

М.: Стройиздат, 1985. – 421 с.

4.Алексахин А.А. Определение охлаждения теплоносителя в трубопроводах тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.74. – К.: Техніка, – С.349-355.

5.Справочник по гидравлике / Под ред. Б.А.Большакова. – К.: Вища школа, 1984. – 343 с.

Получено 08.02.2007

УДК 681.518

А.А.МИРОШНИЧЕНКО

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ, ОСНОВАННЫЙ НА СИНГУЛЯРНО-СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ СВЯЗАННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Рассматриваются проблемы управления качеством теплоснабжения. Предлагается создание автоматизированной системы мониторинга качества теплоснабжения на основе анализа связанного потребления энергоресурсов с учетом структурных изменений временных рядов данных о потреблении.

Существует множество проблем теплового и электроэнергетического обеспечения городов. Для их решения многими авторами [1-7] предлагаются различные концепции, теории и методики.

Среди изучаемых проблем следует выделить следующие: исследование потребления тепловой и электрической энергии большими жилыми массивами, исследование особенностей энергоснабжения городов в условиях дефицита энергоресурсов, исследование потребления электроэнергии коммунально-бытовым сектором, повышение эффективности централизованного теплоснабжения.

Поиск оптимальных режимов отпуска тепла жилым массивам приводит к необходимости разработки новой структуры связей между объектом управления, управляющим процессом и средствами контроля, при которой обеспечивается протекание технологического процесса с заданными технико-экономическими показателями и гарантируется заданный уровень качества теплоснабжения.

Как отмечается в [3], тепловая нагрузка абонентов не является величиной постоянной. Она изменяется в зависимости от погодных условий (температуры наружного воздуха, ветра, влажности воздуха и т.д.), режима горячего водоснабжения и других факторов. И для обеспечения теплоснабжения высокого качества, а также экономичных режимов выработки и транспортировки теплоты выбирается соответствующий метод регулирования, а именно: центральное, групповое, местное и индивидуальное регулирование (в зависимости от пункта

осуществления) [3]. Как отмечают авторы в [3, 4], качественный отпуск тепла отопительным абонентам в системах центрального теплоснабжения возможен только при комплексном применении нескольких ступеней регулирования. Авторы говорят о необходимости применения комбинированного регулирования: центральное, групповое и индивидуальное или центральное, местное и индивидуальное.

Поскольку основная задача систем отопления [3] заключается в поддержании температуры внутри помещений на заданном уровне, наиболее простое и эффективное решение этой задачи возможно при индивидуальной автоматизации, т.е. при установке авторегуляторов непосредственно на нагревательных приборах. При таком решении упрощаются методы регулирования отпуска тепла от ТЭЦ. Однако, внедрение индивидуального регулирования непосредственно на тепловых приборах связано с большими начальными затратами и в настоящее время не всегда выполнимо.

Кроме различных типов регулирования (в зависимости от пункта осуществления), в [4] отмечены три метода автоматического регулирования отпуска тепла на отопление (в зависимости от принципа регулирования): по возмущению (по изменению наружной температуры воздуха, скорости ветра и др.) – это основной метод центрального регулирования; по отклонению регулируемого параметра (по температуре воздуха внутри помещений), этот метод осуществляется при индивидуальном регулировании (возможен также при местном регулировании) и комбинированный метод (регулирование осуществляется как по отклонению, так и по возмущению). Применение комбинированного метода регулирования было бы наиболее эффективным, если бы на ТЭЦ была возможность осуществлять центральное регулирование по отклонению регулируемого параметра. Однако, в настоящее время это невозможно, в связи с отсутствием на ТЭЦ информации о температуре воздуха в помещениях потребителей тепла. Установка соответствующих датчиков фиксирующих и передающих информацию не является в данном случае эффективным решением, как с технической, так и с экономической точки зрения.

Поэтому эффективное регулирование (в случае отсутствия индивидуального и невозможности осуществления центрального регулирования по отклонению регулируемого параметра) может быть достигнуто только с помощью внедрения новых подходов к комплексному оперативному управлению выработкой, передачей и распределением тепловой и электрической энергии.

Одним из возможных решений создавшейся проблемы может быть создание автоматизированной системы мониторинга качества

теплоснабжения, основанной на статистическом анализе, которая позволит получить полную информацию о пространственно-временной структуре потребления топливно-энергетических ресурсов. Использование информации о различных стадиях процесса, о влияющих на них факторах, и выполнение статистического анализа, даст возможность принять необходимые превентивные меры для улучшения качества теплоснабжения. Статистический мониторинг позволит осуществить выявление отклонений, разладок, повысить надежность и качество теплоснабжения. Одна из возможных реализаций идеи мониторинга представлена в [1], где отмечается, что на базе мониторинга состояния потребительского спроса на топливно-энергетические ресурсы возможно осуществление более эффективной диспетчеризации крупных генераторов тепла. В [1] предложена идея об использовании данных о потреблении электроэнергии жилыми массивами для мониторинга качества теплоснабжения. Автором рассматривается возможность осуществления преобразования информации, неявно содержащейся в суточных профилях электропотребления, в информацию о качестве теплоснабжения, поскольку недополученное тепло потребители могут компенсировать электрообогревом. В таком случае обнаружение сверхпотребления электроэнергии будет сигналом о возникновении разладки в системе теплоснабжения, а также будет свидетельствовать о низком качестве теплоснабжения. Как отмечено в [1], налаживание мониторинга может способствовать более глубокому анализу опыта энергоснабжения жилых массивов системами центрального теплоснабжения, что позволит лучше изучить факторы, влияющие на муниципальный энергоснабжающий комплекс.

Предложенная в [1] идея о мониторинге связанного потребления электроэнергии, природного газа и тепла позволяет сделать систему теплоснабжения более наблюдаемой и управляемой. Однако, рассмотренная в [1] система мониторинга, нацеленная на выявление отклонений потребления электроэнергии от эталонной нормы с целью оценки удовлетворенности потребителей качеством теплоснабжения, анализирует исходный временной ряд данных электропотребления, и при этом не рассматривает структуру этого временного ряда, что не дает возможности учесть все структурные особенности и структурные изменения в ряде данных, вызванные воздействием различных факторов.

Подводя итог сказанному выше, для дальнейшего исследования можно остановиться на следующих задачах:

– провести анализ структурных изменений временных рядов, сгенерированных динамическими системами путем выявления скрытых компонент ряда, для выяснения природы процессов и установле-

ния причинно-следственных связей в динамических системах;

– на основе разложения ряда на составные компоненты и анализа изменений в структуре ряда, выявить моменты разладки системы или периодов аварийного (или "сигнального") протекания процесса и функционирования системы.

Учитывая особенности и сложность поставленных задач, необходимо отметить, что их практическая реализация возможна только при применении математического моделирования, современной компьютерной техники, информационных систем и технологий.

Для решения поставленной задачи применяется сингулярно-спектральный анализ [8].

Метод сингулярно-спектрального анализа (SSA) основан на выделении главных компонент анализируемого временного ряда. Идея метода SSA состоит в преобразовании одномерного временного ряда в матрицу, исследовании ее с помощью анализа главных компонент (сингулярного разложения) и восстановления (аппроксимации) ряда по выбранным главным компонентам. Целью метода SSA является разложение временного ряда на аддитивные составляющие, допускающие содержательную интерпретацию.

В основе метода лежит сингулярное разложение траекторной матрицы, столбцами которой являются фрагменты длины L исследуемого временного ряда (т.е. вектора вложения), где L – основной параметр метода ("длина окна"). Анализ членов сингулярного разложения позволяет сначала классифицировать их как относящиеся к одной из компонент ряда, а затем выделить эту компоненту.

Результатом применения метода является разложение временного ряда на простые компоненты. В итоге применения метода сингулярно-спектрального анализа, исходный ряд $F_N = (f_0, \dots, f_{N-1})$ раскладывается на сумму m рядов $F_N^{(j)}$, т.е. на аддитивные составляющие.

Примеры осуществления мониторинга динамических систем на основе сингулярно-спектрального анализа уже рассматривались и были описаны в [9,10].

Для разложения ряда на структурные составляющие с применением сингулярно-спектрального анализа использовался программный продукт "Caterpillar" [11]. Были проведены исследования временных рядов потребления электроэнергии бытовыми потребителями (на примере микрорайона Алексеевка, г.Харьков) за 10 последних лет. В нашей работе включены наиболее характерные результаты исследований. На рис.1 представлен временной ряд суточного потребления

электроэнергии бытовыми потребителями (в микрорайоне Алексеевка, г.Харьков) в период с 16.04.98 г. по 30.09.99 г.



Рис.1 – Суточное потребление электроэнергии, МВт·ч/сут.

Длина исследуемого ряда данных составила $N = 533$ (исследовалось суточное потребление в течение 533 дней). Для анализа структуры ряда был применен пошаговый сингулярно-спектральный метод. На первом шаге было выполнено сингулярное разложение исходного ряда с длиной окна $L = 120$. В результате чего выделена первая структурная составляющая ряда, представленная на рис.2.

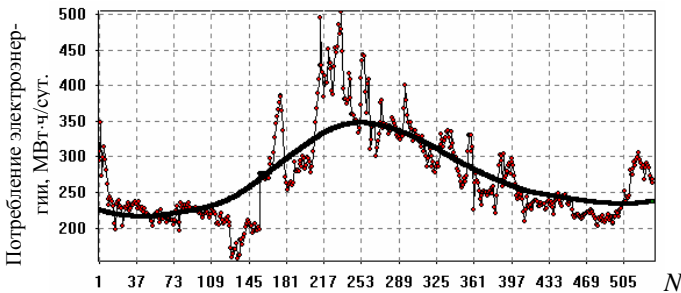


Рис.2 – Восстановление ряда по первой компоненте

В суточное потребление электроэнергии заложено ее использование для освещения, отопления (в случае неудовлетворенности качеством центрального теплоснабжения) и бытовые нужды. На каждую из составляющих, в свою очередь, влияет множество

факторов, а именно: наружная температура воздуха, облачность, наличие осадков, тумана и другие погодные условия, а также социальные, финансовые и прочие факторы. Проанализировав факторы, влияющие на формирование первой структурной составляющей временного ряда суточного потребления электроэнергии (рис.2), можно заключить, что ей соответствует такой внешний фактор, как "длина светового дня", и следовательно, она отражает использование электроэнергии для освещения, возможно, в нее также заложено использование электроэнергии на бытовые нужды.

Сравнивая полученные результаты (рис.2) с графиком (рис.3.), построенным согласно разработкам по формированию эталонной нормы потребления электроэнергии, изложенным в [1], можно заключить, что выделенная структурная составляющая, зависящая от фактора "длина светового дня", в отопительный период с 15.10.98г. по 15.04.99г. (на рис.2 точки 183-365), соответствует эталону потребления электроэнергии (рис.3).

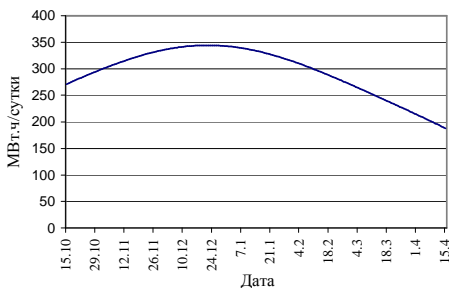


Рис.3 – Эталонная норма потребления электроэнергии

Далее приводится сингулярное разложение ряда остатков, полученного в результате извлечения из исходного временного ряда первой структурной составляющей. Длина ряда остатков $N = 533$. Для разложения ряда использовалась длина окна $L = 60$. Результаты представлены на рис.4.

Вторая структурная составляющая исходного ряда данных получена путем восстановления ряда остатков по его 1-й компоненте разложения, третья – восстановлением ряда остатков по его 2-й и 3-й компонентам разложения, четвертая – восстановлением ряда остатков по группе компонент 4-7, пятая – по группе компонент 8-12.

Выделенные компоненты отражают воздействие факторов, имеющих существенное влияние на потребление электроэнергии в хо-

лодный период года, и практически не влияющих в летний период (качество теплоснабжения наружная температура, и др.), что и наблюдается на рис.4.

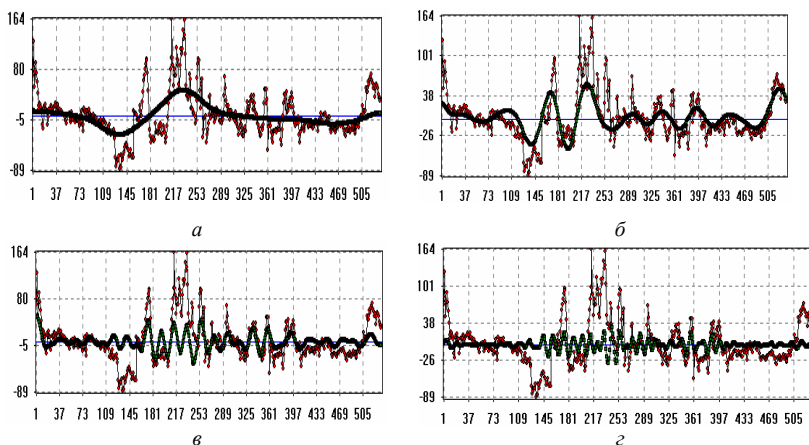


Рис.4 – Выделение 2-й (а), 3-й (б), 4-й (в) и 5-й (г) структурных составляющих исходного ряда по разложению остатков

Таким образом, выделение структурных составляющих ряда дает возможность более детально рассмотреть протекание процесса, генерирующего временной ряд, однако, для получения более полной информации об изменениях в структуре ряда, а также о факторах, влияющих на его поведение и вызывающих структурные изменения, необходима разработка специальных методов диагностики разладки. Особенностью таких методов является то, что с их помощью будет исследоваться не сам временной ряд, а отдельные структурные компоненты ряда, что позволит повысить точность диагностики. Основанная на таком принципе автоматизированная система мониторинга может перевести на новый уровень работу диспетчерского персонала тепловых сетей, позволит улучшить качество теплоснабжения и повысить экономичность работы систем центрального теплоснабжения. Разработке и внедрению таких методов будет посвящена дальнейшая работа.

1.Вороновский Г.К. Усовершенствование практики оперативного управления крупными теплофикационными системами в новых экономических условиях. – Харьков: Харьков, 2002. – 240 с.

2.Юфа А.И., Носулько Д.Р. Комплексная оптимизация теплоснабжения. – К.: Техніка, 1988. – 135 с.

3.Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360с.

4. Сафонов А.П. Автоматизация систем централизованного теплоснабжения. - М.: "Энергия", 1974. - 272 с.

5. Экономико-математические методы и модели принятия решений в энергетике / Т.В.Лисочкина, Э.М.Косматов, А.И.Ирешова и др.; Под ред. П.Долгова, И.Климы. - Л.: ЛГУ, 1991. - 224с.

6. Сергеев С.А., Гринченко А.А. Экспертная система для идентификации качества теплоснабжения бытовых потребителей // Вісник НТУ "ХПІ": 36. наук. праць. Тематичний вип. «Електроенергетика і перетворююча техніка». Вип.36. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - С.111-118.

7. Кушнарєв Ф.А., Надтока И.И., Почебут Д.В. Моделирование бытового электропотребления // Изв. вузов. Электромеханика. - 2000. - №4. - С.87-90.

8. Главные компоненты временных рядов: метод «Гусеница» // Под. ред. Д.Л. Данилова, А.А. Жиглявского. - СПб: Пресском, 1997. - 307 с.

9. Любчик Л.М., Мирошніченко А.А. Применение сингулярно-спектрального анализа для статистического мониторинга сложных технических систем // Вісник НТУ "ХПІ": 36. наук. праць. Тематичний вип. «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Вип.18. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - С.131-138.

10. Любчик Л.М., Мирошніченко А.А. Мониторинг динамических процессов на основе сингулярно-спектрального анализа // Вісник НТУ "ХПІ": 36. наук. праць. Тематичний вип. «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». Вип.59. - Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - С.3-8.

11. Программный продукт "Caterpillar" // <http://www.gistatgroup.com>.

Получено 19.03.2007

УДК 697.14

А.Ф.СТРОЙ, д-р техн. наук, Л.В.ГИРМАН

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ДІАПАЗОН ОПТИМІЗАЦІЙ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВІТРЯНИХ ПРОШАРКІВ

Аналізуються існуючі методи розрахунку повітряних прошарків у зовнішніх огороджуючих конструкціях. Обґрунтовано їхню невідповідність стосовно функціонального призначення прошарків. Розроблена математична модель та алгоритм знаходження діапазону змін температур та коефіцієнта теплопередачі огороджуючих конструкцій при влаштуванні в них повітряних прошарків.

Досить часто як при новому будівництві, так і при реконструкції існуючих будинків, зокрема при їх утепленні, для покращення тепловологісного стану зовнішніх огороджуючих конструкцій передбачають в них повітряні прошарки. Різні фірми, які випускають матеріали для зовнішнього утеплення стін, рекомендують різну конструкцію та різні розміри повітряних прошарків. При цьому розміри повітряного прошарку не обґрунтовуються. Можна передбачити, що в деяких випадках вони далеко неоптимальні, а також не повністю відповідають своєму функціональному призначенню.