

УДК 621.311

В.С. Савич, студент, , керівник к.т.н. доц. Беляев В.Л.
ОНПУ, ІЕЭ, кафедра енергоменеджмента

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ
МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ИЛЬИЧЕВСКОГО МОРСКОГО
ТОРГОВОГО ПОРТА ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА
«ЭНЕРГИЯ»**

В роботі здійснено розрахунок плати за перетікання реактивної потужності, проведено аналіз режимів споживання та генерації реактивної потужності, обрано місця найбільш ефективного впровадження засобів автоматизації компенсуючих пристроїв та розраховано розмір можливої економії.

В работе осуществлен расчет платы за потоки реактивной мощности, проведен анализ режимов потребления и генерации реактивной мощности, выбраны места наиболее эффективного внедрения средств автоматизации компенсирующих устройств и рассчитан размер возможной экономии.

In this paper calculations of charges for reactive power flowing, the analysis of modes of consumption and generation of reactive power, selected places most effective implementation of automation devices and compensatory amount calculated possible savings.

Проблема підвищення ефективності виробництва, передачі і потреблення електроенергії актуальна для всіх країн, галузей підприємств із-за того, що зменшення енергоємності продукції дозволяє знизити її собівартість і підвищити конкурентоспособність. Актуальність цієї проблеми посилюється в країнах з обмеженими енергоресурсами, к которым можно отнести Украину, которая за счет своих энергоресурсов удовлетворяет около 50% своих потребностей в энергоносителях. Эта проблема приобретает чрезвычайную актуальность в условиях, когда цена импортных энергоносителей превышает приемлемые для экономики страны пределы.

Как известно, электроэнергия производится генераторами электростанций электроэнергетической системы, передается и распределяется между потребителями в виде двух составляющих: активной и реактивной. Но электроприемники потребителей превращают в другие виды энергии, в целях выполнения полезной работы, только активную составляющую электроэнергии.

Реактивная электроэнергия сопровождает все технологические процессы, происходящие в этой системе: выработку, передачу, распределение и потребление активной электроэнергии. Так что реактивная электроэнергия является неотъемлемой спутницей активной электроэнергии. Но выработка, передача и потребление реактивной электроэнергии, прежде всего, всегда связано с дополнительными потерями активной электроэнергии. Альтернативой данной ситуации является компенсация реактивной мощности.

При этом известно, что компенсация реактивной мощности является одной из наиболее эффективных энергосберегающих технологий в электрических сетях потребителей и энергоснабжающих компаниях. Из всех возможных мер по энергосбережению в электрических сетях около 80% эффекта (снижение технологических потерь электроэнергии)

приходится на компенсация реактивной мощности. Но этой очень важной проблеме у нас в стране не уделяется должного внимания.

Совершенствование научного и методического знания о перетоках реактивной электроэнергии между электрическими сетями энергоснабжающих организаций и потребителей, с целью их оптимизации, является задачей государственного уровня важности поскольку действующая методика определения платы за указанные выше перетекание вызывает много споров между субъектами электроэнергетики и требует усовершенствования для приспособления к цивилизованным рыночным отношений между ними.

В данной работе был использован программный комплекс «Энергия» предназначен для выполнения электротехнических расчетов при проектировании и эксплуатации электротехнических систем любой сложности. Он состоит из двух независимых модулей, каждый из которых решает одну из следующих задач на единой информационной модели рассматриваемой электрической сети:

1) Все расчеты в программном комплексе выполняются на основе расчетной модели электрической сети, содержащей информацию о конфигурации схемы, ее параметры, параметры режима. Конфигурация схемы электрической сети описывается графом, который состоит из большого количества узлов и ветвей.

2) Каждая ветка графа соответствует тому или иному объекту сети и представляется в модели расчетными параметрами схемы замещения этого объекта: активными и реактивными сопротивлениями, поперечными проводимостями, коэффициентами трансформации, величинами допустимых токов.

В результате расчета установившихся режимов получены следующие результаты потребления электроэнергии и реактивной мощности по участкам системы электроснабжения Ильичевского морского торгового порта:

1. Параметры установившегося режима

№ п/п	Ввод	Отпуск активной энергии, МВт·ч	Потери активной энергии, МВт·ч	Отпуск реактивной энергии, Мвар·ч
1	Участок 4554	76	3,67	64,5
2	Участок 4005	67,7	3,05	57,8
3	Участок ЦРП	33	1,3	26,82
4	Участок 4072	55,9	1,01	50
5	Участок 4641	145	15,6	127
6	Участок 4872	64,4	1,89	54,14
Σ		442	26,52	380,26

Определим плату за потребление реактивной энергии

$$C_{W_Q} = W_Q \cdot D \cdot T \cdot k_{\phi}, \text{ грн} \tag{1}$$

где W_Q – потребление реактивной мощности квар·ч;

D – ЭЭРМ, характеризуючий долю влияния реактивного перетока в точке учета на технико-экономические показатели в расчетном режиме, кВт/квар ;

T – фактическая средняя закупочная цена на электроэнергию, которая сложилась за расчетный период грн/кВтч;

k_{φ} – коэффициент выбирается в зависимости от фактического коэффициента мощности $\text{tg}\varphi$ в среднем за расчетный период.

Определим фактический коэффициент мощности $\text{tg}\varphi$:

$$\text{tg}\varphi = \frac{W_q}{W_p}, \quad (2)$$

Фактическое значение без установки КБ:

$$\text{tg}\varphi = \frac{380,26}{442} = 0,86, \quad k_{\varphi}=1,3721,$$

Плата за потребление реактивной энергии за месяц:

$$C_{W_{Q1}} = 11407,8 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 1,3721 = 438,3 \text{ тыс.грн.}$$

Плата за потребление реактивной энергии за год:

$$C_{W_{Q1}} = 136893,6 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 1,3721 = 5259,6 \text{ тыс.грн.}$$

На первом этапе расчета устанавливаем конденсаторные батареи на двух секциях шин 0,38 кВ ТП каждого из вводов. Точки присоединения и мощность КБ приведены в таблице 2

2. Точки присоединения и мощность КБ

№	Ввод	ТП	Тип КБ	Мощность, квар	Стоимость, тыс. грн
1	Участок 4554	ТП–1021(Т1)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
2	Участок 4554	ТП–4856(Т1)	УКРП-0,4-200-20-У3	200	24
3	Участок 4005	ТП–1021(Т2)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
4	Участок 4005	ТП–4856(Т2)	УКРП-0,4-200-20-У3	200	24
5	Участок ЦРП	ТП–239(Т1)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
6	Участок ЦРП	ТП–239(Т2)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
7	Участок 4072	ТП–4904(Т)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
8	Участок 4072	ТП–4905(Т)	УКРП-0,4-300-20-У3	300	36
9	Участок 4641	ТП–4276(Т1)	УКРП-0,4-260-20-У3	260	31,2
10	Участок 4641	ТП–4276(Т2)	УКРП-0,4-260-20-У3	260	31,2
11	Участок 4872	ТП–3950(Т1)	УКРП-0,4-480-40-У3	480	57,6
12	Участок 4872	ТП–3950(Т2)	УКРП-0,4-480-40-У3	480	57,6
Σ				3580	429,6

Расчет установившегося режима проведем в программе «ЭНЕРГИЯ», результаты расчета приведены в таблице 3

3. Параметры установившегося режима

№ п/п	Ввод	Отпуск активной энергии, МВт·ч	Потери активной энергии, МВт·ч	Отпуск реактивной энергии, Мвар·ч
1	Участок 4554	75,9	3,6	62,3
2	Участок 4005	67,7	2,99	55,6
3	Участок ЦРП	33	1,21	23,8
4	Участок 4072	55,9	0,99	46,5
5	Участок 4641	145	15,6	124,75
6	Участок 4872	64,1	1,73	46,78
Σ		441,6	26,12	359,73

Определим капитальные затраты на установку КБ

$$K = 2C, \text{ тыс.грн.} \quad (3)$$

где C – стоимость конденсаторных батарей.

$$K = 2 \cdot 429,6 = 859,2 \text{ тыс.грн.}$$

Определим эксплуатационные затраты на обслуживание КБ

$$B = \alpha \cdot K, \text{ тыс. грн.}, \quad (4)$$

где α – процент отчислений на амортизацию КБ, $\alpha=4\%$. [6]

$$B = 0,04 \cdot 859,2 = 34,4 \text{ тыс. грн.}$$

Определим первую составляющую эффекта от компенсации реактивной мощности за счет снижения потерь активной энергии.

$$E_1 = \delta\Delta W \cdot c_{0a}, \text{ тыс.грн.} \quad (5)$$

где $\delta\Delta W$ – уменьшение потерь активной энергии за счет компенсации реактивной энергии;

где $dW_{\text{сум.без ку}}$ – суммарные потери активной энергии без установки КБ;

где $dW_{\text{сум.з ку}}$ – суммарные потери активной энергии с установкой КБ.

Снижение потерь активной энергии за сутки:

$$\delta\Delta W = 26,52 - 26,12 = 0,4 \text{ МВт·ч.}$$

Снижение потерь активной энергии за месяц:

$$\delta\Delta W = 795,75 - 783,6 = 12,15 \text{ МВт·ч.}$$

Снижение потерь активной энергии за год:

$$\delta\Delta W = 9549 - 9403,2 = 145,8 \text{ МВт·ч.}$$

Эффект от компенсации реактивной мощности за счет потерь активной энергии за месяц:

$$E_1 = 12,15 \cdot 0,7 = 8,51 \text{ тыс.грн.}$$

Эффект от компенсации реактивной мощности за счет потерь активной энергии за год:

$$E_1 = 145,8 \cdot 0,7 = 102,06 \text{ тыс.грн.}$$

Определим вторую составляющую эффекта от компенсации реактивной мощности за счет уменьшения платы за реактивную энергию [7]

$$E_2 = C_{WQ1} - C_{WQ2}, \text{ тыс.грн.} \quad (6)$$

где C_{WQ1} – стоимость реактивной энергии без компенсации;

где C_{WQ2} – стоимость реактивной энергии с компенсацией.

Фактическое значение с установкой КУ.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{359,73}{441,6} = 0,815, \quad k_{\varphi} = 1,32,$$

Стоимость реактивной энергии с установкой КУ за сутки:

$$C_{WQ2} = 359,73 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 1,32 = 13,3 \text{ тыс.грн.}$$

Стоимость реактивной энергии с установкой КУ за месяц:

$$C_{WQ2} = 10791,9 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 1,32 = 399 \text{ тыс.грн.}$$

Стоимость реактивной энергии с установкой КУ за год:

$$C_{WQ2} = 129502,8 \cdot 0,04 \cdot 0,7 \cdot 1,32 = 4788,8 \text{ тыс.грн.}$$

Эффект от компенсации реактивной мощности за счет уменьшения платы за реактивную энергию за месяц:

$$E_2 = 438,3 - 399 = 39,3 \text{ тыс.грн}$$

Эффект от компенсации реактивной мощности за счет уменьшения платы за реактивную энергию за год:

$$E_2 = 5259,6 - 4788,8 = 470,8 \text{ тыс.грн.}$$

Суммарный эффект от установления КБ составляет

$$E = E_1 + E_2, \text{ тыс.грн.} \quad (7)$$

Суммарный эффект за месяц:

$$E = 12,15 + 39,3 = 51,45 \text{ тыс.грн.}$$

Суммарный эффект за год:

$$E = 102,06 + 470,8 = 572,86 \text{ тыс.грн}$$

Прибыль от установки КБ определяется по формуле:

$$П = \sum_{i=0}^{10} ((K_i + B_i + E_i) \cdot (1 / (1 + E)^i)), \text{ тыс. грн.} \quad (8)$$

Расчетный период	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Капитальные затраты, тыс. грн	859	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Затраты каждый год, %	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Годовой эффект,	0	573	573	573	573	573	573	573	573	573	573
<i>Показатели эффективности</i>											
Прибыль E_t	0	573	573	573	573	573	573	573	573	573	573
Затраты B_t	859	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
$E_t - B_t$	-859	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
$a = 1/(1+r)^t ; r = 10\%$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$a(E_t - B_t)$	859	500	455	413	376	341	310	282	257	233	212
$\sum Sa_{t-1}(E_{t-1} - B_{t-1}) + Sa_t(E_t - B_t)$	859	359	95	508	884	1226	1536	1818	2075	2308	2520

IRR **64%**

Етап №1

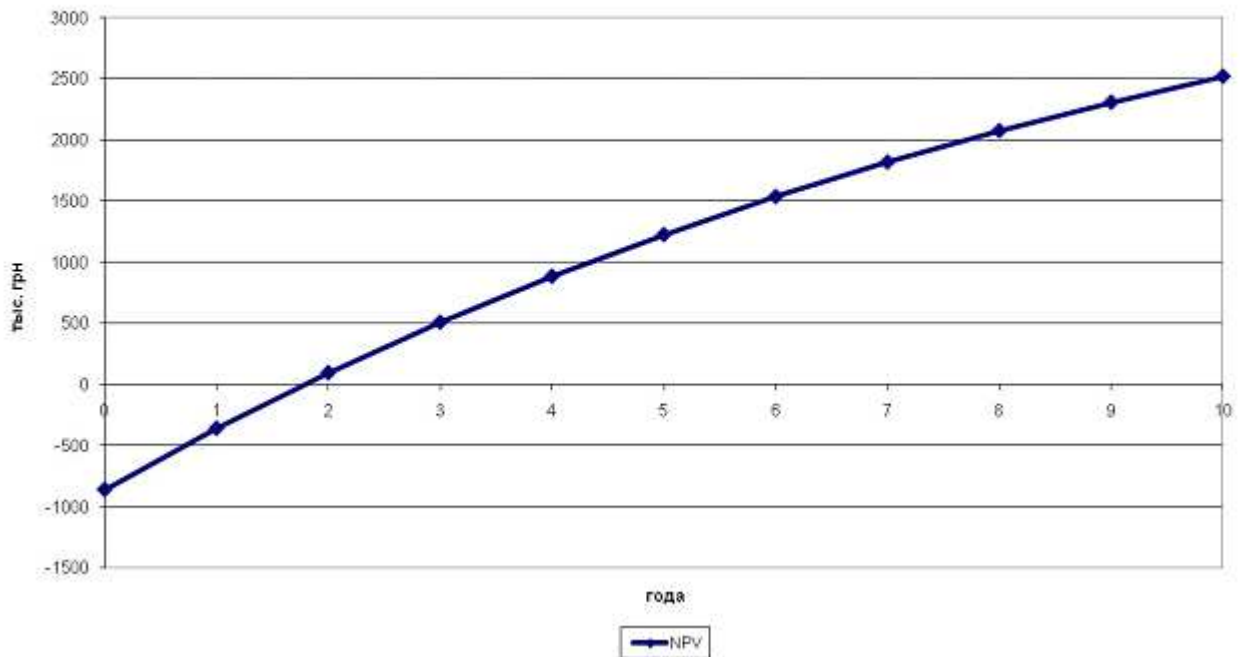


Рисунок 1 – Определение срока окупаемости, установленных КБ

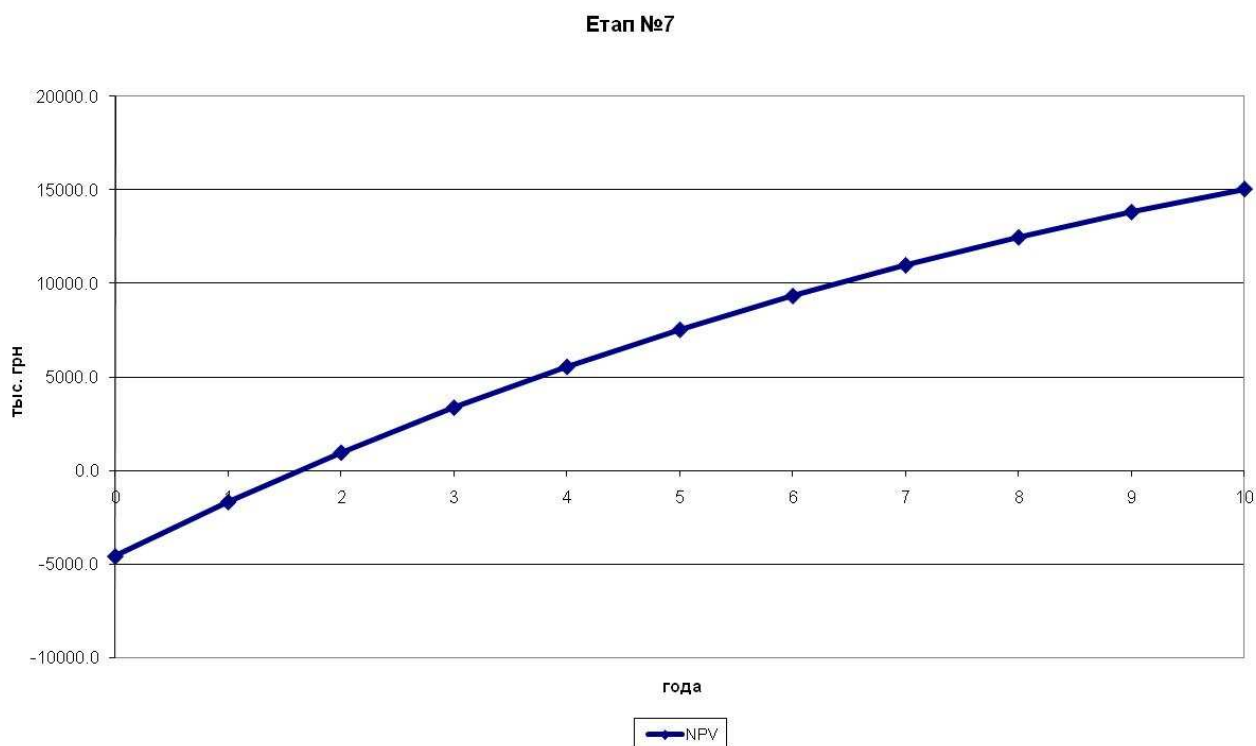


Рисунок 2– Определение срока окупаемости, установленных КБ

В данной работе был проведен детальный расчет экономической эффективности установки КБ в системе электроснабжения Ильичевского морского торгового порта.

Исследования проводились поэтапно в программном комплексе «ЭНЕРГИЯ». После первого этапа расчетов получаем следующие результаты:

- потери активной энергии уменьшились на 12,15 МВт·ч в месяц;
- потребление реактивной энергии уменьшилось на 81,87 Мвар·ч;
- экономический эффект составил 51,45 тыс.грн.;
- срок окупаемости, установленных КБ составляет 1,9 года.

Вследствие последнего этапа установки КБ в СЭС ИМТП получили такие данные:

- потери активной энергии уменьшились на 133,65 МВт·ч за месяц;
- потребление реактивной энергии уменьшилось на 169,34 Мвар·ч;
- экономический эффект составил 277,03 тыс.грн.;
- срок окупаемости, установленных КБ составляет 1,7 года.

Список используемой литературы

1.Нормативний документ. Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного та субспоживача). – К.: Об'єднання енергетичних підприємств "Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики", 2006. – 70 с

2.Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України від 17 січня 2002 р. № 19. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 лютого 2002 р. за № 93/6381.

3. Акимов А.Е., Тарасенко В.Я. Модели поляризационных состояний физического вакуума и торсионных полей. TGS – концепции. – М.: 1993. – 31 с.; препринт № 7.
4. Романюк Ю.Ф., Солончак О.В. Практичний алгоритм розрахунку та аналіз технічних втрат електроенергії в розподільних електричних мережах 6-10 кВ // Енергетика и электрофикация. – 2002. – № 8.
5. Солончак О.В. Пропозиції щодо вдосконалення «Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії» // Промелектро. – 2004. – № 4.
6. Справочник по проектированию электрических сетей / Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 320 с.
7. Зубюк Ю.П. Сучасні конденсатори в системах електропостачання. // Промелектро, 2004, № 6.
8. Рудницький В.Г. Внутрішньо цехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Універсальна книга», 2007. – 280с.