

фактических функций. Предлагаемое решение позволяет представлять и рассуждать о неопределенной информации. И это актуальная проблема для всех тех областей, где приложения основаны на онтологии.

Также был представлен метод, основанный на модификаторах понятий, для автоматического обновления степени при обращении.

1. Асаки К., Ватада Д., Иваи С. и др. Прикладные нечеткие системы/ Пер. с япон.; под ред. Тэрано Т., Сугэно М. – М.: Мир, 1993. - 368 с.

2. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений// Математика сегодня: Сборник статей; пер. с англ. – М.: Знание, 1974. – С.5-49.

3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений/ Пер. с англ. Колмогоров А.Н., Новиков С.П. — М.: Мир, 1976. -165 с.

4. Заде Л.А. Роль мягких вычислений и нечеткой логики в понимании, конструировании и развитии информационных/ интеллектуальных систем/Пер. с англ. И.З. Батыршина// «Новости Искусственного Интеллекта», 2001,№2-3, С. 7-11.

5. Лихтарников Л.М., Сукачева Т.Г. Математическая логика: Курс лекций. Задачник-практикум и решения.— СПб.: Лань, 1998.- 285 с.

6. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики/ Пер. с англ. под ред. Аверкина А.Н. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 352 с.

7. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. — М.: Радио и связь, 1981. — 286 с.

8. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику.

Поступила 18.9.2013р.

УДК 621.314:519.22

Т. Л. Щербак, г. Киев

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

Abstract. Proposed a classification normal and abnormal processes electricity consumption modes based on analysis of the main factors of their formation. Considered problems of computer modeling in the study of the dynamics of such regimes.

Keywords. The process electricity consumption, normal mode, abnormal mode, the processes of change-point.

Введение. Научно-техническая проблематика исследований электропотребления различного уровня является разноплановой и многогранной, о чем свидетельствуют результаты большого количества

публикаций в области электроэнергетики. Такая проблематика является актуальной и важной для Украины, энергетическая безопасность которой в значительной мере зависит от внешних поставок энергоносителей. При обосновании методологии исследований процесса электропотребления можно использовать схему комплекса систем формирования и обеспечения процесса электропотребления, изображенную на рис. 1.

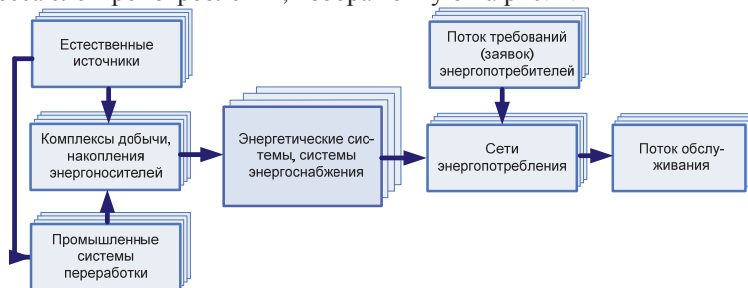


Рис. 1. Схема комплекса систем формирования и обеспечения процессов электропотребления

Приведенная схема в определенной степени отражает типовую схему системы массового обслуживания (СМО). Известно [1], что системы СМО характеризуются соответствующими характеристиками обслуживания, в том числе, характеристиками потока требований электропотребителей. Поток требований описывается в общем случае случайным полем, которое формируется случайными моментами включения и выключения, величиной интенсивности потребления электроэнергии. Однако учитывая специфику и характер обслуживания потока заявок на электроэнергию, который должен выполняться без задержки во времени по мере поступления заявок, исследование функционирования различных электроэнергетических систем проводят, в основном, не с позиции функционирования СМО, а с позиции динамики характеристик процессов генерирования и потребления электроэнергии.

Природа формирования процесса электропотребления является стохастической и это обусловлено независимыми действиями в пространстве и времени значительного количества электропотребителей. Поэтому основной математической моделью процесса электропотребления является случайный процесс. Отметим характерную особенность процесса электропотребления - это цикличность процесса с временным циклом $T_0 = 24$ часа, который обусловлен циклическим вращением Земли вокруг своей оси.

Экспериментальные результаты анализа функционирования энергетических систем подтверждают влияние метеорологических и климатических факторов на динамику процесса электропотребления. Факт отклонения реального электропотребления от прогнозированного связан с изменениями погоды: температуры и влажности окружающего воздуха, облачности, скорости ветра, наличия осадков, а также длительности светлого времени суток.

Температура воздуха в фиксированный момент времени или средний за определенный интервал времени (например, за час, 6 часов, 12 часов или сутки) определяется энергией Солнца и зависит от соотношения светлого и темного времени суток. В качестве конкретного примера учета влияния светлого времени суток на процесс электропотребления получена оценка и на рис. 2 приведен график аппроксимирующей функции $\tilde{C}(t)$, описывающей зависимость продолжительности световой части суток помесечно на протяжении года на территориях вблизи г. Киева [2].

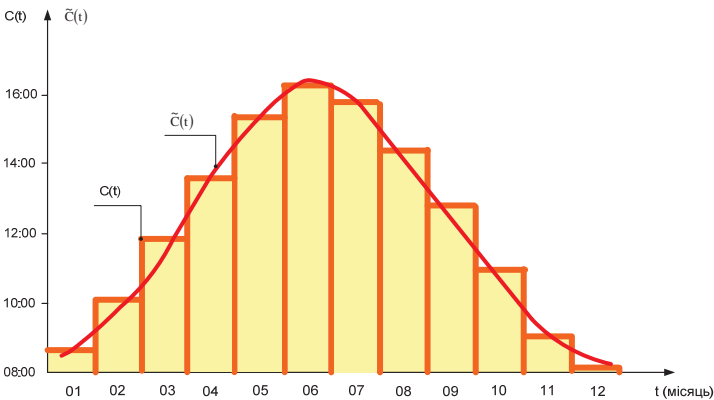


Рис.2. Графики усредненной помесечно функции $C(t)$ и непрерывной аппроксимирующей функции $\tilde{C}(t)$ продолжительности световой части суток в окрестности г. Киева

Функция $\tilde{C}(t)$ описывается выражением

$$\tilde{C}(t) = 8.0 + 8.2\phi\left(\frac{t-5,5}{9}\right), \quad t \in [1, 12], \quad (1)$$

которое получено с использованием метода наименьших квадратов и функции

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right), \quad (2)$$

числовые значения которой табулированы и приведены в работах по теории вероятности.

Отметим, что результаты влияния метеорологических и климатических фактов на динамику процесса электропотребления, в основном, оценивают влияние температуры для двух вариантов: при использовании усредненных значений температуры (нормальный температурный режим) для прогнозирования электропотребления дает хорошие результаты; второй вариант учитывает anomalно низкие и anomalно высокие температуры в

задачах прогнозирования и дает возможность определить стратегию управления работой городских электросетей и обеспечения надежности систем коммунального электрообеспечения в указанных условиях.

Постановка задания. На основании анализа влияния факторов при формировании процесса электропотребления организации обосновать классификацию режимов электропотребления с целью обеспечения более эффективных методов исследований, включая методы компьютерного моделирования и статистической обработки реальных данных измерений.

Основные результаты. Под динамикой электропотребления понимается изменение интенсивности, в большинстве практических случаев, мощности суммарного потребления электрической энергии организации, обусловленной действием значительного количества потребителей электроэнергии во времени и пространстве. Сеть электроснабжения характеризуется линейными свойствами, что позволяет процесс формирования суммарного электропотребления описать как действие соответствующего линейного оператора.

В общем случае каждый потребитель электроэнергии организации формирует процесс электропотребления, для которого характерно:

- фиксированные детерминированы пространственные координаты;
- случайное событие момента времени включения потребления электроэнергии;
- случайное событие момента времени выключения потребления электроэнергии;
- случайный процесс интенсивности (мощности) потребления электроэнергии;
- случайный интервал процесса потребления.

Совокупность процессов электропотребления с n количеством потребителей формирует суммарный процесс электропотребления, который по сути отражает внутреннюю инфраструктуру каждой конкретной организации. Естественно, что анализ динамики суммарного процесса электропотребления является сложным, а необходимость такого анализа базируется на системном подходе.

Именно случайный процесс в большинстве случаев и анализируется при исследованиях динамики процесса электропотребления организации. При этом случайное событие условно отражает целый ряд случайных событий формирования процесса электропотребления, но это дает возможность в качестве математической модели процесса электропотребления использовать случайный процесс, теория исследования которых хорошо развита, например, [3].

Таким образом, каждая организация имеет сложную внутреннюю инфраструктуру потребителей электроэнергии, отражает характер функционирования, его динамику во времени. С точки зрения динамики исследований энергосистем каждая организация рассматривается как один из многих потребителей электроэнергии.

Если проводить исследование процессов потребления в общем плане, то анализ динамики процесса электропотребления следует проводить на

четырёх уровнях процесса электропотребления по времени:

- первый уровень - на выходе сети электропотребления организации;
- второй уровень - на выходе энергосистем района, где каждая организация становится потребителем электрической энергии;
- третий уровень - на выходе энергосистемы региона, где каждый район является потребителем электрической энергии;
- четвертый уровень государств, где интегрируется электропотребление регионов.

Таким образом, анализируя динамику формирования и функционирования процесса электропотребления организации, определяют в большинстве практических случаев только статистические характеристики процесса. Определенные трудности возникают в связи с тем, что процессы электропотребления являются нестационарными и для эффективного их статистического исследования необходимо на множестве нестационарных процессов выделить определенный класс.

Сначала рассмотрим основные факторы формирования и действия во времени и пространстве процессов электропотребления организаций.

Группа факторов А:

- штатный режим функционирования систем энергоснабжения (энергообеспечение) и электропотребления;
- циклический, суточный характер динамики процессов электропотребления с периодом $T_0 = 24$ часа, обусловлен вращением Земли вокруг своей оси;
- стохастичность во времени и пространстве моментов включения, выключения потребителей энергии, а также временной длительности потребления энергии;
- значительный динамический диапазон интенсивностей энергии потребления, по времени, значение которой можно описать случайным процессом;
- независимость действия потребителей энергии во времени и пространстве;
- пространственная и количественная характеристики потребления энергии;
- типичные природные и метеорологические условия;
- профессиональная эксплуатация оборудования обслуживающим персоналом.

Группа факторов Б:

- нештатный режим функционирования систем энергоснабжения (энергообеспечение) или (и) электропотребления;
- наличие природных катаклизмов, аварий, катастроф и др.;
- наличие промахов, ошибок обслуживающего персонала;
- обеспечение необходимого электропотребления путем взаимодействия различных систем энергообеспечения.

Таким образом, естественная классификация по видам энергии дополняется условным классификации конкретных видов процессов электропотребления на два режима:

- 1) штатный;
- 2) нештатный.

Для штатного режима процесса электропотребления характерна действие факторов группы А, а для нештатного - действие факторов группы А и Б. Заметим, что термины " штатный" и " нештатный " режимы в известных публикациях об электропотреблении употребляются в общих формулировках без необходимой детализации, нужной для конкретизации последующих методов исследований. Поэтому дадим их более развернутые определения.

Определение 1. *Под штатным режимом процесса электропотребления организации будем понимать текущее функционирование всех объектов (систем) энергоснабжения и электропотребления в рамках определенных и прогнозируемых режимов работы, включая режимы ремонта, профилактики и другие при природных и метеорологических условиях, которые условно относят к типичным.*

При определении нештатного режима электропотребления можно воспользоваться так называемым термином " процессы со случайными временными моментами разрядки электропотребления " .

Теория процессов разрядки на сегодня используется для исследований широкого круга аномальных природных явлений, процессов, таких как землетрясения, цунами, тайфуны, смерчи, различные аварии и катастрофы технических сооружений, систем [4]. Поэтому применение методов и результатов решения соответствующих задач теории процессов со случайными моментами разрядки являются обоснованными при исследованиях нештатных ситуаций процессов электропотребления.

Определение 2. *Нештатный режим процесса электропотребления - это как мгновенное, так и текущее изменение характера функционирования, а соответственно и характеристик объектов (систем) энергоснабжения и электропотребления, которая происходит случайно во времени или/и в пространстве, обусловлена авариями, катастрофами, резкими изменениями характеристик природных явлений, метеорологических условий, ошибками и промахами обслуживающего персонала.*

Приведенные определения имеют общий характер, но по своей сути они отражают роль и влияние основных факторов формирования штатного и нештатного режимов процессов электропотребления. Именно влияние таких факторов необходимо учитывать в дальнейших исследованиях процессов электропотребления.

При обосновании использования методов компьютерного моделирования и статистической обработки данных измерений отметим, что при исследовании динамики работы систем энергоснабжения в совокупности с электропотреблением рассматривают следующие варианты:

- 1) для штатного режима каждая заявка на электропотребление

обеспечивается без очереди, без присвоения определенного приоритета, необходимость выполнения условия – максимальное значение суммарных процессов электропотребления не должно превышать уровень энергоснабжения;

2) для нештатного режима имеет место один из возможных вариантов:

а) система энергоснабжения работает в штатном режиме, а сети электропотребления – нештатном;

б) система энергоснабжения - в нештатном, а сети электропотребления - в штатном;

в) обе системы работают в нештатных режимах.

Для нештатного режима актуальными являются следующие задачи :

- обоснование математических моделей, как процесса энергоснабжения, так и процесса электропотребления, и определение их основных характеристик;

- создание алгоритмов и программного обеспечения для исследования вариантов нештатного режима при проведении компьютерного моделирующего эксперимента;

- статистические методы обработки данных измерений процессов электропотребления в нештатном режиме.

Используя вышеизложенный материал, отметим следующее.

Исследование процессов энергопотребления базируются на использовании метода статистических испытаний (метода Монте-Карло) на основе моделирования последовательности псевдослучайных чисел, а точнее реализаций случайных величин, векторов, процессов и полей. Соответственно результаты разработки математических моделей, статистической обработки данных измерений электропотребления в значительной степени конкретизируют задачи компьютерного моделирования.

Штатный режим. Следующие задачи компьютерного моделирования подчеркивает их актуальность и эффективность при исследованиях процессов электропотребления.

1.1. Широкий диапазон выбора параметрического пространства характеристик исследуемых процессов электропотребления позволяет моделировать реализации процесса с различными статистическими характеристиками и формировать базы реализаций моделирования процессов значительного объема.

1.2. На основе использования данных моделирования реализаций процесса электропотребления проводится отработка программы статистической обработки реальных данных измерений процесса, при этом можно определить точностные характеристики работы такого обеспечения.

1.3. Метод компьютерного моделирования позволяет провести сравнительный анализ теоретических и реальных статистических данных измерений, по результатам сравнительного анализа подтвердить или отклонить статистические гипотезы об адекватности предложенных моделей.

1.4. Метод компьютерного моделирования реализует механизм адаптации

полученных общих результатов исследований процессов электропотребления для конкретной организации, при этом параметрический пространство статистических характеристик процесса существенно конкретизируется.

Остановимся на задачах исследования процесса электропотребления в нештатном режиме, при этом роль компьютерного моделирования по сравнению со штатным режимом возрастает почти на порядок.

Нештатный режим. Для исследований задач нештатного режима процесса электропотребления в полном объеме используют реальные данные измерений и результаты компьютерного моделирования процесса электропотребления штатного режима .

Основными задачами компьютерного моделирования нештатного режима процесса электропотребления являются следующие:

2.1. Моделирование широкого спектра вариантов реализаций управляющего случайного процесса, который задает специфику изменения динамики штатного режима, а именно, определяет случайные моменты разладки динамики и их интенсивность, а также задает числовую функцию восстановления процесса электропотребления к штатному режиму.

2.2. Проведение методом компьютерного моделирования различных комбинаций вычисления статистических характеристик нештатного режима процесса электропотребления на основе использования результатов исследований штатного режима и сложившихся реализаций управляющего случайного процесса согласно результатам задачи пункта 2.1 . При решении вышеуказанных задач исследований процессов электропотребления в штатном и нештатном режимах на основе метода компьютерного моделирования можно использовать результаты [4].

Выводы. На основе результатов функционирования энергетических систем предложена классификация основных режимов процесса электропотребления организаций на штатный и нештатный и дано их развернутое определение. Рассмотрены основные факторы формирования штатного и нештатного режимов электропотребления организации и приведены задачи компьютерного моделирования при исследовании их динамики. Отмечается, что при исследовании нештатного режима электропотребления эффективно использовать результаты применения методов разладки случайных процессов.

1. *Гамм А.З.* Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем / А.З. Гамм. – Новосибирск: «Наука». Сибирская издательская фирма, 1983. – 133 с.
2. *Щербак Т.Л.* Інформаційна технологія діагностики динаміки процесів електроспоживання організацій у штатному і нештатному режимах: Автореферат дисертації на здобуття к.т.н. – К.: НАУ, 2010. – 20 с.
3. *Ширяев А.Н.* Вероятность / А.Н. Ширяев. – М.: Наука, 1989. – 640 с.
4. *Швец Ф.* Статистическая оценка режима электроэнергетических систем / Ф. Швец, Э. Хандшин // ТИНЭР. – 1974. – Т.62. – №7. – С. 134-147.

Поступила 30.9.2013р.