

# О ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГРАММ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

У.КАЧАН, К.БРАТКОВСКАЯ, В.ДЬЯЧЕНКО

## ABOUT POSSIBILITY OF THE ENERGY SAVING PROGRAMS IMPROVEMENT IN POWER SYSTEMS OF COMPANIES

**Анотація.** Для оцінки ефективності енергозберігаючих заходів у системах електропостачання запропоновано використовувати показник доходу від економії активної і зниження платежів за перетоки реактивної електроенергії з урахуванням зміни експлуатаційних витрат. Мінімальну ефективність таких заходів запропоновано оцінювати порівнянням собівартості одиниці електроенергії із середнім прогнозованим тарифом на неї з енергосистеми. Обґрунтовано відображення економічного ефекту від зниження платежів за перетоки реактивної енергії у вигляді еквівалента обсягу електроенергії, що придбана на зкономлені кошти. Показано доцільність вибору енергозберігаючих заходів у програму енергозбереження за показником ефективності не окремих заходів, а програми в цілому.

**Ключові слова:** енергозберігаючі заходи, експлуатаційні витрати, тарифи на електричну енергію.

**Аннотация.** Для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в системах электроснабжения предложено использовать показатель дохода от экономии активной и снижения платежей за перетоки реактивной электроэнергии с учетом изменения эксплуатационных издержек. Минимальную эффективность таких мероприятий предложено оценивать сравнением себестоимости экономии единицы электроэнергии со средним прогнозируемым тарифом на нее из энергосистемы. Обосновано отражение экономического эффекта от снижения платежей за перетоки реактивной энергии в виде эквивалента объема электроэнергии, приобретенной на сэкономленные средства. Показана целесообразность выбора энергосберегающих мероприятий в программу энергосбережения по показателю эффективности не отдельных мероприятий, а программы в целом.

**Ключевые слова:** энергосберегающие мероприятия, эксплуатационные издержки, тарифы на электроэнергию.

**Annotation.** To evaluate the effectiveness of energy saving measures in the power systems is proposed to use the income from savings rate and reduce the active charges for reactive power flows of electricity, taking into account changes in operating costs. Minimum efficiency of such measures proposed to evaluate by comparing the cost savings of the power unit with an average projected rate of energy on it. Justified the reflection of the economic effect of reducing the payments for reactive power flows of energy in the form of an equivalent amount of electricity purchased on the savings. The expediency of the choice of energy-saving measures to the energy saving program is shown by indicator of energy efficiency not separate measures, but programs in general.

**Key words:** energy saving measures, operating costs, rate of energy.

### Введение

Одним из условий обеспечения рационального электропотребления на предприятии является передача электроэнергии по системе электроснабжения (СЭС) с минимальными потерями в ее элементах. Реализацию такого процесса предлагается осуществлять на основе выполнения энергосберегающих мероприятий (ЭСМ), перечень которых формируется с использованием методики определения потенциала энергосбережения в СЭС [1, 2]. Как правило, внедрение ЭСМ связано с затратами на их реализацию, что обуславливает необходимость оценки последней с точки зрения экономической целесообразности. Аналогично принятию технических решений при проектировании СЭС в практике энергосбережения выбор мероприятий выполняется на основе существующих показателей эффективности [3-6], что и предполагает их целесообразность из экономических соображений, а не с позиции приоритетности вопроса энергосбережения. Поэтому объединение ряда таких мероприятий в программу энергосбережения (ПЭС) приведет только к частичной реализации указанного потенциала. Для повышения же энергоэффективности СЭС в указанном случае необходимо привлечь дополнительные экономические эффекты, что позволит расширить перечень образующих программу ЭСМ, и таким образом усовершенствовать последнюю.

**Цель работы** - обосновать критерий выбора ЭСМ для формирования ПЭС, удовлетворяющий одновременно условиям их экономической целесообразности и энергоэффективности СЭС

предприятия, внедрение которой приведет к максимальному использованию потенциала энергосбережения.

**Результаты.** В соответствии с государственным стандартом [6] эффективность организационно-технических мероприятий по энергосбережению оценивается частью от общей величины прибыли, которая остается в распоряжении предприятия после их реализации. В указанную прибыль  $\Delta P_t$  входят составляющие от снижения в течение  $t$ -го периода затрат на: разные виды топлива ( $\Delta T_t$ ); покупную тепловую энергию ( $\Delta Q_t$ ); потребляемую из энергосистемы электрическую энергию ( $\Delta W_t$ ) при ее действующем тарифе ( $C_t$ ); платежи за вред, наносимый окружающей среде ( $\Delta P_t^{окк}$ ); обслуживание технологического оборудования ( $\Delta L_t$ ) за вычетом доли капитальных расходов ( $K_\Sigma$ ) с учетом внутренней нормы их эффективности ( $e$ ), т.е.:

$$\Delta P_t = \Delta T_t + \Delta Q_t + C_t \cdot \Delta W_t + \Delta P_t^{окк} - e \cdot K_\Sigma + \Delta L_t. \quad (1)$$

Очевидно, что при вычислении эффекта от внедрения ЭСМ в системах электроснабжения по формуле (1) не имеет смысла включать в расчет первые две составляющие и сокращение оплаты за вред, наносимый окружающей среде, в виду невозможности его опосредованной оценки в области электроснабжения. Учитывая это, доля прибыли от внедрения ЭСМ применительно к СЭС промышленного предприятия примет вид:

$$\Delta P_t = C_t \cdot \Delta W_t - e K_\Sigma + \Delta L_t. \quad (2)$$

Однако этот показатель, как и коэффициент эффективности дополнительных капиталовложений, не является наглядным для решения поставленной задачи, поскольку в результате выполнения ЭСМ в СЭС экономический эффект достигается как за счет уменьшения потерь электрической энергии, изменения амортизационных отчислений и затрат на ремонт и обслуживание вследствие изменения общей суммарной стоимости электрооборудования, так и за счет снижения платежей за потребленную реактивную мощность. И хотя в общем случае оценки экономической эффективности предприятия затраты на энергоресурсы относятся к эксплуатационным, то в случае ЭСМ они рассматриваются как источник дохода. Это касается и платежей за потребленную реактивную мощность. К тому же использование внутренней нормы эффективности капитальных вложений в данной формуле не позволяет в дальнейшем применять показатель срока окупаемости в виду двойного учета капиталовложений.

Учитывая изложенное, применительно к СЭС промышленного предприятия вместо показателя эффективности в виде прибыли целесообразнее использовать доход ( $\Delta D_t$ ), полученный от экономии активной и снижения платежей за перетоки реактивной электроэнергии, а также изменения эксплуатационных издержек за определенный период, выраженный зависимостью:

$$\Delta D_t = C_t \cdot \Delta W_t^{ЭСМ} \pm \Delta L_t + \Delta P_Q, \quad (3)$$

где  $\Delta W_t^{ЭСМ}$  - объем экономии электрической энергии в результате выполнения ЭСМ;

$\Delta P_Q$  - уменьшение платежей за потребленную реактивную энергию в  $t$ -ом периоде, обусловленное изменением способа компенсации реактивной мощности, тыс.грн.

Тогда минимально допустимая эффективность ЭСМ будет определяться равенством между затратами, связанными с их реализацией  $K_\Sigma$ , и стоимостью сэкономленной энергии за период времени  $T$  с учетом уменьшения эксплуатационных издержек и платежей за реактивную энергию:

$$(C_t \cdot \Delta W_t^{ЭСМ} \pm \Delta L_t + \Delta P_Q) \cdot T = K_\Sigma, \quad (4)$$

откуда после преобразований получим:

$$C_t = (K_\Sigma / T - (\pm \Delta L_t + \Delta P_Q)) / \Delta W_t^{ЭСМ}. \quad (5)$$

Правая часть уравнения отражает удельные затраты на 1 кВт·час сэкономленной электроэнергии, что отвечает показателю экономической эффективности на единицу вложенных средств, то есть представляет собой себестоимость экономии единицы электроэнергии. Разумеется, что если эта величина превышает средний (прогнозируемый) за рассматриваемый период времени тариф на электроэнергию, потребляемую из энергосистемы ( $\bar{C}_t$ ), то предприятию выгоднее купить ее, чем экономить [7]. Следовательно, этот показатель и нужно использовать для оценки экономической целесообразности внедрения ЭСМ в СЭС, так как он наглядно указывает на выгодность (убыточность) конкретного мероприятия.

Анализируя полученную зависимость (5), можно отметить, что величина снижения платежей за реактивную мощность нередко бывает больше отнесенной к одному году части капиталовложений на реализацию ЭСМ, что дает в расчетах отрицательное значение себестоимости сэкономленной энергии, и таким образом противоречит экономическому смыслу этого показателя. В то же время отказ от учета снижения платежей за реактивную мощность в формуле (5) приводит к занижению экономической эффективности ЭСМ в системах электроснабжения. Перенесение же данной величины в левую часть формулы с приведением ее к эквиваленту объема сэкономленной электрической энергии дает возможность показать, сколько электроэнергии предприятие могло бы приобрести на сэкономленные уменьшением платежей за реактивную мощность средства:

$$\Delta W_{\text{экс}} = \frac{\Delta \Pi_Q}{\bar{C}}, \quad (6)$$

$$C_i = \frac{K_{\Sigma} / T - (\pm \Delta L_i)}{(\Delta W_i^{\text{ЭСМ}} + \Delta W_{\text{экс}})}, \quad (7)$$

Рассмотрим конкретный пример. В результате формирования ПЭС для СЭС ОАО «Преобразователь» по методике, изложенной в [2], получен ряд ЭСМ (табл.1), последовательное выполнение которых в полном объеме приведет к значительному уменьшению потерь электроэнергии в целом по системе. Общий технически реализуемый потенциал энергосбережения в СЭС указанного предприятия составляет 179,3 МВт·час при капиталовложениях 2014,2 тыс. грн, дополнительном увеличении ежегодных эксплуатационных издержек и снижении ежегодной оплаты за потребление реактивной электроэнергии на 9,6 и 32,6 тыс.грн соответственно. Реализация данного максимально возможного потенциала за период пять лет ( $T$ ) приведет к тому, что величина себестоимости сэкономленной электроэнергии будет больше действующего на момент исследования тарифа почти в 3 раза. Следовательно, требуется составить ПЭС из такого перечня ЭСМ, который обеспечит экономическую целесообразность реализации последней.

Согласно стандартного подхода, программа энергосбережения формируется из мероприятий, удовлетворяющих критерию их эффективности. В частности, выбирая ЭСМ по приемлемому сроку окупаемости, или используя предложенную выше его трактовку в виде себестоимости экономии электроэнергии, не превышающей средний (прогнозируемый) на нее тариф ( $\bar{C} = 0,88$  грн/кВт·час), выходит, что только первые пять ЭСМ отвечают данному критерию. При этом рассчитанная по формуле (5) себестоимость экономии электроэнергии в результате выполнения ЭСМ<sub>1</sub>:  $C_1 = -1,66$  грн/кВт·час, а для ЭСМ<sub>7</sub>:  $C_7 = 1,45$  грн/кВт·час и т.д. Используя же формулу (7) получаем соответственно 0,14 и 0,16 грн/кВт·час. Отношение затрат на выполнение ЭСМ к объему полученной экономии электроэнергии, рассчитанное на основании данных табл.1 за расчетные 5 лет по (7), показано на рис.1.

В результате реализации только пяти указанных мероприятий общий объем сэкономленной электроэнергии для исследуемой СЭС составит 139,9 МВт·час. На внедрение же их потребуются 918,0 тыс. грн капитальных вложений, что приведет к изменению годовых эксплуатационных издержек на 7,4 тыс. грн и уменьшению оплаты за потребление реактивной электроэнергии на 173,8 тыс. грн. В целом это обеспечит себестоимость сэкономленной электроэнергии 0,522 грн/кВт·час. Прибыль для завода от выполнения только пяти мероприятий согласно (2) будет равна 86,7 тыс.грн в год, а простой срок их окупаемости не превысит четырех лет.

Реализация технически возможного потенциала энергосбережения при этом составляет только 78%. Поэтому имеет смысл увеличить эту долю, используя методику, предложенную в [8], согласно которой положительный эффект дает оптимизация последовательности реализации мероприятий в ПЭС. Такое заключение основано на том, что при составлении программы учитывается экономическая эффективность всех ЭСМ в совокупности, время их внедрения и соответствующие объемы экономии электроэнергии. В результате некоторые капиталоемкие энергосберегающие проекты из разряда перспективных становятся экономически целесообразными за счет других высокорентабельных мероприятий.

Используя оценку не отдельных ЭСМ, а целой ПЭС по предложенному критерию, необходимо выбрать и определить последовательность реализации  $n$  ЭСМ, чтобы выполнялось равенство капитальных затрат на их осуществление и полученного в результате экономического эффекта за рассмотренный период времени.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T (C_i \cdot \Delta W_t^{\text{ЭСМ}} \pm \Delta L_{it} \pm \Delta \Pi_{Qit}) = \sum_{i=1}^n K_{\Sigma i}, \quad (9)$$

Таблиця 1

## Показатели ЭСМ для СЭС ОАО «Преобразователь»

| №ЭСМ | $\Delta W_{\text{т}}$ , МВт·час | $\Delta L_{\text{т}}$ , тыс.грн | $\Delta П_{\text{о}}$ , тыс.грн | $K_{\text{г}}$ , тыс.грн |
|------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1    | 50,0                            | 8,0                             | 124,9                           | 170,6                    |
| 2    | 40,3                            | -4,1                            | 138,8                           | 215,4                    |
| 3    | 19,8                            | -5,6                            | 69,4                            | 237,8                    |
| 4    | 11,1                            | 2,3                             | 34,7                            | 169,5                    |
| 5    | 18,7                            | 6,8                             | 54,3                            | 124,7                    |
| 6    | 19,8                            | -1,9                            | 73,2                            | 619,1                    |
| 7    | 153,5                           | -1,4                            | 76,0                            | 1500,2                   |
| 8    | 23,6                            | 7,9                             | 11,8                            | 238,1                    |
| 9    | 179,3                           | 9,6                             | 32,6                            | 2014,2                   |

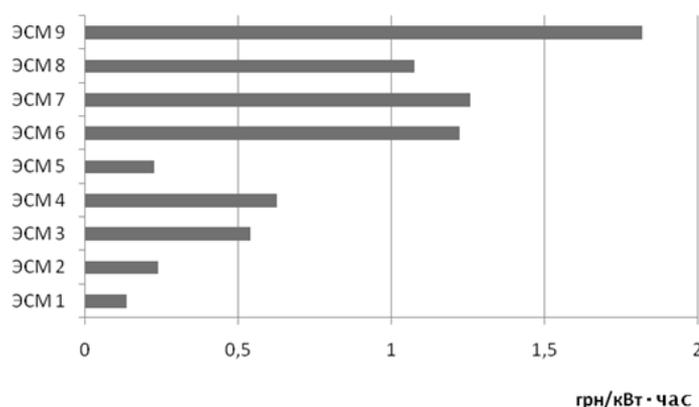


Рис. 1. Себестоимость экономии электроэнергии при выполнении ЭСМ в СЭС ОАО «Преобразователь»

При таком подходе из указанного первоначально списка в программу, окупающуюся менее чем за 5 лет, попадет уже 7 ЭСМ, обеспечивающих суммарную экономию электроэнергии в объеме 159,7 МВт·час или 89% от общего технически реализуемого потенциала энергосбережения.

**Выводы**

1. Предложенный критерий формирования ПЭС в виде предельно допустимой себестоимости экономии электроэнергии в результате реализации конкретного перечня ЭСМ является простым и удобным, и учитывает снижение платежей за перетоки реактивной энергии. Это позволяет существенно увеличить долю реализации потенциала энергосбережения СЭС при обеспечении условия ее экономической целесообразности.
2. Отражение снижения платежей за перетоки реактивной энергии в виде эквивалента объема активной электроэнергии, приобретенной на сэкономленные средства, позволяет уточнить количественную оценку экономической эффективности ЭСМ в СЭС.
3. Составленная по рассмотренному критерию ПЭС для СЭС ОАО «Преобразователь», позволяет реализовать 89 вместо 78% от общего технически возможного потенциала энергосбережения в ПЭС, что свидетельствует о эффективности предложенного подхода.
4. При соответствующей динамике роста тарифов на электроэнергию и учете этого фактора в процессе формирования ПЭС экономически целесообразной может оказаться значительно большая доля технически реализуемого потенциала энергосбережения в СЭС.

**Литература**

1. Качан Ю.Г. Об оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения промышленных предприятий / Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко // Интегровані технології та енергозбереження // Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: НТУ «ХП», 2005. – №2. – С.154-156.
2. Качан Ю.Г. Оценка потенциала и программы энергосбережения в системе электроснабжения на примере коксохимического производства / Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко // Энергетика: економіка, технології, екологія. - №2(21) – 2007. – С.55-59.
3. Копытов Ю.В., Чуланов Б.А. Экономия электрической энергии в промышленности. – М.:

- 
- Энергоатомиздат, 1982. -110 с.
4. Инструкция по расчету технико-экономической эффективности и планированию мероприятий по снижению расхода электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях энергосистем /СПО Союзтехноэнерго. – М., 1980. – 95 с.
  5. Техничко-економические расчеты в энергетике. Методы экономического сравнения вариантов / В.И. Денисов. – М. Энергоатомиздат, 1985. – 216 с.
  6. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження: ДСТУ 2155-93. – [Чинний від 01.01.95]. – К.: Держстандарт України. – 20с.
  7. Качан Ю.Г. Щодо економічної привабливості енергозберігаючих проектів / Ю. Г. Качан, К. О. Братковська // Вісник Тернопільського національного економічного університету. – 2009. – №2. – С.111-116.
  8. Качан Ю.Г. Щодо оптимізації послідовності реалізації програм енергозбереження за економічним критерієм / Ю.Г. Качан, К.О. Братковська // Вісник економічної науки України. – Академія економічних наук України, Інститут економіки промисловості НАН України, 2009. – №1. – С.97-100.
- 
- 
-