

Штыков Р.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
ipmrroman@yandex.ru*

Мониторинг и управление инженерными сетями на основе нейросетей

В работе рассматриваются возможности использования алгоритмов самообучения на основе искусственных нейронных сетей в системах управления инженерными коммуникациями. Показано, что использование нейросетевых алгоритмов позволяет обеспечить не просто управление, но и реализовать стратегию оптимального предикативного (прогнозного) управления отпуском ресурсов на основе нелинейного моделирования режимов потреблен и с учетом поведения пользователей и прогноза изменения внешних факторов, что, в свою очередь, позволяет обеспечить минимизацию энергопотребления при одновременном обеспечении высокого уровня комфорта.

В отличие от традиционных коммерческих систем управления отпуском различных видов ресурсов, концепция управления на основе нейросетей основана на оптимизационных самообучающихся алгоритмах – минимизации затрат в течение фиксированного временного горизонта. Система управления инженерными коммуникациями обеспечивает оптимальные комфортные условия при минимизации потребления энергии с помощью алгоритма динамического программирования [1,2].

Еще одним преимуществом использования искусственных нейронных сетей является их способность решать задачи с избыточными параметрами: нейросетевые алгоритмы позволяют игнорировать избыточные данные, которые имеют минимальное значение и оказывают минимальное возмущающее воздействие.

Важным преимуществом является то обстоятельство, что за счет использования самообучающихся нейросетевых алгоритмов значительно сокращается время ввода контроллера в эксплуатацию.

Контроллер предназначен для управления системами инженерных коммуникаций, в котором для оптимального управления распределением ресурсов реализуются предикативные (прогнозирующие) и адаптивные алгоритмы.

Как и контроллеры традиционного типа, контроллер на основе нейронной сети сопряжен с различными датчиками и при этом контролируются основные показатели.

Кроме того, используется расходомер. Измерение расхода позволяют оценить количество ресурсов, передаваемых конечному потребителю.

Необходимость использования самообучающихся нейросетевых алгоритмов обусловлена в том числе и сложностью задачи математического моделирования режимов функционирования с достаточной степенью точности при минимальном использовании вычислительных ресурсов и максимальном быстродействии.

Контроллер содержит внешний контур управления, рассчитывающий оптимальную потребную мощность потребителя для следующего временного шага, и каскадный внутренний контур управления, функцией которого является стабилизация давлений.

Контроллер имеет модульную структуру. Различные модули контроллера реализуют следующие функции. 1) Модуль, описывающий потребителя, моделирует режим потребления. Используя прогноз изменения характеристик наружных факторов), данные о текущем режиме потребления, текущей мощности инженерных системы, прогнозируется характер изменения режима потребления на определенном фиксированном временном интервале; климатический модуль. Посредством непрерывного измерения температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации климатический модуль прогнозирует изменение температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации на определенном фиксированном временном интервале;

2) Модуль оптимального управления. Реализует алгоритм динамического программирования, оптимизируя «функцию затрат» на поддержание комфортных условий для пользователя при минимальных затратах энергии в определенном фиксированном временном интервале;

3) Модуль управляющего воздействия. Обеспечивает интерфейс алгоритма оптимального управления и систем задвижек. Осуществляется управление смесительными клапанами и задвижками.

Инновационный характер концепции оптимального предиктивного управления на основе использования самообучающихся нейросетевых алгоритмов не только обеспечивает оптимизацию эксплуатационных затрат, но и позволяет снизить затраты и трудоемкость ввода в эксплуатацию. При вводе контроллера в эксплуатацию требуется ввод (инициализация) ограниченного набора сервисных параметров. Необходимое воздействие пользователя ограничивается определением желаемого значения температуры в помещении и графика использования помещения. Функции самообучения алгоритма управления не требуют дополнительного определения или адаптации параметров при запуске в эксплуатацию или в качестве мер технического обслуживания. Контроллер адаптирует и оптимизирует параметры модели здания и модели климата посредством процедур самообучения на основе непрерывного измерения требуемых параметров непосредственно во время работы.

Даже в случае неоптимальной настройки внутренних параметров контроллера при его вводе в эксплуатацию они будут скорректированы за счет самообучения непосредственно во время работы. Испытания на реальных объектах и обширные имитационные исследования показали, что оптимальная работа контроллера распределения может быть достигнута в трехнедельный интервал.

Алгоритм оптимального управления направлен на оптимизацию комфорта и энергопотребления в течение фиксированного временного интервала. Оптимизация осуществляется за счет минимизации «функции затрат» с учетом обоих параметров.

Модуль оптимального управления в качестве входных параметров получает прогнозы от модулей, описывающих здание и наружный климат. Эти прогнозные данные используются для выработки оптимальной последовательности команд управления распределением энергоресурсов в течение заданного временного интервала.

На каждом временном шаге в модуле оптимального управления обрабатываются следующие входные сигналы: текущее значение температуры воздуха в помещении; предыдущее значение температуры воздуха в помещении; прогноз (профиль) энерго ресурсов с солнечной радиацией через светопрозрачные ограждающие конструкции в течение фиксированного временного интервала; прогноз (профиль) температуры наружного воздуха в течение фиксированного временного интервала времени).

На каждом следующем временном шаге оптимальным управляющим воздействием является команда, которая минимизирует «функцию стоимости». Математическое выражение «функции стоимости», используемой для алгоритма оптимального управления, представлено следующим образом:

Два показателя в правой части выражения функции стоимости соответствуют потреблению энергоресурсов к комфорту, который испытывает «средний пользователь». Данный комфорт выражается отклонением от оптимального значения прогнозируемой средней оценки по Фангеру по семибалльной шкале [3].

Для учета присутствия пользователя коэффициент устанавливается равным 1, когда пользователь присутствует в помещении, и равным 0, когда пользователь отсутствует. В последнем случае нет необходимости обеспечивать энерго-комфорт, и единственные затраты на оптимизацию – это потребление энергии.

Расчет оптимальной мощности подачи осуществляется в соответствии с алгоритмом динамического программирования. Этот метод позволяет найти глобальный минимум функции стоимости, но требует большой вычислительной мощности. Поэтому необходимо найти баланс между подробной дискретизацией переменных, описывающих, например температуру воздуха в помещении или мощность натопа и техническими ограничениями машинных вычислений (вычислительной мощности), которые не позволяют пересчитать оптимальное управляющее воздействие на каждом временном шаге.

Литература

- [1] Бродач М. М., Шилкин Н. В. Нейросети: возможности использования алгоритмов самообучения в системах управления теплоэнергопотреблением зданий // АВОК. – 2019. – № 4. – С. 40–44.
- [2] Бродач М. М., Шилкин Н. В. Оптимизация управления отпуском тепловой энергии с использованием искусственных нейросетей // АВОК. – 2019. – № 5. – С. 38–41.
- [3] Krauss J., Bauer M., Bichsel J., Morel N. Energy and HVAC: NEUROBAT – a Self-Commissioned Heating Control System Using Neural Networks / In book: Sensors in Intelligent Buildings. – Vol. 2. – P. 63–83.