

Секция 3

Энергетическая безопасность и
энергосбережение

Информационное обеспечение топливно-энергетического баланса

О.В. Белова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: oksana_ksyusha@mail.ru

Топливо-энергетический баланс объекта раскрывает многие свойства энергетического хозяйства и в большинстве случаев сохраняет в течении значительного времени состав, структуру и мобильность использования энергоресурсов несмотря на многие внешние и внутренние изменения. Так ежегодный прирост потребления ТЭР в регионе остается примерно постоянным (на уровне 1-2 % от спроса), а потребление электроэнергии в жилом доме остается неизменным в течение многих лет, несмотря на значительные изменения цен и тарифов [1].

Это позволяет предположить, что топливо-энергетический баланс обладает определенными устойчивыми корреляциями, изучение которых является целью настоящей работы. Знание этих внутренних взаимосвязей для объектов разного назначения позволит осуществлять энергосбережение на новой методической основе.

Топливо-энергетический баланс представляет собой систему сведений о добыче, производстве, потреблении и потерях топливно-энергетических ресурсов исследуемого объекта за определенное время и представленных в физических или условных единицах измерения [2]. В таблице 1 приведен топливо-энергетический баланс Томской области за 2009 год.

Таблица 1. Топливо-энергетический баланс Томской области в 2009 году.

№	Строка баланса	Нефть	Газ природный	Уголь	Дрова	НП	ЭЭ	Тепло	Всего
1	Производство	0	0	0	6	0	789	1121	1916
2	Отправлено на сторону	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Получено со стороны	14	2696	657	0	0	28	0	3395
4	Остаток на складе	5	10	145	1	53	0	0	214
5	ДЭС	0	0	0	0	0	789	1121	1910
6	Котельные всего	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Располагаемый ресурс	19	2696	802	5	51	818	1121	5510
8	Статистическое расхождение	5	0	145	0	0	-66	496	579
9	Собственные нужды	0	0	0	0	0	24	0	24
10	Отпуск в сеть	0	0	0	0	0	794	1121	1914
11	Потери в сети	0	0	0	0	0	160	194	354
12	Потребление	19	2696	657	5	51	634	926	4988
13	ДЭС	0	901	290	0	16	0	0	1207
14	Котельные всего	5	326	13	1	8	0	0	353
15	Конечное потребление	9	1469	354	4	27	700	431	2993
16	Промышленность	6	1918	340	1	23	372	217	2877
17	Строительство	1	1	2	0	1	10	8	23
18	Сельское хозяйство	0	0	0	1	0	1	1	3
19	Транспорт	1	29	6	1	1	150	34	223
20	Сфера услуг и КБХ	0	0	1	0	0	25	95	121
21	Население	0	9	0	0	10	260	450	729
22	Фактическое потребление	9	1957	349	3	35	818	805	3975
23	Потребление с учетом энергетических нужд	14	3184	652	4	59	818	805	5534
24	Статистическое расхождение	0	-488	5	0	-8	-118	-374	

В ТЭБ содержатся сведения о разных видах энергоресурсов в потребляющей (промышленность, население) и производственной частях (ГРЭС, ТЭЦ, котельные), о собственном расходе и потерях ТЭР. Структура баланса (рис. 1) позволяет выявить соотношение разных энергоресурсов.

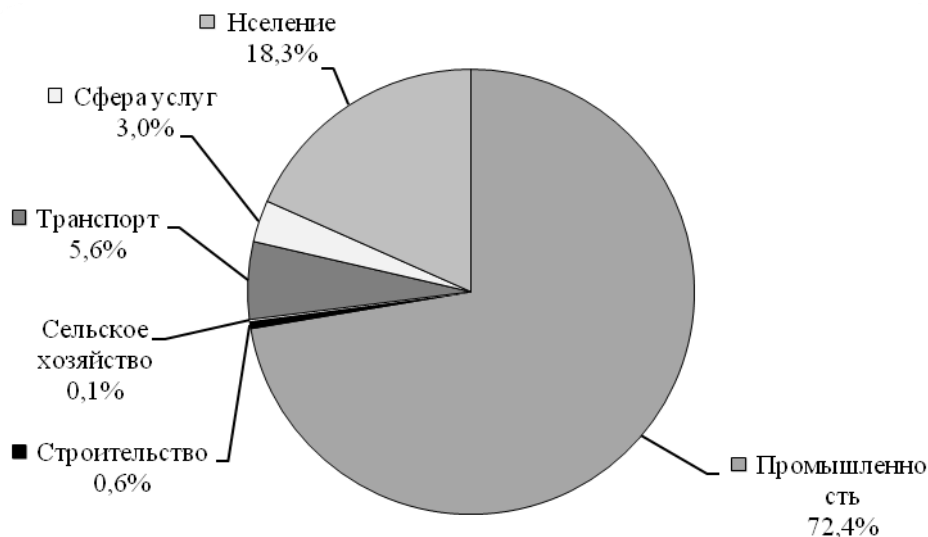


Рис.1. Структура топливно-энергетического баланса Томской области в 2009 г.

Обращает на себя внимание высокая стабильность доли энергоресурсов в структуре баланса (табл.2) [3].

Таблица 2. Доля ТЭР в структуре баланса.

Энергоресурсы	2005	2006	2007	2008	2009
Нефть	0,29	0,29	0,31	0,27	0,38
Газ природный	68,8	70,64	61,48	58,17	54,05
Уголь	5,14	5,27	8,88	10,31	13,17
Дрова	0,18	0,19	0,13	0,08	0,1
Нефтепродукты	0,71	0,73	1,48	1,88	1,02
Электроэнергия	10,64	8,25	11,28	12,13	12,71
Тепло	14,24	14,63	16,44	17,14	18,57
Всего	100	100	100	100	100

Устойчивость доли потребляемых энергоресурсов позволяет записать:

$$W = a \cdot W_{\text{э}} + b \cdot W_{\text{т}} + c \cdot W_{\text{г}} + \dots,$$

где W – общее потребление энергий т у.т; a, b, c, \dots – доля потребления соответственно электроэнергии, тепла, газа и др.

К сожалению, государственная система статического наблюдения не предусматривает сбора сведений по потреблению угля, тепловой энергии, нефтепродуктов и др. Если найти достоверные значения коэффициентов a, b, c, \dots – возможно восстановить баланс, пользуясь их приближенными значениями.

Возможно также составить балансы на короткие промежутки времени или для частей объекта. Для этого случая потребление электроэнергии можно определить так:

$$W_{\text{э}} = \left(\frac{W_{\text{э},\theta}}{T_{\theta}} \cdot \frac{\theta}{\theta_{\theta}} \right) \cdot T,$$

где $W_{\text{э},\theta}$ – потребление электроэнергии в базовом периоде; T, T_{θ} – продолжительность планируемого периода и базового соответственно; θ, θ_{θ} – средняя продолжительность светового дня в планируемом и базовом режимах соответственно.

Потребление тепла:

$$W_T = \left(\frac{W_{T,б}}{T_б} \cdot \frac{\tau}{\tau_б} \right) \cdot T,$$

где $W_{T,б}$ – потребление тепла в базовом режиме; τ , $\tau_б$ – средняя температура наружного воздуха в планируемом и базовом периодах.

Вывод: Топливо-энергетический баланс позволяет построить развернутую информацию для управления и прогнозирования спроса на энергоресурсы.

Список используемой литературы:

1. Вольфберг Д.Б., Макаров А.А. Рациональное использование и экономия топливно-энергетических ресурсов// Современные проблемы энергетики/ Под ред. Д.Г. Жимерина. – М.: Энергоатомиздат, – 1984. – 194 с.
2. Литвак В.В. Основы регионального энергосбережения (научно-технические и производственные аспекты). – Томск: Изд-во НТЛ, – 2002. – 300 с.
3. Статистический ежегодник Томской области: Стат.сб. – Томск: Томскстат., – 2009. – 251 с.

УДК 87.03.07, 87.35.91

Оптимизация сельскохозяйственного производства в различных районах Томской области на основе программного моделирования.

Т.Ш. Фузела

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск, Россия

E-mail: fts10@yandex.ru

В условиях недостаточности и заметного удорожания основных видов энергоресурсов проблема экономии энергии в сельскохозяйственном производстве должна решаться с учетом максимального использования возможностей сельскохозяйственных систем по частичному самообеспечению энергией, а также некоторыми другими компонентами, воспроизводимыми в собственном биологическом цикле. Для расчета энергии, производимой сельским хозяйством различных районов на территории Томской области, нами был использован метод программного моделирования, подробно описанный ранее [1]. Модель оптимизации функционирования сбалансированной агроэкосистемы, основанная на потоках вещества, энергии и информации, может быть использована как модель для проведения количественного и качественного анализа различных сельскохозяйственных систем. Разработанная программа «Agroном 1.0» адаптирована под природные условия Томской области и позволяет ускорить анализ, рассчитать большое количество вариантов функционирования. Ввиду развития объектно-ориентированного программирования в основу модели была положена не система матриц и векторов, характерная для классического линейного программирования, а система объектов с определенными свойствами и функциями. Краткий алгоритм расчета потоков энергии: вычисляются потребности различных отраслей исследуемого хозяйства, которые в большей степени зависят от запланированного выхода продукции; вычисляется фактический баланс источников энергии; все балансы сводятся в одно уравнение, в левой части которого все потребности, а в правой – все энергетические потоки. Это уравнение разрешается относительно суммы величин энергии и вещества (выраженных также в энергетических единицах), поступающих из внешних источников. Значение целевой функции, отражающей сумму потребленной внешней энергии, будет больше либо равным величине покупаемой энергии. В результате определяется оптимальный вариант использования как внешних, так и внутренних потоков вещества, а также эффективность использования различных ресурсов сельскохозяйственным производством. Оценка была проведена на основе ретроспективного анализа, применительно к тому, как бы функционировала сельхозсистема с 2005 по 2010 гг., если бы при её функционировании использовались отходы производства. Оптимизация проводилась с помощью оптимизации функционирования сельскохозяйственного производства с учётом использования вторичного продукта производства ($E_{II} = E_{б/г\text{ сол}} + E_{б/г\text{ нав}}$), а также с учётом использования вторичного продукта ($E_{II} = E_{б/г\text{ сол}} + E_{б/г\text{ нав}}$) и третичного продукта ($E_{III} = E_{сол} \cdot m_{сол} + E_{нав} \cdot m_{нав}$) производства [1].

Выбор районов для анализа определяется пространственным распределением на территории Томской области, который сочетается с освоенностью и транспортной доступностью, а также сосредоточенностью на территории сельскохозяйственного производства. Поэтому для исследования были выбраны следующие районы: Томский, Асиновский, Бакчарский, Кожевниковский, Кривошеинский, Зырянский, Чаинский, Шегарский и Первомайский.

Исследование базировалось на статистических данных по сельскому хозяйству в период с 2005 по 2010 гг. по различным районам Томской области, которые были взяты из ежегодного статистического сборника.

Было выявлено, что максимальную энергетическую нагрузку имеют Томский ($61,7-69,8 \cdot 10^{13}$ Дж), Кожевниковский ($54,5-66,9 \cdot 10^{13}$ Дж) и Зырянский районы ($21,1-28,8 \cdot 10^{13}$ Дж) (рис 1). Однако самые высокие значения по проценту использования таких важных ресурсов, как органические удобрения и корма имеет Томский район ($44,5-62,3 \cdot 10^{13}$ Дж), Чаинский ($7,7-9,3 \cdot 10^{13}$ Дж), Первомайский ($10,1-16,4 \cdot 10^{13}$ Дж) и Асиновский ($7,4-16,5 \cdot 10^{13}$ Дж) (рис.2). На основе полученных результатов можно сделать вывод, что в отдельные годы Томский (2005-2010), Асиновский (2007-2010) и Первомайский районы (2005-2008) способны более чем на 70% к самообеспечению энергией за счёт использования побочного продукта производства.

По результатам оптимизации потенциальные возможности использования побочных продуктов производства для самообеспечения энергией иногда превышают 50% для Чаинского и Кривошеинского районов, а в Шегарском и Бакcharском районах на 25%. Выявлено, что схемы функционирования производства Зырянского и Кожевниковского районов менее всего имеют приращение энергии (до 20%), хотя их природно-ресурсный потенциал среди районов области составляет значительный вклад.

Результат ретроспективного моделирования, проведенного для районов Томской области показал, что в отдельные годы имеет место получение дополнительной энергии за счет реализации побочных энергетических ресурсов. Как показано выше, на основе оптимизации системы можно было сократить затраты энергии отдельно по годам до 50%. Таким образом, при правильном использовании ресурсов система может дать резкое повышение экономичности использования энергии. Динамика распределения энергетических затрат по годам объясняется различием в объёме производства, структуре сельскохозяйственных площадей и хозяйствования.

Исследование показало, что с помощью нашей модели можно оптимально управлять производством и при этом сохранять ресурсы, а также выявлять новые пути повышения эффективности сельскохозяйственного производства, то есть пути снижения затрат энергии, удобрений и пр. на единицу производимой продукции.

Работа выполнена в рамках проекта VII. 63.1.3. фундаментальных исследований ИМСЭС СО РАН

Список используемой литературы:

1. Фузелла Т.Ш., Эколого-энергетический анализ агроэкосистем: оптимизация функционирования агроэкосистемы. – Germany. LAP Lambert Academic Publishing, – 2012. – 168 с.
2. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы оптимизации продуктивности агроэкосистем. – ИФПБ РАН. – 2008. – 366 с.

Основные типы ИБП с двойным преобразованием энергии

О.А. Иванов, С.А.Коробков

Московский государственный открытый университет, г.Москва, Россия

**НИУ МЭИ, г.Москва, Россия*

E-mail: ivanov_o_a88@mail.ru

Описываются основные преимущества и недостатки трансформаторных и бестрансформаторных источников бесперебойного питания.

В последние десятилетия произошли революционные изменения в области электроэнергетики, силовой электроники. Ускоренное развитие техники подстегнуло к созданию все более совершенного оборудования. Но для эффективной работы этого оборудования необходимо наличие и бесперебойного качественного электропитания. Электронное оборудование, в частности медицинское, в процессе эксплуатации оказывается под воздействием различных электромагнитных помех, большая часть которых распространяется по электрическим сетям. Эти проблемы могут вызывать не только сбои в работе оборудования, но и необратимые процессы разрушения программного продукта и выхода из строя аппаратуры. А применительно к медицинскому приборному оборудованию вообще накладываются очень высокие требования к электропитанию, особенно к наличию высших гармонических составляющих. Но зачастую многие

производители и тем более покупатели данной аппаратуры не обращают должного внимания на условия работы установок.

Условно источники бесперебойного питания можно разделить на два типа: с использованием трансформатора и бестрансформаторные. В классической схеме онлайн ИБП на выходе IGBT-инвертора применяется трансформатор (рис. 1).

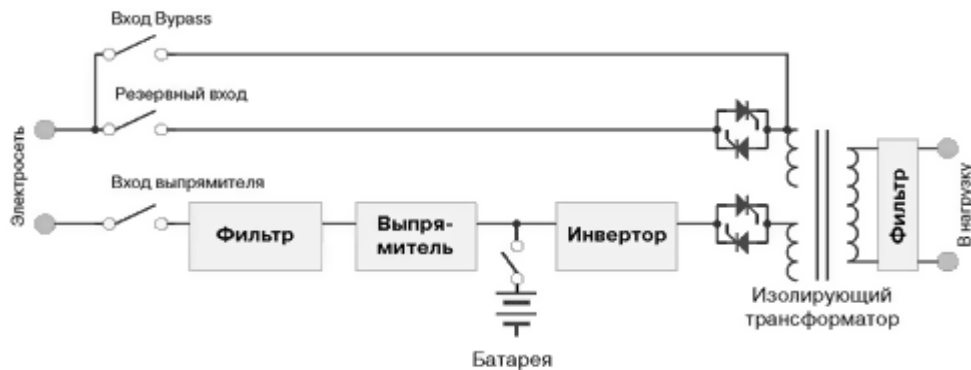


Рис.1 Блок-схема онлайн ИБП с трансформатором.

Трансформатор на выходе ИБП не только обеспечивает гальваническую развязку, но и гарантирует отсутствие постоянной составляющей в выходном сигнале (наличие такой составляющей вполне может вывести нагрузку из строя), а также придает повышенную "живучесть" выходным транзисторам и делает более простой и надежной схему инвертора. Еще одним преимуществом выходного трансформатора является возможность создания нейтрали. Для работы выпрямителя трехфазных трансформаторных ИБП не требуется наличие нейтрального проводника, а в цепи постоянного тока, как правило, включен один комплект АКБ требуемого напряжения и емкости. При этом батареи подключены непосредственно к цепи постоянного тока (через защитные предохранители). Поскольку выходной трансформатор одновременно обеспечивает повышение напряжения, инвертор может работать при пониженном напряжении постоянного тока, а трансформатор вместе с конденсаторами в цепи постоянного тока на входе инвертора образует пассивный фильтр. Кроме того, вторичная обмотка трансформатора содержит нейтральный вывод, таким образом, нейтраль входной сети становится полностью гальванически изолированной от нейтрали на выходе ИБП.

Применение трансформатора в выходном каскаде ИБП обуславливает больший вес таких ИБП и большие габаритные размеры. Как правило, такие ИБП требуют доступа для проведения обслуживания более чем с одной стороны, тем самым увеличивается сервисная зона, занимаемая оборудованием. Однако, в современных ИБП требуется только фронтальный доступ.

Появление бестрансформаторных схем связано со стремлением разработчиков уменьшить габаритные размеры и массу ИБП, а также снизить их стоимость. Инвертор бестрансформаторных ИБП должен обеспечивать более высокое выходное напряжение, поэтому в цепи постоянного тока устанавливаются специальные устройства, повышающие напряжение (бустеры). Из-за этого такие агрегаты иногда называют "ИБП с тройным преобразованием" (рис. 2).

Поскольку нейтральный проводник в бестрансформаторном ИБП является сквозным, то есть проходит с входа на выход, фактически цепь постоянного тока имеет два плеча – положительное и отрицательное. В каждом плече установлен комплект АКБ (как правило, 20 12-ти вольтовых блоков) и отдельное зарядное устройство. Фильтрация выходного сигнала осуществляется выходным LC фильтром.

По мере развития IGBT-транзисторов все более широкое применение стали находить варианты построения выпрямителей на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором, что позволило более эффективно управлять характеристиками потребления тока из питающей сети, что обеспечивает наилучшие входные параметры (КНИ < 5%). Однако, это значительно повысило стоимость самих ИБП.

Таким образом можно сделать выводы. Для современных центров обработки данных требуется более эффективный ИБП. То есть источник бесперебойного электропитания, который будет иметь более высокой коэффициент полезного действия (КПД). Трансформатор по своей природе вносит дополнительные потери, а значит КПД у него будет, естественно, меньше чем у ИБП без трансформаторов.

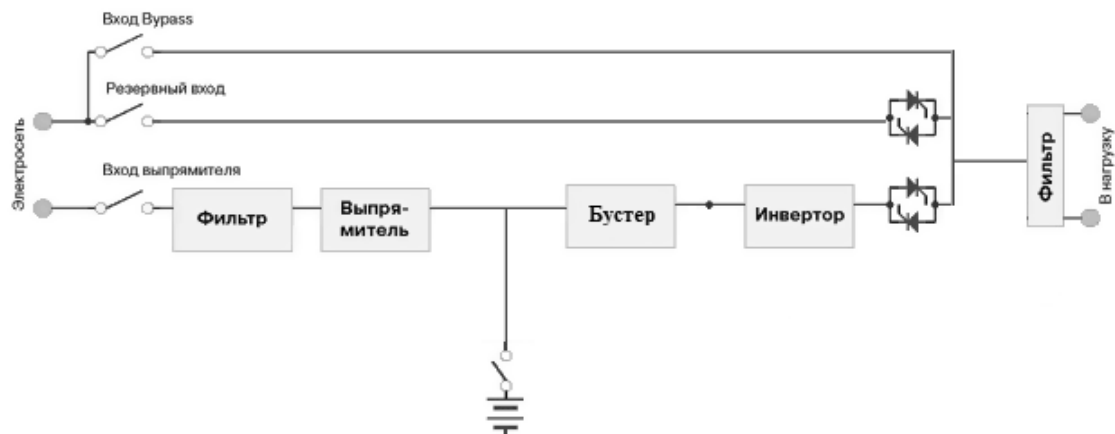


Рис.2. Блок-схема онлайн ИБП без трансформатора.

Один из серьезных доводов в пользу безтрансформаторных систем заключается как раз в том, что трансформаторы увеличивают энергетическую эффективность. При нелинейных нагрузках потери, создаваемые старыми трансформаторами, составляли более 2-3%. Благодаря появлению трансформаторов типа Tr1 (а также использованию высокого значения K , т.е., $K20$), этот показатель уменьшился до 1.5-2%. Однако не надо забывать, что в дата центре имеет большое значение уровень надежности. Один из аргументов поставщиков и производителей следующий – трансформаторные ИБП являются более устойчивыми и поэтому они более надежные.

УДК 621.37

Экономический эффект использования методов прогнозирования электроэнергии и оценка потенциала энергосбережения неритмично работающих промышленных предприятий

Т.Н. Кирилова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: kirilova@sibmail.com

Российская энергетика, начиная с 2006 г., прошла сложный процесс структурного и экономического реформирования. Результатом реформы явилось создание нормативно-правовой базы, в рамках которой введены понятия оптового и розничного рынков электроэнергии, субъектов электроэнергетики и правила их взаимодействия в процессе производства, распределения и потребления электроэнергии.

Одним из главных аспектов реформы является механизм формирования рыночной стоимости электроэнергии и мощности для потребителей, исключая население. Таким образом, согласно Постановлению Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" появилась легитимная возможность влиять на стоимость потребленной электрической энергии.

Еще одним основополагающим направлением развития российской энергетика на сегодняшний день является энергосбережение и повышение энергетической эффективности, главные тезисы которого установлены Федеральным законом № 261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

Согласно ст. 2 данного закона энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

Крупные промышленные предприятия, в силу большого объема потребления электроэнергии, являются наиболее активными участниками рынка электроэнергии. С одной стороны они обладают необходимой технической и кадровой оснащённостью и способны обеспечить процесс почасового прогнозирования потребления электроэнергии и процесс его фактического соблюдения, что позволяет снизить стоимость покупаемой электроэнергии. С другой стороны процесс организации прогнозирования электропотребления напрямую связан с

оптимизацией технологического процесса и эффективного использования промышленного оборудования. Таким образом, на крупном промышленном предприятии, применение инструмента прогнозирования для уменьшения стоимости электроэнергии вызывает синергетический эффект, результатом которого является снижение объемов потребления электроэнергии.

Прогнозирование - это научная деятельность, направленная на выявление и изучение возможных альтернатив будущего развития и структуры его вероятных траекторий. Каждая альтернативная траектория развития связывается с наличием комплекса внешних относительно исследуемой системы (явления) условий.

В связи с вышесказанным было произведено прогнозирование потребления электроэнергии для промышленного предприятия и расчет экономического эффекта использования методов прогнозирования. Учитывая неритмичность работы промышленного предприятия и соответственно неравномерный график потребления электроэнергии, для повышения качества прогноза из общего потребления электроэнергии выделена постоянная и переменная (неритмичная) составляющие электропотребления.

Прогнозирование постоянной составляющей, обусловленной работой вытяжной и приточной вентиляции, электроосветительных установок, насосного оборудования и станочного парка предприятия, осуществлялось с помощью простейших статистических методов, а именно методом проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС) и трендовым анализом.

Прогнозирование переменной (неритмичной) составляющей, обусловленной работой плавильной индукционной печи, как наиболее энергоемкой и неритмично работающей электроустановки, осуществлялось с использованием программный пакет Statistica и проводилось в 2 этапа:

1. Прогнозирование объема электропотребления на сутки с помощью нейронных сетей типа: многослойный перцептрон (МП) и радиальная базисная функция (РБФ).

2. Прогнозирование почасового суточного потребления с помощью нейронной сети временного ряда.

Процесс планирования электроэнергии, с одной стороны является организационной мерой, основанной на разработке статистической модели потребления электроэнергии для данного конкретного предприятия с использованием математических методов планирования и массива данных по потреблению электроэнергии за прошлые годы, с другой стороны, для организации адекватного процесса планирования необходимо полная инвентаризация станочного парка предприятия и оптимизация технологического процесса, результатом которых является повышение энергетической эффективности используемого оборудования.

Прогноз составлен на среднестатистическую календарную неделю второй декады месяца. Прогнозные значения составлены для 2009 г. в связи с тем, что электропотребление в 2009 г. имеет наибольшую величину, в последующие годы, в связи с экономическим кризисом производство становится очень нестабильным, напрямую зависит от сформированного портфеля заказов и наличия денежных средств для оплаты материалов и простой 50 % производства в течении месяца становится нередкостью, при этом до сих пор предприятие не вышло на докризисные объемы производства. Еще одним фактором влияющим на выбор периода прогнозирования явилось Постановлением Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012 г. № 442, согласно которому утверждены Основные положения функционирования розничных рынков электрической энергии, определяющие порядок определения и применения гарантирующими поставщиками предельных уровней нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность) начиная с апреля 2012 года. Таким образом, расчет стоимости электроэнергии будет произведен согласно действующему на сегодня законодательству для фактического электропотребления июля 2009 г.

Согласно п. 97 ПП 442 от 04.05.2012 г., с 1 июля 2013 г. потребители с максимальной мощностью не менее 670 кВт осуществляют выбор ценовой категории самостоятельно посредством уведомления гарантирующего поставщика в течение 1 месяца с даты принятия решения об установлении тарифов на услуги по передаче электрической энергии в соответствующем субъекте Российской Федерации (при этом выбранная ценовая категория применяется для расчетов за электрическую энергию (мощность) с даты введения в действие указанных тарифов на услуги по передаче электрической энергии) и имеют право выбрать ценовую категорию с третьей по шестую.

В связи с тем, что прогноз выполняется для потребителя с максимальной мощностью не менее 670 кВт и учитывая п. 97 ПП 442 от 04.05.2012 г. производится 4 варианта экономического

расчета для 3,4,5 и 6 ценовых категорий. При этом в качестве исходных данных фактической и плановой объем электропотребления принимается за период с 13.07.2009 г. по 19.07.2009 г. (полноценная неделя второй декады июля 2009 г.) и стоимость электроэнергии для уровня напряжения 35 кВ (СН I) за период с 16.07.2012 г. по 22.07.2012 г. – аналогичная неделя за 2012 г.

В Таблице 1 приведена стоимость электроэнергии (мощности) с учетом прогнозирования для предприятия с неритмичным графиком нагрузки за период с 13.07.2009 г. по 20.07.2009 г. в ценах июля 2012 г., рассчитанную для 3,4,5 и 6 ценовых категорий.

Таблица 1. Стоимость электроэнергии для различных ценовых категорий.

Параметр	Стоимость электроэнергии (мощности), рубли без НДС			
	6 ЦК	5 ЦК	4 ЦК	3 ЦК
Итого	1 823 309,02	1 443 573,67	1 826 457,49	1 447 317,67
электроэнергия	580 039,65	1 259 821,86	583 188,11	1 263 565,87
мощность	1 243 269,30	183 751,80	1 243 269,37	183 751,80

Таким образом, экономически обоснованным является применение расчета стоимости электроэнергии (мощности) по 5 ценовой категории (для объемов покупки электрической энергии (мощности), в отношении которых за расчетный период осуществляются почасовое планирование и учет, а стоимость услуг по передаче электрической энергии определяется по тарифу на услуги по передаче электрической энергии в одноставочном выражении). В этом случае величина стоимости электроэнергии напрямую зависит от точности почасового планирования электроэнергии, т.е. от точности разработанных для прогноза статистических моделей.

Положительный результат прогнозирования почасовых объемов потребления электроэнергии предприятием с неритмичным графиком нагрузки подтверждается экономическим расчетом, и экономический эффект от использования разработанных моделей прогнозирования в самом малом приближении (при сравнении стоимости в 5 и 3 ценовых категориях) составляет около 195 тыс. рублей в год.

Таким образом, прогнозирование электропотребления, как организационное мероприятие по энергосбережению, не требующее финансовых вложений, приносит положительный экономический эффект.

При этом прогнозирование позволяет систематизировать параметры электропотребления предприятия, вести их контроль и учет, проводить анализ и оценку потенциала энергосбережения и в целом оптимизировать систему электропотребления, снизив тем самым не только затраты на энергоресурсы, но и фактическое потребление электроэнергии.

Следствием введения системы почасового планирования электропотребления на предприятии явились следующие организационные мероприятия:

1. Проведена детальная инвентаризация существующего оборудования, в результате которого выведена из эксплуатации часть неиспользуемого оборудования
2. Реконструирована система освещения в помещениях, где это было возможно. (Произведено секционирование системы освещения в цеховых помещениях и замена на энергосберегающие источники света)
3. Утверждена и регламентирована система почасового планирования начальниками каждого структурного подразделения.
4. Разработана система стимулирования в области энергосбережения, одним из положений которой явилась «Система поощрений (наказаний) за соблюдение (не соблюдение) планового потребления электроэнергии структурными подразделениями» с назначением непосредственных ответственных.

Таким образом, в результате реализации такого нетипового организационного мероприятия, как планирование потребления электроэнергии по часам суток, появилась возможность оценить потенциал энергосбережения всего предприятия в целом и разработать основные направления энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятия с неритмичным графиком нагрузки, учитывая положения действующего законодательства и сложившуюся экономическую ситуацию для предприятия.

Развитие в этом направлении позволит не только получить энергосберегающий эффект, но и снизить себестоимость продукции, за счет снижения энергетической составляющей, тем самым повысив конкурентоспособность производимой продукции. Данное обстоятельство является

немаловажным для предприятия машиностроительного комплекса в условиях вступления Российской Федерации во Всемирную торговую организацию и появления дополнительного конкурентного давления за счет снижения таможенных тарифов.

Список используемой литературы:

1. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии»
2. Федеральный закон № 261 от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

УДК 621.6.05

Повышение энергоэффективности установок регазификации сжиженного углеводородного газа

Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова, С.С. Кузнецов

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия

E-mail:st-kurator@mail.ru

В статье приводятся результаты научных исследований по использованию комбинированной схемы регазификации сжиженного углеводородного газа в подземных резервуарных установках. Проведенные исследования показывают, что использование естественной испарительной способности резервуарных установок приводит к сокращению затрат в регазификацию сжиженного углеводородного газа в зависимости от климатической зоны эксплуатации до 59%.

В настоящее время на территории Российской Федерации имеется значительное количество регионов и областей, не имеющих природного сетевого газа: Алтайский и Красноярский края, Читинская, Амурская и Омская области, республики Карелия и Бурятия и т.д. В значительной степени сложившаяся ситуация обусловлена удаленностью этих регионов от газовых месторождений и магистральных газопроводов, отсутствием крупных промышленных центров и малой плотностью населения. Аналогичная ситуация сохраняется и на обозримую перспективу. Отсутствие сетевого газа и невозможность прокладки магистральных газопроводов в перспективе, предопределяют широкое развитие в этих регионах альтернативных сервисных источников топливно-энергетических ресурсов на базе сжиженного углеводородного газа (СУГ). Применение сжиженного углеводородного газа в качестве энергоносителя для технологических установок, а также бытовых и хозяйственных нужд, в полной мере отвечает социальным, экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям потребителей.

Перед подачей потребителю сжиженные углеводородные газы, как правило, подвергаются регазификации. В отечественной и зарубежной практике наиболее широкое распространение получила искусственная регазификация СУГ. Для искусственной регазификации сжиженного газа резервуарные установки оборудуются специальным теплообменником – испарителем, использующим в качестве энергоносителя горячую воду, водяной пар, продукты сгорания СУГ, или электроэнергию [1].

Важным резервом снижения энергопотребления при регазификации в резервуарных системах снабжения сжиженным газом, является перевод резервуарных установок на комбинированный режим испарения СУГ, позволяющий многократно использовать естественную испарительную способность самих расходных резервуаров [2].

Принципиальная схема комбинированной регазификации сжиженного углеводородного газа представлена на рис. 1.

Схема работает следующим образом. В начальный период эксплуатации паровая фаза СУГ, подаваемая потребителю, генерируется в самом расходном резервуаре 1 за счет естественной теплоты окружающего грунтового массива и теплоемкости резервуарной установки. По мере отбора паров происходит снижение температуры жидкой фазы СУГ и равновесного давления паровой подушки (режим естественной регазификации). При достижении в резервуаре 1 минимального давления $P=0,15$ МПа (абс.) клапан-переключатель 3 на паровой фазе частично перекрывается, образовавшийся на клапане-переключателе 3 перепад давлений обеспечивает отбор из резервуара 1 одновременно и паровой и жидкой фаз (режим комбинированной регазификации СУГ).

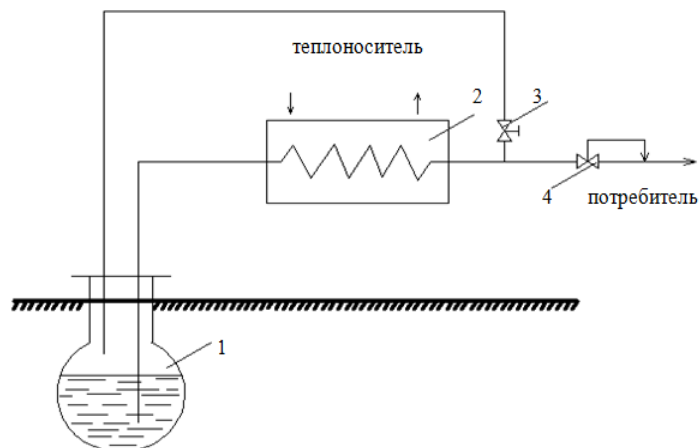


Рис. 1. Схема комбинированной регазификации сжиженного углеводородного газа:
1 – расходный резервуар, 2 – проточный испаритель, 3 – клапан-переключатель, 4 – регулятор давления.

Для выявления эксплуатационных характеристик резервуарных установок при комбинированной регазификации СУГ были проведены теоретические и экспериментальные исследования [3, 4]. Результаты исследований по определению естественной испарительной способности подземных резервуаров СУГ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Естественная испарительная способность резервуарных систем снабжения сжиженным газом при комбинированном отборе жидкой и паровой фаз.

Климатические зоны эксплуатации резервуарной установки	Доля естественной испарительной способности резервуарной установки %, при объеме резервуара, м ³		
	3,0	3,8	4,7
умеренно-тёплая	47	51	59
умеренно-холодная	39	46	53
холодная	33	42	48

Как видно из таблицы 1, применение комбинированной регазификации сжиженного газа снижает энергопотребление испарительными установками на 33ч59%.

Перевод резервуарных установок на режим комбинированной регазификации СУГ требует дополнительных капитальных вложений в установку байпасного калапана-переключателя жидкой и паровой фаз. Однако эти капитальные вложения окупаются в течение короткого срока эксплуатации. Так, например, в резервуарных установках сжиженного газа, оборудованных электрическими испарителями срок окупаемости дополнительных капитальных вложений за счет ежегодной экономии электроэнергии, составляет не более 0,2 года.

Список используемой литературы:

1. Курицын Б.Н. Системы снабжения сжиженным газом. – Саратов: изд-во Саратовского университета, – 1988. – 196 с.
2. Курицын Б.Н., Кузнецов С.С. Энергосберегающие системы резервуарного снабжения сжиженного газа // XXV Международная научная конференция ММТТ-25.– Саратов: СГТУ, – 2012. – С. 333 – 335.
3. Курицын Б.Н., Кузнецов С.С. Исследование тепломассообмена в подземных резервуарах сжиженного газа // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. по материалам второй Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов: СГТУ, – 2012. – С. 112 – 114.
4. Курицын Б.Н., Осипова Н.Н., Кузнецов С.С. Использование комбинированной регазификации сжиженного углеводородного газа для повышения экономичности эксплуатации резервуарных систем газоснабжения //VIII Mezinarodni vedecko-prakticka conference. – Прага, – 2012. – С. 108 – 109.

УДК 621.311.65

Компенсация реактивной мощности в сетях с нелинейной нагрузкой**А.А. Мина, В.И. Пантелеев, Е.В. Платонова***Политехнический институт, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия***E-mail: Aleggendr@mail.ru**

Показана методика расчета сети с нелинейной нагрузкой на примере тяговой подстанции, позволяющая на основе анализа частотной характеристики входного сопротивления $Z_{ex}=f(\nu)$ определять спектры токов и напряжений в элементах сети, а также оценивать уровни активных потерь и перегрузки компенсирующих устройств токами высших гармоник.

Наиболее распространенными устройствами компенсации реактивной мощности в настоящее время являются конденсаторные батареи (КБ), применение которых в тяговых сетях наряду с повышением коэффициента мощности ($\cos \varphi$) вызывает затруднения в обеспечении требуемого ГОСТ 13109-97 качества напряжения по критерию несинусоидальности (коэффициента несинусоидальности напряжения $K_{нсu}$) в районных электрических сетях напряжением 35(10) кВ, запитанных от обмоток среднего напряжения (СН) трансформаторов тяговых подстанций. Снижение качества напряжения сопровождается увеличением общего уровня активных потерь, что обусловлено появлением добавочных потерь от протекания токов высших гармоник во всех элементах сети. Потери от высших гармоник в целом могут быть соизмеримы с суммарными активными потерями и представляют собой значительный потенциал для повышения энергоэффективности.

Одним из недостатков применения КБ при компенсации реактивной мощности является вероятность возникновения резонансных явлений в сетях 27,5 кВ и 35 кВ тяговых подстанций. Резонансный контур образуется путем параллельного или последовательного соединения емкостных элементов КБ с индуктивными элементами (трансформаторы, питающие линии и т.д.). На резонансной частоте индуктивное сопротивление $X_{L(n)}$ и емкостное сопротивление $X_{C(n)}$ равны, то есть $n\omega L=1/(n\omega C)$, где $X_{L(n)}=n\omega L$ – входное сопротивление сети в точке подключения КБ, сопротивление которой $X_{C(n)}=1/(n\omega C)$. Резонансные явления приводят к преждевременному выходу из строя самих КБ и к резкому увеличению активных потерь в сети.

Авторами были проведены исследования ПКЭ на четырех тяговых подстанциях переменного тока Абаканской дистанции электроснабжения Красноярской железной дороги, где тяговая сеть была выполнена традиционно. Одна из вторичных обмоток силового трансформатора питает тяговую нагрузку 27,5 кВ, а вторая - напряжением 35(10) кВ - питает районную сеть. В результате исследований было выявлено резонансные явления на каждой подстанции.

Это говорит о том, что на этапе проектирования подстанций из-за несовершенства методик расчета несинусоидальных режимов, применяемых при выборе параметров компенсирующих устройств (КУ), была неверно оценена требуемая мощность КБ, ее сопротивление и место подключения.

Предлагаемая в настоящей работе альтернативная практическая методика позволяет на основе анализа частотной характеристики (ЧХ) входного сопротивления сети $Z_{вх}$ определять спектры токов и напряжений в элементах сети, а также оценивать уровни активных потерь и перегрузки КУ токами высших гармоник при выборе КБ и фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ) на подстанциях, имеющих нелинейную нагрузку.

Вид ЧХ типа $Z_{ex} = f(\nu)$ зависит от узла расчетной схемы и ее параметров. Расчеты ЧХ для сложных разветвленных схем СЭ производится средствами Mathcad 2000 Professional и с помощью разработанной программы для расчета нормальных и резонансных режимов в системе Delphi, где на основе ввода паспортных данных элементов сети можно оценивать уровень высших гармоник.

В качестве примера использования предложенной методики приведем анализ качества напряжения и выбор варианта КУ для одной из тяговых подстанций Красноярской железной дороги (подстанция «Камышта»).

Однолинейная схема подстанции приведена на (рис. 1 (а)), а ее расчетная схема - на (рис. 1 (б))

В схему замещения для расчета ЧХ входного сопротивления $Z_{ex} = f(\nu)$ включены:

Z_{c_v} - сопротивление питающей системы; $Z_{TB_v}, Z_{TC_v}, Z_{Tl_v}$ - сопротивления обмоток высокого, среднего и низкого напряжения трансформатора; Z'_{l_v} - сопротивление обобщенной нагрузки на

стороне 35 кВ; Z_{KBV} и Z_{pV} - сопротивления конденсаторной батареи типа КЭК-1,05-75-2У3 мощностью 3,85 МВА и реактора РБКА-200, установленных в настоящее время на подстанции; $Z_{\Phi KYV}$ - эквивалентное сопротивление рекомендуемого нами к установке ФКУ, в состав которого входит фильтры 5-й, 7-й, 9-й, 11-й гармоник и широкополосный фильтр, настроенный на 13-15-ю гармоники, суммарная мощность, генерируемая ФКУ, эквивалентна мощности, генерируемой конденсаторной батареей, установленной в настоящее время на подстанции; J_V - суммарный спектр тока, генерируемый тяговой нагрузкой.

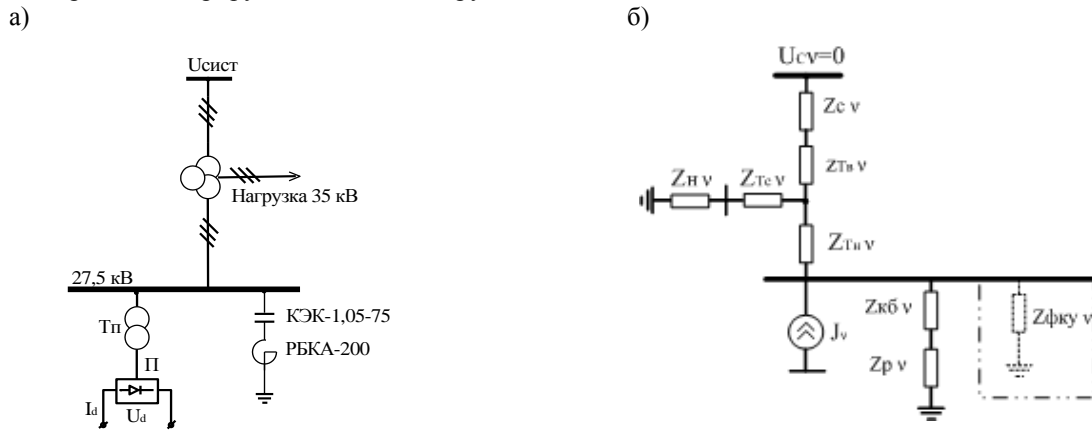


Рис. 1. Однолинейная схема и схема замещения подстанции «Камышта».

На (рис. 2) представлены ЧХ входного сопротивления сети относительно шин 27,5 кВ для случая отсутствия КУ, случая подключения КБ и реактора (действующая схема) и случая подключения ФКУ (рекомендуемая схема).

При отсутствии ФКУ

$$Z_{BXV} = \frac{Z_{1V} \cdot Z_{2V}}{Z_{1V} + Z_{2V}} + Z_{3V}$$

где

$$Z_{1V} = Z_{cV} + Z_{TBV} \quad Z_{2V} = Z_{TCV} + Z_{HV} \quad Z_{3V} = Z_{THV}$$

При подключении КБ

$$Z_{BXV}(KB) = Z_{4V} \cdot \frac{(Z_{1V} \cdot Z_{2V} + Z_{3V} \cdot Z_{1V} + Z_{3V} \cdot Z_{2V})}{(Z_{1V} \cdot Z_{2V} + Z_{3V} \cdot Z_{1V} + Z_{3V} \cdot Z_{2V} + Z_{4V} \cdot Z_{1V} + Z_{4V} \cdot Z_{2V})}$$

где

$$Z_{4V} = Z_{KBV} + Z_{pV}$$

и при подключении ФКУ

$$Z_{BXV}(\Phi KY) = Z_{5V} \cdot \frac{(Z_{1V} \cdot Z_{2V} + Z_{3V} \cdot Z_{1V} + Z_{3V} \cdot Z_{2V})}{(Z_{1V} \cdot Z_{2V} + Z_{3V} \cdot Z_{1V} + Z_{3V} \cdot Z_{2V} + Z_{5V} \cdot Z_{1V} + Z_{5V} \cdot Z_{2V})}$$

где

$$Z_{5V} = Z_{\Phi KYV}$$

Вид ЧХ с включением на подстанции КБ (действующая схема) свидетельствует о резонансном усилении 7-й гармоники токов и напряжений вследствие появления полюса ЧХ на резонансной частоте.

Очевидно, что с включением КБ в качестве КУ имеет место усиление 5-й гармоники тока в 2,32 раза, 7-й гармоники тока - в 5,93 раза, а потери активной мощности на этих частотах превышают потери на основной частоте в 5,39 и 35,15 раза соответственно.

Суммарные потери от протекания токов всех гармоник в сети возрастают в 44,31 раза и практически равны величине активных потерь на основной частоте.

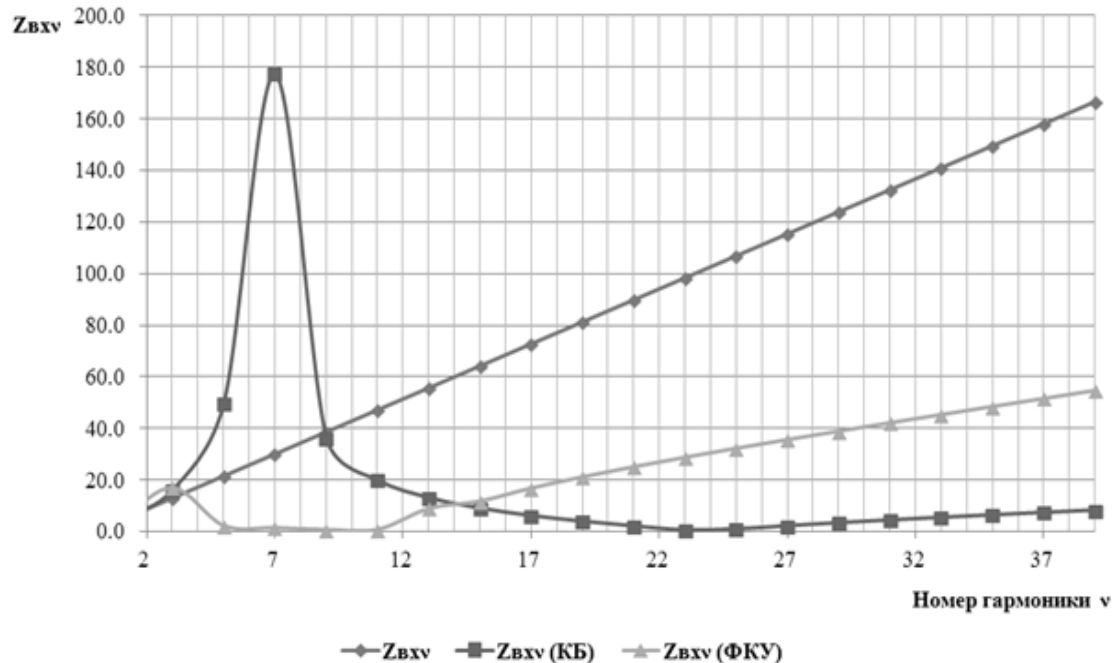


Рис. 2. Частотные характеристики входного сопротивления сети.

Рекомендуемое к установке ФКУ, как видно на рисунке 2, позволяет практически полностью исключить протекание в сети токов 5-й, 7-й, 9-й, 11-й гармоник и существенно снизить величины гармоник более высокого порядка. Несмотря на некоторое увеличение гармоник высокого порядка по сравнению с вариантом установки КБ в качестве КУ, суммарные потери активной мощности от протекания токов высших гармоник возрастают только в 3,92 раза и не превышают значений нормируемых ГОСТ 13109-97, что свидетельствует о существенно более высокой эффективности применения ФКУ в качестве КУ при той же генерируемой реактивной мощности.

Список используемой литературы:

1. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 2000 в математике, физике и в Internet», Нолидж, – 2001. – 592 с.
2. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – М.: Энергоатомиздат, – 1986. – 168 с.
3. Иванов В.С. . Метод расчета несинусоидальности напряжения и исследование резонансных явлений на высших гармониках в сети внутрезаводского электроснабжения при работе вентельных преобразователей. Автореферат. – М.: МЭИ. – 1978.
4. Минина А.А., Е.В. Платонова Е.В. Исследование несинусоидальности напряжения на тяговых подстанциях переменного тока. Сборник материалов, – Томск: – Изд-во ТПУ, – 2010. – 345 с.
5. Минина А.А., Пантелеев В.И., Обеспечение электромагнитной совместимости при компенсации реактивной мощности на тяговых подстанциях переменного тока. Сборник материалов, –Тольятти: – ТГУ, – 2011. – 215 с.

УДК 621.31.006.91

Повышение эффективности работы ТТ в АИИС КУЭ

Н.Е. Миронюк, А.А. Алексеев

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет», г. Екатеринбург, Россия

Энергосбережение, эффективность работы энергоэнергетических систем во многом зависят от того насколько правильно учитываются и контролируются выработка и потребление электроэнергии. А это в свою очередь связано с достоверными и надёжными результатами измерений, а следовательно с метрологическими характеристиками средств измерений (СИ) электроэнергии их надёжной работой, автоматизацией процессов измерения электроэнергии. Поэтому для решения задач измерения и учёта электроэнергии внедряются автоматизированные

информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ). Эти системы аттестуются, для них разрабатываются методики измерений [1-2], на основании которых системам приписываются метрологические характеристики. Согласно этим методикам точность измерения в основном определяется классами точности СИ (измерительных трансформаторов тока (ТТ) и напряжения, счётчиков и т. д.), входящих в состав каналов АИИС. Поэтому, повышение точности (в разумных пределах), каждого из этих СИ, позволяет улучшить метрологические характеристики АИИС, повысить эффективность учёта электрической энергии.

Целью работы является повышение метрологических характеристик типовых трансформаторов тока в установившихся режимах без изменения их конструктивных параметров.

Рассмотрим причины происхождения систематических составляющих погрешностей ТТ, эквивалентная схема которого приведена на рис.1.

Из этой схемы следует, что вектор первичного тока I_1^* отличается от вторичного I_2 на вектор тока намагничивания I_0 , который задаёт уровень погрешностей ТТ. Эти погрешности подразделяются на основные и дополнительные. Основные погрешности определяют при номинальной нагрузке, синусоидальном первичном токе, размагниченном сердечнике и нормальных температурных условиях (20°C). Дополнительные погрешности при заданных конструктивных параметрах ТТ зависят от магнитного состояния сердечника (размагничен или нет), изменения вторичной нагрузки, относительно номинального значения и температуры окружающей среды относительно нормальных условий, несинусоидальности первичного тока[3]. Кроме того, учитывая метрологические характеристики эталонных средств поверки (калибровки), можно утверждать, что перечень основных значимых величин, влияющих на дополнительные погрешности ТТ, фактически на этом исчерпывается.

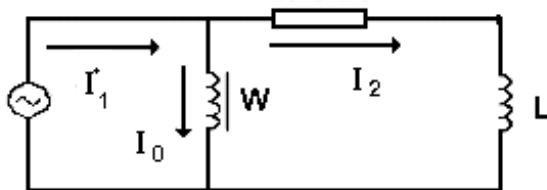


Рис.1.

На примере трансформатора ТОЛ-10 класса точности 0.5 показана возможность оценки основных и дополнительных погрешностей для каждой из перечисленных выше влияющих величин. В таблице 1 приведены составляющие погрешностей ТТ при номинальной нагрузке. В столбцах таблицы 3 приведены значения основных (2 и 3), дополнительных (столбцы 4-6) и пределы суммарных (7,8) погрешностей ТОЛ-10 при номинальной вторичной нагрузке с коэффициентом мощности 0,8. Верхний и нижний пределы суммарных погрешностей рассчитывались соответственно путём сложения и вычитания по модулю основных и дополнительных погрешностей. Усреднённые значения с обратным знаком между верхним и нижним пределами принимались за поправочные кривые токовой и угловой погрешностей в зависимости от значений первичного тока. Разность между ординатами точек кривых и предельными значениями представляют неисключенные систематические остатки погрешностей (НСП), которые согласно [4] относятся к случайным величинам со знаком \pm .

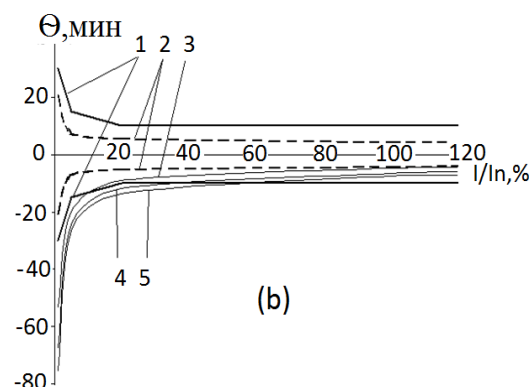
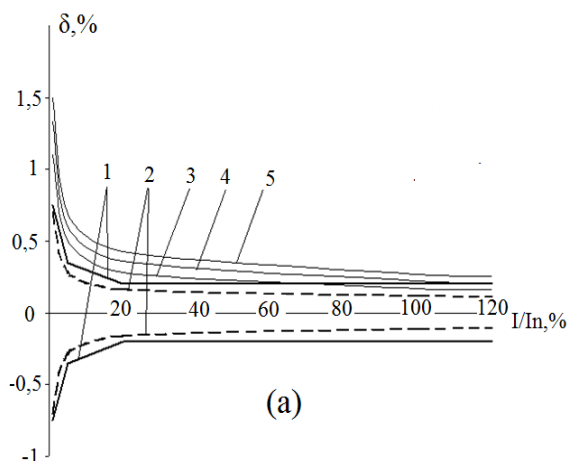
Таким же образом оценивались пределы верхней и нижней границ фактических погрешностей трансформатора ТОЛ-10 во всём диапазоне изменения вторичной нагрузки. Отличие заключается в том, что за основные принимались погрешности, обусловленные влиянием нагрузки и остаточной намагниченности сердечника, а за дополнительные – влиянием остальных величин. При построении кривых верхних и нижних границ в зависимости от кратности первичного тока аддитивно учитывались дополнительные погрешности, расширившие интервал между ними.

Оценка пределов суммарных погрешностей для ТОЛ-10 позволила улучшить его метрологические характеристики до уровня класса точности 0,5s. Точность ТОЛ 10 возможно повысить ещё на два класса, если диапазон вторичной нагрузки $S_2=(2,5\text{ч}10)\text{ВА}$ разбить на три поддиапазона: $7,5\leq S_2\leq 10$; $5\leq S_2\leq 7,5$; $2,5\leq S_2\leq 5$. В этом случае потребовалось шесть поправочных кривых по две в каждом поддиапазоне - для токовой и угловой погрешностей. Эти кривые приведены на рис. 2 (а, б). При правильно выбранном поддиапазоне (то есть, фактическая

вторичная нагрузка не должна выходить за пределы интервала соответствующего поддиапазона нагрузок) ТТ может работать по классу точности 0,2s. Количество таких поддиапазонов может быть любым и выбираться, исходя из технических условий или требований для ТТ.

Таблица 1. Составляющие погрешностей ТОЛ-10.

1	2				3				4				5				6				7				8			
	Основные погрешности								Дополнительные погрешности								Суммарные погрешности											
	При размагниченном сердечнике, синусоидальном токе и температуре 20 °С,				При намагниченном сердечнике с максимальной остаточной индукцией, синусоидальном токе и температуре 20 °С.				Пределы погрешностей ТТ при синусоидальном токе размагниченном сердечнике в интервале температур от -40 до +40 °С относительно погрешностей при температуре 20 °С				Пределы погрешностей ТТ при 20 °С и 30% третьей гармонической составляющей относительно погрешностей при синусоидальном токе				Допускаемые погрешности и рабочего эталона кл. точности 0.05				Нижний предел				Верхний предел			
Кратность первичного тока ($I_1/I_{1н}$), %	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин	δ , %	θ , мин				
	1	-2,0	59	-2,30	69	$\pm 0,04$	$\pm 4,0$	$\pm 0,04$	$\pm 3,0$	$\pm 0,2$	± 10	-2,58	42	-1,82	86,0													
5	-0,80	14	-0,96	20	$\pm 0,02$	$\pm 1,1$	$\pm 0,03$	$\pm 2,0$	$\pm 0,1$	± 5	-1,11	6,9	-0,65	28,5														
20	-0,46	5,9	-0,59	10	$\pm 0,01$	$\pm 0,5$	$\pm 0,01$	$\pm 1,4$	$\pm 0,05$	± 3	-0,66	1	-0,39	14,9														
100	-0,29	3,0	-0,38	5,3	$\pm 0,01$	$\pm 0,4$	$\pm 0,01$	$\pm 0,6$	$\pm 0,05$	± 3	-0,45	-1	-0,22	9,3														
120	-0,27	2,9	-0,37	5,1	$\pm 0,01$	$\pm 0,4$	$\pm 0,01$	$\pm 0,5$	$\pm 0,05$	± 3	-0,44	-1	-0,20	9,0														



- 1 Границы погрешностей класса точности 0.2s
- 2 Погрешности ТТ после внесения поправок
- 3 Кривая вносимых поправок в интервале нагрузок 2,5-5,0 ВА

4 Кривая вносимых поправок в интервале нагрузок 5,0-7,5 ВА

5 Кривая вносимых поправок в интервале нагрузок 7,5-10 ВА

Рис. 2. Токовые (а) и угловые (б) погрешности ТОЛ-10.

Заключение

Для оценки систематических погрешностей ТТ требуются дополнительные устройства: генератор несинусоидального тока и устройство намагничивающее сердечник ТТ. После внесения в результат измерений оценённых поправок точность ТТ повышается на один класс.

Разбиение диапазона изменения вторичных нагрузок в пределах (0,25-1)Z_n на поддиапазоны позволяет дополнительно снизить погрешности ТТ.

На примере трансформатора ТОЛ-10 показано, что после разбиения вторичной нагрузки на три поддиапазона и внесении в результат измерений корректирующих поправок его класс точности возрастает с 0.5 до 0.2S.

Список используемой литературы:

1. РД 34.11.333-97 Типовая методика выполнения измерений количества электрической энергии.
2. МИ 2808 ГСИ. Количество электрической энергии. Методика выполнения измерений при распределении небалансов на ОРЭ;
3. Миронюк Н.Е., Дидик Ю.И., Гилёв Ю.В., Бабкин В.В., Раскулов Р.Ф., Эткинд Л.Л. Влияние искажений синусоидальной формы кривых тока и напряжения на погрешности измерительных трансформаторов. – Электричество, – 2005, – № 2. – С. 31 – 35.
4. РМГ 29-99 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

К вопросу о внедрении распределенной генерации: интерфейс с распределительной системой

Я.Э. Шклярский, О.И. Цинкович, Е.О. Замятин

Горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: tsinkovich_o@mail.ru

Рассмотрены проблемы интерфейса установок распределенной генерации, показаны возможные схемотехнические решения при построении микросетей, указаны достоинства структуры с одним преобразователем.

Распределенная генерация является важной частью концепции по созданию «интеллектуальных» сетей *Smart Grid* [1]. В более узком смысле под распределенной генерацией подразумевается создание микросетей (*microgrids*), в том числе с использованием возобновляемых источников энергии (далее ВИЭ).

Внедрение распределенной генерации вызывает ряд сложностей при проектировании и эксплуатации энергосистемы.

Во-первых, необходимо определить максимальный объем распределенной генерации (в кВт), не вызывающий аварийных ситуаций (перегрузок системы, провалов напряжения, перенапряжений) или неприемлемых колебаний показателей качества электроэнергии, а также обеспечить корректную работу средств РЗА сети и АСУ генерирующей установки. Правильный выбор алгоритмов управления и защиты позволяет «смягчить» ограничения и повысить мощность внедряемых установок распределенной генерации и оптимизировать режим их работы. Также необходимо отметить, что внедрение распределенной генерации приводит к двунаправленному потоку мощности: конечный потребитель может не только импортировать электроэнергию, но и поставлять ее. В связи с этим, генерирующая установка рассматривается в качестве «отрицательной нагрузки» [2].

Во-вторых, при использовании ВИЭ следует принимать в расчет переменный характер производства энергии. В зависимости от вида первичного источника, колебания могут происходить в суточном, недельном или сезонном масштабе. При этом, как в случае солнечной энергии, пик производительности установки может сильно не совпадать с пиком потребления.

В-третьих, важно выбрать технологию интерфейса источника энергии с распределительной системой, для того чтобы удовлетворить требования, предъявляемые к качеству энергии, а также обеспечить управляемость установки распределенной генерации. Также выбор интерфейса является ключевым шагом на пути к достижению возможности использовать различные источники энергии в режиме *plug-and-play*.

Например, в случае солнечной энергии использование модульных устройств силовой электроники для интерфейса с сетью увеличивает надежность и эффективность по сравнению с использованием централизованного устройства, в виду того, что солнечные панели в установке подвержены разному излучению, имеют место отличия в панелях даже одного производителя и т.п. [2]. Один из вариантов интерфейса представлен на рис. 1.

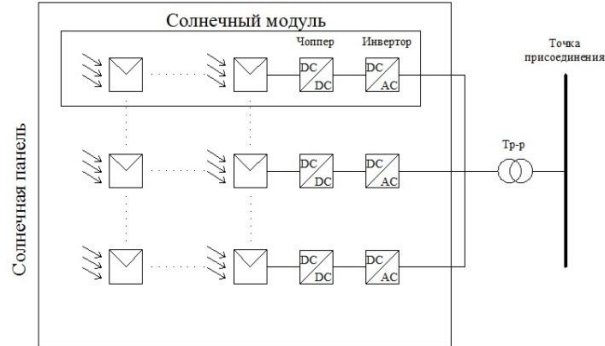


Рис. 1. Интерфейс солнечной панели по средствам модульных преобразователей.

Другой вариант, с одним инвертором на группу модулей, включающих солнечные элементы и $DC-DC$ преобразователь, более подробно рассматривается в [3]. Там же приведены основные достоинства структуры с одним преобразователем на один солнечный модуль. К ним относятся:

- лучшая управляемость;
- возможность применять модули с различными характеристиками, не ставя под угрозу надежность и производительность целой установки;
- лучшая защита отдельных источников энергии;
- возможность функционирования при отказе источника энергии или преобразователя;
- снижение расходов на создание вторичных систем (управление, измерения, защита и т.д.), а также уменьшение мощности преобразователей.

В качестве $DC-DC$ преобразователей рассматриваются вольтодобавочный, понижающий, промежуточный вольтодобавочный преобразователи и преобразователь Чука.

В [4] рассмотрена структура установки распределенной генерации (рис. 2), включающей накопитель энергии, который позволяет решить проблему разности динамических характеристик источников энергии и требований потребителя и обеспечить необходимое качество. Также использование накопителей энергии помогает достичь унификации в отношении применения источников энергии разной природы.

Токовременные диаграммы для данной структуры представлены на рис. 3.

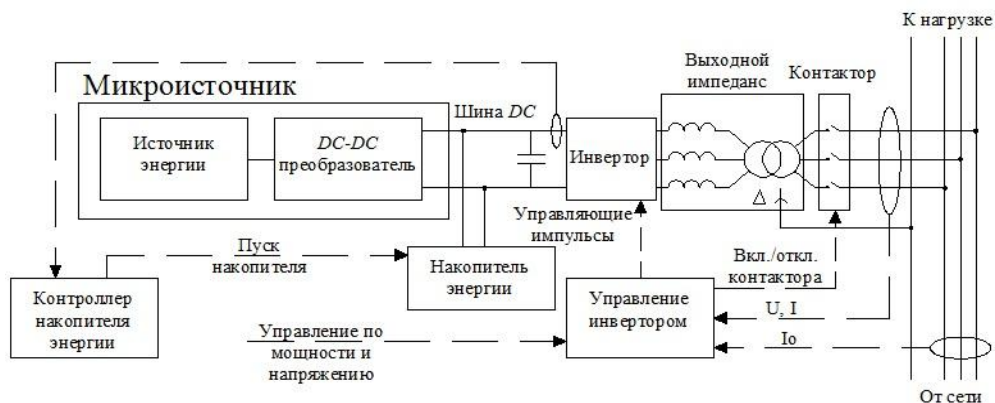


Рис. 2. Вариант структуры установки распределенной генерации.

В момент времени t_1 резко возрастает нагрузка, микроисточник и накопитель обеспечивают необходимую мощность. На первой диаграмме видно, что входной ток инвертора резко возрастает с i_{I1} до i_{I2} в ответ на рост нагрузки. Выходной ток источника i_S возрастает с i_{I1} до i_{I2} с заранее заданной скоростью $R_1 = di_S/dt$, которая регулируется контроллером накопителя

энергии. Накопитель же обеспечивает ток, равный разнице между током нагрузки и источника. Потеря энергии накопителем при разряде показана на последней диаграмме. В момент времени t_2 начинается процесс зарядки и источник обеспечивает энергией и нагрузку и накопитель. Ток зарядки i_{SM} , в период времени t_2-t_3 ограничен значением $-I_{SM(max)}$, а в период времени t_3-t_4 пропорционален недостатку энергии в накопителе ΔE_{SM} . В момент времени t_4 накопитель полностью заряжен. Нагрузка возвращается к первоначальному значению в момент времени t_5 , ток источника i_s уменьшается со скоростью $R_2=di_s/dt$, которая во много раз выше чем R_1 и зависит от метода снижения энергии микроисточника, например, тормозные резисторы. В идеальном случае, ток i_s должен уменьшаться с той же скоростью, чтобы избежать значительных перенапряжений в звене постоянного тока. Ток зарядки i_{SM} не равен нулю после снижения тока нагрузки в том случае, если период зарядки окончен.

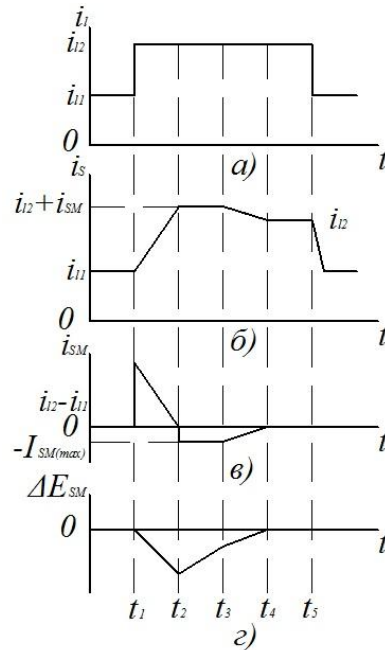


Рис. 3. Токовременные диаграммы работы установки распределенной генерации: а) ток нагрузки через инвертор; б) постоянный ток от источника; в) ток накопителя; г) разница между энергией накопителя и энергией в полностью заряженном состоянии.

Как видно, существует ряд схмотехнических решений относительно интерфейса между установками распределенной генерации и распределительной системой. Правильный выбор структуры позволяет повысить эффективность работы источника и установки в целом, что крайне важно при использовании ВИЭ.

Список используемой литературы:

1. IEC Smart Grid Standardization Roadmap http://www.iec.ch/smartgrid/downloads/sg3_roadmap.pdf
2. Math H. Bollen, Fainan Hassan. Integration of Distributed Generation in the Power System. 2011.
3. Geoffrey R. Walker, Paul C. Sernia. Cascaded DC-DC Converter Connection of Photovoltaic Modules. IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 19, NO. 4, JULY 2004.
4. H. Nikkhajoei and R.H. Lasseter. Distributed generation interface to the CERTS microgrid.

УДК 621.316.1.017

Модель определения потерь мощности и энергии на основе коэффициентов распределения с учетом комплексного регулирования режимных параметров

В.С. Павлюков, С.В. Павлюков, Е.В. Чепухин

Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск, Россия

E-mail:pws1938@mail.ru

На основе матрицы коэффициентов распределения получены математические модели определения потерь мощности и энергии с учетом комплексного регулирования параметров режима. Представлены результаты экспериментальных исследований.

Развитие электроэнергетики в современном направлении и новые отношения между субъектами производства, распределения и потребления электроэнергии требуют разработок адекватных моделей для решения различных задач, в том числе и задачи определения потерь мощности и энергии, которые должны обеспечивать качественное и эффективное управление технологическими процессами в электрической системе [1].

Наиболее перспективное направление для разработок как линейных, так и нелинейных моделей поставленной задачи открывает универсальность свойств матрицы $\mathbf{C} = \mathbf{C}' + \mathbf{jC}''$ коэффициентов распределения [2].

Рассмотрим моделирование режимной информации в виде вектора-функции графиков полных мощностей за некоторый дискретный интервал времени T

$$\mathbf{s}(t) = \left[\underline{s}_v(t) \right] = \left[p_v(t) + \mathbf{j}q_v(t) \right], \quad (v = \overline{1, n} - \text{число независимых узлов в схеме сети}) \quad (1)$$

или в виде узловых токов [3]

$$\mathbf{j}(t) = \left[\underline{j}_v(t) \right] = \mathbf{j}'_v(t) + \mathbf{j}''_v(t). \quad (2)$$

Представим модель потерь на основе узловых токов в детерминированной форме $\mathbf{J} = \left[\underline{j}_v \right]$ [3], определяющую распределение комплексных токов \mathbf{i}_{kV} по ветвям kV схемы электрической сети по выражению

$$\mathbf{i}_{kV} = \mathbf{c}_{kV} \mathbf{j}_V = \mathbf{i}'_{kV} + \mathbf{j}''_{kV}, \quad (k = \overline{1, \hat{a}}; \hat{a} - \text{число ветвей в схеме}), \quad (3)$$

где $\mathbf{i}'_{kV} = \mathbf{c}'_{kV} \mathbf{j}'_V - \mathbf{c}''_{kV} \mathbf{j}''_V$, $\mathbf{i}''_{kV} = \mathbf{c}'_{kV} \mathbf{j}''_V + \mathbf{c}''_{kV} \mathbf{j}'_V$ – соответственно действительная и мнимая составляющие вектора токораспределения в схеме электрической сети.

Матричное выражение в комплексной форме для токораспределения по ветвям электрической схемы на основе (3) имеет следующий вид

$$\mathbf{I} = \mathbf{I}' + \mathbf{jI}'' = \mathbf{CJ}. \quad (4)$$

В развитии современных энергосберегающих технологий все более актуальной становится задача снижения потерь электроэнергии.

Действенной мерой снижения потерь электроэнергии может являться коррекция токораспределения (4) соответствующим изменением режимных параметров в ветвях и узлах одновременно, или только в ветвях или узлах. Допустим, используя последний подход, осуществим в матричном уравнении (4) корректировку вектора задающего узлового тока \mathbf{J} путем ввода матрицы-столбца в виде произведения $\mathbf{Y}_{VR} \mathbf{E}_{VR}$, в котором $\mathbf{Y}_{VR} = \mathbf{G}_{VR} + \mathbf{jB}_{VR} = \left[g_{VR_{kv}} \right] + \mathbf{j} \left[b_{VR_{kv}} \right]$ – блок матрицы узловых проводимостей \mathbf{Y} , формируемый из проводимостей ветвей, соединяющих элементы с регулирующим эффектом с электрической схемой; \mathbf{E}_{VR} – вектор-столбец Э.Д.С. в ветвях электрической схемы, моделирующий режимные элементы векторного (продольно-поперечного) воздействия под нагрузкой на активные и пассивные параметры режима (\mathbf{U} – вектор напряжений, \mathbf{X} , δ – угол между векторами напряжений),

$$\mathbf{E}_{VR} = \mathbf{E}'_{VR} + \mathbf{jE}''_{VR} = \left[e'_{VR_{kv}} \right] + \mathbf{j} \left[e''_{VR_{kv}} \right].$$

Корректирующие инъекции, вызванные регулирующим эффектом (например, трансформацией в ветви kV или другими явлениями) будут иметь вид:

$$i'_{VR_{kv}} = g_{VR_{kv}} e'_{VR_{kv}} - b_{VR_{kv}} e''_{VR_{kv}}, \quad (5)$$

$$i''_{VR_{kv}} = g_{VR_{kv}} e''_{VR_{kv}} + b_{VR_{kv}} e'_{VR_{kv}}. \quad (6)$$

На основе метода наложения векторы-столбцы действительных и мнимых составляющих токов (4) с учетом выражений (5), (6), представим следующими формулами

$$\mathbf{I}' = \mathbf{C}' \mathbf{J}' - \mathbf{C}'' \mathbf{J}'' + \mathbf{G}_{VR} \mathbf{E}'_{VR} - \mathbf{B}_{VR} \mathbf{E}''_{VR}, \quad (7)$$

$$\mathbf{I}'' = \mathbf{C}' \mathbf{J}'' + \mathbf{C}'' \mathbf{J}' + \mathbf{G}_{VR} \mathbf{E}''_{VR} + \mathbf{B}_{VR} \mathbf{E}'_{VR}. \quad (8)$$

Данный подход определения токораспределения обеспечивает наглядность и адресность составляющих токов в каждой ветви схемы электрической сети от соответствующих регулируемых режимных параметров, переписав (7,8) в раскрытом виде[3].

Потери полной мощности в питающей сети при известном токораспределении можно определить из выражения

$$\Delta S = \left(\mathbf{I}^* \right)^T \text{diag}(\mathbf{Z}) \mathbf{I} = \text{Re}(\Delta S) + j \text{Im}(\Delta S) = \pi + j q, \quad (9)$$

где $\mathbf{Z} = \mathbf{R} + j\mathbf{X}$ – матрица полных сопротивлений ветвей схемы электрической сети; T – операция транспонирования; π и q – потери соответственно активной и реактивной мощностей.

Составляющая потерь активной мощности из выражения (9) имеет вид

$$\begin{aligned} \pi &= \text{Re}(\Delta S) = \text{Re} \left[\left(\mathbf{I}^* \right)^T \text{diag}(\mathbf{Z}) \mathbf{I} \right] = \\ &= \text{Re} \left[\left((\mathbf{I}')^T - j(\mathbf{I}'')^T \right) \text{diag}(\mathbf{R} + j\mathbf{X})(\mathbf{I}' + j\mathbf{I}'') \right] = (\mathbf{I}')^T \mathbf{R} \mathbf{I}' + (\mathbf{I}'')^T \mathbf{R} \mathbf{I}''. \end{aligned} \quad (10)$$

Учитывая формулы (7), (8), потери активной мощности (9) в блочно-матричном виде для схемы сети запишутся следующим образом:

$$\pi = \begin{bmatrix} \mathbf{J}' \\ \mathbf{J}'' \\ \mathbf{E}'_{VR} \\ \mathbf{E}''_{VR} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} & \beta_{24} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} & \beta_{34} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & \beta_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{J}' \\ \mathbf{J}'' \\ \mathbf{E}'_{VR} \\ \mathbf{E}''_{VR} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

где $\beta_{11} = \beta_{22} = [\mathbf{C}']^T \mathbf{R} \mathbf{C}' + [\mathbf{C}'']^T \mathbf{R} \mathbf{C}''$; $\beta_{12} = \beta_{21} = -[\mathbf{C}']^T \mathbf{R} \mathbf{C}'' + [\mathbf{C}'']^T \mathbf{R} \mathbf{C}'$; $\beta_{13} = \beta_{31}^T = \beta_{24} = \beta_{42}^T = [\mathbf{C}']^T \mathbf{R} \mathbf{G}_{VR} + [\mathbf{C}'']^T \mathbf{R} \mathbf{B}_{VR}$; $\beta_{14} = \beta_{41}^T = -\beta_{23} = -\beta_{32}^T = -[\mathbf{C}']^T \mathbf{R} \mathbf{B}_{VR} + [\mathbf{C}'']^T \mathbf{R} \mathbf{G}_{VR}$; $\beta_{34} = \beta_{43}^T = -[\mathbf{G}_{VR}]^T \mathbf{R} \mathbf{B}_{VR} + [\mathbf{B}_{VR}]^T \mathbf{R} \mathbf{G}_{VR}$; $\beta_{33} = \beta_{44} = [\mathbf{G}_{VR}]^T \times \times \mathbf{R} \mathbf{G}_{VR} + [\mathbf{B}_{VR}]^T \mathbf{R} \mathbf{B}_{VR}$.

В качестве апробации предложенного подхода были выполнены исследования энергорайона, сложного в эксплуатации из-за энергоемких потребителей и существенно загруженных линий 110 кВ, охватывающего более семидесяти линий и около шестидесяти узлов 110-500 кВ, в связи с вводом новых генерирующих мощностей до 2016 г. В энергорайоне линии не перегружались по длительно-допустимому току нагрева, уровни напряжений узлов находились в допустимых пределах согласно ГОСТа качества (максимальная загрузка линий до 60%; в сети 110 кВ отклонение напряжений менее 10%, в сети 220 кВ до 8,3 и 500 кВ до 4%), снижение общих потерь по активной мощности в режиме максимальных нагрузок составило от 19,46 МВт (без применения современной технологии регулирования) до 14,62 МВт (в условиях применения указанных технологий). Полученные данные для выбора устройств по[1] будут зависеть от экономической стороны, которая активизирует соответствующий элемент управления режимами электрической сети.

При использовании модели(1) для режима средних нагрузок, потери электроэнергии в схеме электрической сети, исключая промежуточные выводы, можно определять по выражению

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} &= \frac{1}{T} \int_0^T \pi(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T \begin{bmatrix} \mathbf{P} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{Q} \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix}^T \mathbf{B} \begin{bmatrix} \mathbf{P} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{Q} \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix} dt = \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix}^T \mathbf{B} \begin{bmatrix} \mathbf{P} \\ \mathbf{Q} \end{bmatrix} \frac{1}{T} \int_0^T \begin{bmatrix} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{F}^P(t) \\ \mathbf{F}^Q(t) \end{bmatrix} dt. \end{aligned} \quad (12)$$

В выражении (12) \mathbf{B} представляет матрицу формулы потерь, а множители,

$$\xi_{vj}^P = \frac{1}{T} \int_0^T f_v^P(t) f_j^P(t) dt, \quad \xi_{vj}^Q = \frac{1}{T} \int_0^T f_v^Q(t) f_j^Q(t) dt,$$

определяемые скалярными произведениями относительных графиков, соответственно, активных $\mathbf{F}^P(t)$ и реактивных $\mathbf{F}^Q(t)$ мощностей в узлах V и j сети, посредством которых учитывается характер изменения узловых нагрузок во времени.

Для данной задачи узловые нагрузки необходимо определять при всех ожидаемых режимах внутри рассматриваемого интервала времени T . При краткосрочном прогнозировании узловых нагрузок использовался аппарат ИНС (искусственных нейронных сетей). Уточнение параметров и уменьшение погрешности проводилось на базе многослойной сети. В качестве активационной функции использовалась сигмоида [4]

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x}),$$

где x – комбинированный сигнал для нейрона скрытого слоя.

Обучение сети проводилось с помощью алгоритма обратного распространения ошибок. Выполнение действий алгоритма производилось, начиная со случайной генерации весов многослойной сети. Во время продвижения по сети от входа к выходу рассчитываются комбинированные весовые суммы входных сигналов для текущего скрытого слоя нейронов и перевод данных сигналов к следующему слою с помощью обработки их функцией активации приведенной выше. Для элементов выхода рассчитывается совокупный входной и выходной сигналы. Начиная с выхода, выполняется обратное движение через нейроны скрытых слоев, предварительно вычислив значение ошибки, сравнением реальных и целевых величин исследуемых переменных на выходе. Для коррекции весов в сети на обратном ходе использовалось значение среднеквадратичной ошибки для указанных переменных. Процесс обучения носит циклический характер в виде эпох, в ходе которых минимизируется ошибка для заданной переменной или вектора переменных. После завершения обучения весовые коэффициенты фиксируются и проверяется работа сети на тестовых данных.

Рассмотренные модели (10), (12) обеспечивают независимую от разнородности характера нагрузок узлов сети точность определения потерь мощности и энергии, что является важным фактором для получения правильных решений поставленной выше задачи при использовании новых современных средств управления режимами.

Список используемой литературы:

1. Кочкин, В.И. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП. Управляемая передача мощности // Новости ЭлектроТехники. – 2007. – № 4. – С. 2 – 6.
2. Электрические системы. Электрические сети / В.А. Веников, А.А. Глазунов, Л.А. Жуков и др.; под ред. В.А. Веников и В.А. Строева. – М.: Высшая школа, – 1988. – 512 с.
3. Фомин Н.И., Павлюков В.С. Метод определения потерь электроэнергии в питающей сети для задачи комплексной оптимизации схем распределительных электрических сетей // Электробезопасность. – Челябинск: Изд.-во ЮУрГУ, – 1999. – № 3 – 4. – С. 3 – 7.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: ИД Вильямс, – 2006. – 1104 с.

УДК 614.833.5

Безопасность установок конфекционирования в производстве гранулированного полиэтилена высокого давления

М.В. Василевский, Д.В. Волкова

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: vasmix40@mail.ru

В работе проводится анализ механизмов образования пожаровзрывоопасной пыли в пневмотранспортных линиях технологии конфекционирования гранулированного ПЭВД, предложены технические решения, повышающие эффективность обеспыливания гранул и воздуха, а также выделения волокнистой примеси.

Основным промышленным методом производства ПЭВД является свободнорадикальная полимеризация этилена в массе при температуре 200-320 °С и давлениях 150-350 МПа [1].

Производства ПЭВД состоят из установок синтеза и установок конфекционирования. Конфекционирование включает обезвоживание и сушку гранул полиэтилена, распределение по анализным бункерам и определение качества полиэтилена, формирование партий в товарных бункерах, смешение, хранение; загрузку полиэтилена в цистерны и контейнера; расфасовку в мешки; дополнительная обработка - получение композиций полиэтилена со стабилизаторами, красителями, наполнителями и другими добавками. Полиэтилен, поступающий в экструдер, содержит до 0,2% этилена. Наличие этилена в гранулированном полиэтилене может приводить к взрывам и загораниям на стадии конфекционирования и дополнительной обработки. Поэтому необходима более полная дегазация полиэтилена. На действующих производствах ПЭВД она осуществляется продувкой сжатым воздухом гранул полиэтилена в бункерах хранения. Это приводит к дополнительным энергозатратам, загрязнению окружающей среды и потере части этилена.

Пневмотранспортные установки являются основным элементом технологии конфекционирования гранулированных полимерных материалов. При пневмотранспортировании порошкообразных материалов с низкой температурой плавления на внутренних поверхностях трубопроводов часто образуются пленки из этих материалов. Такое явление наблюдается при транспортировании органических красителей, химических средств защиты растений, глюкозы, серы, порошков термопластичных полимеров. Оно объясняется выделением тепловой энергии при соударениях частиц материала со стенками трубопровода, которой оказывается достаточно для расплавления частиц при скоростях потока 5-10 м·с⁻¹ [2]. При транспортировке гранулированных материалов образуется примесь в виде стружки, волокон, пыли, которая ухудшает качество товарного продукта [3]. Эти примеси загрязняют продукт и воздух, выбрасываемый в атмосферу. При пневмотранспортировке полиэтилена по трубам происходит износ гранул о стенки трубопроводов с образованием волокон и пыли полиэтилена. Образование волокон происходит за счет трения гранул во время скольжения их вдоль гладкой поверхности стенки трубопровода, срыва образовавшейся пленки, зависит от времени удара до времени отскока от поверхности. Пыль образуется от выкрашивании поверхности гранулы при ударе. В технологии конфекционирования на ООО «ТомскНефтехим» для уменьшения образования волокон стенки трубопроводов линий пневмотранспорта выполнены шероховатыми или с нарезкой на внутренней поверхности, что резко снижает вероятность образования волокон, но приводит к повышенному пылеобразованию. Гранулированный полиэтилен в процессе транспортирования, перемешивания может приобрести электрический заряд, адсорбировать на поверхности пыль. Силы прилипания мелких частиц зависят от их размеров, влажности воздуха, степени электризации. Силы прилипания растут с увеличением времени контакта и достигают максимального значения за время более 1 минуты. Эти силы зависят от площади контакта, которая в свою очередь зависит от размера и формы частиц. Эффект отрыва частиц воздушным потоком с поверхности гранул зависит от скорости обтекания гранул, размера и формы частиц. При обтекании слоя прилипших частиц может происходить удаление верхних частиц, а при значительных инерционных силах, действующих на гранулу, и отрыв слоя.

Пыль, поступившая в бункер, за счет сил электризации сепарируется на стенки, накапливается на них, образует рыхлые сгустки, которые после заполнения полиэтиленом емкости переходят в материал.

Трудности, возникающие при очистке гранул от примеси, определяют особенности конструкций аппаратов, предназначенных для удаления примеси из полиэтилена. Обязательными условиями удаления примеси должны быть следующие: движение гранул в аппарате с малой концентрацией, придание гранулам значительных ускорений для отрыва частиц с последующим их удалением потоком обтекающего воздуха. Поэтому аппараты, предназначенные для очистки гранул, должны иметь достаточно большие размеры для рассредоточения гранул в объеме, должны иметь элементы для придания гранулам значительных ускорений воздухом (повороты, расширения, грохоты, ударные приспособления). Существующие системы очистки гранулированного полиэтилена не позволяют достаточно эффективно отделять примеси от гранулята и очищать воздух от волокнистых примесей. Для отделения пыли от гранулята все устройства разгрузки пневмотранспорта выполнены в виде аппарата "зигзаг", в котором гранулы за счет удара о стенку, резкого изменения направления движения и расширения сечения аппарата теряют скорость и выпадают из потока воздуха транспортирования в бункер, а запыленный воздух транспортирования поступает на узлы пылеочистки. Сечение в аппарате "зигзаг" выбрано таким образом, что скорость воздуха ниже скорости витания гранул и выше скорости витания пыли [4].

На рис. 1 показана схема аппарата, устанавливаемого на приемных бункерах технологии конфекционирования ООО «ТомскНефтехим».

Рис. 1. 1 – Патрубок вывода воздуха с пылью, 2 – патрубок ввода пневмотранспорта гранулированного полиэтилена с примесью, 3 – патрубок вывода очищенного гранулированного ПЭВД в приемный бункер.

Для улучшения обеспыливания и уменьшения уноса гранул на пылеочистку, внутри аппарата "зигзаг" установлены отбойные лопатки. На рис. 2 показана схема обеспыливания гранулированного полиэтилена и воздуха на ООО «ТомскНефтехим»

В приведенной схеме пневмотранспорта гранулята полиэтилена запыленный воздух нагнетается в циклоны с последующей доочисткой в рукавном фильтре (рис. 2). Пыль полиэтилена осажается на внешней поверхности рукавов. Периодически внутрь рукавов подается импульс продувочного сжатого воздуха, вызывая вибрацию рукавов. При этом пыль стряхивается с ткани рукавов и собирается в пылеприемном бункере фильтра. Анализ работы этой установки показал, что из-за зависания примеси в циклоне она выносятся в фильтр, приводя к его забиванию, создавая большое противодавление в системе. Установка неустойчива в работе, требует ручного обслуживания, повышенных трудозатрат.

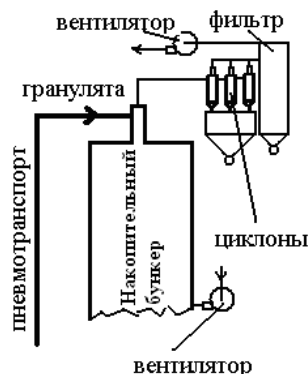
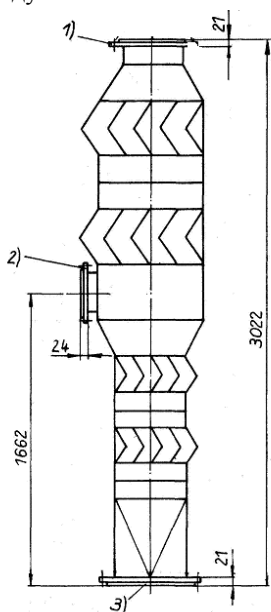


Рис. 2. Схема обеспыливания гранулированного полиэтилена и воздуха.

Предлагается метод очистки воздуха от наэлектризованной примеси, обладающий лучшими эксплуатационными характеристиками. Схема сепарации наэлектризованной полимерной примеси из воздушного потока показана на рис. 3 [5].

Пневмотранспортный поток которого воздух с примесью поступает в спиралевидный концентратор 1 (рис. 3). Часть пневмотранспортного потока (доли процента) с гранулятом, минуя накопительный бункер, направляется в концентратор 1, снабженный регулирующей заслонкой 3.

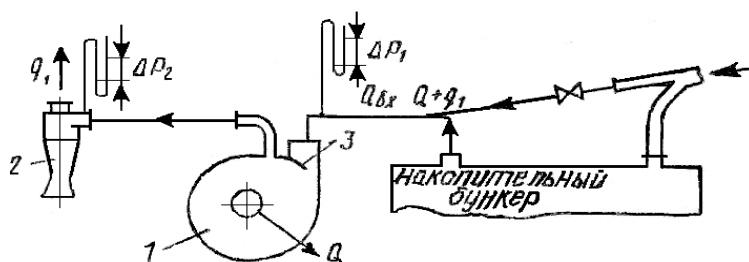


Рис. 3. Схема сепарации наэлектризованной полимерной примеси из воздушного потока [5].

Большая часть очищенного воздуха с расходом Q выходит из центрального патрубка концентратора 1. Незначительная часть воздуха с расходом q_1 с повышенным содержанием частиц отводится в выносной циклон 2, где смесь примеси и гранул выделяется из потока. Очищенный воздух выбрасывается в атмосферу.

Скорость потока на входе в концентратор 1 регулируют заслонкой 3. Поток направляют со скоростью 20-25 м/с вдоль криволинейной поверхности концентратора. При скорости потока 20-25 м/с гранулы за счет сил упругости, Магнуса и центробежных сил интенсивно ударяются о

криволинейную поверхность концентратора, “размывают” жгуты, диспергируют сгустки примеси, которые входят в контакт с криволинейной поверхностью за счет электрических сил. При скорости потока выше 25 м/с наблюдается унос гранул в атмосферу из концентратора. Количество гранул должно быть таким, чтобы были охвачены все участки “обстрела” криволинейной поверхности и осуществлялось интенсивное взаимодействие с примесью, причем количество вводимых гранул зависит от содержания в примеси волокон, стружки, сгустков и их размеров.

По мере концентрирования примеси вдоль криволинейной поверхности концентратора, на поверхности образуется подстилающий слой из частиц примеси, который уменьшает рикошетирование гранулята, движущегося с незначительной амплитудой в прыжковом режиме. Подстилающий слой образуется при концентрации частиц примеси в отводимой части потока более 1 г/м³. При концентрации частиц примеси более 10 г/м³ гранулы застревают в подстилающем слое, увеличивая трение слоя, ухудшается несущая способность потока вследствие его торможения частицами, эффективность сепарации уменьшается, вывод частиц затрудняется. Затрудняется также контакт частиц с поверхностью. Концентрация частиц в загрязненной части потока регулируется количеством отводимого из спирального концентратора в выносной циклон 2 воздуха, вместе с частицами примеси и гранулята. Регулирование осуществляется по показаниям манометров изменением входного сечения, путем перемещения заслонки 3. В выносном циклоне 2 вводимый с примесью и гранулами газовый поток закручивается, при этом частицы примеси и гранулята по периферии отводятся из сепарационной зоны, гранулы способствуют выводу примеси в приемник. Очищенный в выносном циклоне поток выводится в атмосферу, а примесь и гранулы отправляются на переработку. При этом наличие гранулята в примеси улучшает ее сыпучесть т.к. частицы больших размеров имеют меньшую поверхность соприкосновения и обладают большей подвижностью. Это облегчает истечение материала из расходных емкостей перерабатывающих машин, увеличивая их производительность. Контроль количества воздуха, сбрасываемого через центральный патрубок концентратора с расходом Q и выносного циклона с расходом q_1 , ведется с помощью манометров по перепадам давлений ΔP_1 и ΔP_2 и известным коэффициентам гидравлического сопротивления. Количество воздуха с гранулятом подбирают таким образом, чтобы количество гранул было достаточным для нормального истечения примеси из выносного циклона 2. Предлагаемая система обеспыливания воздуха обладает лучшими эксплуатационными характеристиками, позволяет отказаться от рукавных фильтров, стабилизировать работу пневмотранспорта, осуществлять работу без использования дополнительных вентиляторов.

Одним из возможных источников зажигания внутри технологического оборудования разряд статического электричества. При перемещении порошкообразных материалов заряды могут возникать при трении и разделении отдельных частиц. Наиболее мелкие из них накапливают заряды одного знака (например, отрицательные), более крупные – заряды, равные по величине, но противоположные по знаку. Этот процесс происходит в массе дисперсного материала; при этом общий заряд всей массы остается равным нулю. Если перемещение частиц прекращается, то заряды рекомбинируют. В тех случаях, когда вещество перемещается в другую емкость или создаются условия для разделения гранул по величине, возникает разделение зарядов. Как показывают статистические данные, в установках пылеотделения происходит наибольшее число взрывов пыли. Этому способствуют следующие обстоятельства: в пылеуловителях скапливается самая мелкая, имеющая наименьшую влажность, пыль. Наиболее вероятные источники зажигания в пылеуловителях – разряды статического электричества, искры или раскаленные частица, поступившие из оборудования, через которое прошел поток. В тканевых фильтрах, как и в циклонах, скапливается самая взрывоопасная пыль. В процессе работы тканевые фильтры периодически очищают встряхиванием или подачей в фильтр струи воздуха. В обоих случаях при чистке фильтра образуется взрывоопасная аэрозоль.

Вероятными источниками зажигания для тканевых фильтров являются: тлеющие частицы, заносимые воздушным потоком из технологического оборудования, разряды статического электричества и самовозгорания пылевых отложений. Если минимальная энергия зажигания улавливаемой пыли сопоставима с энергией разряда статического электричества, которая в тканевых фильтрах может достигать 50 мДж, то необходимо принимать меры для обеспечения взрывобезопасности фильтра.

Список используемой литературы:

1. Полиэтилен высокого давления : научно-технические основы промышленного синтеза / А.В. Поляков, Ф.И. Дунтов, А.Э. Софиев, Н.Я. Тумаркин, Ю.Н. Кондратьев, Н.М. Домарева, А.Л. Гольденберг, В.М. Кобяков, В.С. Зернов. – Л.: Химия : Ленингр. отд-ние, – 1988. – 199 с.

2. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность промышленной пыли. – М.: Химия, – 1986. – 216 с.
3. Руководящие технические материалы. Пневмотранспорт сыпучих материалов (гранулированных и порошкообразных) взвесью, с поршневой структурой и сплошным потоком материала /МХП СССР, Томск: из-во Томск. ун-та. – 1987. – 188 с.
4. Анисимов Ж. А., Василевский М.В., Свищев Б.Г. Сравнительные характеристики аппаратов для очистки зерновых и гранулированных материалов от примесей. – В кн. Вопросы аэрогидромеханики тепломассообмена. Томск: Изд-во Томск. ун-та, – 1986, С. 24 – 29.
5. А.С. (СССР) 1554985 Способ сепарации из воздушного потока наэлектризованной полимерной примеси / Василевский М.В., Анисимов Ж.А., Свищев Б.Г., Кочетков Н.А., Гордеев В.К. // Б.И. – 1990, – № 13.

Анализ методов проведения энергетической реформы в России

М.А. Родин, Е.Ю. Юрченко

Южно – Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

E-mail: misha_rodin@mail.ru

Ueu-esss@mail.ru

Проведение энергетической реформы в России. Определены основные направления и методы развития энергетики. Рассматривается в отдельности каждое из направлений, выясняются проблемы и другие возможные спорные моменты, которые возникают в ходе реализации каждого направления. На общем фоне производится анализ развития данной реформы.

В настоящее время мы наблюдаем, что всё в нашей стране подвержено большому количеству реформ, что ничего не стоит на месте, постоянно изменяется и движется вперед. Коснулось это и энергетической отрасли в России. Реформирование направлено на попытку вывода энергетики России на совершенно новый уровень развития, который не будет дублировать пережитки прошлого; повышения надёжности, качества и экономичности снабжения всех потребителей путём внедрения новых инновационных технологий, а также объединения всей энергетической системы интеллектуальной связью, создав единое целое[1, 2, 3]. Для этого определены приоритетные направления, связанные с переходом к энергоэффективной и интеллектуальной энергетической системе России, освоением новых территорий и развитием национальной электроэнергетики (рис.1). Делается акцент на повышении доступности и качества услуг для потребителей, создании клиентно-ориентированной энергетики, а также на достижении технологического лидерства в электроэнергетическом секторе.



Рис.1. Направления и методы развития

Для решения поставленных задач сделано уже не мало, и как показывает время, не всегда безошибочно. Ранее единая энергетическая отрасль была разделена на генерирующую, распределительную и сбытовую компании. Причем деление прошло не только по функциональному значению, но и по территориальному признаку. В итоге, на примере электросетевого комплекса установлена неэффективность разделения ФСК и МРСК, выделения ремонтных бригад в отдельную организацию.

В связи с реструктуризацией электроэнергетики меняется и рынок электрической энергии. Как известно, с 1 сентября 2006 года постановлением Правительства Российской Федерации введены новые правила функционирования оптового рынка электроэнергии (мощности). Возникает новая составляющая – рынок на сутки вперед (РСВ). Суть нового рынка заключается в том, что производится отбор ценовых заявок покупателей за сутки до реальной поставки электроэнергии с определением цен и объемов поставки на каждый час наступающих суток. В результате возникает достаточно гибкая система, которая несет в себе четкое соблюдение жестких требований к поставщикам электроэнергии, которые содержат в себе выдержку установленных параметров надёжности и качества электрической энергии. Появление рынка на сутки вперед также ведёт за собой появление балансирующего рынка, который занимается непосредственно расчётами и доведением до объектов графиков генерации в режиме реального времени. Он формирует некую систему «штраф или премия». Если возникли какие-то отклонения фактического потребления или выработки значений участники рынка «штрафуются», или «премируются», если эти отклонения являются следствием исполнения команды системного оператора. В итоге получается очень динамичная система, которая даёт её участникам прямую экономическую заинтересованность использовать все имеющиеся технологические возможности для выравнивания графика потребления, снижения технологических потерь в элементах сети [4, 5].

Кроме точности прогнозирования электропотребления, в настоящее время актуальна проблема замены физически устаревшего оборудования. Бесспорно, на многих энергетических объектах мы зачастую сталкиваемся с тем, что всё то, что уже давно должно быть списано и выведено из работы, работает и по сегодняшний день. Теперь напрашивается уже другой вопрос: «На что будем менять старый трансформатор, на ту же самую модель, только новую?». Вот мы и перешли от причины к следствию – модернизация морально устаревшего оборудования. Ведь необходимо идти в ногу со временем, а особенно в энергетике отставания не допускаются.

В энергетике есть много примеров повышения надёжности и безопасности электроустановок за счёт применения новых материалов: замена фарфоровой изоляции на полимерную, масляных выключателей на вакуумные и элегазовые, применение сверхпроводящих материалов в линиях электропередачи и накопителях энергии, силовая электроника. Немаловажно уточнить, будет ли это новое оборудование производиться внутри своей страны, или перениматься из-за рубежа. В связи с этим актуальными становятся ещё несколько направлений: совершенствование системы диагностики нового оборудования [6], корректировка нормативной документации. Если визуально оценить все ГОСТы, ОСТы, национальные стандарты, стандарты организаций и многие другие нормативно-технические документы, то можно обнаружить, что большинство из них уже далеко не «свежие» - 80-х и 90-х годов XX века. Электроэнергетика работает по жестким правилам, и от всей существующей в целом документации зависит надёжность и качество всей энергосистемы, а также безопасность потребителей. Применение старых норм на новое оборудование ведет к целому ряду противоречий. В настоящее время стандарты в электроэнергетике, разрабатываемые компаниями конкретно под свои нужды, носят локальный характер и не приведены в соответствие друг с другом. В результате такой самостоятельности и отсутствия согласованности и синхронизации с общей нормативной технической документации, проявятся проблемы, связанные с увеличением строительных и проектных рисков, снижение надежности и безопасности всей энергосистемы России. Одним из первых с данной проблемой столкнулось ОАО "Мосэнерго", которое занимается строительством энергоблока ПГУ-420 на ТЭЦ-26, генеральным подрядчиком проекта выступает французская компания Alstom. Данная компания выступает в России первым зарубежным подрядчиком полного цикла, то есть делает всё от разработки концепции до сдачи объекта в эксплуатацию. Когда специалисты из-за рубежа начали работу, то просто не знали с чего начать. Серьёзным препятствием для них стала запутанность российских технических стандартов, стандартов проектирования и нормативов по сертификации. В итоге французам пришлось решать труднейшую задачу, то есть соответствовать российским нормам и при всём этом не нарушать

концепцию строительства. Специалисты сделали вывод, что сдача объекта зависит не столько от хода строительства, сколько от получения соответствующих документов [7, 8].

Кроме этого, в связи со стремлением выйти на международный уровень появляется ещё одна проблема – несоответствие стандартов РФ нормам МЭК ([Международная Электротехническая Комиссия](#)). Например, по стандартам МЭК, мы не имеем паспорта на оборудование, а только протокол испытания. Чтобы получить сертификат, необходимо провести повторные испытания и завести паспорт. Причем вся техническая документация должна предоставлять на русском языке, а в общемировой практике стандартно используется английский. Это напоминает бесконечное число процедур, которые только замедляют процесс и уносят драгоценное время [8].

Кроме замены оборудования немаловажным является вопрос интеллектуализации управления сетевым объектом, связанный с концепцией Smart Grids, причем до сих пор точного определения этого понятия нет. Кто-то считает, что «умная сеть» – это частичное переоснащение уже существующих сетей и объединение их в единую информационную сеть, кто-то, что это полностью адаптивная и «самостоятельная» система, которая сама принимает решения по отключению и перераспределению потоков мощностей до потребителей. В России уже ведутся работы по данному направлению [9]: применение реклоузеров, средств телемеханики, умных счётчиков и вставок постоянного тока и др. Всё это сводится к тому, чтобы максимально снизить степень человеческой ошибки. При этом всю интересующую информацию можно будет получить из главного центра, который будет содержать в себе все данные по приближённым и даже достаточно удалённым объектам. Это достаточно глобальная задача, но вполне осуществимая.

Что же такое реклоузер? Он представляет собой автоматический пункт секционирования воздушных или комбинированных линий электропередачи трехфазного переменного тока частотой 50(60) Гц, в основном с номинальным напряжением 10(6) кВ и любым режимом работы нейтрали. Он представляет собой новое поколение коммутационного оборудования, которое объединило в себе все передовые технологии микропроцессорной релейной защиты и автоматики (РЗА) и коммутационной техники. К его функциям относятся автоматическое отключение поврежденных участков линии, АПВ, АВР, есть возможность самодиагностики и дистанционного управления данным аппаратом. Отличительными особенностями являются: надёжная система бесперебойного питания, отсутствие необходимости в его обслуживании, ведение журналов оперативных и аварийных событий в линии и малые массогабаритные показатели. В настоящее время реклоузер уже прекрасно зарекомендовал себя как надёжный и многофункциональный аппарат, применение которого значительно повысило надёжность электроснабжения потребителей и позволило автоматизировать процессы поиска и локализации повреждений на линии [10].

В 2010 году предприятие ОАО «Челябэнергосбыт» начало внедрение современных систем учёта электроэнергии. Преимущества умных счётчиков заключается в следующем.

Во-первых, это возможность гибкого планирования потребления электроэнергии.

Во-вторых, это контроль качества энергоресурса. Производится запись количества отключений напряжения и их продолжительность, что позволит абоненту предъявить иск бытовой компании.

В-третьих, – это управление потреблением. В периоды пикового потребления такой счётчик, оснащённый силовым реле, может временно отключать абонентов от сети в целях снижения нагрузки.

В-четвёртых, – это защита от неучтенного потребления. Современный «умный» прибор учёта постоянно фиксирует неучтённое электропотребление, попытки вскрытия счётчика, что ведёт к снижению коммерческих потерь [11, 12].

Несмотря на перечисленные положительные моменты необходимо отдавать отчёт в том, что переход от простой механики к телемеханике и полной автоматизации «умная сеть» должна быть устойчива к различным кибернетическим вмешательствам?! Любое проникновение или взлом отдельного сетевого объекта злоумышленниками ведёт к полному краху всей системы в целом. Поэтому вопрос энергетической безопасности здесь имеет весомое значение, так же как и повышения квалификации персонала. Сегодня данный вопрос часто освещается. Каждое предприятие заинтересовано в качестве образования и подготовки персонала, но, к сожалению, в связи с тем, что очень мало осталось научно-исследовательских институтов, уровень подготовки оставляет желать лучшего. В связи с этим появляется ещё одна задача – усовершенствование системы подготовки, переподготовки, аттестации и переподготовки персонала.

Реформирование – очень серьёзный шаг. На основании анализа материала были выделены направления развития энергетики будущего. Но вместе с положительными сторонами, есть и

нежелательные моменты, над которыми необходимо работать, потому что энергетика не прощает ошибок.

Список используемой литературы

1. <http://www.fsk-ees.ru>
2. Федеральный закон № 35-ФЗ "Об электроэнергетике"
3. Министерство энергетики Российской Федерации. Типовой макет. Схемы и программы развития электроэнергетики субъекта Российской Федерации на 5-летний период, 2011 г.
4. <http://so-ups.ru>
5. Завидей В.И., Печенкин В.И., Каланчин С.В. Возможности применения тепловизионного контроля для диагностики технического состояния силовых трансформаторов // Информационно – аналитический журнал «Энергоэксперт» №6 (29) 2011
6. <http://www.rao-ees.ru/ru/>
7. <http://www.smartgrid.ru>
8. "Российская газета" – [Федеральный выпуск №5022 \(198\)](#)
9. Из сетей прошлого – в сети интеллектуальные // Информационно – аналитический журнал «Энергоэксперт» №6 (29) 2011
10. <https://www.tavrida.ru/>
11. <http://www.emis-kip.ru/ru/>
12. <http://esbt74.ru/>

Применение функций чувствительности к энергетическим задачам

С.В. Шмидт, Д.Ю. Белова, Б.З. Калиев

*Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, Казахстан
schmidt.07@mail.ru*

Настоящая работа выполнялась в соответствии с научной программой повышения эффективности использования ресурсов Казахстана путем разработки математической модели и алгоритмов оптимального управления электроэнергетических систем, определенная как стратегическая задача РК в Послании Президента страны народу Казахстана «Казахстан 2030». Эта же программа входит в основу разработки глобальной энергоэкологической долгосрочной стратегии, подготавливаемый на базе исследований ученых России и Казахстана отмеченной в фундаментальном труде Нурсултана Абишевича Назарбаева «Стратегия радикального обновления глобального сообщества и партнерство цивилизации». Целью данной научной статьи является повышение эффективности управления качеством вырабатываемой электроэнергии путем совершенствования математической модели стационарных режимов. Анализ схем замещения дает возможность выявить закономерности, применение которых позволит повысить качественные показатели электроэнергии, эффективность эксплуатации и проектирования самой системы на основе совершенствования математической модели ее стационарных режимов.

Оптимизация состояния электрической системы является тонкой и трудоемкой задачей, решаемой на основе анализа и синтеза т.е. рабочих режимов. В промышленных условиях из-за ряда причин (изменение температуры, износ оборудования, снижение активности катализатора, снижение теплопроводности и т.п.) параметры системы управления постепенно изменяются, и их действительные значения всегда отличаются от расчётных. Проблема управления качеством электроэнергии с учетом влияния имеющихся регулирующих устройств в настоящее время решается на основе многократных расчетов, методом последовательного приближения. В рыночных условиях трудно согласиться с подобным подходом к расчету и оптимизации системы электроснабжения.

В данной работе получено решение выше отмеченных проблем путем совершенствования математических моделей с применением функций чувствительности таким образом, чтобы искомые параметры режима определялись непосредственно по независимым параметрам схемы замещения системы передачи и распределения электроэнергии.

Практическая ценность заключается в том, что применение функций чувствительности позволяет изменить методологию ведения режима, смысл которого заключается в обеспечении, в первую очередь, потребителей качественной электроэнергией с учетом надежных и экономических показателей питающих сетей системы электроснабжения, уменьшение неоправданных трудозатрат.

Функция чувствительности является одним из наиболее важных показателей качества частотно-избирательных цепей. Информация о чувствительности используется в различных целях:

1. Функция чувствительности является критерием для сравнительной оценки различных конфигураций электронных цепей.
2. Результаты анализа чувствительности используются для определения допусков на параметры элементов цепи.
3. Функция абсолютной чувствительности используются при оптимизации характеристик электронных цепей для расчета градиента целевой функции.
4. Чувствительность позволяет понять, как влияют вариации какого-либо параметра на характеристики цепи.

При проектировании систем управления и регулирования важно знать, как влияет на характеристики цепи изменение параметров элементов. Это влияние оценивают с помощью функций чувствительности. Функция относительной чувствительности $H(j\omega)$ к вариациям a_i , определяется по формуле:

$$S_{a_i}^{H(j\omega)} = \frac{dH(j\omega)}{da_i} \frac{a_i}{H(j\omega)} \quad (1)$$

$H(j\omega)$ — функция цепи, a_i — параметр одного из компонентов этой цепи, изменяющийся под действием дестабилизирующих факторов.

Одним из наиболее эффективных методов анализа чувствительности является метод присоединенных схем. В соответствии с этим методом для расчета чувствительности характеристики цепи к вариациям всех элементов достаточно провести анализ двух идентичных по топологии схем — исходной и присоединенной.

Рассмотрим цепь, описываемую системой расширенных узловых уравнений:

$$[Y][V] = [J]. \quad (2)$$

Пусть $[Y]$ и $[V]$ являются функциями параметра a_i , а вектор правой части не зависит от этого параметра. Дифференцируя (1.2) по a_i , получим:

$$\frac{d[Y]}{da_i}[V] + [Y]\frac{d[V]}{da_i} = 0$$

Из последнего равенства определим вектор производных:

$$\frac{d[V]}{da_i} = -[Y]^{-1} \frac{d[Y]}{da_i}[V] \quad (3)$$

Формула (3) позволяет определить чувствительность всех элементов вектора $[V]$ к вариациям параметра a_i .

Но на практике обычно требуется определить чувствительность какой-либо одной функции цепи, т.е. необходимо найти чувствительность одной переменной V_i к вариациям нескольких параметров a_i . Чтобы найти чувствительность V_i , умножим левую и правую части равенства (3) на единичный вектор $[u_i]$:

$$[u_i] \frac{d[V]}{da_i} = -[u_i][Y]^{-1} \frac{d[Y]}{da_i}[V]$$

Здесь символ t означает транспозицию. Перепишем последнее равенство в другой форме:

$$[u_i] \frac{d[V]}{da_i} = -\left([Y]^{-1}\right)^t [u_i] \frac{d[Y]}{da_i}[V]. \quad (4)$$

При рассмотрении функций чувствительности во временной области независимые источники могут иметь произвольную форму тока и напряжения. Выбор времени анализа может быть произвольным, в том числе с самого начала переходных процессов, наступающих в цепи при включении источников. Следовательно, частные производные по параметрам элементов будут определяться от величин (токов и напряжений), представленных в виде функций времени. Пусть откликом на выходе цепи является напряжение $u_{\text{вых}}(t)$. Будем искать частные производные вида:

$$\frac{\partial u_{\text{вых}}(t)}{\partial R_i}, \frac{\partial u_{\text{вых}}(t)}{\partial C_i}$$

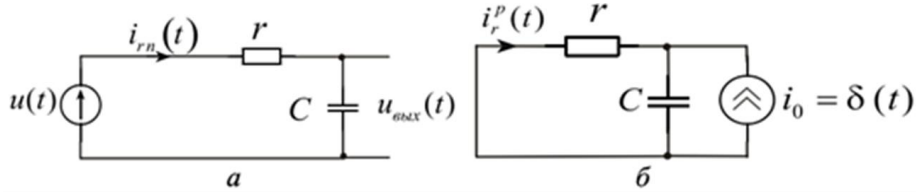


Рис. 1. Расчет чувствительности к вариации величины резистора г.

Ток при номинальных значениях параметров элементов, протекающий через г:

$$i_m = \frac{U}{r} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Ток через тот же реактивный элемент в присоединенной схеме (рис. 1 б)

$$i_r^p(t-\tau) = -\frac{1}{rC} e^{-\frac{t-\tau}{\tau}}$$

Следовательно

$$\frac{\partial u_{\text{вых}}}{\partial r} = \int_0^t \frac{U}{r} e^{-\frac{t-\tau}{\tau}} \left(-\frac{1}{rC} e^{-\frac{t-\tau}{\tau}}\right) d\tau = -\frac{U}{r^2 C} t e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Результат, полученный методом присоединенной схемы, можно подтвердить непосредственным дифференцированием реакции цепи:

$$\frac{\partial u_{\text{вых}}}{\partial r} = \frac{\partial}{\partial r} \left[U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \right] = -\frac{U t}{r^2 C} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Расчет чувствительности к вариации параметра емкостного элемента цепи (рис. 1 а). Как и в предыдущем случае, задаем приращением варьируемого параметра dC. Соответствующая схема с вынесением элементом dC представлена на рис 2 а. Ток через элемент dC:

$$di_c = dC \frac{du_c}{dt} \approx dC \frac{du_c}{dt}$$

Заменим элемент dC эквивалентным ему источником тока di_c (рис. 2 б).

На выходе цепи можно будет наблюдать отклик на воздействие источника возмущения di_c . Если поделить величину воздействия на константу dC, то отклик изменится на ту же величину. Таким образом отклик на выходе цепи будет численно равен производной $du_{\text{вых}}/dC$ (рис 2. б).

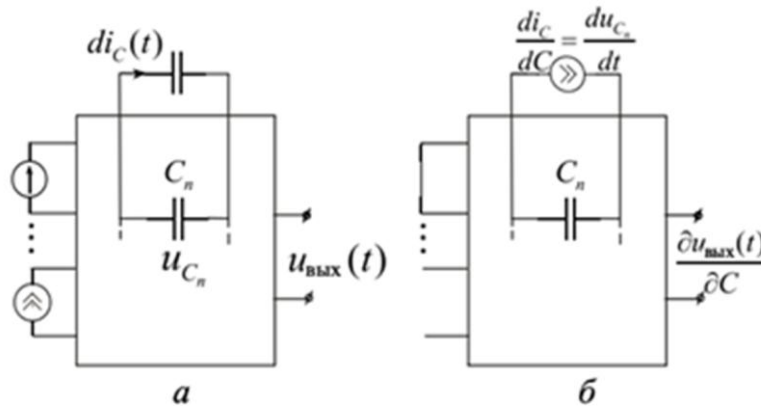
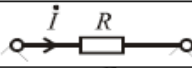
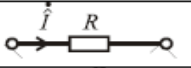
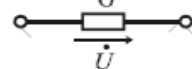

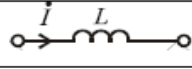

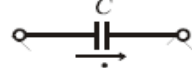
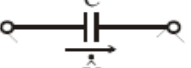


Рис. 2. Анализ чувствительности к вариации емкостного элемента.

В результате анализа можно получить выражения для расчета функций чувствительности к вариациям других элементов. Эти выражения приведены в табл.

Элемент	Схема	Присоединенная схема	Формула чувствительности
R			$\frac{\partial H(j\omega)}{\partial R} = -I\dot{\Phi}$
G			$\frac{\partial H(j\omega)}{\partial G} = U\dot{\Phi}$
L			$\frac{\partial H(j\omega)}{\partial L} = -j\omega I\dot{\Phi}$
C			$\frac{\partial H(j\omega)}{\partial C} = j\omega U\dot{\Phi}$

Вывод:

Действительные значения параметров управления электроэнергетическими системами практически всегда отличаются от расчетных. Данные изменения параметров могут привести к изменению статических и динамических свойств системы. Это обстоятельство желательно учесть заранее в процессе проектирования и настройки системы, что может быть осуществимо применением функций чувствительности, непосредственно метода присоединенных схем.

В данной работе выявлен способ оптимизации состояния электрической системы путем совершенствования математических моделей с применением функций чувствительности таким образом, чтобы искомые параметры режима определялись непосредственно по независимым параметрам схемы замещения системы передачи и распределения электроэнергии, что имеет важное перспективное теоретическое и практическое значение. При решении задачи оптимизации, электрических сетей энергосистемы с учетом вероятностного характера исходных данных, возникает необходимость выделения наиболее значимых факторов. При подходе к предельным по пропускным способностям режимам наибольшее влияние на точность расчета оказывает точность задания параметров схемы замещения.

Настоящая статья имеет большое значение для схемотехнического проектирования электрических схем и их оптимизации, для определения степени влияния параметров компонентов схемы на её выходные параметры, а также для прогнозирования разброса выходных параметров.

Список использованной литературы:

1. Ахметбаев Д.С. Моделирование стационарных режимов системы передачи и распределения электроэнергии. – Алматы. 2010. – С. 28-30.
2. Калиев Б.З. Материалы международной научно-практической конференции «Индустриально-инновационное развитие на современном этапе: состояние и перспективы». - Павлодар. 2009. - С. 18-20.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности

О.С. Яшутина

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Существует образное выражение, что мы живем в эпоху трех «Э»: экономика, энергетика, экология. Не зря говорят: «Энергетика – хлеб промышленности». Чем более развиты промышленность и техника, тем больше энергии нужно для них. Существует даже понятие – «опережающее развитие энергетика». Это значит, что ни одно промышленное предприятие, ни один новый город или просто дом нельзя построить до того, как будет определён или создан заново источник энергии, которую они станут потреблять. Вот почему по количеству добываемой и используемой энергии довольно точно можно судить о технической и экономической мощи, а проще говоря – о богатстве любого государства.

Проблема обеспечения электрической энергией многих отраслей мирового хозяйства, постоянно растущих потребностей более чем шестимиллиардного населения Земли становится сейчас все более насущной. Основу современной мировой энергетики составляют тепло- и гидроэлектростанции. Однако их развитие сдерживается рядом факторов. Стоимость угля, нефти и газа, на которых работают тепловые станции, растет, а природные ресурсы этих видов топлива сокращаются. К тому же многие страны не располагают собственными топливными ресурсами или испытывают в них недостаток. В процессе производства электроэнергии на ТЭС происходит

выброс вредных веществ в атмосферу. Причем если топливом служит уголь, особенно бурый, малоценный для другого вида использования и с большим содержанием ненужных примесей, выбросы достигают колоссальных размеров.

Экономия энергии - это эффективное использование энергоресурсов за счет применения инновационных решений, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, приемлемы с экологической и социальной точек зрения, не изменяют привычного образа жизни. Это определение было сформулировано на Международной энергетической конференции (МИРЭК) ООН. Энергосбережение в любой сфере сводится по существу к снижению бесполезных потерь энергии. Анализ потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывает, что большая часть потерь - до 90% - приходится на сферу энергопотребления, тогда как потери при передаче электроэнергии составляют лишь 9-10%. Поэтому основные усилия по энергосбережению сконцентрированы именно в сфере потребления электроэнергии. Основная роль в увеличении эффективности использования энергии принадлежит современным энергосберегающим технологиям. Энергосберегающая технология - новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно энергетических ресурсов (ТЭР). Внедрение энергосберегающих технологий в хозяйственную деятельность как предприятий, так и частных лиц на бытовом уровне, является одним из важных шагов в решении многих экологических проблем - изменения климата, загрязнения атмосферы (например, выбросами от ТЭЦ), истощения ископаемых ресурсов и др. Обычно предприятия внедряют следующие типы технологий, которые дают значительный энергосберегающий эффект:

1) Общие технологии для многих предприятий, связанные с использованием энергии (двигатели с переменной частотой вращения, теплообменники, сжатый воздух, освещение, пар, охлаждение, сушка и пр.).

2) Более эффективное производство энергии, включая современные котельные, когенерацию (тепло и электричество), а также тригенерацию (тепло, холод, электричество); замена старого промышленного оборудования на новое, более эффективное.

3) Альтернативные источники энергии.

Режим энергосбережения особенно актуален для механизмов, которые часть времени работают с пониженной нагрузкой - конвейеры, насосы, вентиляторы и т.п. Существует немало устройств, которые позволяют добиться уменьшения потерь при работе электрооборудования, основными из которых являются конденсаторные установки и частотно регулируемые приводы. Частотно регулируемые электроприводы со встроенными функциями оптимизации энергопотребления гибко изменяют частоты вращения в зависимости от реальной нагрузки, что позволяет сэкономить до 30-50% потребляемой электроэнергии. При этом зачастую не требуется замена стандартного электродвигателя, что особенно актуально при модернизации производств. Такие энергосберегающие электроприводы и средства автоматизации могут быть внедрены на большинстве промышленных предприятий и в сфере ЖКХ: от лифтов и вентиляционных установок до автоматизации предприятий. Российскими учеными разработана установка, при работе которой часть тепла, уходящего в трубу после сжигания на производстве природного газа, используется для выработки дополнительной энергии, способной дать освещение пяти шестнадцатиэтажных зданий.

Примером домов, которые в будущем позволят человеку жить в гармонии с природой, в то же время не лишая себя привычного комфорта, являются так называемые жилища нулевой энергии (zero energy house) или пассивные дома (passive house), объединяемые общим термином "энергоэффективные дома". "Энергоэффективным" будет считаться такой дом, в котором комфортная температура поддерживается зимой без применения системы отопления, а летом - без применения системы кондиционирования. Чтобы дом был энергоэффективным, при его строительстве должно быть сделано следующее: Применение современной тепловой изоляции трубопроводов отопления и горячего водоснабжения. Индивидуальный источник теплоэнергоснабжения (индивидуальная котельная или источник когенерации энергии). Тепловые насосы, использующие тепло земли, тепло вытяжного вентиляционного воздуха и тепло сточных вод. Солнечные коллекторы в системе горячего водоснабжения и в системе охлаждения помещения. Поквартирные системы отопления с теплосчетчиками и с индивидуальным регулированием теплового режима помещений. Система механической вытяжной вентиляции с индивидуальным регулированием и утилизацией тепла вытяжного воздуха. Поквартирные контроллеры, оптимизирующие потребление тепла на отопление и вентиляцию квартир. Ограждающие конструкции с повышенной теплозащитой и заданными показателями

теплоустойчивости. Утилизация тепла солнечной радиации в тепловом балансе здания на основе оптимального выбора светопрозрачных ограждающих конструкций. Устройства, использующие рассеянную солнечную радиацию для повышения освещенности помещений и снижения энергопотребления на освещение. Выбор конструкций солнцезащитных устройств с учетом ориентации и посезонной облученности фасадов. Использование тепла обратной воды системы теплоснабжения для напольного отопления в ванных комнатах. Система управления теплоэнергоснабжением, микроклиматом помещений и инженерным оборудованием здания на основе математической модели здания как единой теплоэнергетической системы. Есть и другие пути рациональнее использовать электроэнергию, причем не только на производстве, но и в быту. Так, уже давно известны "умные" системы освещения. Энергосберегающий эффект основан на том, что свет включается автоматически, именно когда он нужен. Выключатель имеет оптический датчик и микрофон. Днем, при высоком уровне освещенности, освещение отключено. При наступлении сумерек происходит активация микрофона. Если в радиусе до 5 м возникает шум (например, шаги или звук открываемой двери), свет автоматически включается и горит, пока человек находится в помещении. Такие системы освещения используют энергосберегающие лампы. Светодиодные светильники позволяют достичь существенной экономии электроэнергии по сравнению с традиционными источниками света лампами накаливания (до 80%) и люминесцентными лампами (свыше 40%). Эти светильники можно использовать в освещении самых разных объектов: подземных пешеходных переходов и автомобильных парковок, садово парковом освещении, уличном освещении, освещении в ЖКХ и аварийном освещении. Существуют и перспективные энергосберегающие проекты в транспортной отрасли. Американские инженеры подошли вплотную к производству легковых автомобилей, оснащенных насадками, преобразующими тепло выхлопных газов в электричество. Теплоэлектрогенератор, установленный на глушителе, преобразовывает часть тепла выхлопных газов в электричество, которое в дальнейшем может обеспечивать работу системы климат контроля, музыкальной системы и т.п. Немецкие ученые разрабатывают высокоэффективные энергосберегающие устройства, необходимые для автомобилей с гибридными двигателями. Устройство работает с помощью нефти на автостраде и на электричестве в городе, таким образом, используя сравнительно меньше энергии. У себя в доме каждый потребитель может экономить электроэнергию, придерживаясь следующих правил: Заменить лампы накаливания на современные энергосберегающие лампы. Выключать неиспользуемые приборы из сети (например, телевизор, видеомэгафон, музыкальный центр). На электроплитах применять посуду с дном, которое равно или чуть превосходит диаметр конфорки, не использовать посуду с искривленным дном. Стирать в стиральной машине при полной загрузке и правильно выбирать режим стирки. Своевременно удалять из электрочайника накипь. Не пересушивать белье, это дает экономию при глажке. Чаще менять мешки для сбора пыли в пылесосе. Ставить холодильник в самое прохладное место кухни. Использовать светлые шторы, обои. Чаще мыть окна, на подоконниках ставить небольшое количество цветов. Не закрывать плотными шторами батареи отопления.

Необходимо помнить, что наше общее будущее зависит от каждого из нас, именно наши элементарные действия во многом могут способствовать значительному энергосбережению.

Список используемой литературы:

1. Б.И. Врублевский «Основы энергосбережения». М: Гомель, 2003 г.
2. Л.В Шенец «Для решения проблем необходимо задействовать все резервы»// Журнал «Энергоэффективность», 2004 – октябрь – С.2-3.
3. С.С. Анисимова «Экономия и комфорт»// Журнал «Недра и ТЭК»- 2010. – № 11. – С.28–29.
4. <http://www.tpu.ru>

Выбор когенерационных газотурбинных установок для схем теплоснабжения в системах ЖКХ

А.Б Дубинин, Ю.Е Николаев, Р.А. Дубинин.

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия
ООО «Сименс», г. Москва, Россия*

E-mail: dubininsar@mail.ru

Рассмотрены особенности выбора когенерационных газотурбинных установок для теплоэнергоснабжения систем ЖКХ. Установлено, что объективным критерием энергоэффективности может служить относительная системная экономия топлива.

Энергоэффективность и энергосбережение входят в пять стратегических направлений приоритетного технологического развития России, названных Президентом РФ. В сфере энергосбережения и энергоэффективности в России существуют четыре основополагающих документа: «Энергетическая стратегия на период до 2030 года», Государственная программа «энергосбережения и повышения энергетической эффективности на период до 2020 года», Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» №261-ФЗ от 23.11.2009, Федеральный закон «О теплоснабжении» №190-ФЗ от 27.07.2010. В этих документах регламентированы индикаторы энергосбережения и показатели энергоэффективности, а также рекомендованы целые комплексы мероприятий, направленных «на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования». Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является крупнейшим потребителем энергии, одной из самых затратных и энергонезэффективных отраслей экономики. На долю ЖКХ, которое потребляет более 20% энергоресурсов, приходится около 26% общего объема основных фондов РФ. В настоящее время в ЖКХ сложилась негативная ситуация: значительный износ основного и вспомогательного оборудования, кредиторская и дебиторская задолженность организаций ЖКХ, низкое качество жилищно-коммунальных услуг, низкая эффективность расходования ресурсов, недостаточное использование энергосберегающих технологий. Вместе с тем ЖКХ обладает очень высоким потенциалом энергосбережения. По оценкам Минэнерго РФ, потенциал энергосбережения в ЖКХ составляет 25-30% от общего потенциала энергосбережения (360 – 430 млн. тонн условного топлива). В настоящее время сформулированы 96 принципов и 12 правил энергосбережения /4/. Для систем ЖКХ в качестве основной меры по энергосбережению рассматривается модернизация схем теплоснабжения. В соответствии с законом о теплоснабжении каждое городское поселение с 31.12.2011 должно иметь утвержденную перспективную схему теплоснабжения, которая является важнейшей составляющей Программ комплексного развития систем коммунальных инфраструктур (ПКР).

Схема теплоснабжения разрабатывается на краткосрочную и долгосрочную перспективы и должна обеспечивать качественное теплоэнергоснабжение города с учетом потенциала энергосбережения. При этом предполагается не только замена или модернизация теплосетевого оборудования, но и выбор новых тепловых источников. Результатом всего комплекса работ является оценка энергоэффективности принятых решений, уровня требуемых капитальных вложений, прогнозирование тарифов, сроков окупаемости и т. д. Необходимо отметить, что в Федеральном законе «О теплоснабжении» однозначно указывается на «обеспечение приоритетного использования комбинированной выработки электрической и тепловой энергии для организации теплоснабжения», а также «развитие систем централизованного теплоснабжения». Это может рассматриваться как рекомендация органам местного самоуправления отказываться от строительства новых котельных, а планировать сооружение новых ТЭЦ, или использование существующих.

Оценить потенциал энергосбережения при комбинированной выработке в конкретных цифрах возможно только на основе системного подхода. При этом выбор источника должен быть научно обоснован. Вместе с тем фирмы-изготовители часто доказывают преимущества комбинированной выработки на основе сравнения только коэффициентов использования располагаемой теплоты топлива $K_{ит}$ альтернативных вариантов. Рекомендуются когенерационные технологии производства тепловой и электрической энергии на базе газотурбинных, газопоршневых и парогазовых установок, обеспечивающих экономию органического топлива и денежных затрат. Традиционные показатели термодинамической эффективности, учитывающие и первый и второй законы термодинамики, при этом часто не принимаются во внимание. В современных условиях оптимизация параметров энергетических установок для работы в системах ЖКХ практически исключается. Заводы-изготовители предлагают серийные установки различных уровней мощностей, отличающихся параметрами рабочего тела и схемными решениями. Предварительное сопоставление целесообразно проводить на основе системной относительной экономии топлива \bar{b} , равного отношению действительной абсолютной экономии топлива ΔB в системе, где сооружается коммунальная ТЭЦ, к расходу топлива B самой когенерационной установкой /1/. Для когенерационных газотурбинных установок основными факторами, влияющими на величину \bar{b} , являются электрический КПД η_e , степень утилизации отработавших в турбине газов, коэффициент использования теплоты топлива $K_{ит}$

теплофикационной частью цикла, а также показатели замещаемых установок, вырабатывающих электроэнергию и теплоту отдельным способом. Перечисленные величины зависят как от параметров термодинамического цикла, так и технологической (тепловой) схемы когенерационной установки. Увеличение каждой из них приводит к росту относительной системной экономии. Вместе с тем ряде случаев увеличение электрического КПД может сопровождаться уменьшением степени утилизации и наоборот. Такое взаимное влияние может сказаться на выборе предпочтительного варианта. Характер и степень взаимосвязи должен определяться в зависимости от конкретных условий. В [2] показано, что оптимальные параметры и схемные решения, соответствующие максимуму системной экономии топлива, могут существенно отличаться от решений, определенных из максимумов известных критериев (эффективного, эксергетического КПД как цикла, так и установки). В частности, из условия максимума ϵ может быть найдена оптимальная степень регенеративного подогрева воздуха в когенерационных ГТУ, а также оправданным предварительный подогрев воздуха перед компрессором.

На основе этого показателя построена шкала сравнительной эффективности когенерационных ГТУ различных фирм-изготовителей. В табл.1 приведены некоторые результаты сопоставления. Анализ приведенных результатов показывает, что величины $K_{ит}$ сравниваемых установок отличаются незначительно, в то время как термодинамические параметры (температуры рабочего тела перед турбиной, степени повышения давления воздуха в компрессоре) и электрические КПД отличаются существенно. Также видно, что электрический КПД не всегда оказывает определяющее влияние на величину системной экономии топлива. Важное значение имеет степень утилизации отбросной теплоты, которая уменьшается с ростом степени повышения давления воздуха в компрессоре. Установлено, что определенные преимущества имеют газотурбинные установки с регенеративным подогревом воздуха, в частности, ГТУ-009М. Это объясняется не только более высокими значениями электрического КПД, но и более низкими по сравнению с безрегенеративными ГТУ степенями повышения давления. Это дает возможность использования топливного газа без дополнительных дожимающих компрессоров.

Таблица 1. Сравнение показателей когенерационных газотурбинных установок

ГТУ	Фирма-изготовитель	№ МВт	π_k	$t_3, ^\circ\text{C}$	$\eta_{э}$	$K_{ит}$	$\varphi_{ух}$	\bar{b}
ГТЭ-10/95	«Мотор» Россия	10,0	9,25	920	0,280	0,843	0,800	0,170
ГТТ-15	«Машпроект» Украина	16,3	12,8	863	0,280	0,826	0,763	0,150
ГТУ-55-СТ20	«Энергоавиа» Россия	20,0	10,4	980	0,320	0,868	0,808	0,300
ТНМ 1304-11	MAN	10,76	11,3	975	0,300	0,861	0,800	0,280
Меркурий-50	Solar США	4,35	9,1	1165	0,42	0,865	0,758	0,372
LM-600	GE США	43,07	30,0	1430	0,40	0,901	0,829	0,371
ГТЭ-009М	«Энергомаш» Россия	9,0	6,8	950	0,356	0,800	0,62	0,370

Важным вопросом при сооружении коммунальных ТЭЦ является выбор оптимального количества и уровня единичной мощности устанавливаемых когенерационных установок, а также определение приоритетного графика нагрузки (тепловой или электрической) при работе по которому будет достигнут наибольший экономический эффект.

Различный характер суточных и годовых графиков электро- и теплоснабжения позволяют удовлетворить потребности в энергоносителях только когенерационными установками. Поэтому для покрытия пиковой части тепловой нагрузки должны использоваться котельные, а

электрической – маневренные установки энергосистемы. Таким образом, рациональная схема энергоснабжения города должна включать когенерационные установки ТЭЦ, пиковые котельные и связи с энергосистемой для обеспечения переменной части электрического графика /3/.

Строительство новых ТЭЦ должно осуществляться с учетом возможности их присоединения к существующим тепловым и электрическим сетям, ограничений на масштабы вредных выбросов, наличия санитарно-защитных зон в жилых районах. Наиболее целесообразно их сооружать на площадках существующих котельных.

Достижимый эффект от сооружения когенерационных установок для энергоснабжения города или отдельных районов может быть рассчитан в денежном выражении по разности затрат двух вариантов: исходного, в котором осуществляется покупка электроэнергии от энергоснабжающей компании и топлива для производства теплоты котельными, и альтернативного, в котором закупается только топливо для сжигания в когенерационных установках. Расходы топлива пиковыми источниками теплоты и количество покупаемой электроэнергии для покрытия переменной части электрического графика в сравниваемых вариантах сохраняются постоянными и поэтому в затратах не учитываются. Исходя из отмеченного, экономия затрат на приобретение энергоносителей в рассматриваемых вариантах примет вид, руб/год:

$$\Delta Z = C_{\varepsilon} \mathcal{E}^G + C_T B_{КОТ}^G - C_T B_{КУ}^G \quad (1)$$

где C_{ε} , C_T - тарифы на электрическую энергию и топливо; \mathcal{E}^G - годовой отпуск электроэнергии от когенерационных установок; $B_{КОТ}^G$, $B_{КУ}^G$ - годовые расходы топлива котельными и когенерационными установками.

Выражая составляющие уравнения (1) через удельные показатели и поделив экономию затрат на годовой отпуск тепловой энергии, получим

$$\Delta z = [y(C_{\varepsilon} - C_T b_{КОТ}) + C_T b_{КОТ}], \quad (2)$$

где y – удельная выработка энергии на тепловом потреблении когенерационной установки; $b_{КОТ}$ - удельный расход топлива на отпуск теплоты в котельной; $b_{КУ}$ - удельный расход топлива на производство электрической энергии когенерационной установкой.

Разработанные методики позволяют на основе системного анализа достаточно объективно выбирать источники комбинированной выработки электроэнергии и теплоты, а также разрабатывать оптимальную схему теплоснабжения и, по мере необходимости, вносить в нее конструктивные и технологические изменения. Окончательное решение принимается на основе технико-экономических расчетов. Информационной базой для выполнения работ являются анализ фактического состояния систем теплоснабжения, результаты энергоаудита и прогнозы перспективного развития города

Список использованной литературы:

1. Андрущенко А.И. Системная эффективность бинарных ПГУ-ТЭЦ//Теплоэнергетика.2000.№12.С.11-15.
2. Дубинин А.Б. Способы повышения энергетической эффективности газотурбинных ТЭЦ.// В сб. Повышение эффективности и надежности теплоэнергетического оборудования систем и комплексов. 1996. Саратов. СГТУ.С.61—71.
3. Николаев Ю.Е., Вдовенко И.А. Сравнительный анализ вариантов реконструкции городских систем теплоснабжения.// Промышленная энергетика.2009.№11.С.5 – 9.
4. Бродянский В.М. 12 правил энергосбережения, или что нужно делать для снижения потерь, связанных с несовершенством энергетических процессов// «Новости теплоснабжения», № 9(25), сентябрь 2002.С.52.

Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ его недостатки и изменения

Л.Л. Булыга, Ю.А. Краснятов

Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

E-mail: kras@elti.tpu.ru

Рассмотрен трехлетний опыт работы Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ. В работе рассмотрены некоторые пробелы, которые не позволяют эффективно развивать работу в области энергосбережения. Рассмотрен ряд предложений для внесения в изменения этого закона.

Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «О энергосбережении...» продолжил работу по дальнейшей организации и повышению эффективности энергосбережения в экономике Российской Федерации. Он упорядочивает государственное регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, установив правовые, экономические и организационные основы стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности, устанавливает обязательное выполнение целого ряда мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности всех секторов экономики

Особый акцент в Законе «Об энергосбережении...», сделан в отношении государственного и муниципального секторов, а также в жилищном фонде. Особенно большое значение имеют положения Закона, регламентирующие проведение обязательных энергетических обследований, порядок и сроки их проведения, перечислены виды предприятий и организаций, которые в обязательном порядке должны пройти энергообследование. а также определяет наказания для лиц и организаций, нарушающих положения данного закона.

По сути закон №261-ФЗ от 23.11.2009 является продолжением и развитием закона РФ «Об энергосбережении» №28-ФЗ от 1996 г. Однако, как и большинство нормативно-правовых документов, ФЗ №261 не идеален и практика показывает его недостатки. Можно отметить несколько наиболее крупных недостатков.

Первое это то, что в Законе не четко проработана и сформулирована государственная политика в области энергосбережения, не указаны реперные точки энергоемкости продукции по отраслям экономики, к которым необходимо стремиться, а указана только величина, на которую необходимо снизить энергоемкость валового национального продукта к 2020 году (40%). Второй крупный недостаток закона - практически полное отсутствие в законе экологической составляющей и связи ее с энергосбережением. Третий недостаток – в Законе не прописан достаточно четко механизм осуществления контроля за выполнением его положений, а для четкой работы данного закона необходим жесткий контроль за выполнением его положений.

В связи с этим в Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении...» постоянно дорабатывается и в него за два года (на 16.10.2012) тринадцатью законами внесено 41 изменение и дополнение [1;2] и еще несколько готовится к внесению. Анализ внесенных изменений и дополнений показывает, что некоторые поправки серьезны и необходимы. Так, например, из закона исключены две статьи (ст.32 и ст.46), а также исключены п.2 ст. 35, п.9 ст. 43 и п. 2 ст. 43. В некоторые статьи внесены необходимые изменения и дополнения, но большинство поправок носят мелкий уточняющий характер.

В связи с этим Минэнерго России представило концепцию изменений и дополнений в Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении...», которая в частности содержит предложения по внесению следующих предложений в области энергетических обследований (ЭО) [3]:

- Конкретизация перечня объектов, подлежащих фактическому обследованию при ЭО юридических и физических лиц.
- Установление обязательности ЭО для организаций, ответственных за содержание многоквартирных домов.
- Установление упрощенного порядка проведения ЭО для организаций, затраты которых на энергоресурсы не превышают одного млн. руб. в год. Этим организациям предлагается самостоятельно составлять декларации по энергоэффективности вместо проведения обязательного ЭО.
- Продлить сроки проведения первого ЭО, установив в законе различные сроки в зависимости от вида деятельности организации и объема потребления энергоресурсов.
- Мин. энерго должно утвердить единые требования к порядку проведения ЭО, к программе энергосбережения, разрабатываемой по результатам энергетического обследования, к отчету о проведенном энергетическом обследовании, к порядку проверки качества проведения энергетических обследований саморегулируемой организацией в области энергетического обследования.
- Введение обязательного составления отчета о проведении ЭО (требования к отчету утверждаются МЭ). На основании отчета составляется энергопаспорт. Установление обязательности проверки в СРО энергопаспорта, составленного на основании данных отчета, и его соответствие федеральным требованиям.

- Создание единого координационного совета, который должен утверждать стандартные формы договоров (контрактов) на энергоаудит, типовые технические задания, принципы и методики ценообразования на энергоаудит, осуществлять информационно – методическое обеспечение деятельности участников рынка энергетического обследования, обобщать практику и готовить рекомендации по проведению ЭО и проверке их качества.

Эти и другие предложения должны пройти тщательное обсуждение как в СРО его членами, так и в министерствах и ведомствах. Кроме того, необходимо провести разработку и обсуждение других предложений, которые поступят как организаций проводящих энергообследования, так и от организаций, которые должны обследоваться.

Список используемой литературы:

1. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=132518>
2. <http://base.garant.ru/12171109/>
3. <http://www.sro-vesti.ru/189-vazhno-kontsepsiya-izmenenij-261-fz>

УДК 620.92

Решение проблемы энергосбережения в муниципальном учреждении образования

С.И. Новиков, Е.Ю. Симакова

*Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение
вечерняя (сменная) общеобразовательная школа № 8, г. Томск, Россия*

В настоящее время остро стоит проблема повышения эффективности энергосбережения энергетических ресурсов. В связи с резким удорожанием стоимости энергоресурсов значительно увеличилась доля затрат на энергетические ресурсы в себестоимости продукции и оказания услуг.

Теплоснабжение МОУ «ВСОШ № 8» осуществляется по централизованному принципу (отопление от газовой котельной). В качестве основного топлива используется газ. Теплоносителем служит сетевая вода. Тепловые сети к школе проложены подземно. Тепловая сеть в здании изношена на 80 %. Учёт тепловой энергии отсутствует.

Обеспечение водой учреждения также осуществляется централизованно. Счётчики учёта потребления воды не установлены.

Налицо большие затраты в школе на электрическое освещение здания (рис. 1). Это обусловлено устаревшим технически и морально электрохозяйством школы, при этом требуется капитальный ремонт электропроводки в школе.

Отсутствие приборного учёта не стимулирует применение рациональных методов расходования теплоэлектроресурсов. Все это значительно увеличивает долю расходов из бюджета на содержание учреждений образования.

Учитывая перечисленные факторы и то, что помещение школы находится в безвозмездном пользовании, становятся очевидными не терпящие отлагательства энергосберегающие мероприятия.

С целью обеспечения энергосбережения в муниципальном общеобразовательном учреждении вечерняя (сменная) общеобразовательная школа № 8, разрабатывается программа сбережения энергоресурсов.

Основанием для разработки программы являются Федеральный Закон «Об энергосбережении» от 03.04.96 № 28-ФЗ [1], постановление Правительства РФ от 02.11.95 № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению» [2]; Закон Томской области [3] и постановление администрации г. Томска. Заказчиком и координатором программы выступает департамент образования администрации г. Томска.

Целями и задачами программы являются внедрение организационных, правовых, экономических, научно-технических и технологических мероприятий, обеспечивающих снижение потребления энергетических ресурсов и повышения энергетической безопасности школы, а также сокращение потерь тепловой и электрической энергии.

Для реализации программы определены сроки и этапы реализации мероприятий программы.

Первый этап (2011 год) – завершение формирования механизма управления работами по энергосбережению, формирование нормативно-правовой базы, выполнение первоочередных малозатратных, организационных и технических мероприятий.

Второй этап (2012-2013 годы) – реализация проектов, обеспечивающих получение наибольшего экономического, экологического и социального эффектов, корректировка целевых подпрограмм. Основным индикатором программы является снижение потребления энергетических ресурсов школы в 2011-2013 годах на 3 % по отношению к 2010 году.

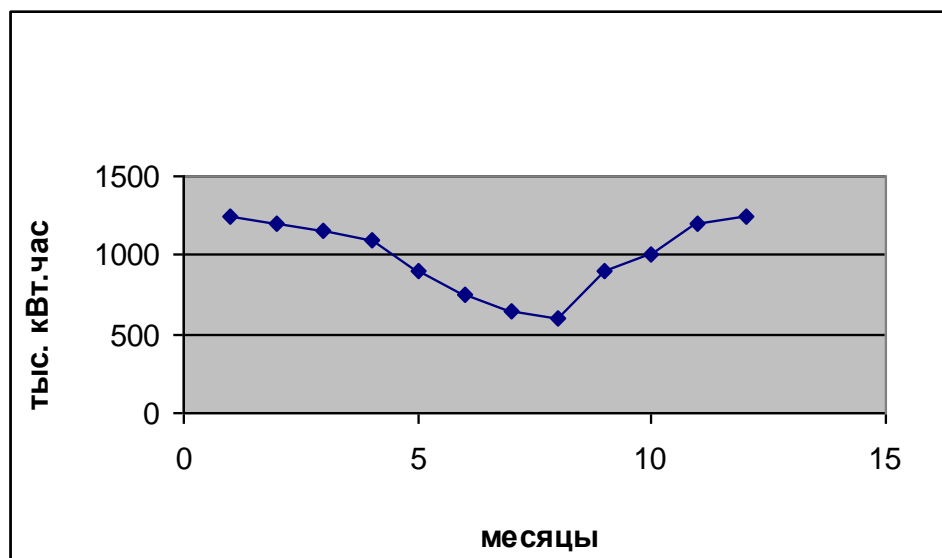


Рис. 1. Годовой ход электропотребления (усредненный по году).

Для этого разработан перечень основных мероприятий:

1. Анализ существующей ситуации.
2. Создание нормативно-правовой базы энергосбережения.
3. Организация комплексной системы учета энергоресурсов.
4. Внедрение современных энергосберегающих технологий.

Предполагается финансирование программы на 2011-2013 годы за счет средств финансирования по годам, внебюджетных, спонсорских средств, средств образовательного учреждения. Объемы финансирования программы на 2011-2013 годы за счет средств финансирования по годам из местного бюджета носят прогнозный характер и подлежат ежегодному уточнению и корректировке в установленном порядке.

Исполнение мероприятий, предусмотренных программой, позволит снизить потребления и затраты на энергетические ресурсы на 3 %.

Список используемой литературы:

1. Российская Федерация. Федеральный закон от 03 апреля 1996 г. № 28 ФЗ «Об энергосбережении». – М.: – 1996.
2. Постановление Правительства РФ от 02.11.1995 г. № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению». – М.: – 1995.
3. Закон Томской области от 28.01.1997 г. «Об основах энергосбережения на территории Томской области топлива и энергии» – Томск, – 1997.

УДК 662.764; 66.011

Паровая бескислородная газификация углей севера кузнецкого бассейна

Е.И. Казакин, А.Р. Богомолов, Е.Ю. Темникова*

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия

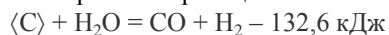
** Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

E-mail: kei.htf@kuzstu.ru, barom@kuzstu.ru, teu.pmahp@kuzstu.ru

Показана возможность получения в процессе бескислородной паровой газификации газа, по составу пригодного для использования в качестве сырья для химической промышленности. Установлено, что скорость конверсии увеличивается с повышением температуры процесса и расхода водяного пара.

Одним из перспективных направлений переработки угля, как альтернативы нефти и газу, является его газификация с получением в качестве продукта топливного газа или синтез-газа. Методами газификации можно получать горючие газы практически любого состава: водород, оксид углерода (II), метан, их смеси в различных соотношениях, которые могут быть использованы как сырье для химической промышленности или в качестве топлива для энергетических установок любого назначения.

Примером давно известного, но далеко не исследованного и перспективного, способа газификации может рассматриваться паровая бескислородная газификация, заключающаяся в инфильтрации через слой топлива перегретого водяного пара или водяного пара через раскаленный слой топлива. При этом протекает реакция:



Согласно этой схеме процесса может быть получен синтез-газ практически не содержащий примесей, что позволяет организовать технологический процесс производства среднекалорийных топливных (10–15 МДж/нм³) или технологических газов с высоким содержанием водорода и оксида углерода. Получаемый газ может быть использован в качестве сырья для производства метанола или жидкого топлива (по Фишеру – Тропшу) и водорода для топливных элементов или производства аммиака.

Следует отметить, что однозначного мнения по вопросу о механизме процесса паровой газификации нет [1-4]. В работе [4] рассмотрено более десятка моделей, описывающих паровую газификацию. Такое обилие моделей, видимо, указывает на то, что на процесс газификации оказывают влияние множество факторов. Анализ публикаций однозначно позволяет установить только положительное влияние температуры и давления на скорость конверсии угля и качественно оценить их воздействие на степень, скорость конверсии сырья и на состав продуктов. Это подтверждается экспериментальными результатами разных исследователей, в том числе и авторов данной работы (табл. 1).

Газ, получаемый при традиционных способах газификации, содержит значительное количество CO₂, что снижает эффективность процесса. Этот недостаток минимизирован в способе обработки топлива (в стационарном или кипящем слое) водяным паром, предварительно нагретым до нужной температуры. Такая организация процесса к тому же позволит экономить до 20% угля, т.к. не требует сжигания части его для поддержания необходимой для протекания процесса температуры.

Таблица 1. Состав газообразных продуктов газификации различных углей.

Угольное месторождение	Shin-Yubari [4]	Shin-Yubari [4]	Ирша-Бородинское [3]	ш. «Березовская», (Кузбасс)
T, К	1070	1070	1130	1100
P, МПа	0,34	1,0	0,1	0,1
Степень конверсии углерода, %	58	58	близка к 100%	близка к 100%
[CO], %	13,0	15,0	30,8	31,4
[H ₂], %	58,0	58,0	35,7	62,0
[CO ₂], %	20,0	18,0	18,0	6,5
[CH ₄], %	9,0	9,0	1,4	0,1

Нами проведены исследования влияния параметров газифицирующего агента (водяного пара) на эффективность процесса, которую определяли по скорости конверсии углерода твердого топлива. В качестве сырья использовали штыб угля шахты «Березовская». Характеристики использованного сырья следующие: доля влаги W^a = 1,08%, выход летучих веществ V = 19,27%, зольность A = 9,59%. Исходные угли подвергались предварительной карбонизации (удаление летучих веществ) путем прогрева при температуре 600°C в течении 30 минут. Для исследований использовали частицы класса крупности от 3 до 4 мм.

При проведении процесса непрерывно регистрировали температуру пара, подаваемого в реактор, температуру внутри слоя газифицируемого сырья, температуру продуктов на выходе из образца, расход пара, подаваемого в реактор и концентрации компонентов получаемого газа (CO, CO₂, H₂, CH₄, O₂). По завершении эксперимента определяли степень конверсии:

$$\tilde{O}_e = \frac{m_0 - m_\tau}{m_0} \cdot 100\%,$$

где: m_0 – исходная масса образца; m_τ – масса образца по окончании эксперимента.

Скорость процесса k , собственно и характеризующая эффективность процесса, определяли как отношение степени конверсии ко времени проведения газификации:

$$k = \frac{X_e}{\tau}$$

Как было отмечено ранее, перегретый водяной пар в нашей установке выполняет роли и реагента и теплоносителя. Поэтому от количества пара, подаваемого в реактор должны зависеть температура в зоне реакции и, следовательно, скорость конверсии углерода. Если же учесть использование пара как реагента, то избыток пара (или увеличение его количества) должен приводить к увеличению скорости химических реакций с его участием и степени конверсии сырья, что и было подтверждено экспериментальными результатами (рис. 1).

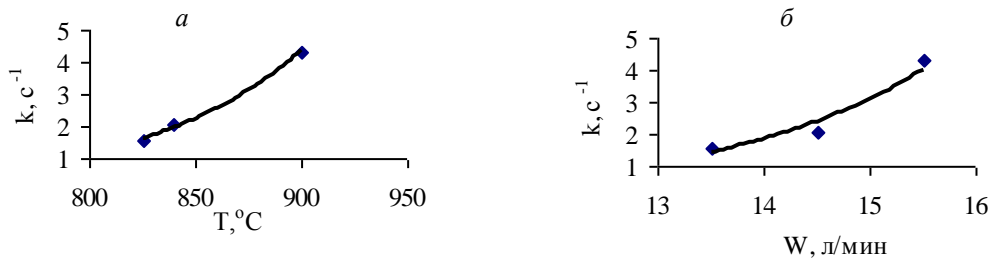


Рис. 1. Влияние температуры в слое сырья (а) и расхода W перегретого водяного пара (б) на скорость конверсии углерода

Из рисунка 1а видно, что с увеличением температуры процесса в слое от 825 до 900°C скорость процесса увеличивается в 3 раза. Увеличение расхода водяного пара (скорости инфильтрации в плотном слое, рис. 1б) с 13,5 до 15,5 л/мин при одинаковой температуре процесса газификации позволяет повысить скорость газификации также почти в 3 раза.

На рис. 2 приведены характерные результаты исследования кинетики газовой выделенности в процессе газификации карбонизированного угля.

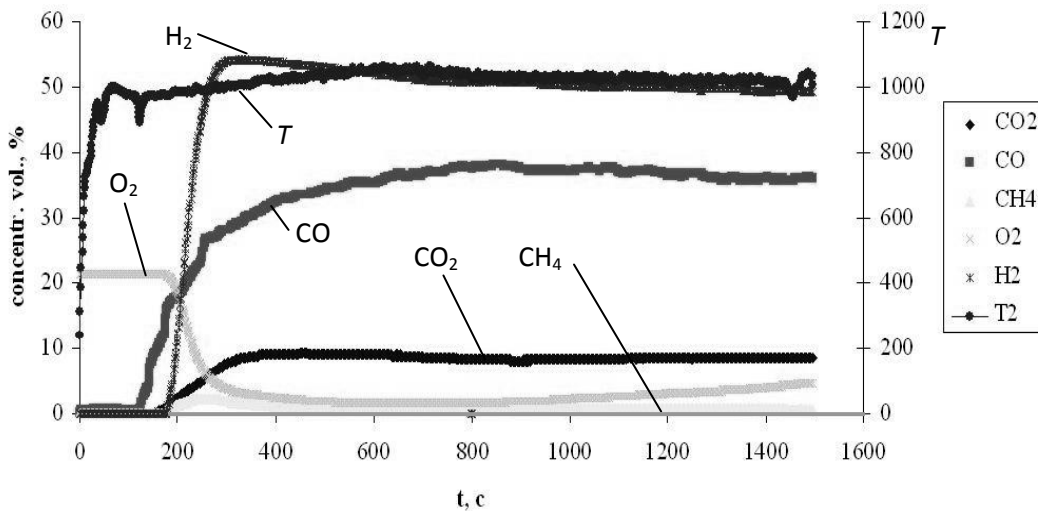


Рис. 2. Зависимость выхода газообразных продуктов газификации от времени

По экспериментальным данным рассчитаны значения констант скорости и энергии активации процесса (табл. 2).

Таблица 2. Константы скорости и энергия активации процесса газификации

T, К	τ , с	m_0 , г	m , г	$k_S \cdot 10^4$, с ⁻¹	E_a , кДж/моль
1033	900	1,0156	0,9324	0,96	43,6
1273	900	1,0551	0,8444	2,5	

Заключение

На основе проведенных исследований, можно сделать вывод, что для эффективного использования твердого топлива, не только как энергетического сырья, но и как перспективного сырья для химической промышленности, следует подробно исследовать методы паровой газификации, позволяющие получать топливный и технологический газ с минимальным количеством балластных примесей.

Список используемой литературы

1. Глуценко, И. М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых / И. М. Глуценко. – М.: Металлургия, 1990. – 296 с.
2. Баскаков, А. П. О механизме паровой газификации / А. П. Баскаков, А. М. Дубинин, В. Г. Тупоногов, Д. В. Филиппов // Промышленная теплоэнергетика. – 2008, № 4. – С. 40-42.
3. Дубинин, А. М. Паровая бескислородная газификация углей / А. М. Дубинин // Промышленная теплотехника. – 1990, Т. 12, № 2. – С. 97-100.
4. Sharma, D. K. Modeling the Steam Gasification Reactions for Reactor Design / D.K. Sharma // Energy Sources. – 2011, Part. A., 33. – P. 57-71.