

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.021:621.315.05-049.7

Равойть Илья Геннадьевич

Алгоритмы прогнозирования потребления электроэнергии

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1–40 80 02 «Системный анализ, управление и обработка информации»

Научный руководитель

Шибут Марина Станиславовна

кандидат технических наук,

доцент

Минск 2021

\ВВЕДЕНИЕ

В условиях становления рыночных отношений в электроэнергетике задача совершенствования методов краткосрочного прогнозирования электропотребления и создания соответствующего программного обеспечения для повышения точности планирования оптимальных режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) является важной и актуальной. Повышение точности планирования предполагает обеспечение наиболее экономичной работы ЭЭС при рациональном расходовании энергоресурсов и удовлетворении требований надежности энергоснабжения и качества электроэнергии. Прогнозы нагрузки играют решающую роль при ценообразовании на электроэнергию на оптовом рынке электроэнергии и мощности и становятся все более важными как для ее производителей, так и для потребителей.

Энергосбытовые компании и гарантирующие поставщики осуществляют планирование потребления групп и отдельных потребителей. Генерирующие компании и электростанции участвуют в процессе планирования электропотребления, определяя расход электроэнергии на нужды эксплуатации электростанций. В данной ситуации необходим точный прогноз «на сутки вперед». Точность прогнозирования напрямую зависит от методик расчета. Существует большое количество моделей и методов краткосрочного прогнозирования нагрузки.

Качество прогноза во многом зависит от выбранной математической модели. Наибольшее распространение получили модели, разлагающие нагрузку на две составляющие: базовую (регулярную) и зависящую от погоды (нерегулярную). Однако, имеющиеся в эксплуатации методы краткосрочного прогнозирования электропотребления, не удовлетворяют в полной мере технологии их использования при управлении режимами. Основным недостатком существующих методов является необходимость построения модели нагрузки и постоянное уточнение готовой модели. Другим недостатком этих методов является неточное установление соотношения между входными и выходными переменными, так как зависимости между ними нелинейные.

В последнее десятилетие с развитием теории искусственного интеллекта решение задачи прогнозирования нагрузки осуществляют с использованием моделей на основе искусственных нейронных сетей (ИНС).

Наиболее точным и перспективным методом краткосрочного прогнозирования электропотребления в настоящее время является метод с использованием ИНС, позволяющий производить учет метеофакторов.

Магистерская диссертация выполнена самостоятельно, проверена в системе «Антиплагиат». Процент оригинальности соответствует норме, установленной кафедрой. Цитирования обозначены ссылками на публикации, указанные в «Списке использованных источников».

Библиотека БГУИР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В условиях функционирования оптового рынка электроэнергии необходимость точного прогнозирования электропотребления обусловлена технологическими и экономическими причинами. Для ЭЭС повышение точности прогноза необходимо для поддержания оптимального плана генерации электроэнергии с точки зрения обеспечения минимума расхода энергоресурсов, недопущения перегрузки генерирующих мощностей и ухудшения качества электроэнергии.

Цель и задачи исследования

Целью разработана модели краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии с использованием ИНС для повышения точности планирования оптимального режима электроэнергетической системы и повышения достоверности при решении технических и экономических задач.

Объектом исследования являются проблемы, связанные с некачественным прогнозированием потребления электроэнергии.

Предметом исследования являются алгоритмы и модели прогнозирования потребления электроэнергии.

Для выполнения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. провести обзор и анализ существующих методов прогнозирования электропотребления и обосновать выбор модели ИНС для прогнозирования электропотребления в ЭЭС;
2. разработать структуру и математическую модель ИНС прямого распространения для целей прогнозирования потребления электроэнергии и методику определения исходных весовых коэффициентов ИНС на основе этой модели;
3. разработать методику учета температуры в прогнозной модели ИНС для ЭЭС;
4. разработать и реализовать алгоритм и программный модуль расчета прогнозных значений электропотребления методом ИНС для ЭЭС;
5. определить оптимальную топологию нейронной сети обеспечивающую наибольшую точность прогнозирования;
6. провести сравнительный анализ и оценку эффективности метода краткосрочного прогнозирования на основе ИНС с существующими методами;

Теоретическая и методологическая основа исследования

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. разработана и построена сетевая структура ИНС прямого распространения для краткосрочного прогнозирования электропотребления ЭЭС и методика определения исходных весовых коэффициентов ИНС, а также представлена математическая модель этой сети;
2. исследованы нейромодели с разным количеством скрытых слоев и нейронов в скрытом и входном слое для оценки влияния изменения топологии сети на качество прогнозирования. Выбрана оптимальная нейросеть для энергосистемы - трехслойная ИНС с шестью нейронами на входе, пятью в скрытом и одним нейроном в выходном слое. Критерий оптимальности - минимальное значение средней ошибки;
3. разработан и программно реализован алгоритм расчета прогнозных показателей, использующий авторские методики и топологию нейронной сети, проверенный на практике и обеспечивающий уменьшение погрешности в прогнозировании по сравнению с методом Сааренда в 2,5 раза и методом экспоненциального сглаживания в 5 раз;

Теоретическая значимость работы заключается в анализе типичных ошибок, связанных с существующими алгоритмами прогнозирования электроэнергии, и способов их разрешения.

Практическая значимость заключается в разработке алгоритма оптимального прогнозирования потребления электроэнергии ЭЭС с использованием ИНС и программного модуля расчета прогнозных значений потребления электроэнергии ЭЭС в среде FANN (Fast Artificial Neural Network). На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование метода ИНС имеет наименьшую погрешность в прогнозировании потребления электроэнергии среди существующих используемых методов. И поэтому его целесообразно использовать для прогнозирования электрической нагрузки в ЭЭС с целью повышения точности планирования оптимального режима энергосистемы.

Структура и объем работы

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложения. Общий объем диссертации – 88 страниц

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации рассматриваются задачи прогнозирования электрических нагрузок ЭЭС в условиях рыночных отношений в энергетике, описаны общие подходы к построению прогнозной модели процесса электропотребления. Представлен обзор существующих традиционных методов прогнозирования, показаны их достоинства и недостатки. Описываются основные методы краткосрочного прогнозирования электропотребления, которые применяются в сетевых службах: метод Сааренда и метод экспоненциального сглаживания линии тренда временного ряда в сочетании с методом индексов сезонности. Показана целесообразность применения в системах прогнозирования искусственных нейронных сетей, обладающих рядом достоинств.

Во второй главе рассмотрены общие вопросы развития и применения ИНС в задачах прогнозирования. Для целей краткосрочного прогнозирования электропотребления в ЭЭС построена структура и разработана математическая модель ИНС прямого распространения дающая наиболее точный прогноз нагрузки, так как обладает высокой степенью нелинейности и связности, реализуемой посредством прямых связей нейронов между собой. Определены основные факторы, оказывающие влияние на электропотребление и произведена оценка их влияния на точность прогнозирования. Разработанная нейромодель отличается автоматизированным выбором оптимального набора входных переменных ИНС, что позволяет использовать модель для прогнозирования потребления электроэнергии в любой энергосистеме и обуславливает научную новизну диссертационной работы.

В третьей главе проведен корреляционный и регрессионный анализ электропотребления и температуры наружного воздуха на основе статистических данных ЭЭС с помощью программы “Statistica 6.0”. Построены графики временных рядов электропотребления и температуры наружного воздуха по сезонам года (весна, лето, осень, зима), диаграммы рассеяния для каждого месяца с указанием значения коэффициента корреляции и уравнения регрессии. С помощью программы “Statistica 6.0” описаны основные числовые характеристики рассматриваемых величин. Зависимость электропотребления от температуры наружного воздуха получена с помощью построения упорядоченного графика. График электропотребления аппроксимируется линией полиномиального тренда. Уравнение тренда подается на вход ИНС и позволяет учитывать влияние температуры при прогнозировании электропотребления. Определены

значения начальных весовых коэффициентов для учета температуры в модели ИНС на основании построения диаграмм рассеяния.

В четвертой главе описана методика краткосрочного прогнозирования электропотребления на основе ИНС. Разработан алгоритм и программный модуль расчета прогнозных значений потребления электроэнергии ЭЭС методом на основе ИНС. Представлена блок-схема алгоритма программного модуля. С помощью этого программного модуля исследованы нейромодели с разным количеством нейронов в скрытом и входном слое, а также с разным количеством скрытых слоев, для оценки влияния изменения топологии нейросети на качество прогнозирования. Выбрана оптимальная модель для ЭЭС. Критерий оптимальности - минимальное значение квадратичной ошибки и повышение точности прогноза. Все расчеты по прогнозированию электропотребления проводились на основании этой сети. Построенная сеть делает предсказания значения электропотребления на сутки вперед, исходя из предыдущих значений и учитывая влияние температуры наружного воздуха, сезонность и тип дня недели. Проведен сравнительный анализ представленных в работе методов краткосрочного прогнозирования, результаты анализа представлены в виде таблицы.

В заключении представлены основные научные и практические результаты диссертационной работы.

В приложении представлен листинг кода, отвечающего за реализацию результатов исследования, а также подтверждение участия в 57-й научной конференции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня электричество является важной и неотъемлемой частью нашей жизни. Поэтому вопрос потребления и прогнозирования потребления электроэнергии становится актуальнее с каждым годом.

В диссертационной работе поставлена и решена задача разработки модели краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии с использованием искусственной нейронной сети (ИНС) для повышения точности планирования оптимального режима электроэнергетической системы, тем самым подтверждена научная новизна исследования. Основные научные и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем.

1. Построена сетевая структура многослойной ИНС прямого распространения, состоящая из одного входного, одного скрытого слоя и единственного нейрона выходного слоя, и разработана математическая модель этой сети с учетом влияния температуры для краткосрочного прогнозирования электропотребления ЭЭС.

2. Определен набор входных данных ИНС для краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии с использованием статистических данных. Определены значения исходных весовых коэффициентов ИНС прямого распространения.

3. Проведены исследования нейромоделей с разным количеством скрытых слоев и нейронов в скрытом и входном слое для оценки влияния изменения топологии сети на точность прогнозирования электропотребления ЭЭС, и выбрана оптимальная модель ИНС - трехслойная ИНС с шестью нейронами на входе, пятью в скрытом и одним нейроном в выходном слое.

4. Проведен анализ влияния температуры на электропотребление ЭЭС и предложена методика учета температуры в прогнозной модели ИНС.

5. Разработан алгоритм и программный модуль расчета прогнозных значений электропотребления ЭЭС с использованием ИНС.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование метода ИНС имеет наименьшую погрешность в прогнозировании потребления электроэнергии среди существующих используемых методов. И поэтому его целесообразно использовать для прогнозирования электрической нагрузки в ЭЭС с целью повышения точности планирования оптимального режима энергосистемы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А Равойть, И.Г. Прогнозирование потребления электроэнергии / Равойть, И.Г. // Материалы 57-ой научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» Минск, БГУИР, 2021.

Библиотека БГУИР