

Эвристический анализ данных АИИС КУЭ для краткосрочного прогнозирования электропотребления предприятия

Божков М. И., канд. техн. наук, Пушин С. Л., инж.

Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", Санкт-Петербург

Предложен метод эвристического анализа для прогнозирования электропотребления на основе данных АИИС КУЭ. Рассмотрено краткосрочное прогнозирование электропотребления промышленного предприятия на примере приборостроительного завода. Выделены факторы, характеризующие электропотребление. Показана возможность его прогнозирования данным методом.

Ключевые слова: прогнозирование, эвристический анализ, электропотребление, нейронные сети, паттерн.

В настоящее время задача прогнозирования электропотребления на промышленном предприятии становится все более актуальной. Согласно Федеральному закону об электроэнергетике М № 35-ФЗ это обусловлено как условиями экономической среды, так и состоянием системы электроснабжения предприятия в целом. Можно выделить три вида прогнозирования электропотребления: долгосрочное (на периоды времени от 1 года до 5 лет и более); среднесрочное (от 1 мес. до 1 года); краткосрочное (от 1 сут. до 1 мес.). К ним можно добавить оперативное прогнозирование для управления электропотреблением предприятия непосредственно в реальном времени (на 2 – 3 ч вперед). Указанные виды прогнозирования предназначены для решения разных задач с использованием различных способов.

В данной статье рассматривается краткосрочное прогнозирование электропотребления, благодаря точности которого предприятия могут оптимизировать затраты на потребляемую электроэнергию. Сегодня многие из них осуществляют сбор данных от АИИС КУЭ, однако используют их лишь для отчетности и контроля прохождения максимума нагрузки.

У крупных предприятий, приобретающих электроэнергию на оптовом рынке, при краткосрочном прогнозировании появляется возможность с большей точностью оформлять заявки на электроэнергию на рынке за сутки вперед и снизить долю покупаемой электроэнергии на балансирующем рынке. Для предприятий — не субъектов оптового рынка точность прогнозирования позволяет: во-первых, выбрать ценовую категорию оплаты за электроэнергию; во-вторых, при почасовом прогнозировании иметь возможность воспользоваться шестой ценовой категорией оплаты за электроэнергию; в-третьих, избежать

штрафных санкций со стороны энергосбытовой компании за превышение планируемых значений.

Цель нашей статьи — рассмотрение вопроса о применении данных АИИС КУЭ для краткосрочного прогнозирования электропотребления и об использовании методов эвристического анализа на базе нейронных сетей прямого распространения.

Проанализируем вариант почасового прогнозирования электропотребления на сутки вперед с использованием данных АИИС КУЭ приборостроительного завода, в состав которого входят 11 цехов основного и 6 цехов вспомогательного производства, административно-бытовой корпус, заводоуправление, столовая, центральная заводская лаборатория, информационно-вычислительный центр и хозяйственный цех. Установленная мощность электроприемников составляет 22 МВт, максимальная мощность энергопринимающих устройств — 12,5 МВт, средняя заявленная мощность — 3,7 МВт, годовое электропотребление — 17 900 МВт·ч. Питание завода осуществляется по пяти вводам 6 кВ. Пунктами приема электроэнергии являются три центральных распределительных подстанции 6 кВ. В цехах установлено 14 трансформаторных подстанций 6/0,4 кВ с трансформаторами мощностью по 1000 и 1600 кВ·А.

Учет расхода электрической энергии проводится с помощью АИИС КУЭ (на базе комплекса технических средств "ЭНЕРГИЯ"), которая имеет 10 240 каналов измерения электроэнергии (мощности) и до 2500 групп учета. Количество подключаемых объектов (подстанций) — до 2000. Глубина хранения информации — более 5 лет, период обновления информации — 15 с, 3 и 30 мин. Класс точности системы измерений — 0,2. Первич-



Рис. 1

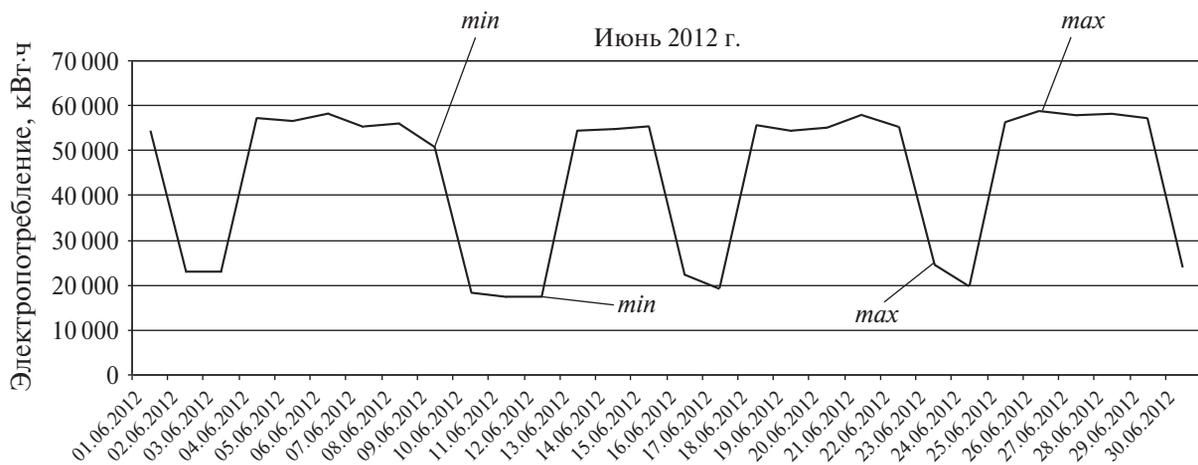


Рис. 2

ными датчиками АИИС КУЭ являются счетчики EA05RAL-P3C3, установленные на границах раздела с энергосистемой, и ЦЭ 6803В — в точках отпуска электроэнергии при ее транзите сторонним потребителям.

На предприятии создана база данных АИИС КУЭ, содержащая показания счетчиков, снимаемые с 40 точек с периодичностью 30 мин. На рис. 1 приведен месячный график электропотребления завода, где для удобства визуального восприятия дни разделены вертикальными линиями. Из графика, на котором выделены два различных режима электропотребления, — в рабочие и выходные (в том числе праздничные) дни, видно, что в рабочие дни в течение суток оно имеет характерные максимумы и минимумы. Причем следует отметить, что минимальное суточное потребление в рабочие дни примерно в полтора раза выше, чем в выходные.

Необходимо сделать прогноз электропотребления на заданный интервал времени заданно-

го дня, опираясь на данные АИИС КУЭ прошедшего периода и календарь. Самый простой способ прогнозирования электропотребления — по его среднему значению — предполагает определение среднестатистического значения по имеющимся данным за предшествующий период по формуле $W_{cp} = \sum_{i=1}^n W_{дни} / n$ ($W_{дни}$ — потребленная электроэнергия за день; n — количество дней, за которые имеются данные) и выдвижении гипотезы о том, что в прогнозируемый период количество потребленной электроэнергии будет равно среднестатистическому.

Из рис. 2 видно, что в рабочие дни максимум потребления электроэнергии равен 58,8 МВт·ч, минимум — 51,0 МВт·ч, т. е. $W_{cp} = 56,0$ МВт·ч. Таким образом, максимум превысил среднее значение на 5%, а минимум оказался ниже на 9%. Аналогично в выходные дни максимум потребления электроэнергии со-

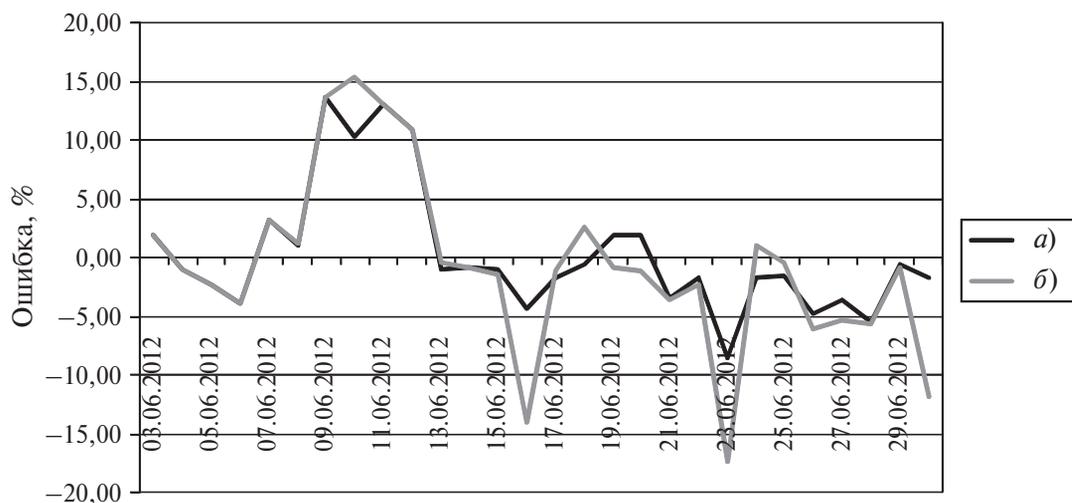


Рис. 3

ставил 24,4 МВт · ч, минимум — 17,4 МВт · ч, среднее значение — 20,9 МВт · ч. Максимум превысил среднее значение на 17 %, а минимум оказался ниже на 17 %. Очевидно, что в случае прогнозирования суточного электропотребления по среднему значению ошибка могла бы достигать 9 % для рабочих дней и 17 % — для выходных.

На графике можно также отметить значительное снижение электропотребления в дневное время четверга первой недели, в среду третьей недели и подъем в четверг четвертой недели. Подобные изменения трудно объяснить исходя только из данных АИИС КУЭ. Это можно было бы сделать при наличии дополнительных сведений об изменении технологического процесса в указанные периоды времени либо о других значимых факторах, например метеорологических сведений.

В рассматриваемой задаче завод представляет собой функционально законченное образование — техноценоз, включенный в среду таких же функционально законченных образований, связанных общей деятельностью в промышленном производстве. Действительно, функционирование предприятия, а значит, и потребление им электроэнергии зависит от конъюнктуры потребителей его продукции, транспорта, финансовых институтов и пр. При этом предполагается, что отсутствуют факторы (пожар, наводнение либо другое стихийное бедствие естественного или техногенного характера), действие которых могло бы спонтанно нарушить функционирование завода или других компонентов среды.

С учетом указанного нами разработан метод краткосрочного прогнозирования электропотребления на основе метода эвристического анализа ретроспективных данных с использованием аппарата искусственных нейронных сетей прямого распространения — многослойных персептронов. С целью реализации этого метода авторами создан в приложении VBE Microsoft Excel программный модуль, основанный на принципах построения нейронных сетей [1, 2]. Алгоритм его работы кратко можно описать следующим образом: в базе данных АИИС КУЭ выбираются значения электропотребления за каждый характерный период времени, которые группируются по идентичности графиков нагрузки (например, рабочие и выходные дни, летний и зимний периоды, понедельники, пятницы и пр.). Разрабатывается классификация признаков и составляется матрица идентификации паттернов (характерных графиков). Процедура прогноза сводится к отысканию паттерна, соответствующего прогнозируемому периоду с коррекцией по линии тренда. Применительно к решаемой задаче определяется тенденция на увеличение или уменьшение электропотребления за предшествующий период. В базе данных отыскиваются паттерны, соответствующие признакам прогнозируемого периода. Проводится статистическая оценка репрезентативности выборки. С учетом этой оценки определяется прогнозное значение электропотребления. Одновременно происходит рекурсивное обучение нейронной сети. Таким образом, точность прогноза зависит от накопленного ранее опыта.

Авторами выполнено сравнительное прогнозирование суточного электропотребления завода в один из летних месяцев (см. рис. 2) с использованием:

а) эвристического метода прогнозирования на базе обучаемых нейронных сетей;

б) регрессионной модели, основанной на среднесуточных значениях.

Прогноз электропотребления на каждый день строился по данным за все предыдущие дни. На рис. 3 приведены ошибки этого прогноза по методам а) и б) (с учетом выходных и рабочих дней) относительно фактического электропотребления. Как видно, точность прогнозирования при использовании метода эвристического анализа значительно выше, чем при прогнозировании по среднему, причем она растет с увеличением выборки ретроспективных данных.

Аналогичная работа проведена авторами [3] в электрических сетях среднего и низкого напряжения. Схожесть достигнутых результатов подтверждает перспективность выбранного подхода. Обучение нейронных сетей в сочетании с другими методами, основанными, например, на свойствах гиперболичности распределения компонентов в техноценозе [4], в перспективе может обеспечить повышенные как точность прогноза, так и вычислительные возможности нейронных сетей.

Прогнозные значения электропотребления, полученные с помощью эвристического анализа, точнее, чем вычисленные на основе среднестатистических данных. В перспективе совершенствование первого метода позволит давать краткосрочный прогноз с погрешностью не более 2 – 3 %. Следует отметить также, что принципы анализа на основе нейронных сетей [5] универсальны. Благодаря этому модули эвристического анализа могут быть успешно применены для прогнозирования электропотребления любых объектов, что достигается за счет самообучаемости нейронных сетей.

Список литературы

1. **Олескин А. В.** Сетевые структуры в биосистемах и человеческом обществе. — М.: Книжный дом “Либриком”, 2013.
2. **Уоссерман Ф.** Нейрокомпьютерная техника. — М.: Мир, 1992.
3. **Жилин Б. В., Исаев А. С., Андреев Д. Е.** Краткосрочное прогнозирование электропотребления сетевой компании. — Изв. ТулГУ. Технические науки. Ч. 2, 2012, вып. 12.
4. **Кудрин Б. И., Лагуткин О. Е., Ошурков М. Г.** Ценологический ранговый анализ в электрике. — В кн.: Ценологические исследования, вып. 40. — М.: Технетика, 2008.
5. **Хайкин С.** Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. — М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006.

z1q813@mail.ru

