представляет скорость в диапазоне от –15 до +15 км/ч относительно текущей точки. Диапазон по каждой оси разбит на 50 отрезков. Всего у перцептрона 250 входов.

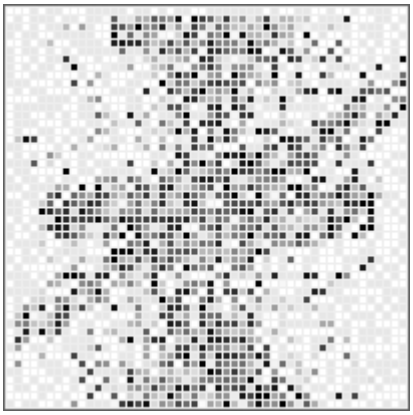

Рис. 1. Весовые коэффициенты перцептрона

Весовые коэффициенты можно понимать так: если точки из окна наблюдения попадают в черную область, тогда перцептон выдает на выходе логическую единицу, что означает принадлежность измерений к классу, за который перцептон отвечает, в данном случае это наличие цели.

Предполагалось, что изображение весовых коэффициентов даст овальную форму, но, как видно, результат отличается. На рис. 2 выделены контуры двух областей.

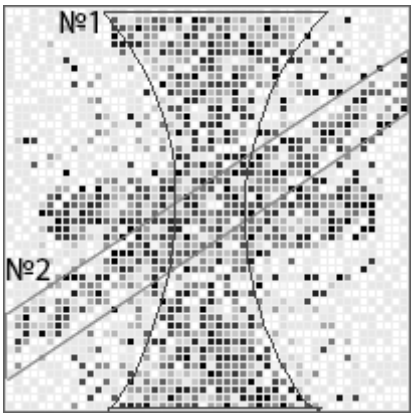

Рис. 2. Области весовых коэффициентов

Контуром № 1 выделена часть, которая получилась вследствие недостаточной репрезентативности данных, так как в этих областях не было точек, что делает невозможным определить степень влияния выделенной области на принадлежность данных к классу.

Контуром № 2 выделена часть весовых коэффициентов, которые получились в начале обучения, когда данные имели характер прямой линии – увеличение дальности и увеличение скорости. Поскольку в использованном алгоритме обучения, в соответствии с формулой (2), η имеет значение = 0,3, что означает высокую скорость обучения, то данные, которые подаются в перцептрон в начале, обучения оставляют наибольший вклад. С каждой итерацией обучения коэффициент η уменьшается. Чтобы убрать эту полосу, необходимо установить случайный порядок данных при подаче на вход перцептрона во время обучения.

Заключение

В работе рассмотрен начальный подход использования НС для обработки радиолокационных данных. Несмотря на то, что использованный алгоритм является самым простым, результаты получились достойные: в худшем случае 77% точек были опознаны верно.

Данная работа показывает, что нейросетевые алгоритмы можно использовать в системах безопасности «умного дома».

Литература

1. McCulloch W.S., Pitts W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // The bulletin of mathematical biophysics. – 1943. – Т. 5. – №. 4. – С. 115–133.

2. Rosenblatt F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain // Psychological review. – 1958. – Т. 65. – №. 6. – 386 с.

3. Werbos P.J. Backpropagation through time: what it does and how to do it // Proceedings of the IEEE. – 1990. – Т. 78. – № 10. – С. 1550–1560.

Плучевский Андрей Владимирович
Инженер каф. ТОР ТУСУРа
Эл. почта: pluch.andry@gmail.com

УДК 627.922

П.А. Зорин, С.В. Купреков, А.В. Пуговкин, О.В. Стукач

Контроль энергоэффективности теплоснабжения зданий типовой застройки

Представлены общие характеристики и преимущества адаптивной модуляции. Применение адаптивной модуляции может существенно повысить эффективность использования спектра. Правильный выбор порогов использования различных типов модуляции в адаптивной системе передачи данных позволяет достичь максимальной пропускной способности канала при обеспечении необходимой вероятности битовой ошибки.

Ключевые слова: энергоэффективность, теплоснабжение, теплоемкость, температурный напор, коэффициент теплоотдачи.

Целью данной работы является разработка критериев, методов оценки и аппаратно-программных средств количественного измерения эффективности проводимых мероприятий по повышению энергоэффективности.

Теплоснабжение является одной из основных задач энергообеспечения городского хозяйства и составляет до 50% от общих затрат на энергообеспечение.

Системы теплоснабжения можно разбить на 4 составляющие:

1. Генерация тепловой энергии с помощью ГРЭС, ТЭЦ и разного рода котельных.
2. Передача тепловой энергии по теплотрассам до распределительных пунктов.
3. Доставка энергии от тепловых пунктов до зданий.
4. Распределение тепловой энергии внутри здания и доведения ее до отдельных помещений.

На всех этих этапах происходят потери тепловой энергии, которые достигают 30% и более. Мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности, должны обеспечивать снижение этих потерь, которые необходимо количественно измерить [1]. В данной статье рассматривается решение количественного измерения тепловых потерь на 4-м этапе.

Общедомовые потери тепловой энергии можно измерить, используя уравнение теплового баланса, согласно которому из показаний общедомового теплосчетчика необходимо вычесть тепловую энергию достаточную для комфортных температурных условий проживания. Эти стандартные условия можно охарактеризовать средним по зданию коэффициентом теплопередачи во внешнюю среду.

Классифицировать жилые здания можно по двум видам параметров:

1) строительные характеристики;
2) характеристики тепловой системы.

К первым отнесём материал стен, год постройки, строительный объем и общую площадь. Ко вторым: тип тепловой нагрузки, попадающей под учёт, объем системы теплоснабжения. В статье использованы данные, полученные ООО «Центр сервисного обслуживания» по учету тепловой энергии в жилых домах за 2013–2018 гг.

Для анализа выбран дом, у которого за указанный период имеется максимальное количество данных общедомового теплосчётчика (более 1000 суток начиная с 1 декабря 2013 г. до 27 марта 2018 г.). Адрес: г. Томск, ул. Вершинина, д. 24/2, двухподъездный четырёхэтажный дом 1965 года постройки. Материал стен – силикатный кирпич, кровля скатная, фасад утеплён минераловатной плитой и закрыт сайдингом.

Данные представляют собой среднесуточный архив теплопотребления – дата, среднесуточные температуры по трубопроводам t1 и t2 в градусах Цельсия, разница среднесуточных температур dt в градусах Цельсия, значение потребленной тепловой энергии, посчитанное тепловычислителем q в несистемной единице ГКал.

Введём качественные тепловые характеристики, которые могут быть использованы для оценки текущего состояния дома и для анализа эффективности производимых мероприятий по энергосбережению. Нами предложены следующие критерии количественного измерения качества теплозащиты отдельных зданий:

1. Способность накопления зданием тепловой энергии. Характеристикой этого процесса является теплоемкость здания. Измерение теплоемкости различных зданий позволяет сравнить их по способности аккумулировать энергию.

2. Способность здания удерживать тепловую энергию. Этот критерий характеризует качество теплозащиты внешних ограждений. В качестве характеристики, описывающей этот процесс, предлагается коэффициент теплоотдачи здания [2].

Интегральным показателем качества теплоснабжения здания может служить тепловая энергия, потребленная зданием за достаточно протяженный период времени (месяц, отопительный сезон). В этом случае при заданной комфортной температуре, например 23–24 °С, мы измеряем тепловую энергию, потребленную зданием. Чем меньше эта величина, тем лучше качество теплозащиты и тем больше экономия тепловой энергии.

Предложенные характеристики рассмотрим подробней. Для дальнейшего анализа рассмотрим простую математическую модель теплового режима здания. Эта модель представляет собой нестационарное дифференциальное уравнение теплового баланса

$$C \cdot \frac{dT_{\text{вн}}}{dt} = P - G \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}), \qquad (1)$$

где G – зависимость коэффициента теплоотдачи от температурного напора ($T_{\text{вн}}$–$T_{\text{нар}}$); $T_{\text{вн}}$ – средняя температура здания; $T_{\text{нар}}$ – средняя температура наружнего воздуха, C – теплоемкость здания, Дж/°С; P – подводимая тепловая мощность.

В этом уравнении в левой части представлено изменение внутренней тепловой энергии здания, а в правой части – поступающая мощность и мощность, расходуемая через внешние ограждения.

Анализ теплового режима здания можно проводить как в стационарном, так и нестационарном режимах. При включении подачи тепловой энергии на начальном этапе прогрева здания можно найти его теплоемкость

$$C = \frac{P}{dT_{\text{вн}}/dt}. \qquad (2)$$

В стационарном режиме ($dT_{\text{вн}}/dt = 0$) находится коэффициент теплоотдачи $G = \dfrac{P}{T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}}$. В режиме остывания дома (P = 0) можно найти зависимость коэффициента теплоотдачи как функцию температурного напора ($T_{\text{вн}}$ – $T_{\text{нар}}$) за один цикл измерения

$$G = \frac{C \cdot \frac{dT_{\text{вн}}}{dt}}{T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}}. \quad (3)$$

В дальнейшем будем рассматривать стационарный режим. В этом случае, измеряя входную тепловую мощность с помощью общедомового счетчика и температуры, можно вычислить коэффициент теплоотдачи.

Далее вычислен коэффициент теплоотдачи для каждого случая:

$$G = \frac{P}{(T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})}, \text{ кВт/°C}. \quad (4)$$

Данные расчётов приведены на рис. 1.

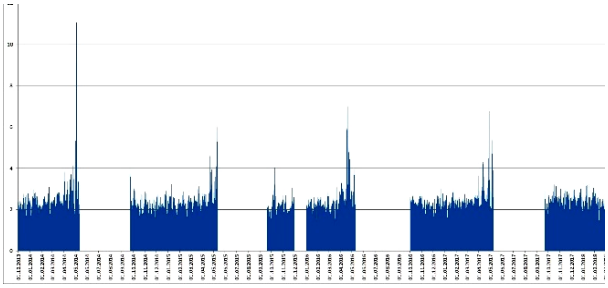

Рис. 1. Диаграмма коэффициента теплоотдачи

По вертикали – G (кВт/С°), по горизонтали – время.

Как понятно из вышесказанного, коэффициент теплоотдачи является функцией от величины температурного напора $G = f(T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})$. Полученные данные можно аппроксимировать, найдя среднее значение и среднеквадратическое отклонение.

Для этого применим метод наименьших квадратов, зададим таблично функцию и найдём приближающие ее многочлены 1-й и 2-й степеней формулами вида

$$p(x) = p_1 * x^2 + p_2 * x + p_3, \quad (5)$$

$$p(x) = p_4 * x + p_5. \quad (6)$$

Также рассчитаем эти коэффициенты отдельно для каждого отопительного сезона отдельно.

Таблица 1

Коэффициенты полинома аппроксимирующей функции 2-й степени

	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2013–2018
p_1	0,0031	0,0017	0,0042	0,0023	0,00026	0,0024
p_2	–0,24	–0,15	–0,29	–0,18	–0,032	–0,188
p_3	6,52	5,17	6,82	5,76	3,22	5,72
Значение СКО	0,6848	0,3137	0,3896	0,3301	0,3037	0,4492

Таблица 2

Коэффициенты полинома аппроксимирующей функции 1-й степени

	2013–2014	2014–2015	2015–2016	2016–2017	2017–2018	2013–2018
p_1	–0,044	–0,041	–0,046	–0,036	–0,014	–0,037
p_2	3,88	3,62	3,72	3,60	2,92	3,57
Значение СКО	0,8356	0,3723	0,5835	0,4376	0,3047	0,5425

Далее приведены облако точек показаний и функции аппроксимирующих полиномов для каждого отопительного сезона (рис. 2–6). На рис. 2–6 по вертикальной оси отложен коэффициент теплоотдачи (Вт/°), по горизонтальный – температурный напор (°).

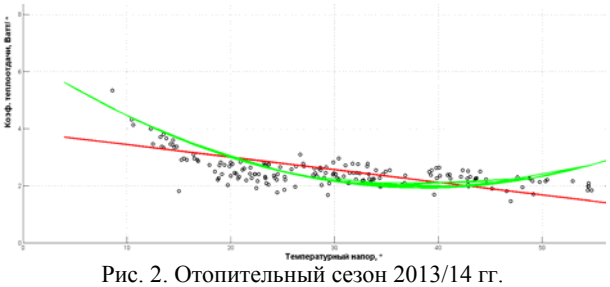

Рис. 2. Отопительный сезон 2013/14 гг.

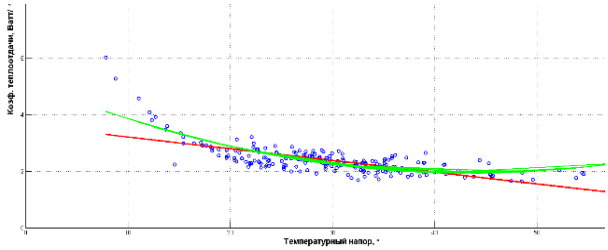

Рис. 3. Отопительный сезон 2014/15 г.

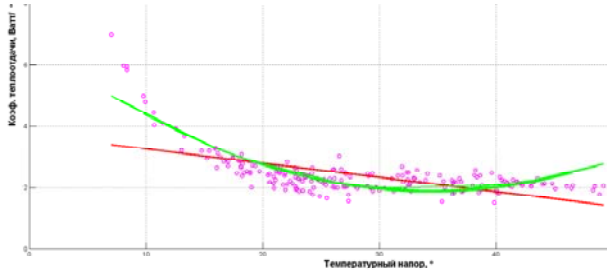

Рис. 4. Отопительный сезон 2015/16 г.

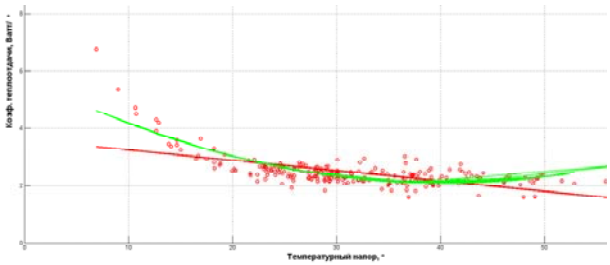

Рис. 5. Отопительный сезон 2016/17 г.

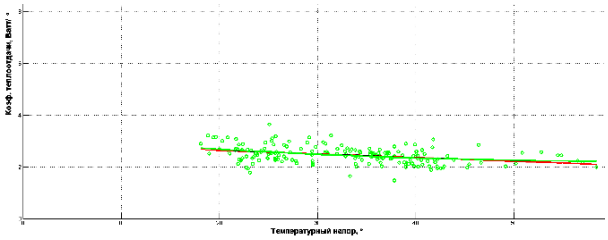

Рис. 6. Отопительный сезон 2017/18 г.

По полученным экспериментальным результатам можно сделать следующие выводы:

1. Коэффициент теплоотдачи здания может служить количественной характеристикой эффек-

тивности удержания тепловой энергии внешними ограждениями дома, причем эти количественные характеристики выражаются в системных единицах Вт/С°.

2. Коэффициент теплоотдачи здания является функцией температурного напора. Эта функция увеличивается с падением наружной температуры.

Отслеживая временные зависимости коэффициента теплоотдачи, можно заметить, что от года к году их характер подобен, но величина меняется. Причиной этих изменений служат либо деградация внешних ограждений, либо улучшение качества теплозащиты.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 13.10534.2018/11.12.

Литература

1. Васильев Г.П. Повышение энергоэффективности инженерного оборудования зданий. Стимулы и барьеры / Г.П. Васильев // Энергосбережение. – 2012. – № 2.

2. Mukashev A., Pugovkin A., Kuprekov S., Petrova N., Abramchuk S. Dynamic method of the heating devices efficiency measurement // International Scientific Conference «Environmental and Climate Technologies2, CONECT–2017, Riga.

Зорин Павел Александрович
Зам. директора ООО «Центр сервисного обслуживания»
Эл. почта: zpa@cso.tom.ru

Купреков Степан Владимирович
Директор ООО «Центр сервисного обслуживания»
Эл. почта: kuprekov@mail.ru

Пуговкин Алексей Викторович
Д-р техн. наук, профессор ТУСУР
Эл. почта: pugovkinav@ngs.ru

Стукач Олег Владимирович
Д-р техн. наук, профессор НИ ТПУ
Эл. почта: os2@tpu.ru

УДК 621.396.44

Э.М. Дмитриев, А.К. Мовчан, Е.В. Рогожников

Обзор физического уровня стандарта PLC HomePlug AV 500 Mbps

Дан обзор современных систем передачи данных по цепям питания на основе стандарта HomePlug AV 500 Mbps, который вошел в основу большинства нынешних PLC-модемов. В статье рассмотрена реализация физического уровня данных устройств, которая включает в себя систему кодирования информации и методы формирования сигналов.

Ключевые слова: цепи питания, PLC-канал, PLC-модем, линия передачи, помехоустойчивое кодирование, OFDM-модуляция.

С каждым годом все больше новых разработок в сфере телекоммуникационных технологий становятся неотъемлемой частью жизни каждого человека. Растущий спрос в широкополосной коммуникации требует развития новых технологий. Связь по линиям электросети (англ. Power line communication, PLC [1]) – один из потенциальных кандидатов на телекоммуникационные технологии следующего поколения. Несмотря на то, что коммуникация через линии питания исследовалась в течение длительного времени, системы PLC никогда не принимались серьезно во внимание из-за неблагоприятной среды распространения сигнала. Однако с разработкой более эффективных методов обработки сигналов коммуникация по линиям питания становится сильной альтернативной технологией из-за существования инфраструктуры и повсеместности сети.

Сложность организации связи по силовым электросетям заключается в высоком уровне помех, значительном затухании сигнала и непостоянстве характеристик канала с течением времени [2].

Помехи в канале PLC представлены не только белым гауссовским шумом, но и узкополосными и импульсными помехами. Узкополосная помеха в канале возникает в результате работы различных электроприборов, подключенных к сети. Импульсная помеха обусловлена возникающими переходными процессами при работе электроприборов, а также при их включении или отключении от сети электроснабжения.

Значительное затухание полезного сигнала связано с рядом причин: изначальная непредназначенность электросети для передачи высокочастотного сигнала, низкое качество технического исполнения электросетей, подавление высокочастотного сигнала электроприборами.

На рис. 1 представлена блок-схема формирования сигнала, использующаяся в большинстве современных стандартов PLC-модемов [4].

Структуру, представленную на рис. 1, можно разделить на две группы блоков: одна группа блоков отвечает за помехоустойчивое кодирование, другая – за создание символов модуляции и последующие преобразования сигнала в форму, пригодную для передачи по PLC-каналу.