

ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Лютаревич Александр Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент,
Югорский государственный университет
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: a_lyutarevich@ugrasu.ru

Предмет исследования: методы прогнозирования параметров электропотребления.

Цель исследования: определение оптимального метода прогнозирования электропотребления и параметров качества электроэнергии на основе методов анализа и синтеза.

Объект исследования: методы прогнозирования параметров электропотребления и качества электроэнергии на основе нейронных сетей.

Основные результаты исследования: в работе представлено исследование состояния вопроса по прогнозированию электропотребления и параметров качества электроэнергии. Рассмотрены методы прогнозирования и определены наиболее оптимальные для составления прогноза электропотребления и параметров качества электроэнергии. Установлено, что наиболее подходящим методом для решения задач прогнозирования электропотребления и параметров качества электроэнергии в точке присоединения является метод прогнозирования с помощью нейронных сетей.

Ключевые слова: прогнозирование, качество электрической энергии, электропотребление, методы прогнозирования, нейронные сети.

REVIEW OF METHODS FOR PREDICTION PARAMETERS OF ELECTRICITY QUALITY AND ELECTRIC CONSUMPTION

Alexander G. Lyutarevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Yugra State University
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: a_lyutarevich@ugrasu.ru

Subject of research: methods for predicting power consumption parameters.

Purpose of research: to determine the optimal method for predicting power consumption and power quality parameters based on methods of analysis and synthesis.

Object of research: methods for predicting parameters of power consumption and power quality based on neural networks.

Main results of research: In recent years, forecasting power consumption and power quality parameters has become a very important topic, both from a technological and economic point of view. Forecasting electrical energy consumption ensures the most balanced operation of the electrical network, as well as correct work with electricity suppliers. As a consequence, such forecasting must be carried out with high accuracy. The paper presents a study of the state of the issue in forecasting power consumption and power quality parameters. Forecasting methods are considered and the most optimal ones for forecasting power consumption and power quality parameters are determined. It has been established that the most suitable method for solving problems of forecasting power consumption and power quality parameters at the point of connection is the forecasting method using neural networks.

Keywords: forecasting, quality of electrical energy, power consumption, forecasting methods, neural networks.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы прогнозирование электропотребления и параметров качества электроэнергии стало очень важной темой как с технологической точки зрения, так и с экономической. Прогнозирование потребления электрической энергии обеспечивает наиболее сбалансированную работу электрической сети, а также корректную работу с поставщиками электроэнергии. Как следствие, – подобное прогнозирование должно осуществляться с высокой точностью.

Сейчас на электроэнергетическом рынке России крупные предприятия закупают энергию по оптовым ценам, которые регулируются государственными служащими, инспекциями, а также доступными предложениями поставщиков-производителей.

Но при этом имеют место быть отклонение и нехватка потребляемых мощностей при заявленных прогнозах компании-потребителя. При подсчётах значений электроэнергии, которую потребителю приходится покупать в случаях необходимости, становится видно, что потери в финансовой составляющей

достаточно весомы, и в месяц могут составлять от нескольких сотен тысяч рублей, а в год – от нескольких миллионов рублей [1, 2, 3].

Также следует отметить несоответствие потребляемой электроэнергии к вырабатываемой, при которой имеющейся мощности оказывается больше, чем требуется. В таких случаях компания-потребитель платит за простой мощностей, что также приводит к значительным финансовым убыткам.

Кроме того, отмечается, что ошибки прогнозирования также будут влиять и на компанию-поставщика, так как они приводят к необоснованным пускам, остановкам генерирующего оборудования и к выбору необоснованной технологически и экономически схемы электрической сети, что приводит к дополнительному потреблению полезных ископаемых, а следовательно, финансовым потерям [3].

Другими словами, прогнозирование электропотребления является важной частью не только технологического процесса, но и экономического. При ненадлежащем прогнозировании компании могут нести миллионные убытки в год. Чем выше точность

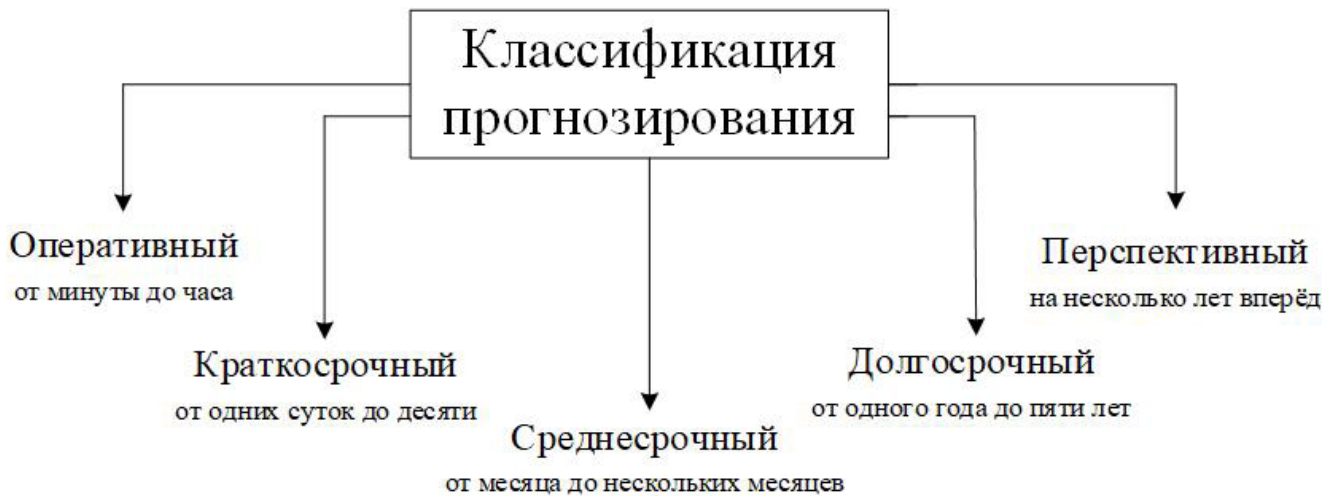


Рисунок 1. Классификация прогнозирования электропотребления.

прогнозирования, тем меньше будет непредвиденных финансовых затрат, следовательно, данная тема является крайне актуальной и востребованной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прогнозирование электропотребления является сложной и многоплановой задачей из-за необходимости учета нескольких факторов одновременно, например, температуры окружающего воздуха, дней недели, времени года и др. [4].

Высокая точность прогнозирования обеспечивает качественную работу диспетчерских служб, что определяет дополнительные резервы мощности, тем самым, электрооборудование изнашивается меньше, чем могло, что, в свою очередь, приводит к дополнительным затратам ресурсов [1].

Для более точного прогнозирования электропотребления необходимо зафиксировать такие характеристики, как графики нагрузки, временной промежуток, для которого производится прогноз. Также необходимо иметь данные по метеорологической обстановке окружающей среды [5, 6], иметь данные по плану ремонта электрооборудования [2], экономическую ситуацию в регионе или стране [6].

На основе анализа работ [2, 7] можно ввести классификацию методов прогнозирования (рисунок 1).

Процесс производства и потребления электроэнергии неразрывно связан и ее качеством. Причем в вопросах составления прогнозов электропотребления необходимо и давать оценку качеству электрической энергии в точке присоединения нагрузки. В последнее время уже в процессе эксплуатации

возникают отклонения показателей качества электроэнергии от тех значений, которые закладывались на этапе проектирования [8]. Поэтому при составлении прогнозов электропотребления необходимо учитывать параметры качества электроэнергии, и наоборот.

Для решения предложенной задачи необходим оптимальный метод прогнозирования, который будет достаточно точен и будет иметь минимальную погрешность в своих расчетах.

В своей работе [9] автор описывает электропотребление с помощью временных рядов, которые представлены мгновенными значениями нагрузки. Также отмечено, что подобные модели пригодны для решения и других задач прогнозирования.

Существуют разные подходы и методы к прогнозированию, среди них выделяют методы экспертных оценок, методы экстраполяции, методы регрессионного анализа, методы искусственных нейронных сетей и так далее. В общем случае любой метод прогнозирования представляет собой определенный алгоритм, описанный с помощью математического аппарата [2]. Так, например, регрессионные методы прогнозирования основываются на исследовании корреляционной зависимости параметров и используются при среднесрочном прогнозе [7].

Еще одним методом, который в свое время получил достаточно широкое применение, является метод экспертных оценок. Однако данный метод обладает значительной погрешностью [3].

Если имеется минимальное число изменений прогнозируемого параметра, то можно использовать метод, в основе которого лежат статистические данные, – это метод экстраполяции. Данный метод обладает простотой

модели прогнозирования, не требует значительного набора входных данных, однако и в связи с этим же не может учитывать большое количество факторов, влияющих на прогноз, что делает сам прогноз краткосрочным и менее точным [2, 7].

Метод корреляционного и регрессионного анализа достаточно подробно описан в [2]. Автор указывает, что в основе большинства методов прогнозирования лежит метод определения регрессионных коэффициентов по имеющимся данным, и различных факторов, которые могут на них оказывать влияние. Другими словами, указанные методы позволяют учесть значительное количество параметров. Однако ограничением данного метода может являться значительная трудоемкость расчетов.

Методы прогнозирования на основе ARIMA моделей способны проработать большое количество временных рядов [2]. Однако, как и предыдущий метод, обладают недостатками с изменением исходной информации в параметрах прогнозирования.

В последнее время с развитием искусственного интеллекта наибольший интерес вызывает метод прогнозирования на основе нейронных сетей [10]. В общем виде нейронные сети представляют собой связь нескольких наук нейрофизиологии, математики, статистики, компьютерных технологий. Этим и объясняется их широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Но главным достоинством нейронных сетей, по сравнению с другими методами, является их способность к самообучению.

Так, например, в работах [11, 12] нейронная сеть применяется для прогнозирования городского электроснабжения. Аналогичные исследования, но уже для построения математических моделей потребления электроэнергии на железнодорожном транспорте с использованием искусственной нейронной сети, представлены в работе [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, способность к обучению на основе различных данных позволила нейронным сетям стать универсальным инструментом для решения вопросов прогнозирования электропотребления и параметров качества электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вялкова, Светлана Александровна. Краткосрочное прогнозирование электропотребления мегаполиса на основе ортогональных разложений и нейронных сетей: диссертация ... кандидата технических наук 05.14.02. – Новочеркасск, 2021. – 224 с. – Текст: непосредственный.

2. Воронов, Иван Викторович. Прогнозирование электропотребления промышленных предприятий с помощью искусственных нейронных сетей: диссертация ... кандидата технических наук 05.09.03. – Кемерово, 2010. – 153 с. – Текст: непосредственный.
3. Кассем С. А. Прогнозирование электропотребления предприятия с применением искусственных нейронных сетей / С. А. Кассем, А. Х. А. Ибрагим, А. М. Хасан, А. Г. Логачева. – Текст: непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2021. – Том 7, № 1 (25). – С. 177-193. – DOI: 10.21684/2411-7978-2021-7-1-177-193.
4. Zheng H, Yuan J, Chen L. Short-Term Load Forecasting Using EMD-LSTM Neural Networks with a Xgboost Algorithm for Feature Importance Evaluation // Energies. – 2017. – №10(8):1168. – doi.org/10.3390/en10081168.
5. Колоколов, М. В. Модели автоматизированного прогнозирования электрических нагрузок промышленных предприятий / Д. А. Васильев, М. В. Колоколов, В. А. Иващенко. – Текст: непосредственный // Управление большими системами. – 2011. – Вып. 34. – С. 254-266.
6. Серебряков, Н. А. Анализ факторов, влияющих на совокупное электропотребление гарантирующего поставщика / Н. А. Серебряков. – Текст: непосредственный // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – №24(2). – С. 366-381.
7. Билалова, Алиса Ильдаровна. Прогнозирование потребления электрической энергии электротехническим комплексом городской электрической сети: диссертация ... кандидата технических наук 05.09.03. – Ульяновск, 2019. – 166 с. – Текст: непосредственный.
8. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. – М. : Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с.
9. Зуева, В. Н. Регрессионные методы прогнозирования графика нагрузки электрооборудования / В. Н. Зуева. – Текст: непосредственный // Научный журнал КубГАУ. – № 126(02). – 2017.
10. Лютаревич, А. Г. Применение нейронных сетей для прогнозирования параметров электропотребления / А. Г. Лютаревич. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 2(69). – С. 124-132.
11. Yong Peng, Zhineng Liu Application of an improved BP neural network in the forecasting of urban power supply // International Conference on Automatic Control and Artificial Intelligence (ACAI 2012). – DOI: 10.1049/cp.2012.1032.
12. Saurabh Singh, Shueb Hussain, Mohammad Abid Bazaz Short Term Load Forecasting Using Artificial Neural Network // Fourth International Conference on Image Information Processing (ICIIP). – 2017. – DOI: 10.1109/ICIIP.2017.8313703



13. Komyakov, A. A. Construction of electricity consumption mathematical models on railway transport used artificial neural network and fuzzy neural network / A. A. Komyakov, M. M. Nikiforov, V. V. Erbes, V. T. Cheremisin, V. I. Ivanchenko // IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC). – 2016. – DOI: 10.1109/EEEIC.2016.7555450.

