

Повышение эффективности управления энергетическими ресурсами

А.С. Пешков,
доц. каф. «АВТ», к.т.н.,
Д.С. Корякин,
магистр. gasproject@mail.ru
ВоГУ, г. Вологда

Предложено решение задачи повышения эффективности управления энергетическими ресурсами, используемыми теплогенераторными станциями, в соответствии со схемой существующего изменения температуры воздуха окружающей среды и статистики. Такой подход позволяет использовать структуру управления, сопряжённую с финансовым планированием.

The solution of a problem of increasing of effective management of the energy resources used by heatgenerating stations, according to the scheme of the existing change of air temperature of the environment and statistics is proposed. This approach allows to use the structure of management interfaced to financial planning.

При производстве тепловой энергии на теплогенераторных станциях важно учитывать проблему управления энергетическими ресурсами. Это инженерная проблема, решающая обеспечение жизнедеятельности населения, а также улучшающая технико-экономические показатели.

В настоящее время мы имеем целый ряд проблем, связанных с переплатой, недостатком ресурсов и неудовлетворительной системой снабжения необходимым ресурсом. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23.11.2009 учитывает необходимость экономии ресурсов и средств хозяйствующих субъектов. Таким образом, исследование по разработке управления снабжением энергетическими ресурсами представляется вполне актуальным [1].

Обобщённая схема теплоснабжения и горячего водоснабжения (ТГВС) представлена на рисунке 1. Имеются производитель ресурса, система транспортировки ресурса и потребитель

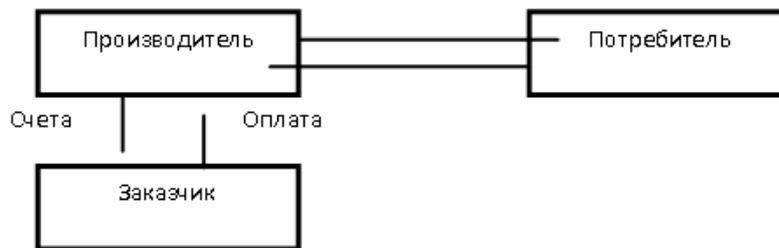


рис. 1 – Обобщённая схема ТГВС

Система транспортировки теплоносителя состоит из магистральных трубопроводов и трубопроводов – отводов. ТГВС оплачивается потребителем на основании тарифов.

Как видно из приведённой схемы система ТГВС построена по самому простому принципу. В соответствии с теорией автоматического управления она может быть отнесена к разомкнутым системам управления. Системы такого типа не обеспечивают качественного регулирования и обладают следующими недостатками:

- неэффективность в использовании ресурсов обеспечения существования системы; низкая точность работы;
- отсутствие реакции на внешние возмущающие воздействия.

В ряде случаев такие схемы вообще могут быть неработоспособны и не могут быть использованы для управления.

Целью задачи управления теплогенераторной станцией является повышение технико-экономической эффективности предприятия. При использовании четкого тарифа возникает ситуация, когда оплата одинакова независимо от изменения температуры воздуха окружающей среды. Рациональным является полная автоматизация производства теплоснабжения для устранения усреднённого тарифа.

Структурная схема управления объектом в общем виде представлена на рисунке 2.



рис. 2 – Структурная схема управления в общем виде

В такой системе:

$$Y = (X, f), \quad (1)$$

где Y – выходная величина;
 X – входная величина;
 f – внешнее воздействие.

Из данной структурной схемы следует, что все объекты управления генерируют и потребляют что-либо.

Структурная схема управления применительно к системе управления снабжением энергетическими ресурсами представлена на рисунке 3.

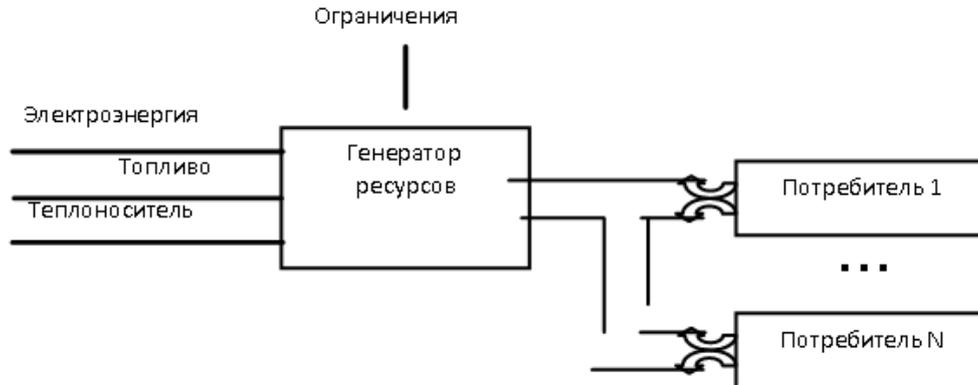


рис. 3 – Структурная схема управления снабжением энергетическими ресурсами

Входными величинами являются: электроэнергия, топливо, теплоноситель.

Выходная величина – генерируемый ресурс, который на выходе генератора и на входе у потребителя различен за счет потерь, возникающих из-за значительной длины тепловых сетей.

Главным недостатком такой системы управления является отсутствие обратной связи, то есть, нет зависимости между температурой окружающей среды и количеством вырабатываемого ресурса.

В общем виде, генератор является объектом, производящим ресурсы. Данный объект находится в среде, являющейся потребителем ресурсов, генерируемым объектом. Объект производит ресурсы за счет средств и ресурсов, предоставляемых средой, а также за счет своих внутренних ресурсов. Можно выделить следующие виды ресурсов: ресурсы воспроизводства – это ресурсы, идущие на поддержание объекта в работоспособном состоянии; ресурсы внутреннего потребления – это все иные ресурсы, генерируемые и используемые внутри объекта, необходимые для его жизни.

Цель объекта – производство ресурсов в соответствии с потреблением среды при ограничении на воспроизводство. Была разработана стратегия объекта, содержащая управляющее взаимодействие, которое позволило бы максимально использовать собственные и предоставленные средой ресурсы, а также способности объекта и среды так, чтобы генерируемые ресурсы максимально удовлетворяли требованиям среды. На деятельность объекта также наложены разные параметрические ограничения. Схема снабжения и обмена ресурсами такого объекта представлена на рисунке 4.



рис. 4 – Схема снабжения и обмена ресурсами

Для решения задачи была формализована схема снабжения и обмена ресурсами, которая позволила выделить следующие ключевые характеристики:

- 1) финансовые потоки;
- 2) технологические потоки;
- 3) организационные связи;
- 4) структурную подчиненность.

Среда с потреблением ресурсов осуществляет возврат ресурсов в систему для восстановления плана. В общем случае возврат происходит со скоростью потребления плана. Требования к ресурсу, передаваемому от среды, с позиции среды: затраты должны быть минимальными, а качество ресурса должно удовлетворять объект.

Объект потребляет ресурсы и для поддержания своей деятельности. Поэтому возвращаемый средой ресурс должен превышать затраты объекта на воспроизводство ресурсного плана, причем превышение должно обеспечить затраты системы на функционирование и развитие, иначе объект погибает.

Исходя из этого получаем, схему управления с обратной связью, представленную на рисунке 5. Ресурсы генерируемый и потребляемый разные, так как существует временная задержка поступления тепла из-за длины трубопровода, его качества.

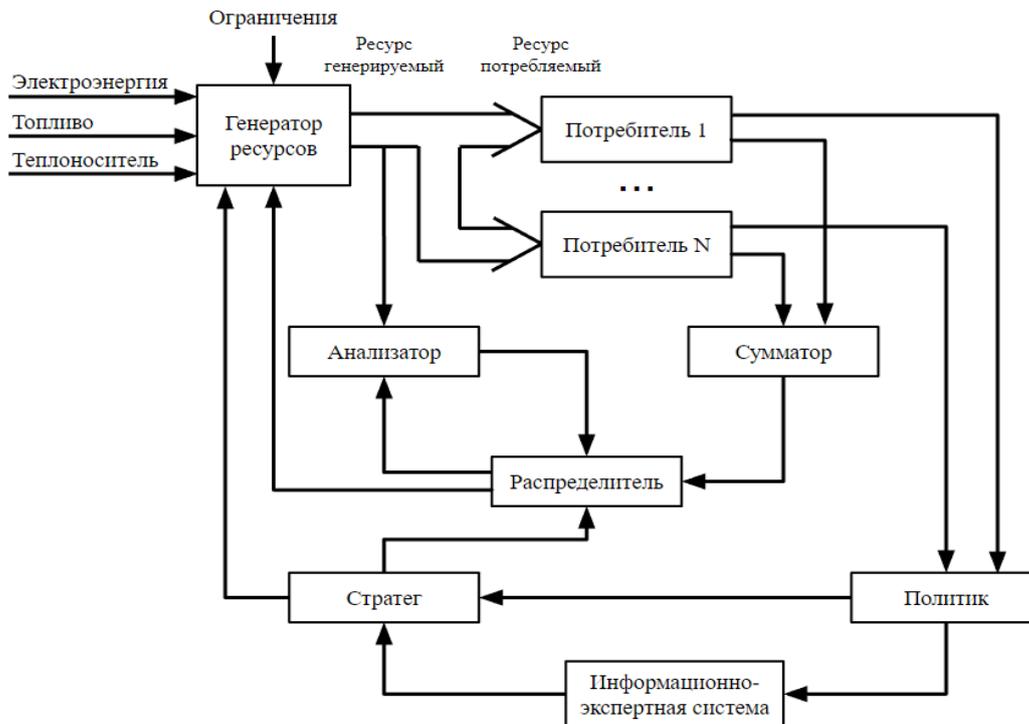


рис..5 – Схема управления снабжением энергетическими ресурсами с обратной связью

В такой системе будет осуществляться передача необходимого количества ресурсов потребителю. Данные генератор может получить от распределителя и сформировать план по производству требуемого ресурса.

От потребителей осуществляется возврат ресурсов для восстановления плана генерации.

С целью поддержания непрерывности генерации и поглощения ресурсов средой в системе должен находиться некоторый резерв, который используется для поддержания плана на время генерации ресурсов, при этом возникает задача нахождения уровня накопления, при котором затраты системы на формирование плана минимизируются. Затраты на хранение резерва минимизируются при ограничении на мощность потребляемого ресурса и мощности генератора. Ресурсы генерируемый и потребляемый разные, так как существует временная задержка поступления тепла из-за длины трубопровода, его качества.

В такой системе будет осуществляться передача необходимого количества ресурсов потребителю. Данные генератор может получить от распределителя и сформировать план по производству требуемого ресурса.

От потребителей осуществляется возврат ресурсов для восстановления плана генерации.

С целью поддержания непрерывности генерации и поглощения ресурсов средой в системе должен находиться некоторый резерв, который используется для поддержания плана на время генерации ресурсов, при этом возникает задача нахождения уровня накопления, при котором затраты системы на формирование плана минимизируются. Затраты на хранение резерва минимизируются при ограничении на мощность потребляемого ресурса и мощности генератора.

Для решения этой проблемы выбран метод, состоящий из следующих шагов [2], [3]:

- 1) накопление данных об изменении температуры воздуха окружающей среды, влияющей на потребление средой ресурсов, за некоторый квант времени;
- 2) ввод в систему накопленных данных;
- 3) ввод в систему данных о параметрах системы;
- 4) сглаживание полученного ряда наблюдений;
- 5) формирование нового ряда;
- 6) аппроксимация нового ряда;
- 7) прогнозирование и экстраполяция;
- 8) построение модели снабжения энергетическими ресурсами.
- 9) накопление данных об изменении температуры воздуха окружающей среды, влияющей на потребление средой ресурсов, за некоторый квант времени;
- 10) ввод в систему накопленных данных;
- 11) ввод в систему данных о параметрах системы;
- 12) сглаживание полученного ряда наблюдений;
- 13) формирование нового ряда;
- 14) аппроксимация нового ряда;
- 15) прогнозирование и экстраполяция;
- 16) построение модели снабжения энергетическими ресурсами.

Согласно аналитическому обзору, для решения задачи прогнозирования температуры окружающей среды в рамках управления производством тепловой энергии на теплогенераторных станциях и финансирования энергоресурсов был выбран фактографический метод. Точность прогнозирования при этом обеспечивается за счет предоставления подсистеме прогнозирования исходных данных о температуре окружающей среды за прошедшие периоды времени.

Таким образом, работа подсистемы прогнозирования представляет собой следующие действия:

- 1) получение накопленного массива данных о температуре окружающей среды за некоторый квант времени;

- 2) сглаживание полученного временного ряда наблюдений;
- 3) аппроксимация и формирование нового ряда;
- 4) прогнозирование и экстраполяция.

Большинство регулярных составляющих временных рядов являются либо трендом, либо сезонной составляющей. Тренд – общая систематическая линейная или нелинейная компонента, которая может изменяться во времени. Сезонная составляющая – это периодически повторяющаяся компонента.

Описание модели временного ряда температуры воздуха окружающей среды состоит в следующем:

- 1) длительность наблюдения данных – от одного года;
- 2) промежутки наблюдения данных – 1 сутки или 1 месяц;
- 3) присутствует сезонная составляющая: повышение температуры в летние периоды времени и понижение температуры в зимние периоды.

Нами был выбран метод, учитывающий аддитивный и мультипликативный тренды, и сезонность – модель Хольта, модель Хольта-Уинтерса и модель Тейла-Вейджа. Для решения задачи прогнозирования использовалось экспоненциальное сглаживание по модели Хольта-Уинтерса.

Использование метода экспоненциального сглаживания ставит перед нами новую проблему: результаты прогнозирования зависят от выбора коэффициентов сглаживания (α для простого экспоненциального сглаживания и α, β, γ для экспоненциального сглаживания по модели Хольта-Уинтерса).

Коэффициенты сглаживания невозможно выбрать на основе одних лишь исходных данных временного ряда. Поэтому для оценки качества прогнозов применяют специальные статистические методы.

К простейшим статистикам качества прогнозов относятся:

- 1) средняя абсолютная процентная ошибка (Mean Absolute Percentage Error – MAPE);
- 2) средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error – MAE);
- 3) корень квадратный из средней квадратичной ошибки прогнозирования (Root Mean Squared Error – RMSE).

Средняя абсолютная процентная ошибка прогнозирования является абсолютной мерой качества прогнозов в том смысле, что позволяет оценить его независимо от других прогнозов: достаточно выбрать некий уровень средней ошибки (например, 5%) и сравнивать рассчитанное по статистике значение с этим тестовым уровнем. Если расчетное значение меньше тестового, то прогноз считается хорошим, если больше – плохим.

Две другие меры качества прогнозов (MAE и RMSE) являются относительными, то есть могут быть использованы для сравнения двух (или более) различных прогнозов одного и того же показателя между собой: лучшим считается тот прогноз, у которого значение MAE или RMSE меньше. При этом, очевидно, этот лучший прогноз может быть хорошим или плохим с точки зрения MAPE.

Главными достоинствами этих трёх статистик качества является простота их расчета и независимость от свойств ошибок прогнозирования, главным недостатком – то, что они не позволяют получить ответ на вопрос о том, являются ли два прогноза показателя разными со статистической точки зрения.

Кроме того, обычно все эти статистики не противоречат друг другу, то есть при их использовании лучшим будет выбран один и тот же прогноз, однако, наиболее часто для сравнения прогнозов используется RMSE.

Разработанная программа на основе составления прогноза температуры окружающей среды рассчитывает затраты энергетических ресурсов при производстве тепловой энергии теплогенераторными станциями.

Составление прогноза температуры окружающей среды осуществляется на основе введенных в программу значений температуры за прошедшие периоды времени с помощью выбранных в предыдущем пункте методов прогнозирования.

Производство тепловой энергии теплогенераторной станцией включает в себя затраты следующих ресурсов:

- 1) электроэнергия;
- 2) топливо;
- 3) теплоноситель.

Для корректного расчёта потребляемых ресурсов системой необходим ввод параметров системы в программу.

Параметрами, оказывающими влияние на объемы потребляемых системой ресурсов, являются:

- 1) необходимое количество вырабатываемой теплогенераторной станцией энергии для компенсации тепловых потерь потребителей в зависимости от температуры воздуха окружающей среды;
- 2) потери теплоты в системе при поставке тепловой энергии от генератора к потребителям;
- 3) потребление электроэнергии системой для генерирования и поставки тепловой энергии;
- 4) параметры используемого в системе теплоносителя:
 - a) вид теплоносителя;
 - b) стоимость за единицу измерения;
 - c) температура при поступлении в систему;
 - d) рабочая температура, которую необходимо поддерживать в системе для передачи тепловой энергии потребителям;
 - e) удельная теплоёмкость при рабочей температуре;
 - f) плотность при рабочей температуре.
- 5) параметры используемого для нагрева теплоносителя топлива:
 - a) стоимость за единицу измерения;
 - b) удельная теплота сгорания.

Работа программы прогнозирования заключается в анализе исходных данных о температуре воздуха окружающей среды и параметрах системы, составлении прогноза расхода ресурсов и их стоимости системой и в предоставлении этой информации в удобном виде пользователю.

Таким образом, работа программы состоит из следующих шагов:

- 1) получение накопленных за некоторый квант времени данных о температуре воздуха окружающей среды;
- 2) составление прогноза температуры воздуха окружающей среды на будущие периоды времени;
- 3) получение данных о системе;
- 4) составление прогноза потребления ресурсов системой;
- 5) построение и сохранение отчёта.

Разработанный продукт функционирует в операционной системе Windows и предоставляет пользователю простой и удобный интерфейс для решения задачи прогнозирования потребляемых теплогенераторной системой энергетических ресурсов и денежных затрат.

Литература

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: федер. закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ // КонсультантПлюс: справ.-правовая система / Компания «КонсультантПлюс».
2. Константиновская, Л. В. Методы и приемы прогнозирования [Электронный ресурс] / Л. В. Константиновская // Прогнозирование: электронная книга. – Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/прогнозирование/mipp>.
3. Анкуда, С.Н. Построение детерминированных и стохастических моделей технологических процессов / С.Н. Анкуда, И.М. Хейфец // Прогресивні технології і системи машинобудування. – 2014. – № 3 (49). – С. 3-9.
4. Анализ временных рядов [Электронный ресурс] // StatSoft: электронный учебник. – Москва: StatSoft, 2012. – Режим доступа: <http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
5. Holt-Winters seasonal method [Электронный ресурс] // OTexts: сайт. – Режим доступа: <https://www.otexts.org/fpp/7/5>.
6. Турунцева, М. Ю. Оценка качества прогнозов: простейшие методы // Российское предпринимательство. – 2011. – № 8-1 (189). – С. 50-56.
7. TIOBE Programming Community Index Definition [Электронный ресурс] // TIOBE: офиц. сайт. – Режим доступа: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/programming-languages-definition/>.
8. Nocedal, George; Wright, Stephen J. Numerical Optimization / J. Nocedal, S. J. Wright. – USA: Springer, 2006. – 651 p.
9. РД 50-34.698-90. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. – Введ. 01.01.1992. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 27 с.