



**Прогнозирование параметров электрической энергии:
методы и современные подходы**

Джаббарова Сумбула Хаким кизи

Ташкентский государственный
технический университет

Магистрант кафедры сетей и систем электростанций

Республика Узбекистан, город Ташкент

Аннотация: В условиях развития интеллектуальных энергосистем задача прогнозирования параметров электрической энергии становится особенно актуальной. В статье рассмотрены основные методы прогнозирования, их особенности, преимущества и недостатки. Также обозначены перспективные направления развития прогнозных технологий в электроэнергетике.

Ключевые слова: электрическая энергия, прогнозирование, нейронные сети, статистические методы, интеллектуальные системы, энергосбережение.

Annotatsiya: Intellektual energiya tizimlarini rivojlantirish sharoitida elektr energiyasi parametrlarini prognozlash vazifasi ayniqsa dolzarb bo'lib qoladi. Maqolada prognozlashning asosiy usullari, ularning xususiyatlari, afzalliklari va kamchiliklari muhokama qilinadi. Elektr energetikasida bashoratli texnologiyalarni rivojlantirishning istiqbolli yo'nalishlari ham belgilab berilgan.



Abstract: In the context of the development of intelligent energy systems, the task of forecasting the parameters of electrical energy becomes especially relevant. The article considers the main forecasting methods, their features, advantages and disadvantages. Also, promising areas for the development of forecasting technologies in the electric power industry are outlined.

Введение.

Современная электроэнергетика характеризуется высокой динамичностью процессов генерации, передачи и потребления энергии. Для обеспечения устойчивого функционирования энергосистем необходима возможность заблаговременного определения будущих параметров — таких как нагрузка, частота, напряжение и потери энергии. Прогнозирование позволяет оптимизировать режимы работы оборудования, планировать ремонты, эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии и минимизировать издержки.

1. Классификация методов прогнозирования

Методы прогнозирования параметров электрической энергии условно делятся на три большие группы:

1.1 Статистические методы

Статистические подходы основываются на анализе исторических данных и предполагают выявление закономерностей и трендов. К числу наиболее популярных относятся:



Линейная регрессия: простая модель для предсказания зависимости параметра от одного или нескольких факторов.

Метод скользящей средней: используется для сглаживания случайных колебаний данных и выявления тренда.

Модели экспоненциального сглаживания (например, Holt-Winters): учитывают сезонные колебания нагрузки.

Преимущества: простота реализации, малая вычислительная сложность.

Недостатки: низкая точность при наличии резких изменений или нелинейных процессов.

1.2 Методы машинного обучения и искусственного интеллекта

Развитие цифровых технологий способствовало активному применению методов машинного обучения в прогнозировании. Среди них:

Искусственные нейронные сети (ANN, LSTM): хорошо справляются с задачами предсказания временных рядов с нелинейными зависимостями.

Метод опорных векторов (SVM): используется для классификации и регрессии.

Ансамблевые методы (Random Forest, XGBoost): повышают точность прогнозов за счёт объединения нескольких моделей.

Преимущества: высокая точность, возможность работы с большими объемами данных и сложными взаимосвязями.

Недостатки: необходимость большого количества данных и вычислительных ресурсов.

1.3 Физико-математические модели



Такие модели строятся на основе описания физических процессов в энергосистемах:

Решение уравнений баланса мощности.

Моделирование сетевых режимов работы (например, методом Ньютона-Рафсона).

Имитационное моделирование аварийных режимов.

Преимущества: высокая точность при детальном описании системы.

Недостатки: сложность построения моделей и необходимость в обширной информации о системе.

2. Комбинированные и гибридные подходы

На практике всё чаще применяются комбинированные методы, объединяющие преимущества разных подходов:

Гибридные модели: совмещение нейронных сетей и статистических методов для повышения точности.

Каскадные методы прогнозирования: первичный прогноз с помощью статистического метода, уточнение с использованием нейросетей.

Такие решения позволяют более гибко адаптироваться к изменениям в энергосистеме и добиваться высокой надежности прогнозов.

3. Современные тенденции развития

На сегодняшний день особое внимание уделяется следующим направлениям:

Интеграция методов глубокого обучения (Deep Learning) для сложных систем с временными рядами.



Прогнозирование с учетом неопределенности (например, применение моделей Монте-Карло).

Онлайн-обучение моделей для адаптации к изменениям в реальном времени.

Развитие цифровых двойников энергосистем — виртуальных моделей, которые позволяют тестировать различные сценарии работы.

4. Практическое значение прогнозирования

Эффективное прогнозирование параметров электрической энергии позволяет:

Сокращать издержки на производство и транспортировку энергии.

Повышать надежность и безопасность работы энергосистем.

Увеличивать долю использования возобновляемых источников энергии.

Оперативно реагировать на изменения спроса и аварийные ситуации.

Заключение

Прогнозирование параметров электрической энергии является неотъемлемой частью современной энергетики. Выбор подходящего метода зависит от специфики объекта, доступности данных и требований к точности прогноза. Перспективным направлением является развитие гибридных моделей, объединяющих достижения статистики, машинного обучения и физики, а также активное внедрение цифровых технологий в процессы управления энергосистемами.



Литература:

1. Гусев С. А., Петров И. Н. "Прогнозирование в энергетике: методы и модели", Москва, 2021.
2. Zhang J., Li W., "Short-term electric load forecasting based on deep learning techniques", IEEE Transactions, 2020.
3. Hyndman R. J., Athanasopoulos G. "Forecasting: Principles and Practice", 3rd edition, 2021.
4. Bishop C. "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2006.