

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕХЕ ХИМВОДОПОДГОТОВКИ ХАРЬКОВСКОЙ ТЭЦ-5

Орловский И.В.

ОАО "Харьковская ТЭЦ-5"

Украина, 62371, Харьковская обл., Дергачевский р-н, пос. Подворки

тел. (0572) 20-50-50

*Запропоновано шляхи вдосконалення системи управління витратою електричної енергії цехом хімічної підготовки Харківської ТЕЦ-5. Вони засновані на прогнозі тижневого споживання електричної енергії цехом і зменшенні періоду опиту датчиків до тижня.*

*Предложены пути совершенствования системы управления расходом электрической энергии цехом химической подготовки Харьковской ТЭЦ-5. Они основаны на прогнозе недельного потребления электрической энергии цехом и уменьшении периода опроса датчиков до недели.*

### ВВЕДЕНИЕ

Внедрение систем управления расходами энергии и воды находит широкое применение на промышленных предприятиях Украины и может быть полезно для предприятий, генерирующих энергию, с целью минимизации расходов тепловой и электрической энергии на собственные нужды.

Ранее авторами были исследованы основные закономерности формирования значений расходов электрической энергии по цеху химической водоочистки (ХВО) Харьковской ТЭЦ-5 и разработаны мероприятия по экономии электрической энергии [1]. Часть этих мероприятий направлена на повышение энергетической эффективности мощных электроприемников. Их выполнение обеспечивает снижение электропотребления за счет изменения энергетических характеристик некоторых агрегатов, входящих в состав комплекта основного оборудования цеха ХВО.

Цель данной работы заключается в разработке концепции построения системы управления расходом электрической энергии для ХВО Харьковской ТЭЦ-5. При этом в комплексе средств управления расходом электроэнергии выделены организационные, технические и программно-методические средства.

### СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Основу организационных средств управления расходом энергии составляют элементы организационно-штатных структур предприятий. В соответствии с положениями, должностными инструкциями или иными нормативными документами внутреннего пользования этим подразделениям делегированы функции управления расходами энергии. Прообразом такой структуры на Харьковской ТЭЦ-5 является группа учета, подчиненная производственно-техническому отделу (ПТО).

Основу технических средств управления расходом электроэнергии составляют счетчики, как первичные элементы учета расхода, а также все сопутствующие технические средства, участвующие в сборе, передаче и хранении данных о значении расхода электроэнергии. Для управления расходом электрической энергии система технического учета должна соответствовать следующим требованиям:

- достаточная полнота учета;
- необходимая дифференциализация учета;
- требуемая точность;
- оперативность учета;
- определенная доступность.

Вне всякого сомнения, перечисленным выше требованиям отвечает лишь та часть учета электрической энергии на Харьковской ТЭЦ-5, которая количественно отражает энергетические потоки, пересекающие границы ТЭЦ.

Сведения обо всех наличных средствах учета электрической энергии по трансформаторам и электроприемникам, обеспечивающим функционирование ХВО, приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Сведения о счетчиках электрической энергии по элементам системы электроснабжения и электроприемникам, имеющим отношение к цеху ХВО

№	Элемент или электроприемник	Счетчик	Принадлежность
1	Трансформатор 70Т	И670М	Только ХВО
2	Трансформатор 71Т	И670М	
3	Трансформатор 72Т	И670М	
4	Трансформатор 73Т	И670М	Кроме ХВО воздушные компрессоры и трансформатор электролизера
5	Трансформатор 74Т	И670М	
6	Трансформатор 75Т	И670М	
7	Нагнетатель НВЦ-1	И670М	
8	Нагнетатель НВЦ-2	Е 859/1	Датчик мощности

### АНАЛИЗ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Алгоритм расчета расхода электрической энергии за любой отчетный период времени по ХВО в кВтч может быть представлен следующим выражением:

$$W = W_{\text{ТЭ}} - 0.2W_{\text{ВК}} + W_{\text{ВД}}, \quad (1)$$

где  $W$  – суммарный расход электрической энергии трансформаторами 70Т – 75Т;  $W_{\text{ТЭ}}$  – расход электрической энергии трансформатором электролизера;  $W_{\text{ВК}}$  – расход электрической энергии воздушными компрессорами БВЦ К-1, 2 и 3, связанной с получением

сжатого воздуха высокого давления (коэффициент 0,2 учитывает долю сжатого воздуха потребителей, не имеющих отношения к цеху ХВО;  $W_{вд}$  – расход электрической энергии центробежными нагнетателями воздуха НВЦ-1 и НВЦ-2.

Исходными данными, используемыми в (1), являются показания счетчиков электрической энергии. В связи с отсутствием отдельного учета расхода электрической энергии трансформатором электролизера и воздушными компрессорами, неизвестными в выражении (1) являются  $W_{тэ}$  и  $W_{вк}$ .

Неполный учет обычно порождает упрощенные алгоритмы расчета потребления и ошибочное представление о балансе электрической энергии. Следовательно, требуемую полноту учета могут обеспечить счетчики расхода электрической энергии, потребляемой трансформаторами электролизера и воздушными компрессорами.

Целесообразно рассмотреть существующую дифференциализацию технического учета электрической энергии по цеху ХВО, включающую три условных уровня учета.

*Первый уровень* технического учета электрической энергии включает входной учет по напряжению 6 кВ. Он охватывает средства учета всех вводных фидеров на секции сборных шин трансформаторных подстанций, питающих электроприемники собственно цеха ХВО и отдельные электроприемники, включенные в технологические процессы цеха ХВО (компрессорные установки и воздушные нагнетатели). На этом уровне имеются все необходимые счетчики электрической энергии. Но этот уровень обеспечивает только основу для контроля общего расхода электрической энергии цеха ХВО, так как он не соответствует установленным границам административной и энергетической ответственности, поскольку сборные шины названных трансформаторных подстанций являются общими для электроприемников, принадлежащих различным структурным подразделениям ТЭЦ-5.

*Второй уровень* связан с учетом расхода электрической энергии напряжением 6 кВ отдельными электроприемниками. Это только две точки учета, связанные с учетом электрической энергии, расходуемой нагнетателями воздуха НВЦ-1 и НВЦ-2.

*Третий уровень* обеспечивает технический учет электрической энергии напряжением 0,4 кВ.

Среди этих уровней третий уровень учета электрической энергии на напряжении 0,4 кВ по цеху ХВО совершенно не развит. И это несмотря на то, что при этом открывается возможность контроля расходов электрической энергии агрегатами, среди которых есть весьма энергоемкие, в частности:

- насос взрыхления механических фильтров НВМФ мощностью 48,10 кВт;
- компрессор мощностью 119,30 кВт;
- насос умягченной воды НУВ мощностью 142,40 кВт;
- насос подпитки светленной водой теплосети НОВТ мощностью 151,30 кВт.

Измерения показали, что суммарная электрическая мощность электроприемников напряжением

0,4 кВ, участвующих в обеспечении технологического процесса цеха ХВО, составляет примерно 700 кВт.

Обобщенные данные о наличии счетчиков электрической энергии уровням учета представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Сведения о распределении точек учета электрической энергии по условным уровням учета для цеха ХВО

Уровень	Характеристика уровня	Количество точек учета (счетчиков)		
		имеется	требуется	всего
1	на напряжение 6 кВ для трансформаторов силовых (70Т, 71Т, 72Т, 73Т, 74Т, 75Т)	6	0	6
2	на напряжение 6 кВ для нагнетателей воздуха НВЦ-1, НВЦ-2	2	0	2
3	на напряжение 0,4 кВ для приемников, принадлежащих разным структурным подразделениям и запитанным через один и тот же силовой трансформатор	2	13	15
ИТОГО		10	13	23

Перечень дополнительных счетчиков электрической энергии для электроприемников напряжением 0,4 кВ приведен в табл. 3.

Таблица 3  
Дополнительные счетчики электрической энергии напряжением 0,4 кВ (трансформатор тока 200/5 А)

№	Наименование электроприемника	Мощность, кВт	Место установки
1	Насос умягченной воды НУВ 1	118	71Т, РУ-0,4 кВ
2	НУВ-2		72Т, РУ-0,4 кВ
3	НУВ-3		73Т, РУ-0,4 кВ
4	НУВ-4		74Т, РУ-0,4 кВ
5	Насос осветленной воды подпитки ТС НОВТ-1	113	73Т, РУ-0,4 кВ
6	НОВТ-2		73Т, РУ-0,4 кВ
7	НОВТ-3		74Т, РУ-0,4 кВ
8	НОВТ-4		74Т, РУ-0,4 кВ
9	Компрессор воздушный К-1	118	73Т, РУ-0,4 кВ
10	К-2		74Т, РУ-0,4 кВ
11	К-3		75Т, РУ-0,4 кВ
12	Трансформатор электролизера Т1	110	73Т, РУ-0,4 кВ
13	Т2		75Т, РУ-0,4 кВ

Оперативность технического учета неудовлетворительная из-за низкой частоты опросов. Наличие ежемесячных показаний расхода электрической энергии по тем же трансформаторам 70Т – 75Т недостаточно для управления расходом электрической энергии

гии, так как причина перерасхода электрической энергии, как правило, не может быть выяснена при таком запаздывании информации о расходах электрической энергии.

Наконец, доступ к данным учета электрической энергии должна быть разрешен персоналу, использующему электроприемники цеха ХВО.

В настоящее время система технического учета электрической энергии ТЭЦ-5 приводится в полное соответствие всем вышеперечисленным требованиям.

В комплексе средств управления расходом электрической энергии по ХВО решающая роль, вне всякого сомнения, принадлежит программно-методическим средствам, составляющим основу системы контроля и нормализации (КиН) [2].

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Использование математического аппарата прикладной статистики [3] в полной мере обеспечивает контроль и планирование расхода электрической энергии для цеха ХВО. Для этого пригодны регрессионные зависимости расхода электрической энергии от подачи воды на подпитку тепловой сети. При описании зависимостей расхода электрической энергии отдельными электроприемниками, обеспечивающими работу цеха ХВО, могут быть использованы и другие параметры.

На рис. 1 представлена зависимость расхода электрической энергии на подготовку осветленной воды для подпитки тепловой сети за 2,5 месяца 2004 г. при недельном периоде контроля.

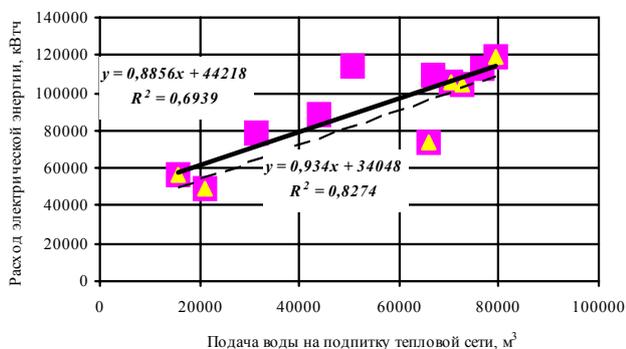


Рис. 1. Зависимость недельного расхода электрической энергии на подготовку осветленной воды для подпитки тепловой от недельной подачи осветленной воды

Как видно на рис. 1, зависимость недельного расхода электрической энергии (сплошная линия) на подготовку и подачу осветленной воды для подпитки тепловой сети  $y$  (кВт·ч) от подачи осветленной воды  $x$  (м³) описывается уравнением

$$y = 0,856x + 44218 \quad (2)$$

Уравнение (2) получено при высокой величине коэффициента аппроксимации ( $R^2=0,6939$ ).

Наименьший разброс математического ожидания недельного расхода электрической энергии на подготовку и подачу осветленной воды соответствует диапазону недельных подач 7000 – 8000 м³.

Приведенная зависимость (1) полностью соответствует требованиям, предъявляемым к стандартным зависимостям, используемым в системе КиН, и может быть использована для нормализации расходов электрической энергии по цеху ХВО.

При применении системы КиН в цехе ХВО в условиях недельного контроля расхода электрической энергии на подготовку и подачу осветленной воды, получена следующая аппроксимированная линейная зависимость:

$$y = 0,934x + 34048 \quad (3)$$

На рис. 1 график зависимости (3) построен пунктирной линией.

Сравнение кривых показывает, что при использовании системы КиН аппроксимация дает лучший результат. При недельной подаче 75000 м³ осветленной воды переход от расходов энергии в соответствии с зависимостью (2) к зависимости (3) обеспечивает снижение потребления с 110638 кВт·ч до 104098 кВт·ч, т.е. экономию 6540 кВт·ч.

Управление расходом электрической энергии по структурным подразделениям требует наличия стандартных зависимостей не только для структурного подразделения, но и для его отдельных энергоемких агрегатов. Среди энергоемкого оборудования, обслуживающего нужды цеха ХВО, присутствуют источники воздуха низкого (0,24 МПа) и высокого давления (0,6 МПа).

Источниками сжатого воздуха низкого давления являются нагнетатели воздушные центробежные, один из которых работает по заявкам дежурной смены со щита управления цеха ХВО, а другой находится в резерве. Весь воздух низкого давления используется на нужды цеха ХВО и другим потребителям ТЭЦ не поставляется.

Центробежные нагнетатели НВЦ-1 и НВЦ-2 являются самыми мощными электроприемниками, обслуживающими потребности цеха ХВО. По результатам проведенных испытаний установлена средняя мощность, потребляемая нагнетателем из сети, которая составляет 540 кВт·ч.

Сжатый воздух высокого давления на ТЭЦ-5 подается воздушными компрессорными установками винтового и поршневого типов. Цех ХВО использует только около 80% выработанного сжатого воздуха высокого давления. Остальной расход приходится на ремонтные распределительные сети сжатого воздуха. Как показывают наблюдения, типичная ситуация связана с круглосуточным использованием не менее одного из компрессоров. Предпочтение при этом отдается использованию винтового компрессора, что оправдано со всех точек зрения.

На рис. 2 показана зависимость недельного расхода электрической энергии на получение сжатого воздуха низкого давления  $y$  (кВт·ч) от подачи осветленной воды на подпитку тепловой сети за неделю  $x$  (м³), описываемая линейным уравнением

$$y = 0,4852x + 791,83 \quad (4)$$

Коэффициент корреляции для зависимости, отражающей изменение расхода электрической энергии

центробежным нагнетателем, невысок ( $R^2=0,4855$ ), что объясняется наличием человеческого фактора – требуемое время работы нагнетателя определяется субъективно.

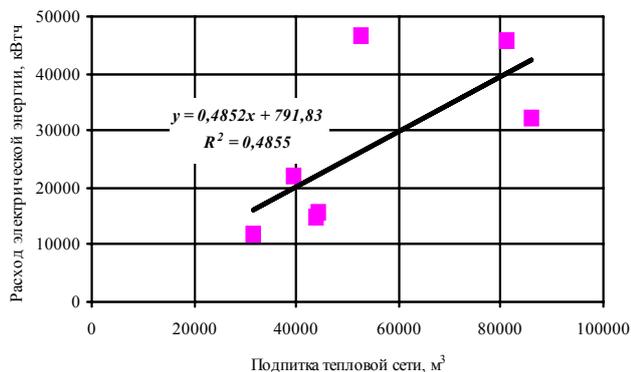


Рис. 2. Зависимость недельного расхода электрической энергии центробежным воздушным нагнетателем НВЦ - 360-22-1 от подачи осветленной воды на подпитку тепловой сети за неделю

Использование зависимости на рис. 2 в качестве стандартной для контроля и нормализации расхода электрической энергии на получение сжатого воздуха низкого давления позволяет решить две задачи:

- упорядочить использование НВЦ в соответствии с обнаруженными закономерностями (см. рис. 2).
- экономить электрическую энергию за счет исключения случаев необоснованного увеличения времени работы центробежных нагнетателей воздуха.

На рис. 3 показана зависимость недельного расхода электрической энергии на получение сжатого воздуха высокого давления на воздушных компрессорах  $y$  от подачи осветленной воды на подпитку тепловой сети за неделю  $x$ , описываемая линейным уравнением:

$$y = 0.0688x + 15369. \quad (5)$$

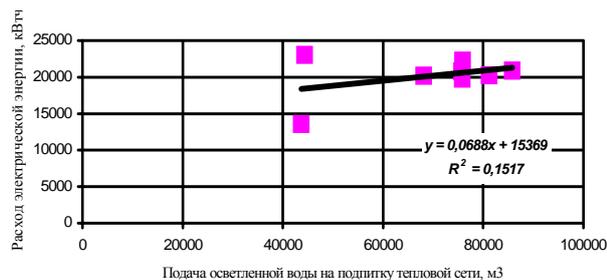


Рис. 3. Зависимость недельного расхода электрической энергии воздушными компрессорами от подачи осветленной воды на подпитку тепловой сети за неделю

Согласно (5) недельный расход электрической энергии компрессорными установками во многом определяется высокой постоянной составляющей расхода электрической энергии и существенно меньше зависит от изменения подач осветленной воды за неделю. Это подтверждается тем, что зависимость недельного расхода электрической энергии для получения сжатого воздуха высокого давления имеет невысокое значение коэффициента аппроксимации ( $R^2=0,1517$ ). Основные причины этого – наличие не-

контролируемого расхода сжатого воздуха высокого давления на ремонтные нужды и большое число утечек сжатого воздуха из распределительной сети. И то и другое выступают в роли дополнительных факторов, влияющих на формирование расходов электрической энергии на получение сжатого воздуха высокого давления. Наличие неопределенности в количественной оценке расхода сжатого воздуха для ремонта делает неэффективным использование системы КиН для снижения этих расходов для цеха ХВО до установки счетчиков.

Неучтенным расходом воздуха высокого давления через ремонтную распределительную сеть можно объяснить наличие разбросов расходов электрической энергии по воздушным компрессорам (рис. 3). Так, при недельной подаче 43661 м<sup>3</sup> осветленной воды в одном случае недельный расход электрической энергии составил 13596 кВт·ч электрической энергии, а в другом случае при подаче 44312 м<sup>3</sup> осветленной воды за неделю недельный расход электрической энергии составил уже 23027 кВт·ч.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены пути совершенствования системы технического учета электрической энергии в цехе химводоочистки Харьковской ТЭЦ-5. Установлено, что среди средств управления расходом электрической энергии важнейшую роль играют программно-методические средства, составляющим основу системы.

2. На основе экспериментальных данных получены регрессионные зависимости прогноза расхода электрической энергии для цеха химводоочистки.

3. Обоснована целесообразность применения недельного периода в системе контроля и нормирования расхода электрической энергии для цеха химводоочистки. В сочетании с прогнозированием а система технического учета снизить недельный расход электроэнергии на собственные нужды цеха химводоочистки ТЭЦ-5.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вороновский Г.К., Покалицын С.Н., Орловский И.В. Потенциал экономии электрической энергии цеха химводоочистки Харьковской ТЭЦ-5 // Электротехника і електромеханіка. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2005. – № 2. – С. 93-97.
- [2] Праховник А.В., Трапп Г. Р. Контроль и нормализация электропотребления. Управление энергоиспользованием // Сб. докладов. – К.: Альянс за сбережение энергии. – 2001.
- [3] Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.. Курс теории вероятности и математической статистики. – М.: Наука, 1969.

Поступила 25.01.2006