

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

VII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 9-10 декабря 2021 г.)

Материалы конференции

Казань
2022

УДК621.313
ББК31.261
П75

Рецензенты:

д-р техн.наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В.Г. Макаров
канд.техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В.В. Максимов

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор), И.Г. Ахметова,
О.В. Козелков, О.В. Цветкова

П75 Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Национальной науч.-практ. конф. (Казань, 9–10 декабря 2021 г.): / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2021. 776 с.

ISBN978-5-89873-593-7

Опубликованы материалы VII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.
6. Светотехника.
7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем.
9. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и распределенной генерации.
10. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN978-5-89873-593-7

© Казанский государственный энергетический университет, 2022 г

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Яппаров Рустам Ринатович¹, Роженцова Наталья Владимировна²
^{1,2}ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань, Россия
¹yapparovrr@yandex.ru, ²natalia15969@yandex.ru

Аннотация: В работе описаны основные методы и модели прогнозирования отрасли электроэнергетики: индексный метод, экспоненциальный метод сглаживания, нейронные сети, имитационные модели.

Ключевые слова: прогнозирование, методы, модели, электроэнергетика.

MODERN DIGITAL ELECTRICITY METERING DEVICES

Yapparov Rustam Rinatovich¹, Rozhentsova Natalia Vladimirovna²
^{1,2} SBEI HE «Kazan State Power Engineering University», Kazan, Russia
¹yapparovrr@yandex.ru, ²natalia15969@yandex.ru

Abstract: The paper describes the main methods and models of forecasting the electric power industry: index method, exponential smoothing method, neural networks, simulation models.

Keywords: forecasting, methods, models, electric power industry.

Прогнозирование отраслевого энергетического рынка предполагает, как минимум три показателя: объем производства, спрос (продажи) и цены на энергоресурсы [1]. В прогнозировании эти показатели несопоставимы. Если первые два указателя следуют довольно однообразным трендам изменения, поскольку их вполне можно предсказать, тогда как стоимость подвержена высокой скорости изменчивости и ее трудно предсказать в долгосрочной перспективе [1].

С помощью методов экстраполяции формируется определенная группа методов прогнозирования. В этой группе моделей можно выделить несколько подходов в силу их специфики. Ниже рассмотрим их подробнее.

Индексный метод. В простейшем случае прогноз емкости рынка электроэнергетической отрасли Q рассчитывается по формуле:

$$Q(t) = \sum_{i=1}^n Q_i(0) I_i^t, \quad (1)$$

где $Q(t)$ – емкость электроэнергетической отрасли в t -ом прогнозном году; $Q_i(0)$ – емкость i -ого электроэнергетической отрасли в базовом отчетном году; I_i – средний индекс роста емкости i -ого

электроэнергетической отрасли за некий отчетный период времени; n – число рынков электроэнергетики [2].

Этот подход (1) принимает определение долгосрочного тренда фондового рынка и не принимает во внимание краткосрочные колебания рынка [2].

Экспоненциальный метод сглаживания. В этом случае существует негласная адаптивная система, в которой ценность прогноза зависит от предыдущей оценки и реального положения дел [3]. Метод вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{прог}}(t+1) = \lambda Q_{\text{факт}}(t) + (1 - \lambda) Q_{\text{прог}}(t), \quad (2)$$

где $Q_{\text{прог}}(t+1)$ – прогнозное (формируемое) значение электроэнергетической отрасли в $t+1$ -ом году; $Q_{\text{прог}}(t)$ – прогнозное (существующее) значение электроэнергетической отрасли в t -ом прогнозном году; $Q_{\text{факт}}(t)$ – фактическое значение электроэнергетической отрасли в t -ом прогнозном году; λ – весовой коэффициент, учитывающий влияние фактических и прогнозных величин на текущую прогнозную величину [3].

Модель (2) довольно тривиальна и предназначена для решения простейших задач прогнозирования, например, для формирования ориентировочных предсказаний. Для более совершенного прогнозирования ситуации рекомендуется выполнить так называемую декомпозицию временного ряда, выделив три его составляющие – тренд, циклическую и случайную составляющие. Для этого используется метод Холта, учитывающий тенденцию исследуемого процесса, метод Брауна (частный случай метода Холта) и метод Винтерса, также «улавливающий» сезонный показатель [4]. Тем не менее сглаживающие методы довольно примитивны и имеют ограниченную область применения.

Главный недостаток системы методов экстраполяции - отсутствие в них обратных связей [1]. Чтобы устранить эту проблему, разрабатываются сложные модели, учитывающие взаимосвязи между несколькими переменными. С определенной долей условности эти методы можно разделить на две группы.

Нейронные сети. Задача нейронной сети состоит в преобразовании известного входного вектора в известный вектор ответа с помощью преобразователя данных $y = f(x)$, то есть преобразование весов данных в нейронной сети. Следовательно, чтобы обучить нейронную сеть, это означает, что необходимо выбрать значения ее весов, так чтобы она работала в правильно [4]. Потому как существует множество базовых алгоритмов для решения проблемы прогнозирования, то идея

моделирования энергетического рынка, основанная на нейронных сетях, имеет смысл.

Основной недостаток нейронной сети - несогласованность весовых коэффициентов для нескольких систем [4]. Поэтому прогнозировать поведение системы на основе «старых» весовых коэффициентов можно только с большой осторожностью.

Имитационные модели. Построение имитационных моделей представляют собой системой взаимосвязей между ключевыми переменными. Например, энергетическая отрасль имеет ряд особенностей, связанных с предприятиями в (конкурентной) рыночной среде. Согласно концепции М. Портера, интенсивность и состояние окружающей среды, например, электрическая энергия, определяются комбинацией пяти сил: производитель; поставщик; потребитель; конкуренты; товары-заменители [3].

Модель «Пяти сил» Портера позволяет дополнительно изучить возможные последствия изменения базового баланса параметров. Аналогичная модель и методика прогнозирования эффективности оценок на ее основе были выполнены для российского рынка электротехнических сталей [3]. Однако такая система еще не использовалась для глобальных отрасли, как кажется, из-за сложности системы для всех агентов из схемы Портера.

Источники

1. Капанский А.А. Методы решения задач оценки и прогнозирования энергетической эффективности // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11. № 2 (42). С. 103-115.

2. Герасимов Д.О., Суслов К.В. Системы имитационного моделирования мультиэнергетических объектов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 4 (48). С. 11-19.

3. Алиев Н.Д. Актуальность прогнозирования потребления электроэнергии // Молодежная наука как фактор и ресурс опережающего развития. 2021. С. 14-18.

4. Жук В.Л. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования в электроэнергетике // Энергетическая безопасность. 2020. С. 155-157.

<i>Рахматуллин С.С.</i> Современное развитие энергоэффективности и энергосбережения в сфере ЖКХ развитых стран.....	508
<i>Салахутдинов Б.М., Шириев Р.Р.</i> О повышении эффективности мобильных солнечных электростанций.....	511
<i>Толкушкина О.И., Кадыров Г.М., Полонская М.Н.</i> Проектирование электрических сетей жилых зданий в Республики Татарстан с учетом современных требований...	514
<i>Усиков Н.В., Дьяконов Е.М., Буренко А.А., Михайлов В.В., Цыбулин А.Ф.</i> Особенности выбора тепловых схем паровых котлов на низкие параметры при проектировании.....	517
<i>Червяков Д.Ю., Сошинов А.Г.</i> Анализ влияния нелинейных нагрузок на показатели качества электрической энергии и энергетическую эффективность.....	520
<i>Шамсемухаметов И.И.</i> Разработка автоматизированной системы контрольно-пропускного режима в здании.....	523
<i>Янов Т.А., Денисова А.Р.</i> Гравитационный способ аккумуляции электрической энергии для питания потребителей в периоды пиковых нагрузок...	525
<i>Яппаров Р.Р., Роженцова Н.В.</i> Методы прогнозирования в электроэнергетике.....	528

Секция 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>Аюпов Р.Ш.</i> Проблемы взаимодействия РЗА и «интеллектуальной» сети.....	531
<i>Галимова Г.Ф., Воркунов О.В.</i> Внедрение интеллектуальных электрических сетей	534
<i>Гельдыева Р.А., Сидоров А.Е.</i> Внедрение водородных аккумуляторов в повседневную жизнь.....	537
<i>Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В.</i> Эквивалентное сопротивление промышленных электрических сетей – как одна из основных характеристик в расчетах потерь электроэнергии.....	540
<i>Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В.</i> Повышение точности расчета эквивалентных сопротивлений систем электроснабжения промышленных предприятий.....	545
<i>Грачева Е.И., Наумов О.В., Горлов А.Н., Табачникова Т.В.</i> Исследование зависимостей величины активного и реактивного сопротивления трансформаторов от их номинальной мощности для оценки потерь напряжения...	550
<i>Демократия Джессе Иммануел</i> Изменение производства и потребления энергии Индонезии.....	555
<i>Емельянов Р.К., Савин Д.А., Васильев Н.В.</i> Использование возобновляемых источников энергии для электроснабжения изолированного района.....	558

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 9-10 декабря 2021г.)

Корректоры: С.Н. Валеева, О.В. Цветкова

Компьютерная верстка: О.В. Цветкова

Дизайн обложки: Ю.Ф. Мухаметшина

Подписано в печать 18.03.2022 г. Тираж 30. Заказ № 5249

Формат 60 84/16. Усл. печ. л. 47,9. Уч. изд. л. 34,04.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51.