



УТВЕРЖДАЮ
Директор Некоммерческого Партнерства
«Гильдия Энергоаудиторов»



2010 года
В.В. Банников

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Регламентирующий порядок проведения энергетических
обследований промышленных предприятия и организаций
(электрическая часть)

Московская область, г. Королев

2010 год

АННОТАЦИЯ

Данная методика необходима при обследовании электрической части энергетического хозяйства промышленных предприятий и организаций. В методике указаны способы оценки эффективности работы оборудования, потребляющего электрическую энергию, а также примеры расчета экономии электрической энергии при выполнении типовых мероприятий по рациональному и эффективному потреблению топливно-энергетических ресурсов.

Ниже приведен перечень работ, проводимых по Стандарту с краткой характеристикой:

- Анализ электропотребления предприятия (проводится расчет удельных показателей потребления электрической энергии по месяцам за два года, сравнение полученных данных);
- Обследование систем учета потребления электроэнергии предприятия (проверяется наличие и состояние узлов учета потребления электрической энергии, правильность расчетов потерь электроэнергии при несовпадении точки учета и границы балансовой принадлежности);
- Обследование силовых трансформаторов (определение экономически целесообразного режима работы трансформаторов предприятия);
- Обследование электрических сетей номинальным напряжением выше 1000В (определение снижения потерь электроэнергии в сетях при выравнивании графика электрической нагрузки, при реконструкции линии электропередач, при включении под нагрузку резервных линий);
- Обследование электрических сетей номинальным напряжением ниже 1000В (проверка качества контактных соединений в РУ-0,4кВ, во ВРУ зданий, определение неравномерности нагрузки линий по фазам);
- Определение показателей качества электрической энергии (оценка соответствия показателей качества электроэнергии нормам ГОСТ 13109-97);
- Анализ режимов компенсации реактивной мощности (разработка мероприятий по уменьшению потреблению реактивной энергии от источника и снижению платы за потребленную реактивную энергию);
- Обследование режимов работы основного электропотребляющего оборудования (разработка мероприятий по рациональной работе электрических печей, электродвигателей, насосов и вентиляторов);
- Обследование системы электрического освещения (разработка рекомендаций по экономии электрической энергии в сетях электрического освещения);

Расчеты экономии электрической энергии по данной методике могут проводиться как вручную, так и на компьютере при помощи пакета прикладных программ ExpertEnergо.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Энергосбережение – реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Энергетический ресурс – носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть использован в перспективе.

Эффективное использование энергетических ресурсов – достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды.

Показатель энергоэффективности – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами.

Энергетический объект – любое сооружение или группа сооружений, предназначенные для производства, транспорта, распределения и (или) преобразования энергии, а также ее использования для получения продукции или услуг.

Энергопотребление – физическая величина, отражающая количество потребляемого хозяйственным субъектом энергоресурса определенного качества, которая используется для расчета показателей энергоэффективности.

Энергоаудит – обследование энергетических объектов с целью выявления энергетической эффективности, определения мер по ее повышению и возможностей их реализации, включающее сбор документальной информации, инструментальное обследование, анализ информации и разработку рекомендаций по энергосбережению.

Сбор документальной информации – сбор данных о потреблении энергоресурсов, выпуске продукции, выполнении работ и оказании услуг, о технологических параметрах, технико-экономических показателях, климатических наблюдениях и других данных, которые необходимо учитывать при расчете эффективности энергетического объекта.

Инструментальное обследование – измерение и регистрация характеристик энергопотребления с помощью стационарных или портативных приборов.

Анализ информации – определение показателей энергетической эффективности и резервов энергосбережения на основе собранной документальной информации и данных инструментального обследования.

Разработка рекомендаций по энергосбережению – обоснование экономических, организационных, технических и технологических усовершенствований, главным образом направленных на повышение энергоэффективности объекта, с обязательной оценкой возможностей их реализации, предполагаемых затрат и прогнозируемого эффекта в физическом и денежном выражении.

Энергетический менеджмент – совокупность технических и организационных средств, направленных на повышение эффективности использования энергоресурсов и являющихся частью общей структуры управления предприятием.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

2.1. Энергетическое обследование проводится в соответствии с Федеральным законом №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» от 23.11.2009 г., постановлением Правительства Российской Федерации «О неотложных мерах по энергосбережению» от 02.11.95 г. № 1087 и «Правилами проведения энергетических обследований организаций», утвержденными заместителем министра топлива и энергетики Российской Федерации от 25.03.98 г., в целях оценки эффективности использования организациями и предприятиями энергетических ресурсов (твердого топлива, нефти, природного и попутного газа, продуктов их переработки, электро- и теплоэнергии), снижения затрат потребителей на топливо и энергосбережение, сохранения природных невозобновляемых ресурсов, предупреждения отрицательных антропогенных воздействий и экологического риска.

2.2. Организации, осуществляющие энергетические обследования должны руководствоваться настоящим документом, другими отраслевыми руководящими документами, а также специальными стандартами организаций СРО и Правилами проведения энергетических обследований.

Во всех случаях при проведении энергетических обследований необходимо учитывать отраслевые нормативно-методические требования, касающиеся правил эксплуатации, наладки испытаний соответствующего оборудования и техники безопасности.

3. ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМУ ОБСЛЕДОВАНИЮ

При выполнении работ по энергетическому обследованию выполняются следующие работы:

- Сбор документальной информации;
- Инструментальные обследования;
- Анализ полученных данных;
- Аналитические расчеты;
- Разработка рекомендаций по энергосбережению;
- Составление отчета о проведенной работе.

Предварительно происходит ознакомление с предприятием, определяется перечень работ, которые будут проведены при энергоаудите.

Перечень работ, которые могут быть проведены при обследовании предприятий:

- Анализ электропотребления предприятия, составление динамики электропотребления по месяцам, по объектам;
- Анализ систем учета потребления электроэнергии предприятием;
- Обследование системы электроснабжения предприятия:
 - o Обследование силовых трансформаторов на трансформаторных подстанциях предприятия;
 - o Обследование электрических сетей номинальным напряжением выше 1000В;
 - o Обследование электрических сетей номинальным напряжением ниже 1000В;
 - o Определение показателей качества электроэнергии;
- Анализ режимов компенсации реактивной мощности;
- Обследование режимов работы основного электропотребляющего оборудования:
 - o Электродвигатели;
 - o Насосы и вентиляторы;
 - o Компрессоры;
 - o Электродвигатели;
- Обследование системы электрического освещения.

Для энергетического обследования предприятия (электрическая часть) необходима следующая информация:

- договор на снабжение электрической энергии между энергоснабжающей организацией и предприятием;
- показатели, характеризующие предприятие (выпуск продукции, потребление электроэнергии и др.) (приложение 1).
- договора на снабжение электрической энергии между предприятием и сторонними потребителями электрической энергии;
- однолинейная схема электрической сети предприятия;
- параметры элементов схемы электрической сети предприятия;
- графики электрических нагрузок за характерные летние и зимние сутки за рабочий и выходной день (приложение 1);
- перечень установленного оборудования, потребляющего электрическую энергию (приложение 1);
- данные по компенсации реактивной энергии (приложение 1);
- паспортные данные основного электропотребляющего оборудования (компрессоры, насосы, электродвигатели и др.);

3.1. Анализ электропотребления предприятия.

Анализ электропотребления предприятия проводится по следующей информации:

- потребление электроэнергии каждым цехом предприятия за каждый месяц в течении 2-х полных лет до года проведения энергетического обследования в натуральном и стоимостном выражении;
- производство продукции по цехам в натуральном и стоимостном выражении за тот же период времени.

За каждый месяц указанного периода рассчитываются удельные показатели электропотребления предприятия:

- на единицу реализованной продукции (кВт*ч/ед.);
- на рубль реализованной продукции (кВт*ч/руб);
- доля стоимости потребленной электроэнергии в стоимости реализованной продукции (%);

Рассчитанные показатели представляются в таблицах и диаграммах (приложение 2).

3.2. Обследование систем учета потребления электроэнергии предприятия.

Существующая система контроля и учета электроэнергии на большинстве предприятий имеет ряд существенных недостатков:

- отсутствие (или незначительное количество) средств автоматизации контроля и учета использования электроэнергии.
- оснащение систем учета приборами, морально и физически устаревшими, с низким классом точности.
- невозможность прогнозирования максимума нагрузки предприятия в момент прохождения максимума энергосистемы.
- невозможность прогнозирования оптимальных величин потребления энергоресурсов (для заключения договоров с энергоснабжающими организациями). при этом предприятия-потребители несут значительные убытки.
- отсутствие получения оперативной информации об энергопотреблении производственными подразделениями.
- невозможность проведения оперативного анализа суточного энергопотребления.
- невозможность машинной обработки результатов энергопотребления.

Существенно избежать недостатков в организации контроля и учета энергоресурсов позволяет внедрение различных комплексов информационно-измерительных систем, обеспечивающих автоматизацию коммерческого и технического учета энергии. Внедрение подобных комплексов относится к малозатратным или средnezатратным мероприятиям со сроком окупаемости до 1 года.

Основной трудностью в начале внедрения информационно-измерительных систем являлось обязательное наличие гальванической (проводной) связи между датчиком (счетчиком) и машиной. В настоящее время существуют различные недорогие уплотнители каналов, позволяющих использовать в качестве каналов связи комплексную телефонную сеть предприятия.

При энергетическом обследовании предприятия бригада по энергоаудиту проводит осмотр систем учета с обязательным уточнением и записью:

- типа счетчиков и их заводские номера;
- класса точности;
- даты поверки;

- наличия счетчиков реактивной энергии;
- наличия счетчиков генерации реактивной энергии;
- наличия счетчиков участия в максимуме и многотарифных счетчиков;
- типа трансформаторов тока и напряжения, даты их поверки и заводские номера.

Исследования показали, что правильная организация учета энергопотребления позволяет экономить 5-10 % от годового расхода электроэнергии (при условии ежедневного анализа суточного расхода и принятии решений по оптимальной нагрузке с записью в оперативный журнал распоряжений для оперативного персонала).

При наличии субабонентов потребления электроэнергии необходимо проверить правильность расчетов величины потребляемой электрической энергии. При обследовании необходимо определить:

- в какой точке установлены счетчики электрической энергии субабонентов;
- наличие у субабонентов регистратора максимума нагрузки, счетчиков активной и реактивной энергии;
- кому оплачивают субабоненты стоимость потребленной электрической энергии;
- уменьшается ли общее потребление электроэнергии предприятия на величину потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия от электроэнергии, потребляемой субабонентами;
- уменьшается ли заявленный максимум потребляемой мощности предприятия на величину расчетной нагрузки субабонентов;
- уменьшается ли общее потребление реактивной энергии предприятием на величину потребления реактивной мощности субабонентами.

Для определения величины потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия от электроэнергии, потребляемой субабонентами рекомендуется пользоваться методикой расчета, указанной в «Инструкции по определению потерь электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, учитываемых при финансовых расчетах за электроэнергию между энергосистемами и энергосистемой и потребителем», Москва, 1970 год:

- в трансформаторе – по таблице 1:

Таблица 1

Напряжение обмотки ВН, кВ	Номинальная мощность трансформатора, кВА	Потери электроэнергии, %					
		Работа предприятия в одну смену		Работа предприятия в две смены		Работа предприятия в три смены	
		Cos φ >0,9	Cos φ <0,9	Cos φ >0,9	Cos φ <0,9	Cos φ >0,9	Cos φ <0,9
35	1000	4,1	5,1	2,8	3,4	2,0	2,4
	1600	3,9	4,9	2,7	3,3	1,9	2,3
	1800	3,7	4,6	2,5	3,1	1,8	2,1
	2500	3,2	4,1	2,4	2,7	1,6	1,9
	3200	2,9	3,6	2,0	2,4	1,4	1,7
	4000	2,8	3,5	1,9	2,4	1,3	1,7
	5600	2,7	3,3	1,8	2,3	1,3	1,6
	6300	2,7	3,3	1,8	2,3	1,3	1,6
	7500	2,6	3,2	1,7	2,2	1,2	1,5
	10000	2,3	3,0	1,6	2,0	1,1	1,4
	15000	2,1	2,6	1,4	1,8	1,0	1,2
	16000	2,1	2,6	1,4	1,7	1,06	1,2
	20000	1,9	2,4	1,3	1,6	0,9	1,1
	25000	1,9	2,2	1,3	1,6	0,9	1,1
	31500	1,8	2,2	1,2	1,5	0,8	1,0
40000	1,8	2,2	1,2	1,5	0,8	1,0	
40500	1,8	2,2	1,2	1,5	0,8	1,0	
110	5600	3,6	4,4	2,4	3,0	1,7	2,0
	6300	3,6	4,3	2,4	3,0	1,7	2,0
	7500	3,5	4,2	2,3	2,8	1,6	1,9
	10000	3,0	3,7	2,0	2,5	1,4	1,7

15000	2,7	3,3	1,8	2,2	1,3	1,7
16000	2,7	3,2	1,7	2,1	1,2	1,5
20000	2,4	2,9	1,6	2,0	1,1	1,4
25000	2,3	2,8	1,5	1,9	1,1	1,3
31500	2,1	2,6	1,4	1,8	1,0	1,2
40000	2,1	2,6	1,4	1,8	1,0	1,2
40500	2,1	2,6	1,4	1,8	1,0	1,2
60000	1,9	2,4	1,3	1,6	0,9	1,0
63000	1,8	2,3	1,2	1,5	0,8	1,0
70000	1,5	1,9	1,0	1,3	0,7	0,9
80000	1,5	1,9	1,0	1,3	0,7	0,9

Для двухобмоточных трансформаторов мощностью ниже 1000 кВА потери электроэнергии принимаются такие же, как и для трансформаторов мощностью 1000 кВА.

Для трансформаторов мощностью выше 80000кВА потери электроэнергии принимаются такие же, как и для трансформаторов мощностью 80000 кВА.

Если напряжение обмотки трансформаторов ниже 35 кВ, потери электроэнергии принимаются такие же, как и для трансформаторов напряжением 35 кВ.

Если напряжение обмотки трансформаторов выше 110 кВ, потери электроэнергии принимаются такие же, как и для трансформаторов напряжением 110 кВ.

Для трехобмоточных трансформаторов потери электроэнергии принимаются такие же, как для двухобмоточных трансформаторов той же мощности с применением коэффициента 1,5.

- в линиях электропередач:

$$\Delta W_{\Lambda} = \frac{W_{\Lambda}^2 + W_{\text{P}}^2}{U_{\text{H}}^2 \cdot T_{\text{П}}} \cdot R_{\text{Э}} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт*ч}, \quad (1)$$

где W_{Λ} и W_{P} – потребление активной и реактивной энергии за отчетный период, кВт*ч (квар*ч)

U_{H} – номинальное напряжение линии, кВ;

$T_{\text{П}}$ – число часов работы линии за расчетный период;

R_{P} – расчетное сопротивление линии, Ом:

$$R_{\text{Э}} = r_0 \cdot l, \text{ Ом}, \quad (2)$$

где r_0 – удельное сопротивление линии, Ом/км;

l – длина линии, км.

Пример расчета экономии ресурсов от изменения порядка расчета за потребленную электрическую энергию представлен в приложении 3.

3.3.Обследование системы электроснабжения предприятия.

3.3.1. Обследование силовых трансформаторов на трансформаторных подстанциях предприятия.

Собирается следующая информация:

- однолинейная схема электроснабжения предприятия;
- параметры элементов схемы:
 - для ЛЭП – материал, длина, сечение;
 - для трансформаторов – тип, номинальные мощность, напряжения, паспортные данные (при их отсутствии – из справочника);
- суточные графики электрических нагрузок за характерные зимние и летние сутки, выходной и рабочий дни по каждому трансформатору на каждой подстанции;

- режимы работы потребителей в течение года (одно-, двух-, трехсменный, непрерывный).

Суточные графики электрических нагрузок снимаются при помощи измерителя показателей качества электрической энергии «РЕСУРС-UF2». Указанный прибор позволяет снимать суточные графики электрических нагрузок по каждой фазе.

Анализируя представленные графики и режимы работы потребителей определяются трансформаторы, которые целесообразно отключать в определенное время. Разрабатывается приблизительный график работы трансформаторов, он может быть изменен из-за изменения режима работы оборудования.

Значение экономии электроэнергии при внедрении предложенных мероприятий проводится при помощи пакета компьютерных программ «Эксперт-энерго». Примеры выполнения расчетов (файлы результатов) представлены в приложении 4.

3.3.2. *Обследование электрических сетей номинальным напряжением выше 1000В.*

- Определение снижения потерь электроэнергии в сети выравниванием графика электрической нагрузки

Величину неравномерности графика характеризует коэффициент формы (κ_{ϕ} , равный отношению среднеквадратичной мощности к средней). Для ровного графика $\kappa_{\phi} = 1$, а для остальных случаев $\kappa_{\phi} > 1$. При одинаковом потреблении электроэнергии минимальные потери будут при $\kappa_{\phi} = 1$.

Снижение потерь электроэнергии в результате выравнивания графика определяется по следующей формуле.

$$\Delta W = A \left(1 - \frac{\kappa_{\phi 2}^2}{\kappa_{\phi 1}^2} \right), \quad (3)$$

где $A = 3 I^2 \cdot r \cdot \tau \cdot 10^{-3}$ (кВт · ч) – потери в сети до выравнивания графика.

$\kappa_{\phi 1}$ – коэффициент формы до выравнивания графика

$\kappa_{\phi 2}$ – коэффициент формы после выравнивания графика.

Приближенно можно воспользоваться формулой:

$$\frac{\kappa_{\phi 2}^2}{\kappa_{\phi 1}^2} = \left(\frac{1090 / T_{\max 2} + 0,876}{1090 / T_{\max 1} + 0,876} \right)^2, \quad (4)$$

где $T_{\max 1}$, $T_{\max 2}$ – число часов использования максимума электрической нагрузки до выравнивания графика и после выравнивания.

$$T_{\max} = \frac{W}{P_{\max}}, \quad (5)$$

где W – годовой расход электроэнергии;

P_{\max} – максимальная нагрузка (тридцатиминутный максимум).

Указанный расчет проводится автоматизировано при помощи пакета программ «Эксперт-энерго».

Пример расчета представлен в приложении 4.

- Снижение потерь электроэнергии при реконструкции линии электропередачи

При реконструкции линий электропередачи можно добиться снижения потерь электроэнергии. К факторам, снижающим потери относятся:

- повышение напряжения (а значит, уменьшения тока при той же нагрузке);
- увеличение сечения;

- сокращение длины;
- применение материалов с меньшим удельным сопротивлением.

В общем случае экономия электроэнергии при реконструкции линии может быть определена:

$$\Delta W = 3 \left(\frac{I_1^2 \rho_1 \ell_1}{S_1} - \frac{I_2^2 \rho_2 \ell_2}{S_2} \right) \cdot \tau_m \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

- где I_1 и I_2 – максимальные токи до реконструкции и после;
 ρ_1 и ρ_2 – удельное сопротивление материала жил до реконструкции и после;
 ℓ_1 и ℓ_2 – длина линии до реконструкции и после;
 S_1 и S_2 – сечение жил (проводов) до реконструкции и после;
 τ – время максимальных потерь.

Указанный расчет проводится автоматизировано при помощи пакета программ «Эксперт-энерго».

Пример расчета представлен в приложении 5.

- Экономия электроэнергии при включении под нагрузку резервных линий

Включение под нагрузку резервных линий практически всегда приводит к снижению потерь электроэнергии. Однако, при этом, имеется опасность увеличения токов коротких замыканий, что следует учитывать при использовании данного метода.

Экономия электроэнергии составит:

$$\Delta W = 3 I^2 \cdot (r_1 - r_2) \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (7)$$

где I – тридцатиминутный максимум тока, может быть определен как:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} U} = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3} U}; \quad (8)$$

- r_1 – активное сопротивление цепи до включения резервной линии;
 r_2 – активное сопротивление после включения резервной линии;
 τ – время максимальных потерь.

Указанный расчет проводится автоматизировано при помощи пакета программ «Эксперт-энерго».

Пример расчета представлен в приложении 6.

3.3.3. Обследование сетей номинальным напряжением ниже 1000В;

При обследовании проводится:

- Обследование РУ-0,4кВ;
- Обследование распределительных сетей 0,4кВ.

При обследовании РУ-0,4кВ проверяется качество контактных соединений при помощи цифрового инфракрасного термометра "Фаворит" (ООО «ТЕХНОАС» г.Коломна). Измеряется температура контактов на коммутационной аппаратуре. Если температура контактов не превышает 40⁰С температуры воздуха в РУ-0,4кВ, то состояние контактов удовлетворительное. Повышенное значение температуры контактов говорит о неудовлетворительном их качестве, требуется провести ревизию контактных соединений. Значительное значение температуры контактов (150⁰С и выше) говорит о предаварийном режиме работы установки из-за состояния контактов.

На отходящих кабельных линиях от РУ-0,4кВ при помощи мультиметра цифрового с бесконтактным датчиком тока М266 замеряются токи на каждой фазе. При одном и том же потреблении электроэнергии потери будут минимальными в том случае, когда токи по фазам равны. Различие токов по фазам приводит к дополнительным потерям электроэнергии. Поэтому целесообразно переключать однофазные электроприемники с одних фаз на другие,

чтобы токи по фазам были примерно равны. Снижение потерь электроэнергии при реализации этого мероприятия составит:

$$\Delta W = 0,7 \frac{W}{100} \kappa_{\tau 1} (\kappa_{\text{нер}1} \Delta U_{\text{макс}1} - \kappa_{\text{нер}2} \Delta U_{\text{макс}2}), \quad (9)$$

где W – количество отпущенной электроэнергии;

$\kappa_{\text{нер}1}, \kappa_{\text{нер}2}$ – коэффициент неравномерности токов по фазам до выравнивания и после;

$\Delta U_{\text{макс}1}, \Delta U_{\text{макс}2}$ – потери напряжения в сети, %, до выравнивания нагрузки и после;

$$\kappa_{\tau 1} = \frac{\tau}{T_{\text{макс}}}, \text{ где, в свою очередь,}$$

τ – время максимальных потерь,

$T_{\text{макс}}$ – число часов использования максимума.

Коэффициент неравномерности определяется следующим образом:

$$\kappa_{\text{нер}} = 3 \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{(I_A + I_B + I_C)^2} \left(1 + 1,5 \frac{R_N}{R_\phi} \right) - 1,5 \frac{R_N}{R_\phi}, \quad (10)$$

где $\frac{R_N}{R_\phi}$ – отключение сопротивлений нулевого и фазового проводов

Пример расчета представлен в приложении 7.

3.3.4. Определение показателей качества электроэнергии;

При обследовании определяются показатели качества электроэнергии при помощи прибора «РЕСУРС-UF».

Измеритель показателей качества электрической энергии "Ресурс-UF" предназначен для измерения показателей качества электрической энергии (ПКЭ) в электрических сетях общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц. Оценка соответствия показателей КЭ указанным нормам проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97 в течение расчетного периода равного 24 ч (минимальный период проведения измерений). Измеритель "Ресурс-UF" включен в Государственный реестр средств измерений.

"Ресурс-UF" измеряет следующие показатели качества электрической энергии:

- установившееся отклонение напряжения;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения;
- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности;
- отклонение частоты;
- длительность провала напряжения;

При определении значений некоторых показателей КЭ используют следующие вспомогательные параметры электрической энергии:

- глубину провала напряжения;
- длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды;
- длительность временного перенапряжения.

Метрологические характеристики:

1. Измеритель имеет две группы трехфазных входов, с номинальными действующими значениями фазных/междуфазных напряжений 220/380 В (прямой вход) и 57,74/100 В

(трансформаторный вход). Каждая группа входов соединена по схеме "звезда" с изолированной общей точкой.

2. Диапазон измерения действующего значения основной гармоники напряжения, а также установившегося напряжения прямой последовательности $0,7U_H—1,3U_H$.

Диапазон измерения отклонения напряжения основной гармоники от номинального значения, а также установившегося отклонения напряжения прямой последовательности от -30% до $+30\%$.

Для прямого входа за номинальное фазное напряжение принимается 220 В, за номинальное междуфазное напряжение и напряжение прямой последовательности 380 В, для трансформаторного входа 57,74 В и 100 В, соответственно.

3. Максимальное амплитудное значение измеряемого фазного напряжения на входах "220/380 В" – 448,4 В. Максимальное амплитудное значение измеряемого фазного напряжения на входах "57,74/100 В" – 118 В.

4. Диапазон измерения частоты 45-55 Гц.

Диапазон измерения отклонения частоты от -5 до $+5$ Гц.

5. Диапазоны измерения коэффициента несимметрии напряжений по обратной последовательности и коэффициента несимметрии напряжений по нулевой последовательности 0-25%

6. Диапазон измерения коэффициента искажения синусоидальности напряжений (в полосе частот от f до $40 \cdot f$) 0,1%-25%.

7. Диапазон измерения коэффициента n -ой гармонической составляющей напряжения (от 2 до 40 гармоники) 0,05%-20%.

8. Диапазон измерения длительности провала напряжения 10 мс-60 с.

Диапазон измерения глубины провала напряжения 10%-100%.

9. Диапазон измерения длительности временного перенапряжения 10 мс-60 с.

Диапазон измерения коэффициента временного перенапряжения 1,1-1,44.

Результаты замеров представлены в приложении 8.

3.4. Анализ режимов компенсации реактивной мощности

Для анализа режимов компенсации реактивной мощности необходима следующая информация:

- однолинейная схема электроснабжения предприятия;
- суточные графики потребления активной и реактивной мощности за характерные зимние и летние сутки;
- перечень оборудования, участвующего в компенсации реактивной мощности (БК, СК, СД) и места их подключения;
- график работы указанного оборудования (БК, СК, СД).

Основные потребители реактивной энергии:

1. На долю асинхронных двигателей приходится свыше 60 — 65% всей реактивной мощности, потребляемой от электрических сетей промышленными предприятиями.
2. На долю силовых трансформаторов приходится — до 20%.
3. Ртутно-преобразовательные подстанции, различные индукционные аппараты, реакторы, воздушные электрические сети и др. — до 20%.

Асинхронные двигатели

Причины снижения коэффициента мощности от номинального:

1. Холостой ход и неполная их загрузка.
2. Увеличение напряжения в сети (1% повышения напряжения приводит к росту реактивной мощности на 3%).
3. Недоброкачественный ремонт, связанный с увеличением воздушных зазоров при проточке роторной поверхности, при уменьшении числа витков в фазах статорной об-

мотки и др.

При номинальной мощности и номинальном напряжении асинхронных двигателей $\cos\varphi$ в зависимости от P может изменяться от 0,85 до 0,92.

При недогрузке двигателя и особенно при увеличении напряжения сверх номинального $\cos\varphi$ существенно уменьшается. Это объясняется тем, что при уменьшении активной нагрузки двигателя реактивная мощность мало меняется, вследствие чего уменьшается коэффициент мощности.

При увеличении напряжения резко увеличивается намагничивающий ток и резко возрастает потребление реактивной мощности при неизменной активной, что также приводит к снижению $\cos\varphi$.

Поэтому все недогруженные двигатели (для которых нагрузка не превышает 45%) должны быть заменены на двигатели меньшей мощности.

При работе на холостом ходу электродвигатель потребляет до 80% всей своей реактивной мощности без всякой необходимости.

Трансформаторы

1. Холостой ход трансформатора.

Реактивная мощность х.х трансформатора типа ТМ в среднем по каталожным данным составляет около 7% номинальной мощности трансформатора и 20% от всей потребляемой реактивной мощности.

2. Если ответвления установлены на меньшее напряжение (по сравнению с напряжением сети), то реактивная мощность трансформатора увеличивается.

Снижение потребления реактивной мощности без применения специальных компенсирующих устройств

К наиболее распространенным мероприятиям относятся:

1. Правильный выбор мощности асинхронных двигателей.
2. Замена малозагруженных асинхронных двигателей на двигатели меньшей мощности (при $\kappa_3 < 40\%$).
3. Переключение схемы соединения статорной обмотки с Δ на λ у малозагруженных двигателей (при $\kappa_3 < 35\%$).
4. Ограничение холостого хода асинхронных двигателей (при длительности холостого хода более 10 с).
5. Улучшение качества ремонта двигателей. Установка новых двигателей с более высокими КПД и $\cos\varphi$ вместо ремонтируемых.
6. Замена, где это возможно, асинхронных двигателей синхронными.
7. Перевод существующих синхронных двигателей из режима недовозбуждения в режим перевозбуждения.
8. Замена асинхронных двигателей на более совершенные (более высокими КПД и $\cos\varphi$).
9. Отключение малозагруженных трансформаторов и переброс их нагрузки на другие трансформаторы.
10. Упорядочение технологического процесса, ведущее к улучшению энергетического режима оборудования и повышению коэффициента мощности.

Снижение потребления реактивной мощности при помощи специальных компенсирующих устройств

Вырабатывать реактивную мощность могут конденсаторные батареи, перевозбужденные синхронные машины и статические источники реактивной мощности. На промышленных предприятиях наибольшее распространение получили конденсаторные батареи. Применение конденсаторных батарей приводит к снижению потерь электроэнергии. Но для то-

го, чтобы эффективность применения конденсаторной батареи была максимальна она должна быть снабжена автоматическим регулятором, чтобы не допустить генерацию реактивной мощности в сеть в часы минимума электрических нагрузок энергосистемы. Это может вызвать:

- а) штрафные санкции энергоснабжающей организации;
- б) повышение напряжения в ночное время у потребителя.

Экономия электроэнергии при установке конденсаторных батарей можно определить как:

$$\Delta W = k_{III} \cdot Q_{KB} \cdot t, \quad (11)$$

где k_{III} – коэффициент изменения потерь, принимается равным 0,04-0,05 кВт/квар;

Q_{KB} – мощность установленной конденсаторной батареи;

t – время работы конденсаторной батареи.

Мощность конденсаторных батарей определяется:

$$Q_{KB} = Q_{\phi} - Q_{\varepsilon} \quad (12)$$

Q_{ϕ} – фактическое потребление реактивной мощности (тридцатиминутный максимум);

Q_{ε} – экономически целесообразное значение реактивной мощности, которое энергосистема может передать предприятию в часы максимума электрических нагрузок:

$$Q_{\varepsilon} = \operatorname{tg} \varphi_{\varepsilon} \cdot P_{\text{м}},$$

$P_{\text{м}}$ – тридцатиминутный максимум;

$$\operatorname{tg} \varphi_{\varepsilon} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{\phi}}{k(0,4d_{\text{макс}} + 0,6)} \quad (13)$$

d – отношение потребления активной энергии потребителем в квартале максимальных нагрузок энергосистемы к потреблению в квартале его максимальных нагрузок.

Если максимум предприятия и энергосистемы совпадает (обычно 4-й квартал), то $d=1$.

Для энергосистемы $k = 0,9$ $\operatorname{tg} \varphi_{\varepsilon}$ принимается 0,4; 0,5; 0,6 для сетей 6-10 кВ, присоединенных к шинам подстанций с высшим напряжением 35,110 и 220 кВ соответственно.

Пример расчета представлен в приложении 9.

3.5.Обследование режимов работы основного электропотребляющего оборудования:

Электрические печи

Снижение расхода электроэнергии при улучшении герметичности электрических печей

Устранение неплотностей в загрузочных дверцах, отверстиях для термопар, сокращение работы печи с открытыми дверцами снижает потери тепла на излучение.

Потери на излучение составляют:

$$\Delta W = \Delta P \cdot S \cdot T, \quad (14)$$

где ΔP – потери мощности с единицы площади неплотностей, кВт/м², принимается по таблице 2;

S – площадь загрузочного акта или других неплотностей;

T – время, в течение которого имеет место неплотность.

Таблица 2

Температура печи	600	700	800	900	1000
Потери на излучение $\Delta P, \text{кВт/м}^2$	17	27	39	57	78

Определение потерь электроэнергии через кожух электрических печей

Чем выше температура кожуха, тем больше потери. Определить перерасход электроэнергии на покрытие тепловых потерь, приведенных в таблице 3.

Таким образом, годовые потери электроэнергии могут быть определены:

$$\Delta W = \Delta P \cdot S \cdot t, \quad (15)$$

где ΔP – удельные тепловые потери, принимаемые по таблице 3;

S – поверхность кожуха, м²;

t – время работы электропечи в году.

Таблица 3

$t, ^\circ\text{C}$	25	40	60	80	100	120	140
$\Delta P_1, \text{кВт/м}^2$	0,25	0,41	0,7	1,15	1,56	1,95	2,45
$\Delta P_2, \text{кВт/м}^2$	0,2	0,3	0,58	0,82	1,2	1,58	1,92

Пример расчета представлен в приложении 10.

Электродвигатели

При обследовании электродвигателей основного оборудования двигатель осматривается, собираются его паспортные данные, данные по проведенным капитальным ремонтам двигателя. При помощи мультиметра цифрового с бесконтактным датчиком тока М266 измеряются токи на каждой фазе электродвигателя (I_A, I_B, I_C) при работе на нагрузку.

Проверяется симметричность нагрузки электродвигателя по фазам. Значительное расхождение токов по фазам говорит о некачественно сделанном капитальном ремонте двигателя, либо о предаварийной его работе.

Проверяется соответствие номинальной мощности электродвигателя его фактической нагрузке (коэффициент загрузки двигателя).

$$K_3 = \frac{S_\Phi \cdot \cos\varphi}{P_{\text{НОМ}}} 100\%, \quad (16)$$

где S_Φ – фактическая полная мощность, потребляемая двигателем:

$$S_\Phi = I_A \cdot U_A + I_B \cdot U_B + I_C \cdot U_C, \text{ (кВА)} \quad (17)$$

где I_A, I_B, I_C – замеренные токи по фазам на вводах электродвигателя, (А);

U_A, U_B, U_C – замеренные напряжения на вводах электродвигателя, (кВ);

$P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность электродвигателя, (кВт);

$\cos \varphi$ – номинальный коэффициент мощности электродвигателя.

Экономия электроэнергии при замене малозагруженных двигателей на двигатели меньшей мощности

Экономия электроэнергии в данном случае обусловлена тем, что двигатель большей мощности имеет большие потери холостого хода. Замена целесообразна при коэффициенте загрузки меньше 40 %.

Экономия электроэнергии определяется:

$$\Delta W = 0,1 (P_1 - P_2) \cdot h, \quad (18)$$

где P_1 – мощность заменяемого двигателя;

P_2 – мощность вновь устанавливаемого двигателя;

h – время работы двигателя.

Пример расчета представлен в приложении 11.

Экономия электрической энергии в результате применения двигателей с более высоким КПД

Для равномерного графика электрической нагрузки и номинальной загрузке двигателя потребления им электроэнергии может быть определено:

$$W = \frac{P_n}{\eta} \cdot t, \quad (19)$$

где P_n — номинальная активная мощность двигателя, кВт;

η — коэффициент полезного действия двигателя;

t — время работы двигателя, ч.

Экономия электроэнергии при замене двигателя на такой же по мощности, но с более высоким КПД составит:

$$\Delta W = \frac{P_n \cdot t \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1}, \quad (20)$$

где η_1 — КПД старого двигателя; η_2 — КПД нового двигателя.

Пример расчета представлен в приложении 11.

Экономия электрической энергии при применении регулируемых электроприводов

Практически до последнего времени использование асинхронных короткозамкнутых двигателей ограничилось областями приводов с нерегулируемой частотой вращения. Двигатели постоянного тока позволяют просто решать проблему регулирования частоты вращения, однако их существенный недостаток — наличие щеток, подверженных быстрому износу, — затрудняет во многих случаях их применение. Поэтому регулирование производительности таких устройств, как компрессоры, вентиляторы, насосы и т. д., осуществляют способами, связанными с нерациональным расходом электроэнергии (изменение проходных сечений обходные контуры и т. д.). С развитием статических преобразователей появилась возможность применения асинхронных двигателей и для приводов с регулируемой частотой вращения.

Эффективность этого направления с точки зрения экономии электроэнергии исключительно высока. Например, для центробежного насоса, производительность которого необходимо изменять в пределах от 126 до 180 м³/ч, потребляемая мощность составляет 62,8 кВт при регулировании способом обходного контура; 46,2 кВт — методом дросселирования и всего лишь 30,6 кВт — при изменении частоты вращения асинхронного двигателя. При этом окупаемость капиталовложений на статический преобразователь составляет 2 года.

Классическим выражением, отражающим зависимость оборотов асинхронного двигателя от параметров электрической сети и конструкции статора, является:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p}, \text{ об/мин}, \quad (21)$$

где f — частота питающей сети — Гц;

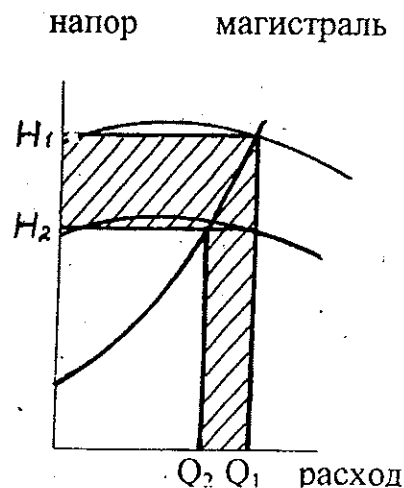
p — число пар полюсов обмотки статора.

Таким образом, число оборотов ротора асинхронного двигателя можно менять либо ступенчато изменением числа пар полюсов, либо изменением частоты питающей сети.

Следует помнить, что электромагнитный момент двигателя является функцией трех параметров.

В общем случае при частотном регулировании регулирование напряжения на зажимах статора может регулироваться как в функции частоты, так и в функции относительного скольжения. В состав частотно-регулируемого привода входят стандартный или специальный асинхронный или синхронный двигатель, транзисторный или тиристорный преобразователь частоты, согласующий трансформатор либо реактор, пускорегулирующая и коммутационная аппаратура.

Частотно-регулируемый привод может применяться в установках, находящихся в эксплуатации, т.е. когда не изменяется за-



проектированная схема. Для вновь проектируемых установок с частотно-регулируемым приводом должны быть учтены аспекты, связанные с упрощением и удешевлением технологической схемы — отказ от применения обратных клапанов в насосах, исключение задвижек, числа насосов, вентиляторов и др.

Не менее эффективно применение регулируемого привода в коммунальном хозяйстве. Переход от нерегулируемого асинхронного электропривода насосов и вентиляторов в системах водо- и воздухообеспечения городских РТС, котельных и центральных тепловых пунктах (ЦТП) к частотно-регулируемому позволяет экономить до 60% электроэнергии, а в системах водоснабжения до 25% потребляемой холодной воды и до 15% горячей.

Указанная экономия достигается за счет исключения ненужных для комфортного водо- и воздухообеспечения избытка напора (давления) закладываемых при проектировании системы, а также возникающих в процессе работы — при изменении расхода, при росте напора в водоснабжающих магистралях и т.п.

Если при некоторой характеристике магистрали (см. рис.) нерегулируемый насос с характеристикой 1 создает напор H_1 , которому соответствует мощность, пропорциональная H_1Q_1 , а для комфортного водоснабжения достаточно напора — H_2 при мощности H_2Q_2 , то переход за счет частотно-регулируемого привода на характеристику насоса 2 позволит экономить мощность $H_1Q_1 - H_2Q_2$ (заштрихована на рисунке).

Экономия воды в системах водоснабжения связана с устранением при регулируемом электроприводе ненужных избытков давления (напора). Для существующих систем водоснабжения в коммунальной сфере каждая лишняя атмосфера (10 м вод.ст.) вызывает за счет больших утечек дополнительные 7—9% потерь воды.

Регулируемый электропривод в системе водоснабжения позволяет решить следующие задачи:

- Экономия электроэнергии до 50%
- Экономия воды до 20%
- Экономия капитальных затрат:
 - исключаются клапаны, задвижки;
 - исключаются водонапорные баки и верхние бассейны;
 - облегчаются условия работы электротехнического оборудования за счет пусковых токов
- Снижение эксплуатационных расходов:
 - снижение нагрузки на насос, клапаны, трубопроводы;
 - стабилизация давления в системе;
 - исключение гидравлического удара;
 - сроки межремонтного обслуживания увеличиваются в 5—10 раз.

Насосы и вентиляторы

Экономия электроэнергии путем замены насосов с низким КПД на насосы с более высоким КПД

Применение насосов с более высоким КПД позволяет экономить электроэнергию. Величина экономии определяется по следующей формуле:

$$\Delta W = \frac{0,00272 \cdot H \cdot Q \cdot t}{\eta_d \cdot \eta_{n1} \cdot \eta_{n2}} \cdot (\eta_{n2} - \eta_{n1}), \quad (22)$$

где: H — напор воды, м;
 Q — подача насоса, м³/час;
 t — время работы насоса;
 η_d — КПД двигателя;
 η_{n1} — КПД заменяемого насоса;
 η_{n2} — КПД нового насоса.

Пример расчета представлен в приложении 12.

Экономия электрической энергии на вентиляции помещений

Расход электроэнергии на вентиляцию можно сократить за счет применения вентиляторов с более высоким КПД.

Экономия электроэнергии, которая может быть получена в этом случае определяется следующим образом:

$$\Delta W = \frac{hQ(\eta_2 - \eta_1) \cdot t \cdot 10^{-3}}{\eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (23)$$

где h – перепад давлений, создаваемый вентилятором, Па;

Q – производительность вентиляторов, м³/с;

η_1 и η_2 – КПД старого и нового вентиляторов, η_2 должен быть больше η_1 ;

t – время работы вентилятора в году, ч.

Пример расчета представлен в приложении 12.

3.6. Обследование системы электрического освещения.

В последнее время, в связи с ростом цен на энергоносители, актуальной становится их экономия. Первым этапом процесса экономии энергии является проведение комплексного энергетического обследования объекта (энергоаудит) и разработка на его основе экономически целесообразных мероприятий по экономии энергии. Данные мероприятия разрабатываются для каждого отдельного типа потребителя энергии: отопление, технология, освещение, вентиляция и т.п. Сначала производится анализ состояния систем энергопотребления, а затем - расчет экономии энергии по определенным методикам.

Система освещения является весомым потребителем электроэнергии, особенно в административных зданиях (до 80%). Поэтому применение предлагаемой методики приобретает большое значение при энергоаудите

Для анализа состояния системы освещения обследуемого объекта необходимо собрать следующую информацию:

- тип и количество существующих светильников;
- тип, количество и мощность используемых ламп;
- режим работы системы искусственного освещения;
- характеристики поверхностей помещений (коэффициенты отражения);
- год установки светильников;
- периодичность чистки светильников;
- фактический и нормированный уровень освещенности;
- значения напряжения электросети освещения в начале и в конце измерений освещенности;

• размеры помещения;

• средний фактический срок службы ламп;

• фактическое и нормированное значение коэффициента естественной освещенности.

Затем, производится расчет показателей энергопотребления на основании вышеперечисленных данных полученных в результате инструментального обследования объекта.

Установленная мощность:

$$P_i = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{ГПА}} \cdot N \quad (\text{Вт}) \quad (24)$$

где P_i - мощность осветительной установки i -го помещения в обследуемом объекте;

$K_{\text{ГПА}}$ коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;

$P_{\text{л}}$ - мощность лампы;

N - количество однотипных ламп в осветительной установке i -го помещения.
 Годовое и удельное энергопотребление:

$$W_{\Gamma} = \sum W_{\Gamma i} = \sum P_i \cdot T_{\Gamma i} \cdot k_{\text{И}i} \text{ (кВт*ч)} \quad (25)$$

где W_{Γ} - суммарное годовое потребление электроэнергии;

$W_{\Gamma i}$ - годовое потребление ОУ i -го помещения;

$T_{\Gamma i}$ - годовое число часов работы системы i -го помещения;

$k_{\text{И}i}$ - коэффициент использования установленной электрической мощности в ОУ i -го помещения ($k_{\text{И}i} = 1$).

$$W_{\Gamma\text{уд}} = \frac{W_{\Gamma}}{\sum S_i} \text{ (кВт*ч/м}^2\text{)} \quad (26)$$

где W_{Γ} - годовое удельное потребление электроэнергии;

S_i - площадь i -го помещения в исследуемом объекте.

Удельные показатели энергопотребления или установленной мощности (Вт/м^2) позволяют на основе норм приблизительно ($\pm 20\%$) оценить общий потенциал экономии энергии.

Для более точной оценки по каждому мероприятию необходимо выполнить расчет экономии электроэнергии по нижеприведенной методике.

Сначала необходимо определить фактическое среднее значение освещенности с учетом отклонения напряжения в сети от номинального по формуле:

$$E_{\Phi} = \frac{E'_{\Phi} \cdot U_{\text{Н}}}{U_{\text{Н}} - k(U_{\text{Н}} - U_{\text{СР}})} \text{ (лк)} \quad (27)$$

где E'_{Φ} - измеренная фактическая освещенность, лк;

k - коэффициент учитывающий изменения светового потока лампы при отклонении напряжения питающей сети ($k=4$ для ламп накаливания, $k=2$ для газоразрядных ламп); $U_{\text{Н}}$ - номинальное напряжение сети, В;

$U_{\text{СР}}$ - среднее фактическое значение напряжения $U_{\text{СР}} = \{U_1 - U_2\} / 2$ (В) (U_1 и U_2 - значения напряжения сети в начале и конце измерения).

Для учета отклонения фактической освещенности от нормативных значений определяем коэффициент приведения:

$$k_{\text{п}i} = \frac{E_{\Phi i}}{E_{\text{Н}i}} \quad (28)$$

где $k_{\text{п}i}$ - коэффициент приведения освещенности i -го помещения;

$E_{\text{Н}i}$ - нормируемое значение освещенности в i -ом помещении;

$E_{\Phi i}$ - фактическое значение освещенности в i -ом помещении.

Потенциал годовой экономии электроэнергии в ОУ обследуемого помещения рассчитывается по формуле:

$$\Delta W_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n k_{\text{п}i} \sum_{k=1}^f \Delta W_i^k \text{ (кВт*ч/год)} \quad (29)$$

где ΔW_i^k - потенциал экономии электроэнергии в кВт*ч/год для i -го помещения и k -го мероприятия.

К основным мероприятиям относятся:

1. Переход на другой тип источника света с более высокой светоотдачей (лм/вт). Экономия электроэнергии в результате данного мероприятия определяется по формуле:

$$\Delta W_i = W_{\Gamma i} (1 - k_{\text{И}i} \cdot k_{\text{ЭП}i}) \text{ (кВтч/год)} \quad (30)$$

где $k_{\text{И}i}$ - коэффициент эффективности замены типа источника света;

$k_{\text{ЭП}i}$ - коэффициент запаса учитывающий снижение светового потока лампы в течение срока службы [1] (при замене ламп с близким по значений $k_{\text{ЭП}}$ но с разной эффективностью $k_{\text{ЭП}}$ исключается или корректируется, кроме случая когда обследование проводилось после групповой замены источников света).

$$k_{ис,i} = \frac{\eta}{\eta_N} \quad (31)$$

где η - светоотдача существующего источника света (лм/вт);

η_N - светоотдача предлагаемого к установке источника света (лм/вт).

2. Повышение КПД существующих осветительных приборов вследствие их чистки. Экономия электроэнергии в результате данного мероприятия определяется по формуле:

$$\Delta W_i = W_{Г,i} k_{ч,i} \quad (32)$$

где $k_{ч,i}$ - коэффициент эффективности чистки светильников.

$$k_{ч,i} = 1 - \left(\gamma_c + \beta_c e^{-t/t_c} \right) \quad (33)$$

где γ_c, β_c, t_c - постоянные для заданных условий эксплуатации светильников [1];

t - продолжительность эксплуатации светильников между двумя ближайшими чистками.

3. Повышение эффективности использования отражённого света. Увеличение коэффициентов отражения поверхностей помещений на 20% и более (покраска в более светлые тона, побелка, мойка) позволяет экономить 5-15% электроэнергии, вследствие увеличения уровня освещенности от естественного и искусственного освещения. Эффективность данного мероприятия зависит от большого числа факторов: размеры помещения, коэффициенты отражения поверхностей помещения, расположение светопроемов, коэффициент естественной освещенности (КЕО), режим работы людей в помещении, светораспределение и расположение светильников. Поэтому более точное значение экономии электроэнергии можно получить на основании светотехнического расчета методом коэффициента использования.

4. Повышение эффективности использования электроэнергии при автоматизации управления освещением.

Эффективность данного мероприятия является многофакторной, методика расчета экономии электроэнергии, представленная в [2], сложна для использования при энергообследовании, но может быть рекомендована при необходимости точной оценки.

На основании опыта внедрения систем автоматизации и экономии от данного мероприятия можно определить по следующей формуле:

$$\Delta W_i = W_{Г,i} (k_{ЭА,i} - 1), \text{ кВт*ч/год} \quad (34)$$

где $k_{ЭА,i}$ - коэффициент эффективности автоматизации управления освещением, который зависит от уровня сложности системы управления.

В таблице 4 представлены значения k , для предприятий и организаций с обычным режимом работы (1 смена).

Таблица 4.

№ п.п	Уровень сложности системы автоматического управления освещением	$K_{ЭА,i}$
1	Контроль уровня освещенности и автоматическое включение и отключение системы освещения при критическом значении Е	1,1 -1,15
2	Зонное управление освещением (включение и отключение освещения дискретно, в зависимости от зонного распределения естественной освещенности)	1.2-1,25
3	Плавное управление мощностью и световым потоком светильников в зависимости от распределения естественной освещенности	1,3-1.4

5. Установка энергоэффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА).

$$\Delta W_i = W_{Г,i} \left(1 - \frac{K_{ПРА,i}^N}{K_{ПРА}} \right) \text{ (кВтч/год)} \quad (35)$$

где $K_{ПРА,i}$ - коэффициент потерь в ПРА существующих светильников системы освещения i -го помещения;

$K_{ПРА,i}^N$ - коэффициент потерь в устанавливаемых ПРА.

6. Замена светильников является наиболее эффективным комплексным мероприятием, так как включает в себя замену ламп, повышение КПД светильника, оптимизацию светораспределения светильника и его расположения. Для точной оценки экономии электроэнергии необходимо производить светотехнический расчет освещенности для предполагаемых к установке светильников методом коэффициента использования или точечным методом [1]. По расчетному значению установленной мощности (из светотехнического расчета) экономия электроэнергии определяется по формуле:

$$\Delta W_i = W_{Г,i} - P_i^N \cdot T_{Г,i}, \text{ (кВт*ч/год)} \quad (36)$$

где P_i^N - установленная мощность после замены светильников;

$T_{Г,i}$ - годовое число часов работы системы искусственного освещения i -го помещения.

При упрощенной оценке (при замене светильников на аналогичные по светораспределению и расположению) расчет производится по следующей формуле:

$$\Delta W_i = W_{Г,i} \left(1 - k_{ис,i} \cdot k_{эл,i} \cdot k_{ч,i} \cdot k_{св,i} \frac{K_{ПРА,i}^N}{K_{ПРА,i}} \right) \text{ (кВтч/год)} \quad (37)$$

где $k_{св,i}$ - коэффициент учитывающий повышение КПД светильника.

$$k_{св,i} = \frac{q_i}{q_i^N} \text{ (кВт*ч/год)} \quad (38)$$

где q_i - паспортный КПД существующих светильников;

q_i^N - паспортный КПД предполагаемых к установке светильников.

Расчет экономии электроэнергии при замене светильников учитывает мероприятия №1,2, 5, поэтому их следует исключать при расчете общей экономии электроэнергии в /-ом помещении.

В случае большого числа однотипных помещений в обследуемом здании со схожими по параметрам, состоянию, и мероприятиям ОУ расчет производится с помощью удельных показателей экономии электроэнергии,

$$\Delta W_{уд}^j = \frac{\Delta W_i^j}{S_i^j} \text{ (кВтч/год м}^2\text{)} \quad (39)$$

где $\Delta W_{уд}^j$ - удельная экономия электроэнергии для j - типа помещения;

ΔW_i^j - расчетная экономия электроэнергии для i -го помещения;

S_i^j - площадь i -го помещения.

Общая экономия электроэнергии в системах освещения обследуемого объекта определяется по формуле:

$$\Delta W_{Г} = \sum_{j=1}^N \Delta W_{уд}^j \cdot S^j, \text{ (кВт*ч)} \quad (40)$$

где S^j - общая площадь помещений j -го типа;

N - количество типов помещений.

Пример расчета представлен в приложении 16.

**Общие сведения о промышленном потребителе
топливно-энергетических ресурсов**

(полное наименование потребителя топливно-энергетических ресурсов)

Характеристика предприятия:

- Общая площадь _____ м²
- Производственная площадь _____ м²
- Площадь отапливаемых помещений _____ м²
- Потребление электроэнергии (тыс. кВт*ч.):

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
20 г.						
20 г.						

	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
20 г.						
20 г.						

- Производство продукции (руб):

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
20 г.						
20 г.						

	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
20 г.						
20 г.						

Перечень электрооборудования
 По _____ производству, _____ цеху, _____ участку

Годовое потребление электроэнергии кВт*ч

№	Наименование оборудования	Ном. мощность установленного оборудования, кВт	Количество	Коеф. Нагрузки, %	Часов работы в неделю	Недель работы в году

Устройства для компенсации реактивной мощности

Наименование компенсационных устройств	Количество	Мощность	Способ управления	Состояние оборудования

**Графики электрических нагрузок P и Q
установки приборов**

Место

учета:

Ступень	ЗИМНИЙ ДЕНЬ				ЛЕТНИЙ ДЕНЬ			
	Дата _____ (рабочий день)		Дата _____ (выходной день)		Дата _____ (рабочий день)		Дата _____ (выходной день)	
	P, кВт	Q, кВАр	P, кВт	Q, кВАр	P, кВт	Q, кВАр	P, кВт	Q, кВАр
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
Средние								

Приложение 3.

**РАСЧЕТ ЭКОНОМИИ СРЕДСТВ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ СПОСОБА РАСЧЕТОВ
ЗА ПОТРЕБЛЯЕМУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ**

1. Потребленное количество электрической энергии сторонними потребителями и стоимость электроэнергии, оплаченной предприятием энергоснабжающей организации:

Месяц	Потребленное количество электроэнергии							
	Промышленные потребители				Непромышленные потребители			
	20 ____ год		20 ____ год		20 ____ год		20 ____ год	
	кВт*ч	Тыс. руб	кВт*ч	Тыс. руб	кВт*ч	Тыс. руб	кВт*ч	Тыс. руб
Январь								
Февраль								
Март								
Апрель								
Май								
Июнь								

Июль								
Август								
Сентябрь								
Октябрь								
Ноябрь								
Декабрь								
ИТОГО								

2. Расчетная нагрузка сторонних потребителей определена по итогам 20__ года, так как по 20__ году нет данных по потреблению электроэнергии по двум месяцам:

Месяц	Промышленные потребители			Непромышленные потребители			Итого расчетная нагрузка, кВт
	Потребленная электроэнергия, кВт*ч	Средняя мощность, кВт	Расчетная нагрузка, кВт	Потребленная электроэнергия, кВт*ч	Средняя мощность, кВт	Расчетная нагрузка, кВт	
Январь							
Февраль							
Март							
Апрель							
Май							
Июнь							
Июль							
Август							
Сентябрь							
Октябрь							
Ноябрь							
Декабрь							
ИТОГО							

Снижение заявленного максимума нагрузки на $\Delta P = 25541,7$ кВт в год повлечет снижение оплаты за потребленную электрическую энергию ориентировочно на

$$\mathcal{E}_1 = \Delta P \cdot a = 1517,0 \cdot 101,0 = 153217,0, \text{ рублей в год,}$$

где $a=101,0$ руб/кВт – основная составляющая двухставочного тарифа на электроэнергию.

3. Потребление реактивной мощности и энергии определено по данным 2008 года, так как по 2009 году нет данных по потреблению электроэнергии по двум месяцам:

Месяц	Промышленные потребители		Непромышленные потребители		Итого реактивная энергия, квар*ч
	Потребленная электроэнергия		Потребленная электроэнергия		
	Активная, кВт*ч	Реактивная, квар*ч	Активная, кВт*ч	Реактивная, квар*ч	
Январь					
Февраль					
Март					
Апрель					
Май					
Июнь					
Июль					
Август					
Сентябрь					
Октябрь					
Ноябрь					
Декабрь					
ИТОГО					

Снижение потребления реактивной энергии предприятием на $\Delta V = 406191$ квар*ч в год повлечет снижение оплаты за потребленную электрическую энергию на

$$\Theta_2 = \Delta V \cdot c = 406191 \cdot 0,0275 = 11170,25, \text{ рублей в год,}$$

где $c=0,0275$ руб/квар*ч – цена реактивной энергии при превышении экономических значений реактивной энергии, указанной в Приложении 3 договора на электроснабжения предприятием.

4. Потери электроэнергии в системе электроснабжения предприятия от электроэнергии, потребляемой сторонними потребителями определены согласно «Инструкции по определению потерь электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, учитываемых при финансовых расчетах за электроэнергию между энергосистемами и энергосистемой и потребителем», Москва, 1970 год:

- в трансформаторе – 5,1% от потребленной электроэнергии;
- в линиях электропередач:

$$\Delta W_A = \frac{W_A^2 + W_P^2}{U_H^2 \cdot T_H} \cdot R_{\Sigma} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт*ч,}$$

где W_A и W_P – потребление активной и реактивной энергии за отчетный период, кВт*ч (квар*ч)

U_H – номинальное напряжение линии, кВ;

T_H – число часов работы линии за расчетный период;

R_P – расчетное сопротивление линии, Ом;

$$R_{\Sigma} = r_0 \cdot l, \text{ Ом,}$$

где r_0 – удельное сопротивление линии, Ом/км;

l – длина линии, км.

В среднем примем потери в линиях электропередач 0,1% на 1 км линии от количества электроэнергии, переданной по линии. Примем длину линии 1,5 км. Следовательно, потери в линии будут соответствовать 0,15%.

Суммарные потери электроэнергии в системе электроснабжения предприятия от электроэнергии, потребляемой сторонними потребителями ориентировочно составляют 5,25 % от количества электроэнергии, потребленной сторонними потребителями.

Результирующие показатели стоимости электроэнергии, потребленные сторонними потребителями с учетом потерь электроэнергии в системе электроснабжения предприятия по данным 2008 года:

Промышленные потребители				Непромышленные потребители				Стоимость потерь электроэнергии, тыс. рублей
Потребление электроэнергии		Потребление электроэнергии с учетом потерь		Потребление электроэнергии		Потребление электроэнергии с учетом потерь		
кВт*ч	тыс. рублей	кВт*ч	тыс. рублей	кВт*ч	тыс. рублей	кВт*ч	тыс. рублей	

Стоимость потерь электроэнергии в системе предприятия от электроэнергии, потребляемой сторонними потребителями составляет $\Theta_3 = 8,93$ тысячи рублей в год.

Общий экономический эффект составит:

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 = 153217,0 + 11170,25 + 8930,0 = 173317,25 \text{ тысяч рублей в год}$$

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ИЗМЕНЕНИЕМ ГРАФИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Исходные данные

Вариант расчетной схемы :

1. Линия - трансформатор - нагрузка

Номинальные напряжения в схеме (кВ) : 10 / 0.38

Тип линии : воздушная

Материал провода : сталеалюминий

Номинальное сечение провода (мм²) : 70

Длина линии (км) : 1.300

Активное сопротивление линии (Ом) : 0.559

Номинальная мощность трансформатора (кВ.А) : 630

Тип трансформатора : масляный

Потери мощности в трансформаторе (кВт) : $P_x = 1.56$, $P_k = 7.60$

Длительность графика нагрузки T (ч) : 24

Длительность одной ступени графика t (ч) : 1

Графики электрических нагрузок P и Q

Ступень	P (кВт)	Q (кВар)	Ступень	P (кВт)	Q (кВар)
1	280.000	30.000	13	240.000	60.000
2	260.000	30.000	14	320.000	60.000
3	260.000	30.000	15	320.000	60.000
4	260.000	30.000	16	300.000	90.000
5	340.000	30.000	17	320.000	90.000
6	380.000	30.000	18	360.000	60.000
7	380.000	120.000	19	380.000	60.000
8	420.000	90.000	20	380.000	90.000
9	420.000	120.000	21	360.000	90.000
10	380.000	90.000	22	360.000	60.000
11	380.000	60.000	23	340.000	30.000
12	320.000	60.000	24	300.000	30.000
средние	335.833	62.500			

Результаты

Потребление электроэнергии при заданном графике

активной нагрузки W (кВт.ч) : 8060.00

Потери электроэнергии при заданных графиках нагрузки (кВт.ч) :

в линии $\Delta W_l = 16.105$

в трансформаторе $\Delta W_T = 92.607$

в схеме $\Delta W = 108.711$

Потери электроэнергии при ровных графиках нагрузки ($W = \text{const}$)

за 24 часа ΔW_{24} (кВт.ч) : в линии 15.655

в трансформаторе 91.066

в схеме 106.722

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Номинальные напряжения в схеме (кВ) : 10/0.38

Данные трансформаторов

Т	Т	Т	Т	Т
Номер	Сном кВ.А	Тип	Рх кВт	Рк кВт
1	400	масляный	1.05	5.50
2	630	масляный	1.56	7.60
Сумма	1030	-	2.61	13.10

Оптимальное распределение нагрузки по трансформаторам

Т	Т	Т	Т	Т
Номер	Сном кВ.А	Нагрузка кВ.А	Коэффициент загрузки	Потери кВт
1	400	122.210	0.306	1.563
2	630	219.390	0.348	2.482
Итого	1030	341.600	0.332	4.045

┌=====┐┌=====┐┌=====┐┌=====┐┌=====┐

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

1. Потребитель получает питание по линии 6 кВ, выполненной кабелем с алюминиевыми жилами, сечением 35 мм^2 и длиной 2 км. Годовое потребление электроэнергии $3000000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, максимальный ток – 85 А, $\cos \varphi = 0,9$. При реконструкции линии проложен новый кабель с алюминиевыми жилами сечением 50 мм^2 .

Решение

Число часов использования максимума определяется:

$$T_{\text{н}} = \frac{W}{P_{\text{макс}}} = \frac{3000000}{794} = 3778 \text{ ч, где}$$

$$P_{\text{макс}} = \sqrt{3} UI \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 6 \cdot 85 \cdot 0,9 = 794 \text{ кВт}$$

Время максимальных потерь:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3778}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2206 \text{ ч.}$$

Экономия электроэнергии:

$$\begin{aligned} \Delta W &= 3 \cdot \rho \cdot I^2 \cdot \ell \cdot \left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2} \right) \cdot \tau_{\text{м}} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,029 \cdot 85^2 \cdot 2000 \cdot \left(\frac{1}{35} - \frac{1}{50} \right) \cdot 2206 \cdot 10^{-3} = \\ &= 2773273 \cdot (0,0286 - 0,02) = 23850 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

2. Ту же задачу решить для случая, когда одновременно с заменой кабеля линия переведена на напряжение 10 кВ.

Решение

Экономия электроэнергии :

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{6}{10} = 85 \cdot \frac{6}{10} = 51 \text{ А,}$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= 3 \cdot \rho \cdot \ell \cdot \left(\frac{I_1^2}{S_1} - \frac{I_2^2}{S_2} \right) \cdot \tau_{\text{м}} \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,029 \cdot 2000 \cdot \left(\frac{85^2}{35} - \frac{51^2}{50} \right) \cdot 2206 \cdot 10^{-3} = \\ &= 383,8 \cdot (206,4 - 52) = 59289 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

так как при повышении напряжения одной и той же мощности токи уменьшаются.

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ ВКЛЮЧЕНИЯ ПОД НАГРУЗКУ РЕЗЕРВНЫХ ЛИНИЙ

Предприятие получает питание по кабельной линии 6 кВ длиной 2,5 км (АСБ 3×50).
Годовое потребление электроэнергии 2000000 кВт·ч, $P_{\max} = 400$ кВт, $Q_{\max} = 300$ квар.

Определить экономию электроэнергии при включении на параллельную работу точно такой же резервной линии.

Решение

$$r_1 = 0,62 \cdot 2,5 = 1,55 \text{ Ом};$$

$$r_2 = \frac{1,55}{2} = 0,755 \text{ Ом}$$

$$I_{\max} = \frac{\sqrt{400^2 + 300^2}}{\sqrt{3} \cdot 6} = 50 \text{ А}$$

$$T_{\max} = \frac{2000000}{400} = 5000 \text{ ч}$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{5000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3411 \text{ ч}$$

Экономия электроэнергии определяется:

$$\Delta W = 3 \cdot 50^2 \cdot (1,55 - 0,755) \cdot 3411 \cdot 10^{-3} = 19315 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

ВЫРАВНИВАНИЕ НАГРУЗОК ПО ФАЗАМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 КВ

По воздушной линии 0,4 кВ за год передается 120000 кВт · ч электроэнергии. Максимальная нагрузка составляет 40 кВт. До выравнивания нагрузки токи по фазам были 60, 40, 20 А. После переключения однофазных нагрузок удалось токи выравнять до значений 45, 40, 35 А. Определить экономию электроэнергии, если отношение $\frac{R_N}{R_\phi}$ составляет 1,2. Потеря напряжения в первом случае 19 В, во втором 15 В.

Решение

$$\begin{aligned} \kappa_{\text{пер1}} &= 3 \cdot \frac{60^2 + 40^2 + 20^2}{(60 + 40 + 20)^2} (1 + 1,5 + 1,2) - 1,5 \cdot 1,2 = 3 \cdot \frac{3600 + 1600 + 400}{14400} (1 + 1,8) - 1,8 = \\ &= 3 \cdot \frac{5600}{14400} \cdot 2,8 - 1,8 = 3,27 - 1,8 = 1,47 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \kappa_{\text{пер1}} &= 3 \cdot \frac{45^2 + 40^2 + 35^2}{(45 + 40 + 35)^2} (1 + 1,8) - 1,8 = 3 \cdot \frac{2025 + 1600 + 1225}{14400} (1 + 1,8) - 1,8 = \\ &= 3 \cdot \frac{4850}{14400} \cdot 2,8 - 1,8 = 2,83 - 1,8 = 1,03 \end{aligned}$$

Число часов использования максимума:

$$T_{\text{макс}} = \frac{W}{P_{\text{макс}}} = \frac{120000}{40} = 3000 \text{ ч}$$

Время максимальных потерь:

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_{\text{макс}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = (0,124 + 0,3)^2 \cdot 8760 = 0,424^2 \cdot 8760 = 1575 \text{ ч}$$

$$\kappa_{\tau 1} = \frac{1575}{3000} = 0,325$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= 0,7 \frac{120000}{100} \cdot 0,325 (1,47 \cdot 19 - 1,03 \cdot 15) = 273 (27,93 - 15,45) = \\ &= 273 \cdot 12,48 = 3407 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

В результате переключения однофазных электроприемников на другие фазы и выравнивания токов экономия электроэнергии составит 3407 кВт · ч или 2,84 % от всей передаваемой электроэнергии.

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Пример 1

Предприятие получает электроэнергию от подстанции энергосистемы 110/10 кВ на напряжении 10 кВ. Максимальные нагрузки $P_{\max} = 1600$ кВт, $Q_{\max} = 1200$ квар.

Определить мощность конденсаторных батарей, которую необходимо установить на предприятии.

Решение

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\operatorname{tg} \varphi_6}{k(0,4d_{\max} + 0,6)} = \frac{0,5}{0,9(0,4 \cdot 1 + 0,6)} = 0,556$$

$$Q_3 = 0,556 \cdot 1600 = 890 \text{ квар}$$

$$Q_{KB} = 1200 - 890 = 310 \text{ квар}$$

Следовательно на данном предприятии необходимо установить конденсаторную батарею мощностью не менее 310 квар. Батарея должна допускать возможность автоматического регулирования (50, 100, 150, 200, 250, 300 квар).

Следует помнить, что всегда должно выполняться соотношение:

$$Q_{KB} < Q_{\text{потр}}, \text{ где}$$

$Q_{\text{потр}}$ – потребляемая предприятием реактивная мощность (при отключениях компенсирующих устройств).

Пример 2

На предприятии установлена регулируемая конденсаторная батарея мощностью 600 квар. Батарея включается на 8 часов в день в течение 52 недель в году. Определить экономию электроэнергии, обусловленную работой данной батареи.

Решение

$$\Delta W = k_{III} \cdot Q_{KB} \cdot t = 0,04 \cdot 600 \cdot 8 \cdot 52 = 9984 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Следует отметить, что компенсация реактивной мощности на предприятии необходима в любом случае, так как иначе возможно нарушение нормального режима работы энергосистемы.

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ УЛУЧШЕНИИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Температура внутри электропечи 1000 °С. Загрузочное окно имеет размер 0,8 м² и открыто в году 150 часов. Кроме того имеются постоянно открытые неплотности размером 0,001 м². Время работы печи составляет 5000 ч в году.

Определить экономию электроэнергии при сокращении времени открытия окна (загрузки-выгрузки) до 100 ч и полного устранения всех неплотностей.

Решение

Потери электроэнергии до модернизации печи составят:

$$\Delta W_1 = 78 \cdot 0.8 \cdot 150 + 78 \cdot 0.001 \cdot 5000 = 9360 + 390 = 9750 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

После модернизации печи потери электроэнергии составят:

$$\Delta W_2 = 78 \cdot 0.8 \cdot 100 = 6240 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовая экономия электроэнергии от модернизации печи может быть определена:

$$\Delta W = \Delta W_1 - \Delta W_2 = 9750 - 6240 = 3510 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЧЕРЕЗ КОЖУХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Поверхность кожуха электропечи 40 м², температура – 80 °С. Печь работает 4000 часов в году.

Определить:

1. Потери электроэнергии, вызванные несовершенством изоляции.
2. Годовую экономию электроэнергии при выполнении дополнительной изоляции, покраска кожуха алюминиевой краской и доведение в результате кожуха до 60 °С.

Решение

1. Потери электроэнергии до реконструкции печи:

$$\Delta W_1 = 1,15 \cdot 40 \cdot 4000 = 184000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

2. Потери электроэнергии после реконструкции печи:

$$\Delta W_2 = 0,58 \cdot 40 \cdot 4000 = 92800 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Экономия электроэнергии при выполнении дополнительной изоляции и окраски кожуха алюминиевой краской составит:

$$\Delta W = \Delta W_1 - \Delta W_2 = 184000 - 92800 = 91200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ЗАМЕНЕ МАЛОЗАГРУЖЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ДВИГАТЕЛИ МЕНЬШЕЙ МОЩНОСТИ

Двигатель мощностью 15 кВт загружен на 32 %. Рассмотреть возможность замены двигателя на двигатели 3; 4; 5,5; 7,5 кВт и определить экономию электроэнергии при этом. Двигатель работает 3500 часов в году.

Решение

Мощность нагрузки на валу двигателя составит:

$$P_{нг} = 15 \cdot 0,32 = 4,8 \text{ кВт.}$$

Следовательно, из рассматриваемого перечня ($P_d > P_{нг}$) можно использовать 5,5 и 7,5 кВт. Но 5,5 кВт более выгодно, так как у него будет более высокий коэффициент загрузки.

Годовую экономию электроэнергии можно определить:

$$\Delta W = 0,1 \cdot (15 - 5,5) \cdot 3500 = 3325 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ С БОЛЕЕ ВЫСОКИМ КПД

Определить годовую экономию электроэнергии при замене полностью загруженного и имеющего постоянный график нагрузки двигателя мощностью $P_n = 10$ кВт при $\eta = 0,8$ на двигатель такой же мощности с $\eta = 0,9$. Время работы двигателя в году 4000 часов.

Решение

$$\Delta W = \frac{10 \cdot 4000(0,9 - 0,8)}{0,9 \cdot 0,8} = 5556 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Если нагрузка двигателя меньше номинальной, но график остается постоянным, то экономия может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta W = \frac{\kappa_3 \cdot P_n \cdot t \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_2 \cdot \eta_1},$$

где κ_3 – коэффициент загрузки (в некоторой литературе κ_n – коэффициент нагрузки).

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ НАСОСОВ С НИЗКИМ КПД НА НАСОСЫ С БОЛЕЕ ВЫСОКИМ КПД

Определить годовую экономию электроэнергии при замене насоса с КПД 0,5 на насос с КПД 0,65. В течение года насос работает 3000 ч., подача насоса 40 м³/час при напоре 35 м. КПД электродвигателя 0,85.

Решение

$$\Delta W = \frac{0,00272 \cdot 35 \cdot 40 \cdot 3000}{0,85 \cdot 0,65 \cdot 0,5} \cdot (0,65 - 0,5) = 4482 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ

Вентилятор производительностью 10 м³/с создает перепад давлений 1100 Па. Коэффициент полезного действия 0,65. Определить годовую экономию электроэнергии при замене его на новый вентилятор с коэффициентом полезного действия 0,8. Время работы вентилятора в году 4000 ч.

Решение

$$\Delta W = \frac{1100 \cdot 10(0,8 - 0,65) \cdot 4000 \cdot 10^{-3}}{0,8 \cdot 0,65} = 12692 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Административное здание 1986 года постройки; система освещения финансового отдела выполнена светильниками типа ЛПО 02 2x40 с КПД = 52%; используемые лампы типа ЛБ 40 с $\eta = 75$ лм/Вт; режим работы - 1 смена (с 8 до 17 часов); количество светильников 15 штук; размеры помещения 5x15x3 метра; средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения $\rho = 0,3$; нормированная освещенность 300 лк; фактическая освещенность 250 лк; количество часов работы искусственного освещения в год $T_{\Gamma} = 1300$ часов; напряжение сети во время измерений $U = 220$ В; коэффициент естественной освещенности соответствует норме, коэффициент использования 0,92; на момент измерений прошло 360 дней со дня последней чистки.

Расчет:

1. Установленная мощность

$$P = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot N = 40 \cdot 1,2 \cdot 30 = 1440, \text{ Вт}$$

2. Годовое энергопотребление

$$W_{\Gamma} = P \cdot T_{\Gamma} \cdot k_{\text{И}} = 1440 \cdot 1300 \cdot 0,92 = 1872 \text{ кВт*ч/год}$$

3. Экономия за счет перехода на люминесцентные лампы пониженной мощности типа TL-D 36/84, с $\eta_{\text{Н}} = 93$ лм/Вт.

$$\Delta W^1 = W_{\Gamma} (1 - k_{\text{Ис}}) = 1872 \cdot (1 - 0,81) = 356, \text{ кВт*ч/год}$$

4. Экономия за счет чистки светильников

$$k_{\text{ч,и}} = 1 - \left(\gamma_{\text{с}} + \beta_{\text{с}} e^{-\left(\frac{V}{V_0}\right)} \right) = 1 - (0,95 + 0,2) = 0,03;$$

$$\Delta W^2 = W_{\Gamma} \cdot k_{\text{ч}} = 1872 \cdot 0,03 = 56, \text{ кВт*ч/год}$$

5. Экономия энергии при повышении коэффициента отражения поверхностей помещения до $\rho = 0,5$ (покраска, побелка) составит 10% или

$$\Delta W^3 = 187, \text{ кВт*ч/год}$$

6. Экономия энергии в результате внедрения системы автоматического включения и отключения освещения

$$\Delta W^4 = W_{\Gamma} (k_{\text{ЭА}} - 1) = 1872(1,1 - 1) = 187, \text{ кВт*ч/год}$$

7. Экономия энергии вследствие установки электронных ПРА с $K_{\text{ПРА}}^{\text{Н}} = 1,1$

$$\Delta W^5 = W_{\Gamma} \left(1 - \frac{K_{\text{ПРА}}^{\text{Н}}}{K_{\text{ПРА}}} \right) = 1872 \cdot (1 - 0,92) = 150, \text{ кВт*ч/год}$$

8. Экономия за счет установки новых светильников с более высоким КПД = 75%, но с аналогичным светораспределением

$$\Delta W^6 = W_{\Gamma} (1 - k_{\text{св}}) = 1872 \left(1 - \frac{0,52}{0,75} \right) = 580, \text{ кВт*ч/год}$$

9. Общий резерв экономии энергии составит

$$\Delta W_{\Sigma} = k_{\text{п}} \sum_{\text{К=1}}^{\text{I}} \Delta W_{\text{I}}^{\text{К}} = \frac{250}{300} \cdot 1516 = 1263, \text{ кВт*ч/год}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон №261-ФЗ от 23.11. 2009г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности»
2. «Инструкция по определению потерь электроэнергии в трансформаторах и линиях электропередачи, учитываемых при финансовых расчетах за электроэнергию между энергосистемами и энергосистемой и потребителем», Москва, 1970 г.
3. ГОСТ 13109-97 – «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.»
4. ГОСТ Р 51379-99 – «Энергосбережение. Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов. Основные положения. Типовые формы.»
5. ГОСТ Р 50.1.026 – 2000 – «Энергосбережение. Методы подтверждения показателей энергетической эффективности. Общие требования.»
6. ГОСТ Р 50.1.025 – 2000 – «Энергосбережение. Методы оценки точности и воспроизводимости результатов испытаний по оценке показателей энергетической эффективности.»
7. ГОСТ Р 51749 – 2001 – Энергосбережение. Энергопотребляющее оборудование общепромышленного применения. Виды. Типы. Группы. Показатели энергетической эффективности. Идентификация.»
8. СНиП II-4-79 - «Естественное и искусственное освещение», Москва, 1980 г.
9. Электротехнический справочник: В 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн 1. Производство и распределение электрической энергии. Под ред. И.Н. Орлова. 7-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
10. Энергоаудит промышленных и коммунальных предприятий. Учебное пособие, Издание второе, дополненное, Под ред. Б.П. Варнавского, В.П. Грицына, 1992 г.
11. Назаренко У.П., Экономия электрической энергии при производстве и использовании сжатого воздуха. Киев.: Наукова думка, 1985 г.
12. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю.Б. Айзенберга. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
13. Железко Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в сетях: Руководство для практических расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
14. Ю.В. Копытов, Б.А. Чуланов. Экономия электроэнергии в промышленности. – М.: Энергия, 1978.
15. Энергосберегающая технология электроснабжения народного хозяйства: В 5кн.: Практ. Пособие / Под ред. В.А. Веникова, кн.5. Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях / т.в. Анчарова, С.И. Гамазин, В.В. Шевченко – М.: Высшая школа, 1990.