

## ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА И ПРОГРАММЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### Введение

Для определения экономической целесообразности проведения энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях рекомендуется использовать такой показатель как потенциал энергосбережения применительно к разным видам топливно-энергетических ресурсов и объектам энергоиспользования [1,2]. Вычисление значения указанного потенциала требует разработки соответствующей методики его оценки, основа которой будет зависеть от характера объекта энергетического исследования. Здесь в качестве последнего рассматривается система электроснабжения промышленного предприятия применительно к конкретному производству.

Теоретической основой предложенной методики оценки потенциала является постановка задачи оптимизации системы электроснабжения с использованием критерия - минимума суммарных потерь активной электроэнергии во всех ее элементах [2,3]. Результатом решения такой задачи должен быть перечень технических параметров системы, а также показатели ее режимов электропотребления, изменение которых в совокупности приведет к предельному снижению потерь активной электроэнергии (при допустимых технических условиях эксплуатации системы электроснабжения).

Безусловно, потенциальная экономия электроэнергии должна быть целесообразна для промышленного предприятия и из экономических соображений. Поэтому предлагается на основании полученного перечня подлежащих изменению параметров системы и, как следствие, ее режимов электропотребления, выполнить ранжирование изменения этих параметров по затратам как в отдельности, так и всей рассматриваемой оптимальной совокупности.

**Цель настоящей работы** – апробировать методику оценки потенциала энергосбережения в системе электроснабжения конкретного производства как инструмент комплексного энергетического аудита на примере коксохимического производства.

Оценка указанного потенциала выполнялась в следующей последовательности:

1. Определялись суммарные потери активной электроэнергии в элементах исследуемой системы за рассматриваемый период времени.
2. Оптимизировались параметры системы электроснабжения и режимы ее электропотребления с точки зрения минимума потерь активной электроэнергии с помощью разработанной модели [3]. Результатом такой оптимизации является совокупность параметров, так называемой, идеальной системы электроснабжения. Эта система будет иметь отличную от реальной структуру и иной состав элементов, и характеризоваться своими суммарными потерями активной электроэнергии за тот же рассматриваемый период времени.
3. Вычислялись предельные резервы экономии электроэнергии при полном изменении состава элементов и структуры системы электроснабжения как разница суммарных потерь активной электроэнергии в исследуемой и идеальной системах.
4. Формировался состав параметров системы, отличающихся от реальных, и последовательность их возможного изменения на основе величины уменьшения потерь активной электроэнергии в системе для каждого рассматриваемого случая в отдельности. Здесь целесообразная последовательность реализации энергосберегающих мероприятий устанавливается следующим образом. Сначала выбирается то мероприятие, которое обеспечивает наибольшее уменьшение потерь. На втором шаге выбранное ранее мероприятие считается реализованным и из оставшихся выбирается следующее, которое при указанном условии снова обеспечит максимальное уменьшение потерь электроэнергии в системе. В дальнейшем и второе мероприятие считается реализованным и т.д.

5. Рассчитывались необходимые затраты на приобретение и установку измененного состава электрооборудования системы электроснабжения в условиях действующих цен для последовательностей, полученных на этапе 4.

6. Вычислялись показатели эффективности предлагаемых изменений состава элементов системы электроснабжения (себестоимость сэкономленной электроэнергии) на основании результатов этапов 4 и 5, где получены объем сэкономленной электроэнергии, а также затраты на требуемое изменение. По указанному показателю и действующему в текущий момент тарифу на электроэнергию делался вывод о том, какие из технически возможных мероприятий по энергосбережению экономически оправданы. После вычисления срока окупаемости каждого мероприятия делался вывод о его экономической целесообразности в настоящее время.

К параметрам системы электроснабжения, значения которых влияют на величину потерь электроэнергии, и рассматриваемых при решении задачи энергосбережения относятся:

- количество цеховых трансформаторных подстанций (ТП);
- координаты места расположения ТП в плане объекта;
- конструктивные характеристики проводников цеховых электрических сетей (ЦЭС);
- схема ЦЭС;
- номинальные мощности трансформаторов ТП;
- номинальные мощности низковольтных компенсирующих устройств (НКУ), подключаемых к распределительному устройству 0,4 кВ ТП;
- количество распределительных подстанций выше 1000 В (РП);
- координаты места расположения РП в плане объекта;
- конструктивные характеристики проводников внутриводских электрических сетей (распределительных (РС) и питающих (ПС));
- схема внутриводских электрических сетей;
- номинальные мощности высоковольтных компенсирующих устройств, подключаемых к распределительному устройству РП (ВКУ);
- количество источников питания предприятия (ИПП);
- место расположения ИПП в плане объекта;
- номинальные мощности трансформаторов ИПП.

Электроприемниками коксохимического производства с номинальным напряжением 0,4 кВ являются электродвигатели транспортеров, электрозадвижек, насосов, вентиляторов, подъемно-транспортных механизмов, станков, а также осветительные установки и др.; с номинальным напряжением 10кВ - высоковольтные насосы, дымососы и дробилки (номинальная мощность которых находится в диапазоне 250...630 кВт). Годовая продолжительность использования максимума активной нагрузки - 5200 часов. С точки зрения обеспечения надежности электроснабжения электроприемники объекта относятся к I, II и III категориям по бесперебойности питания. Общая площадь расположения объекта составляет 0,605 км<sup>2</sup>. Питание производства осуществляется от двухтрансформаторной ГПП 150/10 кВ с номинальной мощностью трансформаторов 25000 кВА, расположенной на его территории.

Условно система электроснабжения рассматриваемого производства в процессе анализа была разделена на следующие уровни:

- ЦЭС, где рассмотрены участки от распределительных устройств (РУ) 0,4 кВ трансформаторных подстанций до распределительных пунктов и мощных электроприемников, которые питаются непосредственно от РУ;
- ТП 10/0,4 кВ;
- РС 10 кВ, которые обеспечивают питание цеховых ТП и высоковольтных электроприемников (ВПЭ) от РП 10 кВ;
- ПС 10 кВ, которые связывают РП 10 кВ и ИПП;
- ИПП – ГПП 150/10 кВ.

Схемы цеховых и внутриводских сетей – радиальные. Компенсация реактивной мощности осуществляется установкой высоковольтных компенсирующих устройств, которые подключены к РУ РП10 кВ.

Состав и технические характеристики исследуемой системы электроснабжения коксохимического производства по указанным уровням представлены в таблице 1. Расположение электропотребителей (цехов и других технологических подразделений), цеховых ТП, РП, ИПП

относительно друг друга представлены на рис. 1. Здесь выделены области распределения потребителей по узлам системы. Годовой объем потребляемой активной электроэнергии на этом производстве составляет 178646 МВт·час, который в стоимостном выражении при тарифе 0,281 грн/кВт·час равен 50,200 млн. грн.

Таблица 1

Состав и технические характеристики элементов исследуемой системы электроснабжения коксохимического производства

Уровень	Элементы	Параметры системы	Значения параметров
ЦЭС	КЛ 0,4 кВ	марка проводника	АВГ.
		сечения проводников, мм <sup>2</sup>	25;50;70;95
ТП	трансформаторы	количество КЛ, шт.	1;2
	НКУ	общая длина КЛ, км	16,162
РС	КЛ 10 кВ	количество ТП, шт.	20
		номинальные мощности, кВА	630;1000;1600;2500
ПС	КЛ 10 кВ	суммарная номинальная мощность, кВАР	не установлены
		марка проводника	ААШв
ИПП	ГТП 150/10 кВ	сечения проводников, мм <sup>2</sup>	50;70;95;120
		количество КЛ, шт.	1;2
ИПП	ГТП 150/10 кВ	общая длина КЛ, км	9,192
		количество, шт.	5
ИПП	ГТП 150/10 кВ	марка проводника	ААШв
		сечения проводников, мм <sup>2</sup>	120;150;185
ИПП	ГТП 150/10 кВ	количество КЛ, шт.	1;2;3
		общая длина КЛ, км	6,627
ИПП	ГТП 150/10 кВ	суммарная номинальная мощность, кВАР	12450
		количество, шт.	1
ИПП	ГТП 150/10 кВ	тип и номинальная мощность трансформаторов	2ТМ-25000-150/10

Используя разработанную программу «Potential», реализованную на языке Delphi, были рассчитаны потери активной электроэнергии в элементах описанной системы электроснабжения по ее уровням, значения которых представлены на рис. 2. Также была проведена оптимизация системы в целом по всем указанным выше параметрам. Результаты такой оптимизации приведены в таблице 2. План расположения узлов идеальной системы относительно друг друга и распределение электропотребителей по этим узлам изображены на рис. 3. На рис. 4 представлены потери активной электроэнергии для идеальной системы электроснабжения по уровням системы, а также сравнительный анализ с потерями в реальной системе.

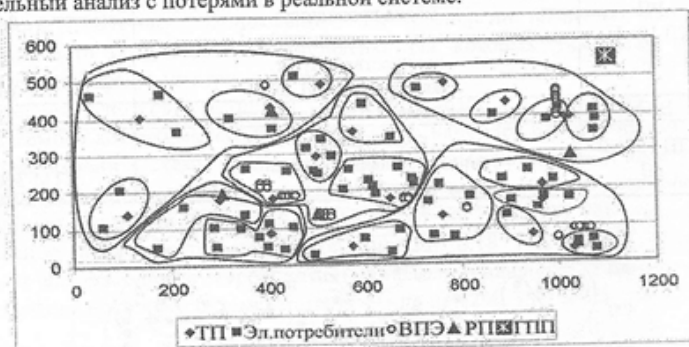
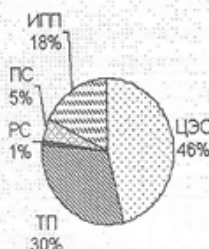


Рис. 1. План расположения узлов электрической сети и электропотребителей

Результаты оптимизации системы электроснабжения коксохимического производства показали, что она имеет предельный резерв экономии электроэнергии – 2900,736 МВт·час/год. В случае, если бы полученная система была реализована с параметрами указанными в табл. 2, понадобились бы дополнительные капиталовложения в объеме более 15 млн.грн, и тогда себестоимость сэкономленной электроэнергии при сроке окупаемости пять лет составила бы 1,14 грн/кВт·час. Естественно, что полная реализация такой системы при действующих тарифах на электроэнергию невозможна с точки зрения экономической целесообразности. Поэтому была составлена последовательность изменения параметров системы по вышеописанной методике, и

оценены соответствующие этому изменению потери электроэнергии в ней и затраты на реализацию указанных изменений. Из рассмотренных шестнадцати возможных мероприятий экономически целесообразными на сегодняшний день оказались только три мероприятия, приведенные в табл. 3. Здесь указана и последовательность их реализации.

Уровень системы	Значение потерь активной эл. энергии за год в элементах системы, МВт*час/год
ЦЭС	2592,934
ТП	1694,958
РС	61,865
ПС	262,681
ИПП система	979,089
	5591,518



□ ЦЭС ■ ТП ■ РС ■ ПС ■ ИПП

Рис. 2. Структура потерь активной электроэнергии за год в элементах исследуемой системы электроснабжения коксохимического производства

Таблица 2

Результаты оптимизации параметров системы электроснабжения коксохимического производства

Уровень	Элементы	Параметры системы	Значения параметров
ЦЭС	КЛ 0,4 кВ	марка проводника	АВГ
		сечения проводников, мм <sup>2</sup>	95,120
		количество КЛ, шт.	4,5
		общая длина КЛ, км	37,410
ТП	трансформаторы	количество ТП, шт. номинальные мощности, кВА	40 250;630;400;1000;1600;2500
	НКУ	суммарная номинальная мощность, кВАР	15755
РС	КЛ 10 кВ	марка проводника	ААШв
		сечения проводников, мм <sup>2</sup>	120; 150
		количество КЛ, шт.	3
		общая длина КЛ, км	21,920
ПС	РП КЛ 10 кВ	количество, шт.	10
		марка проводника	ААШв
		сечения проводников, мм <sup>2</sup>	185
		количество КЛ, шт.	3
	ВКУ	общая длина КЛ, км	16,627
		суммарная номинальная мощность, кВАР	21600
ИПП	ГПП 150/10 кВ	количество, шт. тип и номинальная мощность трансформаторов	1 2ТМ-32000-150/10

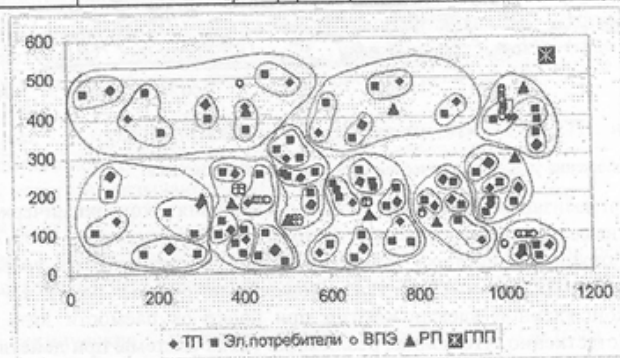


Рис. 3. План расположения электропотребителей и узлов электрических сетей идеальной системы электроснабжения коксохимического производства

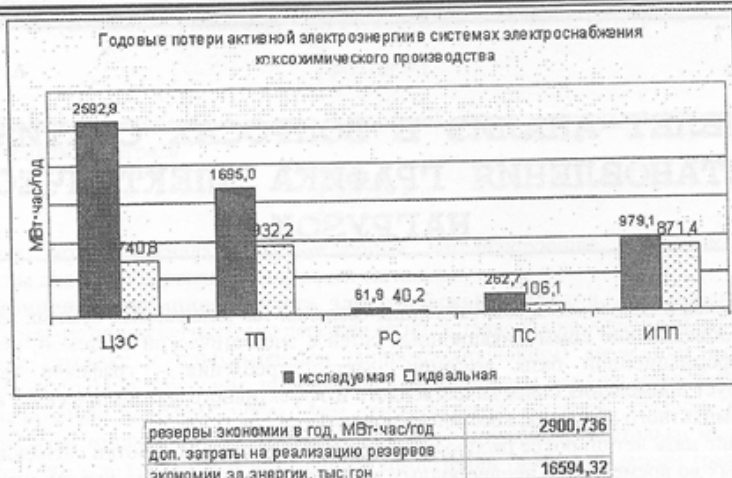


Рис. 4. Структура потерь активной электроэнергии за год в элементах систем электроснабжения коксохимического производства

Таблица 3

Последовательность изменения параметров системы электроснабжения коксохимического производства (внедрения энергосберегающих мероприятий)

№ п/п	Изменяемые параметры	Резервы экономии эл. энергии, МВт·час/год	Затраты на реализацию, тыс. грн/год	Себестоимость эл. энергии при Ток=5лет, грн/ кВт·час
1	Конструктивные характеристики ЦЭС	1945,701	1361,991	0,14
2	Схема ЦЭС	648,680	583,812	0,18
3	Конструктивные характеристики ПС	175,120	218,900	0,25

#### Выводы

1. Применение предложенной методики позволяет оценить потенциал энергосбережения в системах электроснабжения и предложить конкретную экономически целесообразную в условиях действующих тарифов и цен программу снижения потерь электроэнергии в них.
2. Использование в качестве критерия целесообразности энергосберегающих мероприятий себестоимости 1 кВт·часа сэкономленной электроэнергии позволяет явно ограничить их перечень, то есть оставить те мероприятия, для которых указанная величина меньше действующего тарифа на электроэнергию.
3. Для снижения потерь активной электроэнергии в системе электроснабжения рассматриваемого коксохимического производства наиболее целесообразно с экономической точки зрения изменить схемы и конструктивные параметры цеховых электрических сетей, а также конструктивные параметры питающей сети выше 1000 В, что обеспечит годовую экономию электроэнергии в объемах 648,680 МВт·час, 1945,701 МВт·час и 175,12 МВт·час соответственно при себестоимости этой энергии 0,18 грн/кВт·час, 0,14 грн/кВт·час и 0,25 грн/кВт·час. Указанные мероприятия позволили уменьшить годовые потери активной электроэнергии в целом по системе соответственно на 12%, 35% и 3%.

#### Литература

1. Енергетичний аудит: Навчальний посібник/ О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
2. Качан Ю.Г., Дьяченко В.В. Об оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения промышленных предприятий// Интегровані технології та енергозбереження: Щоквартальний наук.-практ. журн. – 2005. -№2. – С.154 – 156.
3. Качан Ю.Г., Дьяченко В.В. Методические основы повышения энергоэффективности систем электроснабжения промышленных предприятий// Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2006. – Вип..76. – С.12 – 17.