{E}_m – годовая экономия в уплате за электроэнергию по основной ставке.

Осуществление выравнивания графика нагрузки равносильно экономии капитальных вложений в пиковые электростанции

$$\Delta K_g = K_g \cdot K_{cn} \cdot K_n \cdot K_p \cdot \Delta P, \quad (5)$$

где K_g – удельные капитальные вложения в пиковые электростанции, замыкающие баланс энергосистемы принимаются по данным [4];

K_n – потери мощности при передаче от электростанции до потребителя $K_n = 1,1$.

Экономия по топливной составляющей в энергосистеме составит

$$\Delta I_m = K_{cn} \cdot K_n \cdot \phi \cdot (B_3 W_3 - (B_2 W_2 + B_1 W_1)), \quad (6)$$

где ϕ – цена условного топлива [4]; B_1, B_2, B_3 – относительные прироста топлива на электростанциях в зонах провала, полупика и пика графика нагрузки (B_1, B_2, B_3) – соответственно 0,382, 0,445, 0,515 кг у.т./кВт·ч [4, 5];

W_1, W_2, W_3 – количество электроэнергии переносимой соответственно в зону провала из пиковой, в зону полупика из пиковой, из зоны пика в зону полупика и провала.

Экономия капитальных затрат энергосистемы создает экономию амортизационных отчислений

$$\Delta I_a = P_a \cdot \Delta K_9, \tag{7}$$

где P_a – норма амортизационных отчислений в энергосистеме.

Экономия затрат энергосистемы составит

$$\Delta I_9 = \Delta I_m + \Delta I_a + E_n \cdot \Delta K_9. \tag{8}$$

Результаты

Таким образом, комплексная экономическая эффективность выравнивания системных графиков нагрузок «Энергосистема – Потребитель» определится из выражения

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_k = \sum_{i=1}^{\tau} \left\{ K_{cn} \cdot K_n \cdot \phi \cdot (B_3 W_3 - (B_2 W_2 + B_1 W_1)) + P_a \cdot \Delta K_9 + K_9 \cdot K_{cn} \cdot K_p \cdot \Delta P + \right. \\ \left. + E_6 \cdot K_9 \cdot K_{cn} \cdot \Delta P (1 + E_{nn})^{\tau-i} - \left[\Delta I_n + E_6 \cdot \Delta K_n (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right] \right\}, \tag{9} \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_k \rightarrow \max. \tag{10}$$

Из выражения для экономической эффективности выравнивания графиков нагрузок можно определить границы целесообразности проведения мероприятий по выравниванию системных графиков.

Для промышленных предприятий в качестве критерия можно принять разницу экономии к приведенным дополнительным издержкам производства

$$\mathcal{E}_m - \Delta Z_n > 0 \tag{11}$$

или отношение

$$\mathcal{E}_m / \Delta Z_n > 1. \tag{12}$$

Для всего комплекса «Энергосистема – потребитель» критерием служит

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{\tau} K_{cn} \cdot K_n \cdot \phi \cdot (B_3 W_3 - (B_2 W_2 + B_1 W_1)) + P_a \cdot \Delta K_9 + K_9 \cdot K_{cn} \cdot K_n \cdot \Delta P + \\ + E_6 \cdot K_9 \cdot K_{cn} \cdot K_n \cdot \Delta P (1 + E_{nn})^{\tau-i} - \left[\Delta I_n + E_6 \Delta K_n (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right] > 0 \tag{13} \end{aligned}$$

или отношение

$$\begin{aligned} \frac{\sum_{i=1}^{\tau} K_{cn} \cdot K_n \cdot \phi \cdot (B_3 W_3 - (B_2 W_2 + B_1 W_1)) + P_a \cdot \Delta K_9 + K_9 \cdot K_{cn} \cdot K_n \cdot \Delta P}{\sum_{i=1}^{\tau} \left[\Delta I_n + E_6 \Delta K_n (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right]} + \\ + \frac{E_6 \cdot K_9 \cdot K_{cn} \cdot K_n \cdot \Delta P (1 + E_{nn})^{\tau-i}}{\sum_{i=1}^{\tau} \left[\Delta I_n + E_6 \Delta K_n (1 + E_{nn})^{\tau-i} \right]} > 1 \end{aligned}$$

Выводы:

- предложены выражения для комплексной экономической эффективности выравнивания системных графиков нагрузок «Энергосистема – Потребитель»;
- предложен критерий, позволяющий определить границы целесообразности проведения мероприятий по выравниванию системных графиков.

Список использованной литературы

1. Праховник А. В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / Праховник А. В., Розен В. П., Дегтярев В. В. – М. : Недра, 1985. – 232 с.
2. Михайлов В. В. Народнохозяйственная целесообразность регулирования режима электропотребления / В. В. Михайлов // Промышленная энергетика. – 1975. – № 7. – 9 с.
3. Техніко-економічні розрахунки систем електропостачання промислових підприємств: навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Курбака Г. В. та ін.]; за заг. ред. О. І. Солов'я; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2012. – 247 с.
4. Чернухин А. А. Экономика энергетики СССР: учебник / А. А. Чернухин, Ю. Н. Флаксерман. – М. : Энергия, 1975. – 400 с.
5. Дикмаров С. В. Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии / С. В. Дикмаров, Г. Г. Садовский – К. : Техника, 1981. – 126 с.

References

1. Prahovnyk, A. V., Rozen, V. P. and Degtyaryov, V. V. (1985) Energy-saving modes of power supply of mineral resource enterprises. Moscow: Nedra, 232 p.
2. Mikhailov, V. V. (1975) Economic expediency of the regulation of power supply mode. *Promyschlennaya energetika*, (7), 9 p.
3. Solovey, O. I., Rozen, V. P., Kurbaka, G. B. et al. (2012) Technical and economic estimations of power supply systems of industrial enterprises. In: O. I. Solovey (Ed.). Cherkasy: ChDTU, 247 p.
4. Chernukhin, A. A. and Flakserman, Yu. N. (1975) USSR power engineering economy. Moscow: Energiya, 400 p.
5. Dikmarov, S. V. and Sadovskiy, G.G. (1981) Power regulation at its production and supply. Kyiv: Technika, 126 p.

Поступила в редакцию 13.10 2014 г.