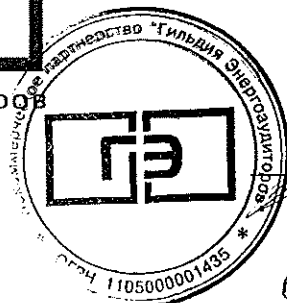




гильдия энергоаудиторов

УТВЕРЖДАЮ
Директор Некоммерческого Партнерства
«Гильдия Энергоаудиторов»



[Signature] 2010 года

[Signature] / В.В. Банников

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
Расчет потенциала энергосбережения
промышленных предприятий

Московская область, г. Королев
2010 год

Введение:

В соответствии с Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", обязательному энергетическому обследованию подлежат:

- 1) органы государственной власти, органы местного самоуправления, наделенные правами юридических лиц;
- 2) организации с участием государства или муниципального образования;
- 3) организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности;
- 4) организации, осуществляющие производство и (или) транспортировку воды, природного газа, тепловой энергии, электрической энергии, добычу природного газа, нефти, угля, производство нефтепродуктов, переработку природного газа, нефти, транспортировку нефти, нефтепродуктов;
- 5) организации, совокупные затраты которых на потребление природного газа, дизельного и иного топлива, мазута, тепловой энергии, угля, электрической энергии превышают десять миллионов рублей за календарный год;
- 6) организации, проводящие мероприятия в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, финансируемые полностью или частично за счет средств федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, местных бюджетов.

Организация - энергоаудитор в своих действиях должна руководствоваться Законами Российской Федерации, актами органов государственной власти субъектов РФ, СНиПами, ПТЭ и ПТБ в электроустановках и тепловых сетях и другими нормативно-техническими документами, утвержденными Госстроем России.

В настоящих методических указаниях изложены:

- Вопросы, которые необходимо включать в состав программы энергосбережения,
- Методика расчётов по определению потенциала энергосбережения промышленных предприятий.

Основные термины и определения.

Энергетическое обследование - сбор и обработка информации об использовании энергетических ресурсов в целях получения достоверной информации об объеме используемых энергетических ресурсов, о показателях энергетической эффективности, выявления возможностей энергосбережения и повышения энергетической эффективности с отражением полученных результатов в энергетическом паспорте;

Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) - совокупность природных и произведенных энергоносителей, запасенная энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности.

Энергосбережение - реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг);

Энергетическая эффективность - характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю;

Потенциал энергосбережения - количество ТЭР, которое можно сберечь в результате реализации технически возможных и экономически оправданных мер, направленных на эффективное их использование и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии при условии сохранения или снижения техногенного воздействия на окружающую и природную среды.

Показатель энергетической эффективности (объекта) - количественная характеристика уровней рационального потребления и экономного расходования ТЭР при создании

продукции, реализации процессов, проведении работ и оказании услуг, выраженная в виде абсолютного, удельного или относительного показателя их потребления (потерь).

Нерациональное расходование энергетических ресурсов - расход топливно-энергетических ресурсов на энергетических и технических установках, в промышленном и коммунально-бытовом секторе, в том числе в жилых и общественных зданиях, на которых выявлены резервы для снижения потребления топливно-энергетических ресурсов.

Непроизводительный расход ТЭР - расход ТЭР, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, нормативными и методическими документами.

Рациональное использование ТЭР - достижение максимальной эффективности использования ТЭР в хозяйстве при существующем уровне развития техники и технологии с одновременным снижением техногенного воздействия на окружающую среду.

Энергетический паспорт промышленного потребителя топливно-энергетических ресурсов - нормативный документ, отражающий баланс потребления и содержащий показатели эффективности использования ТЭР в процессе хозяйственной деятельности объектами производственного назначения, а также содержащий энергосберегающие мероприятия.

1. Анализ покупных энергоресурсов, договоров энергоснабжения.

При заключении договора на покупку электроэнергии у энергосбытовых компаний, потребитель имеет право выбора одного из трёх вариантов оплаты за покупку электроэнергии, это:

- По одноставочному тарифу;
- По двухставочному тарифу;
- По дифференцированным зонам суток тарифам.

Для решения вопроса по покупке электроэнергии, необходимо провести расчёт оплаты за электроэнергию по трём вариантам и выбрать наиболее выгодный. Выборку исходных данных проводим за расчётный период (год), по месяцам, согласно платёжных документов, по которым предприятие производит оплату за покупку электроэнергии.

2. Баланс электроэнергии предприятия

Электробаланс является основным показателем при планировании работы энергетического хозяйства предприятия, а так же решение вопросов по повышению эффективности рационального использования электроэнергии, нормирования электропотребления. Условие баланса активной электроэнергии (мощности) определяется тем, что приходная часть должна равняться сумме всей потребляемой электроэнергии (мощности), включая суммарные потери в сетях, силовых трансформаторах, преобразовательных установках и т.д.

Структура электробаланса предприятия является основным источником информации, дающим возможность выбора наиболее приоритетных направлений проведения энергосберегающей политики. Она позволяет установить наиболее энергоёмкие процессы производства и соответственно определить первоочередные задачи при энергетическом обследовании энергетического и технологического оборудования.

Условия баланса мощности и энергии определяется равенством приходной части и сумме всей потреблённой электроэнергии, включая суммарные потери в сетях, силовых трансформаторах и преобразовательных установках:

$$W_{\text{в.}} = \sum_{i=1}^n W_{i.\text{д.}} + \sum_{i=1}^m \Delta W_i ;$$

где:

$\sum_{i=1}^n W_{i.\text{д.}}$ - сумма полезных расходов электроэнергии i -ми потребителями, кВт*ч;

$\sum_{i=1}^m \Delta W_i$ - сумма потерь электроэнергии, кВт*ч.

Приходная часть электробаланса отражает все поступления электроэнергии от энергосбытовых компаний, генерирующих источников, собственной выработки и других источников.

Расходная часть баланса – это полезный расход электроэнергии на технологическое оборудование и потери электроэнергии.

Электрическая энергия, потребляемая предприятием, цехом, участком, станком и т. д., состоит из постоянной составляющей (A), не зависящей от количества выпускаемой продукции и переменной (X), величина которой зависит от количества выпускаемой продукции (Π). Общий расход электроэнергии составит:

$$W = A + X * \Pi \quad \text{кВт*ч};$$

К постоянной части расхода (A) относится: расход электроэнергии на освещение, работу транспортных средств, холостого хода оборудования и т.д.

Увеличение выпуска продукции снижает удельный расход электроэнергии ($W_{\text{уд.}}$), так как уменьшается постоянная составляющая на единицу продукции:

Для примера рассмотрим структуру потребления электроэнергии одного из машиностроительных заводов.

Распределение электроэнергии по предприятию составляет:

№п/п	Технологический цикл производства	% потребления электроэнергии
1.	Металлорежущие станки	40
2.	Подъемно-транспортные механизмы	5
3.	Литейное производство	10
4.	Сжатый воздух	15
5.	Электротермические процессы	8
6.	Гальванические процессы	7
7.	Освещение, вентиляция цехов.	2
8.	Вода (работа насосов)	5
9.	Прочее оборудование	3
10.	Потери во внутри цеховых и питающих сетях предприятия (воздушные, кабельные линии, трансформаторы)	5
	Итого:	100

Энергоёмкой группой электроприёмников являются металлообрабатывающие станки. Поэтому основной потенциал энергосбережения необходимо определить в данной группе электроприёмников.

3. Экспресс - анализ потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) по предприятию.

Для проведения анализа и определения потенциала энергосбережения, а так же установления зависимости потребления ТЭР от выпуска товарной продукции на первом этапе необходимо провести расчёты и анализ потребления ТЭР в следующем порядке:

- выполнить расчёты влияния потребления покупных энергоресурсов от объёмов выпускаемой товарной продукции;
- определить долю постоянной и переменной составляющей потребления энергоресурсов.

4. Расчёт зависимости потребления энергоресурсов от объёмов выпускаемой товарной продукции выполнен вероятностно-статистическим методом.

Коэффициент корреляции показывает тесноту связи потребляемой электроэнергии и выпуском продукции предприятием.

Для установления факта наличия связей, потребления энергоносителей и выпуском товарной продукции используем расчёт коэффициента корреляции (r_{xy}):

$$r_{xy} = \frac{n * (\sum X * Y) - (\sum X * Y)}{n * \sum (X)^2 * n * \sum (Y)^2 - (\sum Y)^2} ;$$

Например, проанализировав уравнение связей двух массивов установили, что в нашем случае применима модель уравнения линейной зависимости $Y = A * x + B$. Коэффициенты уравнения определяем по формулам:

$$A = \frac{n * (\sum X * Y) * (\sum X) * (\sum Y)}{n * (\sum (X)^2) - (\sum X)^2};$$

$$B = \frac{(\sum X) * (\sum (X)^2) - (\sum X)^2 * (\sum X * Y)}{n * (\sum (X)^2) - (\sum X)^2};$$

5. Определение доли постоянной и переменной составляющей потребления энергоресурсов.

Потребление ТЭР в любой отрасли зависит от ряда внешних и внутренних факторов – параметров первичных и вторичных ТЭР, температуры окружающей среды, технологии производства, режимов работы оборудования и т.д. В то же время суммарный расход ТЭР можно условно разделить на две составляющих – условно - постоянную и переменную. Зная значения указанных составляющих, можно оценочно определить резерв экономии ТЭР.

Долю переменной и постоянной составляющей потребления энергоресурсов определяем вероятностно-статистическим методом, а именно с помощью показателей вариации (колеблемости) значений. Для измерения вариации применяются различные абсолютные и относительные показатели: среднее линейное отклонение, дисперсия, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации и т.д. Наиболее часто применяемый показатель относительной колеблемости - коэффициент вариации (Y).

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$Y = \frac{G}{X} \cdot 100\%;$$

где:

G - среднее квадратичное отклонение значений;

X - среднеарифметическое значение ряда;

$$G = \sqrt{G^2} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N}}$$

G^2 - средняя из квадратов отклонений вариантов значений (дисперсия).

6. Определение потенциала энергосбережения.

Рассмотрим на примере определения потенциала энергосбережения (электроэнергии).

По данным предприятия:

- условно-постоянные значения потребления электроэнергии, которые не зависят от выпуска товарной продукции для данного вида производства составляют – 50 -60% от общего потребления электроэнергии;

По полученным расчётам аудиторов:

- условно-постоянные значения потребления электроэнергии, при работе всего производства, согласно расчётам за базовый год составили – 92,2 %;
- переменная составляющая потребления электроэнергии составила – 7,8%.

Резерв экономии электроэнергии – 92,2 – 60 = 32,2 %.



7. Нормирование расходов энергоресурсов.

Нормирование расхода энергоресурсов играет двойную роль. Во первых, оно создаёт условия для объективной оценки потребности предприятия в энергоресурсах, во вторых, является инструментом, посредством которого можно определить эффективность использования и затраты энергоресурсов.

Основная задача нормирования - это обеспечить применение при планировании в производстве технически и экономически обоснованных прогрессивных норм расхода для осуществления режима экономии, рационального распределения и наиболее эффективного использования энергоресурсов.

Норма расхода топлива и энергии – это показатель расхода энергоресурсов на производство единицы продукции (работы).

Классификация норм расхода:

По степени агрегации – индивидуальные и групповые;

По составу - технологические, общепроизводственные (цеховая, заводская);

По периоду действия – годовые и квартальные.

Индивидуальные – норма расхода топлива энергии на производство единицы продукции.

Групповая - норма расхода топлива энергии на производство планируемого объёма однородной продукции, по группам предприятий, министерству, объединению, корпорации и т.д.

Технологическая норма – учитывает расход топлива энергии на основные и вспомогательные технологические процессы производство конкретного вида продукции.

При проведении энергоаудита целесообразно начинать с определения технологической нормы, которая может быть определена по формуле:

$$N_T = (W_{пол.} + W_{пот.})/П$$

где:

$W_{пол.}$ - полезная составляющая расхода топлива, энергии;

$W_{пот.}$ – потери топлива, энергии;

$П$ – объём выпуска продукции;

Далее определяем общепроизводственную цеховую норму:

$$N_{ц} = (W_T + W_B + W_{п.с.})/П_{ц};$$

где:

W_T и W_B – расход энергии на технологические цели и на вспомогательные нужды (отопление, вентиляция, освещение и др.).

$W_{п.с.}$ - потери энергии в цеховых сетях и преобразовательных установках.

В итоге определяем общепроизводственную заводскую норму:

$$H_{ц} = (W_{ц.} + W_{общ.} + W_{п.с.})/П_3;$$

где:

$W_{ц.}$ - суммарный расход энергии в основных и вспомогательных цехах;

$W_{общ.}$ - общезаводской расход энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, освещение.

**Пример расчёта нормы расхода электроэнергии в термическом производстве.
Расчёт расхода и потерь электроэнергии на термическую обработку.**

1. Технологическая норма расхода электроэнергии на термическую обработку металлов.

$$H_T = \frac{W_T \cdot n_{ц.}}{n_T}; \quad \text{кВт*ч./т}$$

W_T – расход электроэнергии за один цикл, кВт.ч.
 $n_{ц.}$ - количество циклов за рассматриваемый период.
 n_T - объём производства, тонн.

2. Технологический расход электроэнергии на термическую обработку за цикл.

$$W_T = W_{п.} + W_{пр.} \quad \text{кВт*ч.}$$

$W_{п.}$ – расход электроэнергии в печах термообработки за цикл, кВт.ч.

$W_{пр.}$ - расход электроэнергии на привод агрегатов установленных на участке термообработки, кВт.ч.

3. Расход электроэнергии в печах сопротивления за цикл.

$$W_{п}^{сопр.} = W_{н.} + W_{выд.} + W_{т.п.}; \quad \text{кВт*ч.}$$

$W_{п.}$ –расход электроэнергии на нагрев изделий и загрузочных приспособлений, кВт.ч.

$W_{выд.}$ – расход электроэнергии на выдержку нагреваемых изделий в печах, кВт.ч.

$W_{т.п.}$ - расход электроэнергии на восполнение тепловых потерь через поверхность кожуха печи и потерь тепла на излучение за время загрузки и выгрузки изделий из печи, кВт.ч.

4. Расход электроэнергии на нагрев изделий и загрузочных приспособлений.

$$W_{н.} = \frac{(C_{изд.} \cdot G_{изд.} + C_{з.пр.} \cdot G_{з.пр.}) \cdot (T_k - T_n)}{860} + P_{хх.} \cdot T_{раз.}; \quad \text{кВт*ч.}$$

$C_{изд.}, C_{з.пр.}$ – средняя теплоёмкость металлических изделий и загрузочных приспособлений ккал/кг C^0 ,

$G_{изд.}, G_{з.пр.}$ – масса нагреваемых изделий и загрузочных приспособлений одной садки, кг.
 T_k – конечная температура изделий и загрузочных приспособлений C^0 (из карт технологического процесса).

T_n - начальная температура изделий и загрузочных приспособлений C^0 , равная температуре цеха.

$P_{хх.}$ – мощность холостого хода печи, кВт.

$T_{раз.}$ – продолжительность разогрева печи, час.

860 – тепловой эквивалент, ккал/кВт.

5. Расход электроэнергии на выдержку нагреваемых изделий в печах.

$$W_{\text{выд.}} = P_{\text{выд.}} * T_{\text{выд.}}; \quad \text{кВт*ч.}$$

$P_{\text{выд.}}$ – мощность печи, при которой выдерживаются изделия, кВт.

$T_{\text{выд.}}$ – продолжительность выдержки изделий в печи, час.

6. Расход электроэнергии на восполнение тепловых потерь через поверхность кожуха печи и потерь тепла на излучение за время загрузки и выгрузки изделий из печи.

$$W_{\text{т.п.}} = q * S * T_{\text{тер.}} + K * W_{\text{н.}}; \quad \text{кВт*ч.}$$

q – удельные потери электроэнергии через площадь поверхности кожуха печи кВт/м².

S – площадь поверхности кожуха печи, м².

$T_{\text{выд.}}$ – продолжительность процесса термообработки, час.

K – коэффициент, учитывающий потери тепла на излучение за время загрузки и выгрузки изделий из печи.

$T_{\text{тер.}}$ – продолжительность процесса термообработки, час.

$T_{\text{тер.}} = T_{\text{раз.}} + T_{\text{выд.}}$

7. Расход электроэнергии на приводы агрегатов.

$$W_{\text{пр.}} = P_{\text{н.}} * T * K_{\text{и.}}$$

$P_{\text{н.}}$ – номинальная мощность электродвигателя, кВт.

T – продолжительность работы агрегатов, час.

$K_{\text{и.эл.}}$ – коэффициент использования мощности ($K_{\text{и.эл.}} = 0,12$).

Потери электроэнергии при завышенной фактической норме расхода в зависимости от расчётной.

$$W_{\text{пот.}} = (N_{\text{т.ф.}} - N_{\text{т.р.}}) * N;$$

$N_{\text{т.ф.}}$ – фактическая норма расхода электроэнергии, кВт*ч./т.

$N_{\text{т.р.}}$ – расчётная норма расхода электроэнергии, кВт*ч./т.

N – объём производства, тонн.

Пример расчёта:

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Масса изделий, кг.	G _{изд.}	1000
Масса загрузочных приспособлений, кг.	G _{з.пр.}	100
Средняя теплоёмкость приспособлений, ккал/кгС ⁰	C _{пр.}	0,165
Средняя теплоёмкость изделий, ккал/кгС ⁰	C _{изд.}	0,135
Конечная температура изделий и приспособлений, С ⁰	T _к	900
Начальная температура изделий и приспособлений, С ⁰	T _н	20
Мощность холостого хода печи, кВт.	P _{хх}	13,5
Продолжительность выдержки изделий в печи, час.	T _{выд.}	1,0
Удельные потери, кВт/м ² .	q	0,61
Площадь поверхности кожуха печи, м ² .	S	13,46
Номинальная мощность электродвигателя, кВт.	P _н	3,0
Продолжительность работы электродвигателя за один цикл, час.	T	0,4
Коэффициент использования мощности	K _и	0,12
Количество циклов.	n _ц	500
Объём производства, тонн	n _{т.}	850
Расчётная технологическая норма расхода электроэнергии, кВтч/т.		
Фактическая технологическая норма расхода электроэнергии, кВтч/т		
Перерасход электроэнергии, кВтч в год.	N _{т.р.}	174,26
	N _{т.ф.}	198
	W _{пер.}	20179

- Расход электроэнергии на нагрев изделий и загрузочных приспособлений:

$$W_H = \frac{(0,165 * 1000 + 0,136 * 100) * (900 - 20)}{860} + 13,5 * 4 = 236,5 \text{ кВт*ч.}$$

- Расход электроэнергии на выдержку нагреваемых изделий в печи.

$$W_{\text{выд.}} = 13,5 * 1,0 = 13,5 \text{ кВт*ч.};$$

- Расход электроэнергии на тепловые потери.

$$W_{\text{т.п.}} = 0,61 * 13,48 * 5 + 0,02 * 236,75 = 45,85 \text{ кВт*ч.}$$

- Расход электроэнергии в печах сопротивления за цикл.

$$W_{\text{п.}} = 236,75 + 13,5 + 45,8 = 296,1 \text{ кВт*ч.}$$

Расход электроэнергии на привод агрегатов.

$$W_{\text{пр.}} = 3,0 * 0,4 * 0,12 = 0,144 \text{ кВт*ч.}$$

- Технологическую расчётную норму расхода электроэнергии на термическую обработку изделий определяем.

$$N_{\text{т.р.}} = \frac{(296,1 + 0,144) * 500}{850} = 174,26 \text{ кВт*ч./т.};$$

- *Перерасход электроэнергии.*

$$W_{\text{пер.}} = (198 - 174,26) * 850 = 20179 \text{ кВт*ч. в год.}$$

Мероприятия по энергосбережению.

1. Термическое производство:

1.1. Организация рациональной работы печей.

- Годовые потери электроэнергии из за низкой загрузке печей:

$$W_{\text{пот.}} = \left(\frac{W1}{G1} - \frac{W2}{G2} \right) * G_{\text{год}} * 10^3; \quad \text{кВт*ч.}$$

W1, W2 – расход электроэнергии при полной и низкой загрузке печей, кВт*ч.

G1, G2 - масса заготовок (деталей) при полной и низкой загрузке печи, кг.

Gгод. – годовая производительность печи, тонн.

2.1. Потери электроэнергии из за плохой термоизоляции печи.

- Удовлетворительной изоляцией печи можно считать:

Рабочая температура печи:	Температура кожуха печи:
700 – 800 °С	до 40 °С
800 – 1200 °С	до 50 °С

- Потери электроэнергии из - за плохой термоизоляции печи определяем по формуле:

$$W_{\text{тер.}} = (K_{\text{ф.}} - K_{\text{н.}}) * S * T; \quad \text{кВт*ч.}$$

Kф – фактический коэффициент потерь печи, кВт/м²

Kн – нормальный коэффициент потерь печи, кВт/м²

S - поверхность кожуха печи, м²

T - время работы печи, час

Таблица зависимости потерь печи от температуры кожуха:

Температура С ⁰	Тёмная окраска кВт/м ²	Алюминевая окраска кВт/м ²
30	0,3	0,2
35	0,35	0,25
40	0,4	0,3
45	0,5	0,35
50	0,55	0,4
55	0,6	0,5
60	0,7	0,57
65	0,8	0,62
70	0,9	0,7
75	1,0	0,75
80	1,1	0,82
85	1,2	0,91
90	1,3	1,0
95	1,4	1,08
100	1,5	1,17
110	1,7	1,4

Анализ режимов работы силовых трансформаторов.

1. Потери электроэнергии в двухобмоточном трансформаторе.

$$W_{\text{тр.}} = W_{\text{а}} + W_{\text{р}} ; \quad \text{кВт*ч.}$$

W_а – потери активной электроэнергии, кВт*ч.

W_р – приведённые потери реактивной электроэнергии, кВт*ч.

2. Потери активной электроэнергии.

$$W_{\text{а.}} = P_{\text{х.х.}} * T_{\text{п}} + P_{\text{к.}} * K_{\text{н}}^2 * T_{\text{р}} ; \quad \text{кВт*ч.}$$

P_{хх} - потери холостого хода трансформатора, кВт.

P_к - потери мощности короткого замыкания, кВт.

K_н - коэффициент нагрузки трансформатора.

T_п - полное время работы трансформатора, час.

T_р - число часов работы под нагрузкой, час.

T_п - принимается в :

(январе, марте, мае, июле, августе, декабре), равном 744 часа.

(апрель, июнь, сентябрь, ноябрь), равном 720 часов.

T_р - принимается:

для предприятий работающих в одну смену - 200 часов в месяц.

для предприятий работающих в две смены - 450 часов в месяц.

для предприятий работающих в три смены - 700 часов в месяц.

$$K_{\text{н}} = \frac{W_{\text{а}}}{S_{\text{ном}} * T_{\text{п}} * \text{Cos } \varphi_{\text{ср.}}} ;$$

Cos φ_{ср.} - средневзвешанный коэффициент мощности.

S_{ном} – номинальная мощность трансформатора, кВа.

$$\text{tg } \varphi_{\text{ср}} = \frac{W_{\text{р}}}{W_{\text{а}}} ;$$

W_а, W_р - данные счётчиков активной и реактивной

Wa

электроэнергии.

$$\cos \varphi_{\text{ср.}}^2 = 1 - \sin \varphi_{\text{ср.}}^2;$$

$$\cos \varphi_{\text{ср.}} = \frac{W_a}{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}$$

Ориентировочно число часов работы трансформатора под нагрузкой так же можно определить по эмпирической формуле:

$$T_p = \left(0,124 + \frac{T}{10000} \right) * 8760; \quad \text{час.}$$

T – число часов использования максимальной нагрузки, час.

$$T = \frac{W_a}{\sqrt{3} * U_n * I_{\text{макс.}}}; \quad I_{\text{макс.}} - \text{максимальный ток в зимний максимум, А.}$$

3. Приведённые потери реактивной электроэнергии.

$$W_p = Q_{\text{х.х.}} * T_n + Q_{\text{к.з.}} * K_n^2 * T_p; \quad \text{кВт.ч.}$$

$$Q_{\text{х.х.}} = \frac{I_{\text{хх}}}{100} * S_{\text{ном.}};$$

$I_{\text{хх}}$ – ток холостого хода, %.

$S_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность трансформатора, кВа.

$$Q_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\text{к.}}}{100} * S_{\text{ном.}};$$

$U_{\text{к.}}$ – напряжение короткого замыкания, %.

$$W_p = \frac{I_{\text{хх}}}{100} * S_{\text{ном}} * T_n + \frac{U_{\text{к.}}}{100} * S_{\text{ном}} * K_n^2 * T_p; \quad \text{кВт.ч.}$$

4. Коэффициент полезного действия трансформатора.

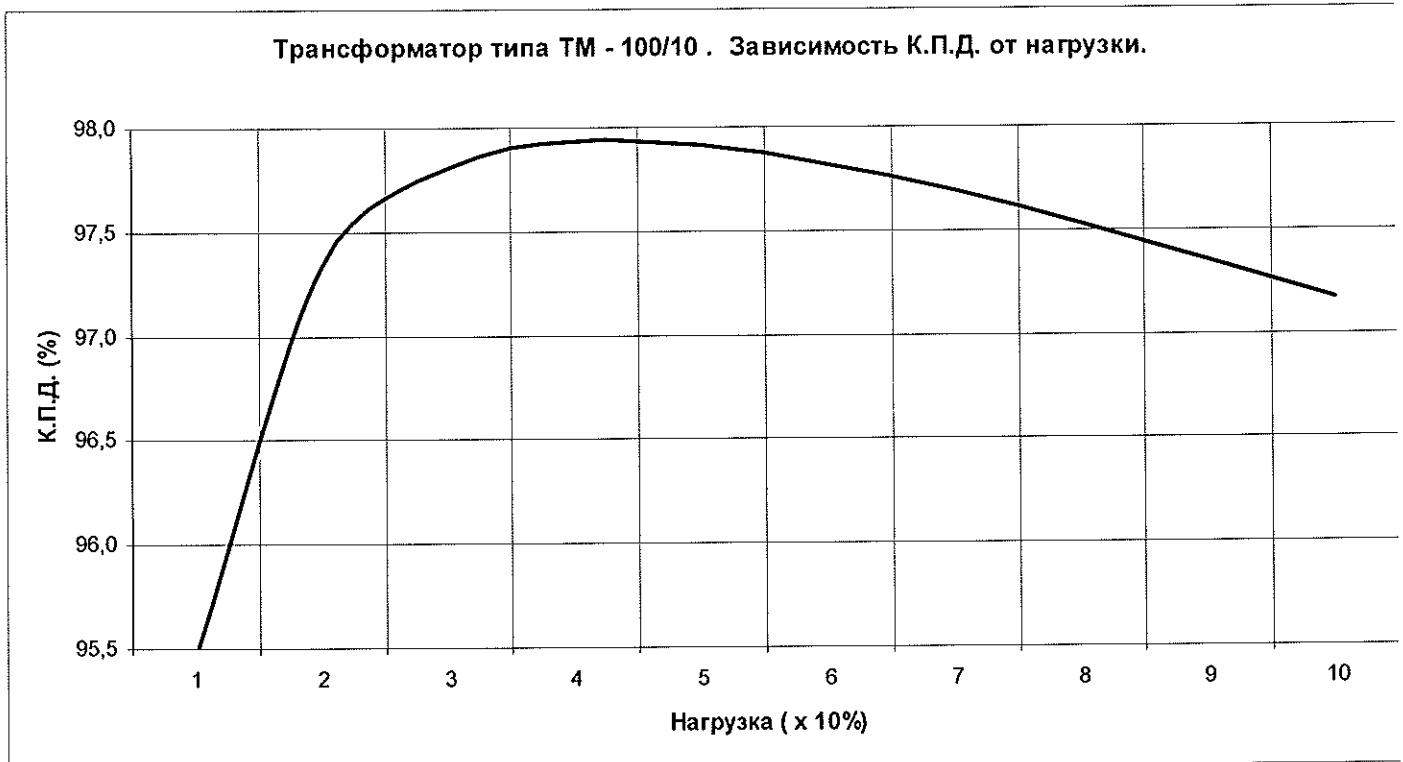
$$\eta = \left(1 - \frac{P_x + K_n^2 * P_k}{K_n * S_n * \cos \varphi + P_x + K_n^2 * P_k} \right) * 100;$$

Для расчёта ориентировочно принимаем $\cos \varphi = 0,8$.

Наибольший К.П.Д трансформатора достигается при коэффициенте нагрузки ($K_{\text{н.опт.}}$) равном:

$$K_{\text{н.опт.}} = \sqrt{\frac{P_x}{P_k}};$$

Для примера приведён график зависимости К.П.Д. трансформатора от нагрузки:



5. Потери электроэнергии в трёхобмоточном трансформаторе.

- Определяем коэффициент нагрузки для каждой обмотки трансформатора:

$$K_{вн.} = \frac{W_{а. в.н.}}{S_{в.н.} * T_{п} * \cos \varphi_{ср в.н.}} ;$$

$$K_{сн.} = \frac{W_{а. с.н.}}{S_{с.н.} * T_{п} * \cos \varphi_{ср с.н.}} ;$$

$$K_{нн.} = \frac{W_{а. н.н.}}{S_{н.н.} * T_{п} * \cos \varphi_{ср н.н.}} ;$$

$$W_{тр.} = P * T_{п.} + (R_{вн.} * K_{вн.}^2 + R_{сн.} * K_{сн.}^2 + R_{нн.} * K_{нн.}^2) * T_{р}; \quad \text{кВт.ч.}$$

6. Отключение трансформаторов в режимах малых нагрузок на подстанциях с двумя и более трансформаторами. Отключение трансформаторов на подстанциях с сезонной нагрузкой.

При работе подстанции по заданному графику минимум приведенных затрат на трансформацию электроэнергии соответствует минимуму потерь мощности в трансформаторах. Поэтому граничное значение нагрузки, при котором целесообразно отключение одного из параллельно работающих трансформаторов, определяется из равенства потерь мощности в n и $n-1$ трансформаторах.

Отключение одного из n однотипных трансформаторов целесообразно в режимах, при которых нагрузка трансформаторов:

$$S \leq S_{HT} \sqrt{\frac{n(n-1)\Delta P_X}{\Delta P_K}},$$

При n разнотипных трансформаторов граничное значение нагрузки, при котором целесообразно отключение одного из них, определяется из условия

$$\sum_{l=1}^n \Delta P_{xl} + \left(\frac{S}{\sum_{l=1}^n S_{HTl}} \right)^2 \sum_{l=1}^n \Delta P_{kl} = \sum_{l=1}^{n-1} \Delta P_{xl} + \left(\frac{S}{\sum_{l=1}^{n-1} S_{HTl}} \right)^2 \sum_{l=1}^{n-1} \Delta P_{kl},$$

В левой части выражения производится суммирование данных по всем трансформаторам, а в правой - без одного из них. Подсчитав значения правой части при отключении каждого из трансформаторов (а при большом числе их - и по парном отключении), получим ряд значений S , при которых целесообразно отключение того или иного трансформатора.

Например, отключение одного из трех трансформаторов целесообразно, если

$$S \leq \sqrt{\frac{\Delta P_{X3} S_{HT2}^2 S_{HT3}^2}{(\Delta P_{K1} + \Delta P_{K2}) S_{HT3}^2 - (\Delta P_{K1} + \Delta P_{K2} + \Delta P_{K3}) S_{HT2}^2}},$$

где ΔP_{X3} - потери холостого хода в отключаемом трансформаторе;

S_{HT2}, S_{HT3} - сумма номинальных мощностей двух и трех трансформаторов, МВ·А;

$\Delta P_{K1}, \Delta P_{K2}, \Delta P_{K3}$ - потери КЗ в первом, втором и третьем трансформаторах, кВт.

Как правило, отключение одного из двух или более трансформаторов, установленных на одной подстанции, целесообразно, если их максимальная нагрузка не превышает 40-45% суммарной номинальной мощности трансформаторов.

Плановое и фактическое снижение потерь электроэнергии при отключении трансформатора определяется по формуле:

$$\delta W = (\delta W_X - \delta W_H) 10^{-3} \text{ тыс.кВт}\cdot\text{ч},$$

где δW_X - снижение потерь холостого хода, кВт·ч;

δW_H - увеличение нагрузочных потерь, кВт·ч;

δW_X и δW_H - определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \delta W_X &= \sum_{j=1}^K \delta P_{Xj} t_j \\ \delta W_H &= \sum_{j=1}^K \delta P_{Hj} t_j \end{aligned} \right\} \text{ тыс.кВт}\cdot\text{ч}$$

где δP_{Xj} - снижение потерь мощности холостого хода в j -м периоде продолжительностью t_j при отключении того или иного трансформатора;

δP_{Hj} - увеличение нагрузочных потерь мощности в j -м периоде, равное $\Delta P_{Hj}^{n-1} - \Delta P_{Hj}^n$;

K - количество характерных периодов.

Нагрузочные потери мощности в n трансформаторах в j -м периоде определяются по формуле:

$$\Delta P_{Hj}^n = \left(\frac{S_{Hj}}{\sum_{l=1}^n S_{HTl}} \right)^2 \sum_{l=1}^n \Delta P_{kl} \text{ кВт}$$

где S_{Hj} - средняя нагрузка подстанции за время t_j .

Отключение трансформаторов менее чем на 2 ч нецелесообразно.

Потери электроэнергии при работе насосных установок.

1. Общий расход электроэнергии по насосной станции.

$$W_{н.ст.} = N_0 * V_0; \quad \text{кВт*ч.}$$

N_0 – общепроизводственная норма расхода электроэнергии по насосной станции, кВтч/тыс. м³.

V_0 – объём перекачиваемой воды, тыс.м³.

2. Общепроизводственная норма расхода электроэнергии.

$$N_0 = N_T + \frac{W_{всп.}}{V_0}; \quad \text{кВт*ч./тыс. м}^3$$

N_T – технологическая норма расхода электроэнергии на 1000м³ добываемой или перекачиваемой воды насосной установкой, кВтч/тыс. м³.

$W_{всп.}$ – расход электроэнергии на вспомогательные нужды, кВт.ч.

3 Технологическая норма расхода электроэнергии.

$$N_T = \frac{2,72 * H_{п.н.}}{\eta_{уст.}}; \quad \text{кВт*ч./тыс. м}^3$$

$H_{п.н.}$ – полный напор, м. вод. ст.

$\eta_{уст.}$ - КПД установки.

$\eta_{уст.} = \eta_{н.} + \eta_{э.} + \eta_{пер.};$

$\eta_{н.}$ – КПД установки.

$\eta_{э.}$ - КПД электродвигателя.

$\eta_{пер.}$ – КПД передачи от электродвигателя к насосу.

4. Расход электроэнергии на вспомогательные нужды.

$$W_{всп.} = W_{осв.} + W_{вент.} + W_{всп.мех.} \quad \text{кВт*ч}$$

$W_{осв.}$ – расход электроэнергии на освещение насосной станции, кВт.ч.

$W_{вент.}$ – расход электроэнергии на вентиляцию помещения насосной станции, кВт.ч.

$W_{всп.мех.}$ – расход электроэнергии на вспомогательные механизмы, кВт.ч.

5. Технологическая норма расхода электроэнергии по насосной станции.

Определяем как средневзвешанную величину норм расхода всех имеющихся насосных установок.

$$N_{т.ст.} = \frac{N_{т.}^{n1} * Q^{n1} * T^{n1} + N_{т.}^{n2} * Q^{n2} * T^{n2} + \dots + N_{т.}^{n.n} * Q^{n.n} * T^{n.n}}{Q^{n1} * T^{n1} + N_{т.}^{n2} * Q^{n2} + \dots + Q^{n1} * T^{n.n}}; \quad \text{кВт*ч/тыс. м}^3$$

$N_{т.}^{n1}, N_{т.}^{n2}, \dots, N_{т.}^{n.n}$ - технологическая норма расхода электроэнергии для каждой насосной установки, кВтч/тыс. м³.

$Q^{n1}, Q^{n2}, \dots, Q^{n1}$ - производительность насосной установки (паспортная), тыс. м³/час.

6. Снижение расхода электроэнергии на насосных установках.

Потери электроэнергии при уменьшении КПД.

$$W_{\text{кпд}} = 0,00272 \times \frac{H}{\eta_{\text{э}}} * \frac{1}{\eta_{\text{н}} - \eta_{\text{уст}}} * Q * T ; \quad \text{кВт*ч.}$$

H – напор воды, м. вод. ст.

Q – подача насоса, м³/час.

T – число часов работы насоса, час.

$\eta_{\text{э}}$ – КПД электродвигателя.

$\eta_{\text{н}}$, $\eta_{\text{уст}}$ – КПД нового и устаревшего насоса.

Внедрение частотно-регулируемого привода (ЧРП) на насосных установках.

Практика применения частотных преобразователей для управления насосами и вентиляторами доказывает целесообразность не просто включения преобразователя для управления агрегатом, а создания специализированных систем управления технологическим процессом. Именно такой подход позволяет получить экономический эффект не только от снижения потребляемой из сети электрической мощности, но и добиться существенного уменьшения эксплуатационных расходов, улучшение условий труда и увеличение срока службы оборудования. Современные преобразователи частоты позволяют получать более 20 параметров состояния электропривода. Соответствующая обработка этих параметров позволяет проводить глубокое диагностирование как оборудования системы, так и протекающих процессов. Появляется возможность не только реагировать на возникшую аварию, но и предупреждать её, что для энергетических объектов значительно важнее.

Создание системы с частотно-регулируемыми приводами, в которых управление частотой осуществляется наряду с контролем целого комплекса различных технологических параметров, позволяет снизить не только потребление электрической энергии, но и обеспечивает экономию потребления энергоресурсов всей системы.

Применение частотно-регулируемых приводов для насосов и вентиляторов в технологических процессах позволяет снизить энергопотребление технологическим оборудованием. Перед началом внедрения рекомендуется провести технико-экономическое обоснование, позволяющее определить не только сроки окупаемости от внедрения, но и правильно организовать технологический процесс с учётом возможностей привода с частотным регулированием. Целесообразно использование преобразователей частоты не в качестве элементов системы управления конкретного агрегата, а как составляющих комплексных системных решений с подключением широкого набора средств автоматизации технологического процесса. Такие решения позволяют получить дополнительный эффект, который заведомо больше простой экономии электрической энергии.

Экономическая эффективность внедрения ЧРП.

1. Основные зависимости, характеризующие энергетику насосов

Мощность, потребляемая насосом:

$$P = (Q * H * 9.81) / \text{КПД} , \text{ кВт} , (1)$$

где

Q - производительность, м³/с;

H - высота напора, равная сумме высот всасывания и нагнетания, м. водяного столба;

КПД - коэффициент полезного действия установки, принимается по каталогу или паспорту.

Изменение основных параметров работы насосного агрегата при изменении скорости вращения рабочего колеса насоса ("формулы подобия"):

$$P1 / P2 = n1^3 / n2^3 \quad (2)$$

$$H1 / H2 = n1^2 / n2^2 \quad (3)$$

$$Q1 / Q2 = n1 / n2 \quad (4)$$

где

n - число оборотов вала рабочего колеса в мин;

P - мощность, потребляемая насосом, кВт;

H - напор, создаваемый насосом, м вод. столба;

Q - производительность насоса, м³/с.

Индексы 1 и 2 относятся к первому и второму режимам работы оборудования соответственно.

Для определения мощности, потребляемой приводным двигателем (Pд, Вт), при известном его токе, применяется следующая формула:

$$P_d = 1,73 * I_d * U * \cos \Phi \quad (5)$$

где

I_д - ток фазы двигателя, А;

U - напряжение двигателя, В;

cos Φ - коэффициент мощности двигателя.

2. Получение исходных данных для расчета

Вспомогательными данными для расчета являются паспортные данные насоса и его приводного двигателя, занесенные в таблицу 1.

Таблица 1. Паспортные (номинальные) данные насоса и его приводного двигателя

Параметр	Значение
Мощность насоса, кВт	
КПД насоса, %	
Напор насоса, м	
Подача насоса, м ³ /ч	
Мощность двигателя, кВт	
Ток двигателя, А	
КПД двигателя, %	
cos φ двигателя, о.е.	

Основные данные измеряются при различных режимах работы насосного агрегата с помощью соответствующих технических средств и помещаются в таблицы, примеры которых приведены ниже.

Таблица 2. Результаты замеров при полностью закрытой напорной задвижке

Измеряемый параметр	Мощность P_{min} , кВт, или ток I_{min} , А
Средство измерения	Ваттметр, амперметр или счетчик электроэнергии

Примечание: замеры при закрытой напорной задвижке следует проводить максимально оперативно для исключения возможности перегрева насоса.

Таблица 3. Результаты замеров при полностью открытой напорной задвижке

Измеряемый параметр	Мощность P_{max} , кВт, или ток I_{max} , А	Расход воды Q_{max} , м ³ /ч
Средство измерения	Ваттметр, амперметр или счетчик электроэнергии	Расходомер

Примечание: замеры при открытой напорной задвижке желательно проводить во время максимального разбора воды (в 8...10 ч. и 18...20 ч. при обслуживании коммунальной сферы, 13...15 ч. для административных зданий и т.п.)

По данным таблиц 2 и 3 строится график зависимости потребляемой мощности P от относительного расхода воды Q/Q_{max} при различных способах регулирования. Для потребляемой мощности при дросселировании можно записать выражение:

$$P_{дрос} = P_{min} + (P_{max} - P_{min}) * (Q/Q_{max}) \quad (6)$$

Для потребляемой мощности при частотном регулировании можно записать выражение:

$$P_{чрп} = P_{max} * (Q/Q_{max})^3 \quad (7)$$

Зависимость потребляемой мощности при дросселировании $P_{дрос}$ от относительного расхода Q/Q_{max} (Q - текущий расход, Q_{max} - максимальный расход, указанный в таблице 3) получается на графике соединением точек P_{max} и P_{min} прямой линией, зависимость потребляемой мощности при использовании ЧРП $P_{чрп}$ от относительного расхода Q/Q_{max} получается при вычислении выражения (7) с подстановкой в него измеренной ранее величины P_{max} и нескольких значений Q/Q_{max} (например, от 0 до 1 с шагом 0,25).

Пример такого графика приведен на Рис. 1.

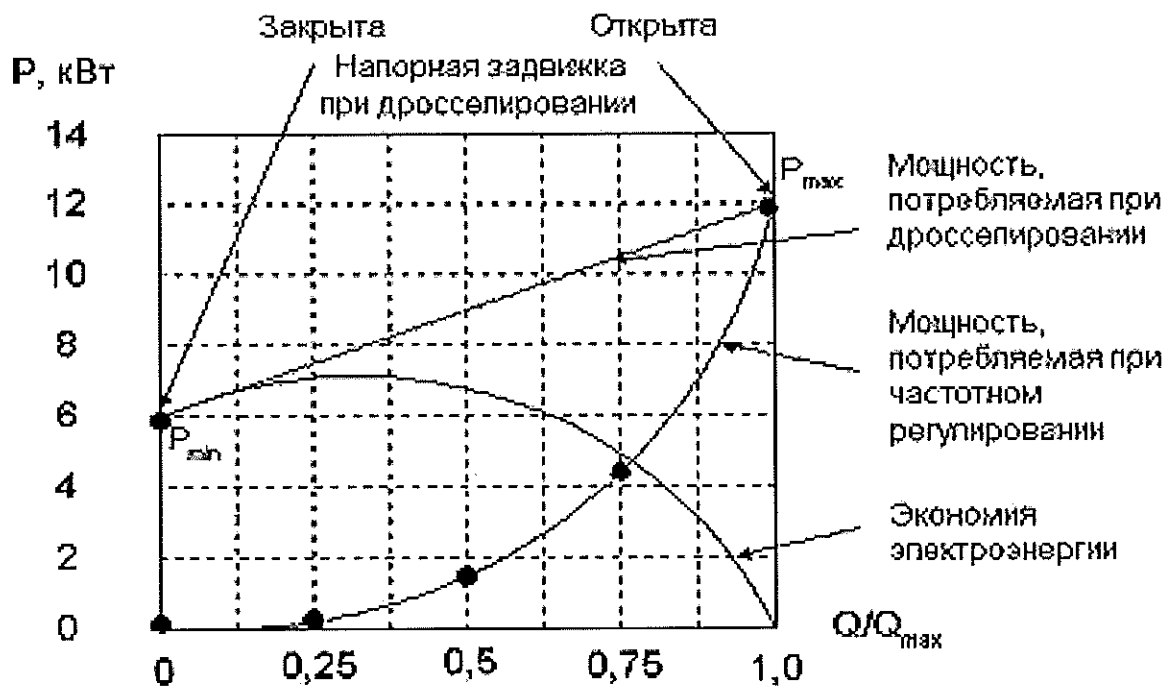


Рис. 1. Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов

Для получения информации о нагрузке насоса определяется график его работы по периодам времени с приблизительно одинаковой нагрузкой (расходом воды). Для измерений используется расходомер. Измерения суточного расхода производятся в течение 2-3 дней. По результатам таких замеров заполняется таблица 4. Полученные данные по суточному расходу усредняются и строится график суточного расхода воды. Пример такого графика приведен на Рис. 2.

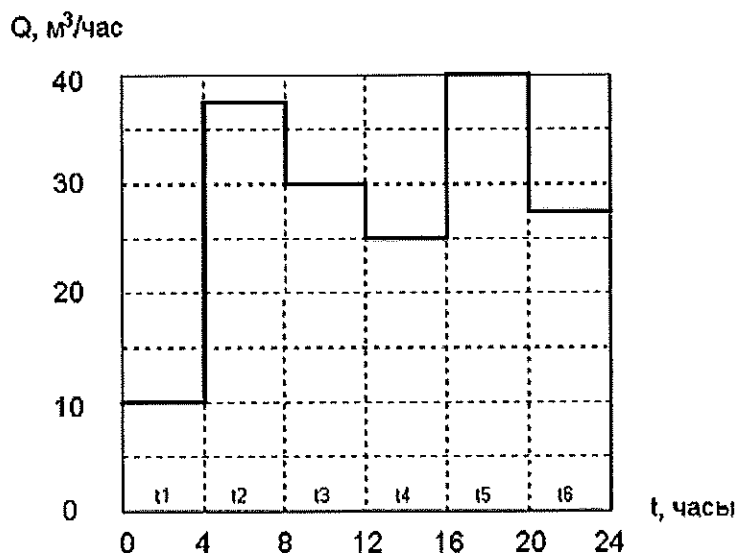


Рис. 2. Суточный график расхода воды по результатам замеров (6 временных отрезков)

Таблица 4. Суточный и общий расходы воды

Период времени t_i , час.	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	...
Суточный расход Q_i , м ³ /ч, (первый день измерений)						...
Суточный расход Q_i , м ³ /ч, (второй день измерений)						...
Суточный расход Q_i , м ³ /ч, (третий день измерений)						...
Средний суточный расход Q_i ср, м ³ /ч						...

При затруднительности определения данных по суточному графику расхода воды (к примеру, из-за невозможности снятия данных о расходе каждые несколько часов или из-за отсутствия технических средств для автоматизации этого процесса, таких как самописец, регистратор и т.п.) допускается измерить только общий расход за несколько (7-10) дней и составить примерный вид суточного графика расхода воды. При этом необходимо учесть, что погрешность в вычислении величины сэкономленной электроэнергии составит 10...15 %. При расчетах принимается, что оборудование работает в режиме, при котором обеспечиваются нормальные параметры подачи воды, воздуха, газа с требуемыми давлением и температурой.

3. Расчет величины экономического эффекта

Расчет экономической эффективности основан на определении разницы между величинами потребления электроэнергии *при регулировании напора насоса путем дросселирования напорной задвижковой и при регулировании с помощью ЧРП.*

Для каждого ранее определенного периода работы i , в котором определена приблизительно постоянная нагрузка насоса Q_i , рассчитываются экономия мощности $DP_i = P_{\text{дрос } i} - P_{\text{чрп } i}$. Величины $P_{\text{дрос } i}$ и $P_{\text{чрп } i}$ выбираются по рис.1 или рассчитываются по формулам (6) и (7). Величина расхода Q_i берется из рис. 2. или таблицы 4.

Затем определяется суммарная экономия электроэнергии за заданный временной интервал работы оборудования (к примеру, за сутки) по формуле:

$$k D_{\text{Эк}} = \sum_{i=1}^k DP_i * t_i, \quad (8)$$

где

$D_{\text{Эк}}$ - экономия электроэнергии при применении ЧРП вместо дроссельного регулирования, кВт*ч;

DP_i - экономия мощности за i - й период (к примеру, с 0 до 4 часов), кВт;

t_i - время, в течение которого привод работает с постоянной нагрузкой Q_i насоса (к примеру, 4 часа), час;

k - число периодов времени с постоянными значениями $DP_i * t_i$ (к примеру, 6 периодов).

При круглогодичной работе насоса с приблизительно постоянным суточным графиком расхода годовая экономия электроэнергии $D_{\text{Эг}}$ определяется умножением $D_{\text{Эк}}$ на число дней работы насоса в году, т.е. можно принять $D_{\text{Эг}} = D_{\text{Эк}} * 365$. В случае наличия в году нескольких периодов времени с характерными суточными графиками расхода, к примеру, зима - лето и т.п., $D_{\text{Эк}}$ вычисляется для каждого такого периода, а $D_{\text{Эг}}$ получается как сумма сэкономленной электроэнергии $D_{\text{Эк}}$ по всем периодам, в которых действуют свои суточные графики расхода.

Далее производится оценка стоимости сэкономленной электроэнергии по тарифу, действующему для предприятия в данной энергосистеме, с учетом факторов экономии, например, воды, воздуха, топлива. По имеющемуся опыту для оценки стоимости снижения расхода холодной воды может вводиться коэффициент 1.15, для горячей воды - 1.2, для воздуха - 1.1, топлива - 1.02

Таким образом, экономия электроэнергии и ресурсов составит для холодной и горячей воды:

$$CT_{\text{ээ}} = (1.15...1.2) * T_{\text{э}} * D_{\text{Эг}}, \quad (9)$$

где

СТээ - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов, руб.;

Тэ - тариф на электроэнергию в энергосистеме, руб./кВт*ч.;

Для определения срока окупаемости, а, следовательно, оценки экономической эффективности применения ЧРП используется формула:

$$\text{Ток} = \text{СТчрп} / \text{СТээ}$$

где

Ток - срок окупаемости установки ЧРП, год.;

СТээ - стоимость сэкономленной электроэнергии и ресурсов за один год, руб.;

СТчрп - стоимость ЧРП, руб.

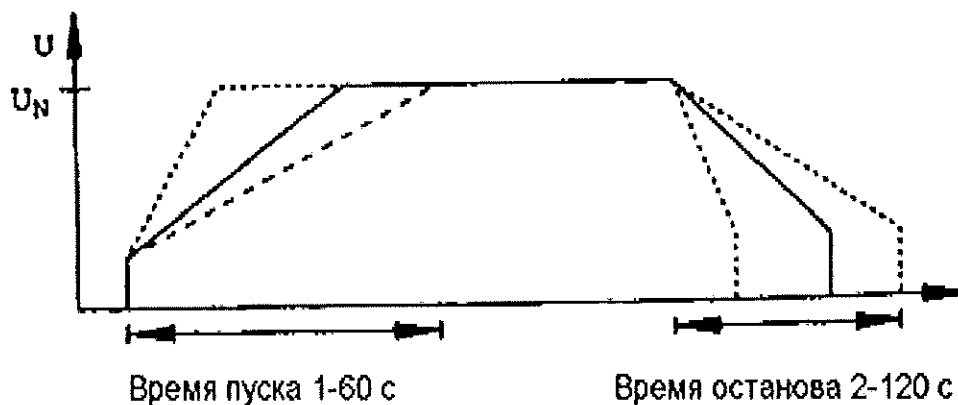
При принятии решения о целесообразности внедрения ЧРП следует учитывать, что кроме экономического эффекта от экономии электроэнергии применение ЧРП дополнительно обеспечивает следующее:

- ✓ снижается износ запорной арматуры, т.к. большую часть времени задвижки полностью открыты;
- ✓ большую часть времени насосы работают при пониженных давлениях, что снижает утечки в системе водоснабжения;
- ✓ снижается износ коммутационной аппаратуры, т.к. ее переключения происходят при отсутствии тока;
- ✓ снижается износ подшипников двигателя и насоса, а также крыльчатки за счет плавного изменения числа оборотов, отсутствия больших пусковых токов;
- ✓ уменьшается опасность аварий за счет исключения гидравлических ударов;
- ✓ обеспечивается одновременная защита двигателя от токов короткого замыкания, замыкания на землю, токов перегрузки, неполнофазного режима, недопустимых перенапряжений;
- ✓ снижается уровень шума, что особенно важно при расположении насосов вблизи жилых или служебных помещений;
- ✓ упрощается дальнейшая комплексная автоматизация объектов системы водоснабжения.

Устройство плавного (мягкого) пуска электродвигателей (УПП).

Мягкий пуск и останов.

Индивидуально и непрерывно программируемое время пуска и останова обеспечивает в стандартной версии, чтобы удовлетворить требованиям различных применений. Время пуска и останова определяется потребностями приводимого механизма. Выходное напряжение увеличивается от заданной начальной величины до номинального напряжения при пуске, и наоборот при останове. Время пуска и останова определяет время изменения напряжения в соответствующем процессе. Процесс пуска и останова механизма показан на рисунке.



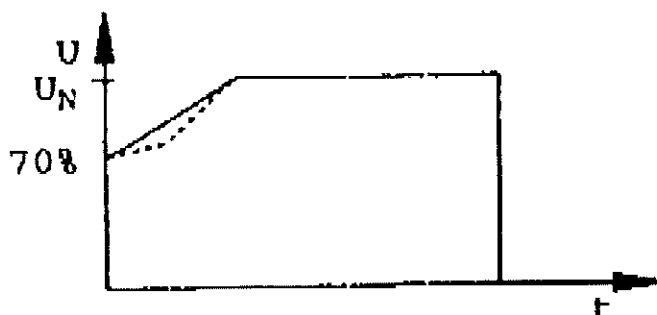
Функции систем мягкого пуска:

- защита от пропадания фаз питающего напряжения,
- перекос напряжения,
- защита от пуска двигателя с заклиненным ротором электродвигателя,
- защита от пониженного или повышенного напряжения в сети,
- защита от изменения последовательности фаз.

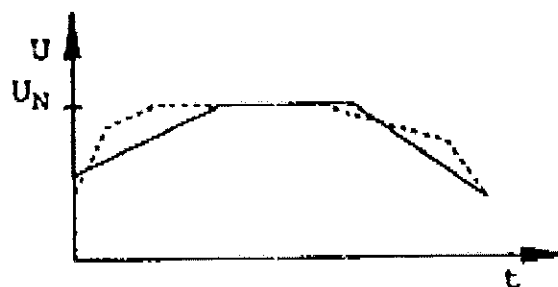
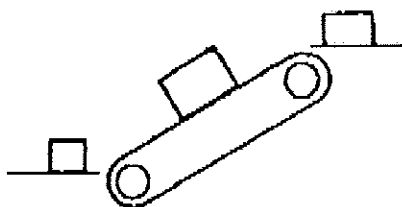
Все перечисленные ситуации, которые могут возникнуть при работе электродвигателей, приводят к дополнительным финансовым потерям предприятия.

На рисунках графически представлен процесс пуска, останова различных механизмов:

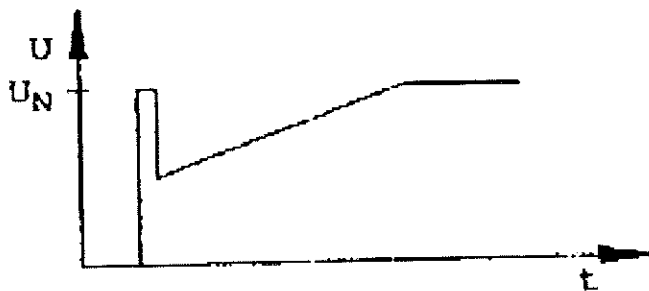
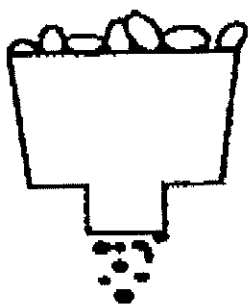
Вентиляторы



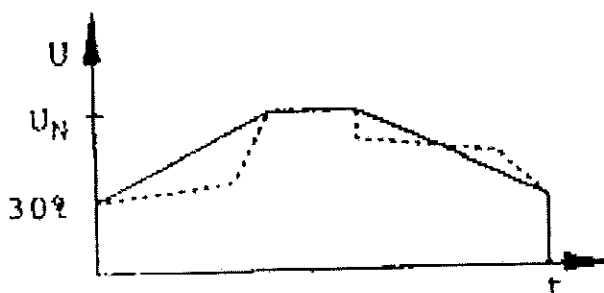
Конвейеры



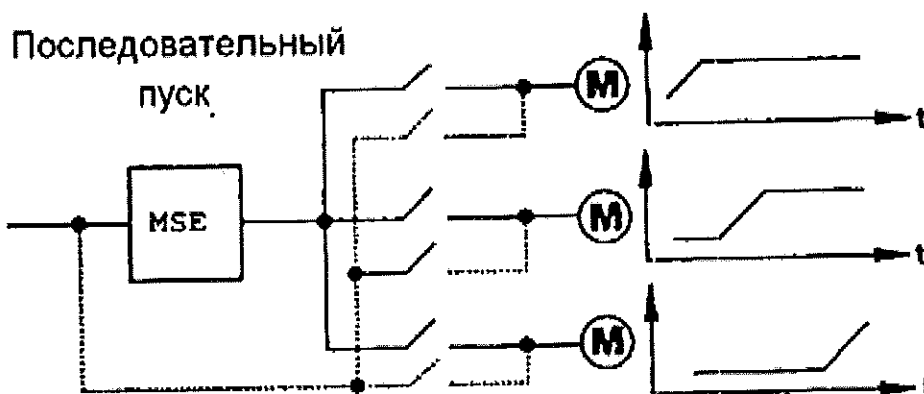
Мельницы



Насосы



Один мягкий пускатель может использоваться для включения и пуска различных двигателей, например, насосов, конвейеров, смесителей. На рисунке представлена схема подключения.



Расчёт экономической эффективности внедрения устройств плавного пуска.

Например, предлагается установить УПП на ленточные конвейера промышленного производства.

Экономический эффект от внедрения устройств мягкого пуска механизмов будет за счёт сокращения затрат на проведение капитальных и текущих ремонтов, а также внеплановых простоев (аварийных ситуаций).

По данным предприятия фактические финансовые затраты на проведение ремонтных и профилактических работ вышеперечисленного оборудования за год составили – 23 млн.руб.

Планируемая сумма для проведения годового планового ремонта составила - 12 млн.руб в год.

Тогда условная экономия денежных средств будет равна - $23 - 12 = 11$ млн.руб в год

С учётом монтажа и пусконаладки оборудования, общая стоимость будет равна – 15,2 млн.руб.

Срок окупаемости от внедрения УПП:

$$C_o = 15,2/11 = 1,4 \text{ года.}$$

Выбор рационального вида энергоносителя.

От правильного выбора энергоносителя (электроэнергия, природный газ, пар и др.) используемых на предприятиях для технологических целей, зависит эффективность использования энергоресурсов.

Выбор рационального энергоносителя определяем технико – экономическим анализом, который должен учитывать затраты во всех звеньях топливного и энергетического хозяйства.

При экономическом сравнении различных энергоносителей для дальнейшего использования их в производстве, необходимо при расчётах использовать переводные коэффициенты эквивалента энергии.

В качестве примера рассмотрим целесообразность применения одного из видов энергоносителя (электроэнергии и природного газа) используемого для термической обработки деталей:

Исходные данные:

Для термообработки деталей применяется электрическая печь с годовым использованием электроэнергии $W = 50000$ кВтч. К.П.Д. печи $\eta_e = 0,8$. Требуется установить экономическую целесообразность перевода печи на природный газ. К.П.Д. газовой печи $\eta_g = 0,3$.

Решение:

1. Расход электроэнергии на непосредственный нагрев деталей (W_n) составляет:

$$W_n = W * \eta_e = 50000 * 0,8 = 40000 \text{ кВт.ч.}$$

Эквивалент электроэнергии и условного топлива составляет $K_{у.т.} = 0,123$.

2. Эквивалентное количество условного топлива $Эк.ус.т.$

$$Эк.ус.т. = W_n * K_{у.т.} = 40000 * 0,123 = 4920 \text{ кг.}$$

3. Потребность условного топлива с учётом К.П.Д. газовой печи $Эу.т. \text{ печи}$

$$Эу.т. \text{ печи} = Эк.ус.т. / \eta_g = 4920 : 0,3 = 16400 \text{ кг.}$$

4. Расход натурального газа Q_g . (при среднем калорийном эквиваленте, равном $K_g = 1,14$) на термообработку деталей составляет:

$$Q_g = Эу.т. \text{ печи} / K_g = 16400 : 1,14 = 14326 \text{ м}^3 \text{ в год}$$

Для определения экономичности необходимо сопоставить стоимость электроэнергии и стоимость природного газа по соответствующим тарифам.

5. Стоимость электроэнергии $C_э.$ (руб.)

$$C_э. = W * T_э. = 50000 * 0,4 = 20000 \text{ руб., где:}$$

$T_э$ – тариф на электроэнергию, руб/кВтч

6. Стоимость природного газа $C_{г.}$ (руб.)

$C_{г.} = Q_{г.} * T_{г.} = 14326 * 0,43 = 6160$ руб., где:
 $T_{г.}$ – тариф природного газа, руб/нм³.

7. Экономический эффект перевода печи с электрической на газовую составит:

$$\Xi = C_{э} - C_{г.} = 20000 - 6160 = 13840 \text{ руб. в год}$$

Для выбора других видов энергоносителей проводятся аналогичные расчёты, как в приведённом примере.

Компенсация реактивной мощности

1. Снижение потерь электроэнергии за счёт повышения коэффициента мощности.

$$W_{п} = K * A * (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2); \quad \text{кВт.ч.}$$

K – экономический эквивалент реактивной мощности, ориентировочно принимается:

- при питании через три трансформации – 0,12
- при питании через две трансформации - 0,08
- при питании через одну трансформацию – 0,05
- при питании генераторным напряжением – 0,02

A – потребление активной энергии за расчётный период, кВт.ч.

$\operatorname{tg} \varphi_1, \operatorname{tg} \varphi_2$ – коэффициенты мощности до и после повышения.

Если известно потребление реактивной мощности до повышения Q_1 и после повышения Q_2 , то снижение потерь определяем по формуле:

$$W_{п} = K * (Q_1 - Q_2), \quad \text{кВт.ч.}$$

2. Компенсация реактивной мощности синхронными электродвигателями путём регулирования тока возбуждения ротора.

$$Q_{н} = \frac{A * P_{н} * \operatorname{tg} \varphi_{н}}{\eta}; \quad \begin{aligned} P_{н} & \text{ – номинальная активная мощность синхронного двиг.} \\ \operatorname{tg} \varphi_{н} & \text{ – соответствует номинальному } \cos \varphi_{н} \text{ двигателя.} \end{aligned}$$

A – допустимая нагрузка двигателя по реактивной мощности, (по документации).

η – к.п.д. двигателя

Использовать синхронные двигатели экономически выгоднее мощностью 1000 кВт и выше при частоте вращения 600 об/мин, чем конденсаторные установки.

Невыгодно использовать для генерации реактивной мощности синхронные двигатели малой мощности тихоходные.

Список используемой литературы:

1. «Методическое пособие для работников энергонадзора и энергослужб предприятий», г.Воронеж 1998 год.
2. «Методические указания по определению потерь топливно – энергетических ресурсов», Министерство судостроительной промышленности СССР – 1984 год.
3. М.Ф.Сацукевич, Ф.В. Мехедко «Справочник электротехника». г.Минск 1969 год
4. Фёдоров А.А. , Каменева В.В. «Основы электроснабжения промышленных предприятий», М. Энергия, 1979 год.
5. Л.М. Пиотровский «Электрические машины», г.Ленинград,1975 год
6. Д.М. Воскобойников «Экономическое стимулирование рационального использования электроэнергии в промышленности», г.Москва, 1988 год.
7. Г.И.Лобашов, В.М.Кузьменко «Организация обслуживания электроустановок в хозяйстве», г. Москва, 1971 год.
8. Ю.Г. Шакарян. Инструкция по расчету экономической эффективности применения частотно-регулируемого электропривода, АО ВНИИЭ, МЭИ, М.- 1997 г.