

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

В. А. Сапрыка
Инженер*

E-mail: vaska-sapryka@yandex.ru

О. Г. Грив

Доктор технических наук, профессор*

E-mail: grib.o@mail.ru

*Кафедра автоматизации энергосистем

Национальный технический университет

«Харьковский политехнический институт»

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

А. В. Сапрыка

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра электроснабжения городов

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

E-mail: a_sapryka@mail.ru

Л. Ю. Ступишин

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра городского, дорожного строительства и строительной

механики

Юго-Западный государственный университет

ул. 50 лет Октября, 94, г. Курск, Россия, 305040

E-mail: lusgsh@yandex.ru

Розглядається підвищення ефективності роботи електротехнічного устаткування за допомогою нейромережевої моделі для погодинного прогнозування відхилення напруги в електричних мережах промислової і селітебної зони з урахуванням якості електроенергії

Ключові слова: нейромережева модель, ефективність, енергоспоживання, статистичний ряд, прогнозування, приймачі електроенергії, електротехнічне обладнання

Рассматривается повышение эффективности работы электротехнического оборудования с помощью нейросетевой модели для почасового прогнозирования отклонения напряжения в электрических сетях промышленной и селітебной зони с учетом качества електроенергії

Ключевые слова: нейросетевая модель, эффективность, энергопотребление, статистический ряд, прогнозирование, приемники электроенергії, электротехническое оборудование

1. Введение

В связи с постоянным ростом потребления электроэнергии и повышением её стоимости интерес к экономии электроэнергии значительно повышается. Предстоящий значительный рост потребления электрической энергии в городах Украины на перспективу до 2030 года, а также увеличение численности городского населения подтверждают актуальность проблемы. Дальнейшее насыщение квартир приемниками электроэнергии повышенной мощности обострит вопросы качества электроэнергии в электрических сетях, так как большинство электроприемников имеют нелинейную вольт-амперную характеристику [1,2]. Поэтому в настоящее время наблюдается особый интерес к нейросетевым моделям, которые успешно применяются в самых различных областях науки и техники. Нейронные сети являются современным методом моделирования, позволяющим воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Нейронные сети вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления.

Одно из перспективных направлений исследований состоит в создании математических моделей и методов прогнозирования электропотребления в электротехнических комплексах. Разработанные ранее технологии прогнозирования были ориентированы в основном на стационарные условия и использование удельных норм расхода электрической энергии. Современные условия функционирования таких объектов характеризуются нестабильностью процессов электропотребления, что требует совершенствования методов анализа и прогнозирования.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Исследования специалистов и ученых показывают актуальность и необходимость использования нейросетевых моделей для прогнозирования [3-10]. При идентификации процессов энергопотребления широкое применение нашли экспериментальные и экспериментально-аналитические методы. В результате достигнуты определенные успехи при использовании

таких моделей для целей синтеза систем управления и определения их свойств на стадии разработки и проектирования.

Однако попытки использования таких моделей в качестве эталонных в контурах управления значительного успеха не имели, что вызвало необходимость проведения исследований в этом направлении.

В задачах управления энергопотреблением наиболее перспективным является использование нейронных сетей следующих типов:

- многослойных нейронных сетей прямого распространения или многослойных перцептронов, сокращенно MLP (от Multi Layer Perceptron);
- радиальных нейронных сетей или RBF-сетей (от Radial Basis Function Network);
- обобщенно-регрессионных нейронных сетей или GRNN (от Generalized Regression Neural Network).

Вопрос о необходимых и достаточных свойствах сети для решения конкретной задачи пока теоретически не решен и поэтому единственным гарантированным подходом является метод испытания различных сетей и сравнения результатов моделирования.

3. Цель и задачи исследования

Целью настоящей работы является повышение эффективности работы электрических сетей с помощью нейросетевой модели для прогнозирования отклонения напряжения в электрических сетях промышленной и селитебной зоны с учетом качества электроэнергии.

4. Основная часть

Исследовались электрические сети на объектах – это промышленные и коммунальные предприятия, административные учреждения, а также жилые здания. Измерения проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 13109-97, длительность непрерывных измерений качества электроэнергии составляла от 1 до 7 суток. Использовали анализаторы напряжений и токов в электрических сетях типа АНТЭС АК-3Ф и измерительные приборы РЕСУРС - UF2M [1,2].

Рассмотрим создание нейронной сети для прогноза отклонения напряжения в фазе dU на час вперед на примере эксперимента из 48 точек, зафиксированных с интервалом в 1 час.

Для проведения предварительной оценки архитектуры сети был использован пакет Statistica - программное обеспечение для анализа данных и поиска статистических закономерностей.

В данном пакете работа с нейросетями представлена в модуле STATISTICA Neural Networks (сокращенно, ST Neural Networks, нейронно-сетевой пакет фирмы StatSoft) , представляющий собой реализацию всего набора нейросетевых методов анализа данных.

В ходе проведения вычислительных экспериментов было исследовано 100 000 различных вариантов конфигурации сети.

Архитектура оптимальной нейронной сети представлена на рис. 1.

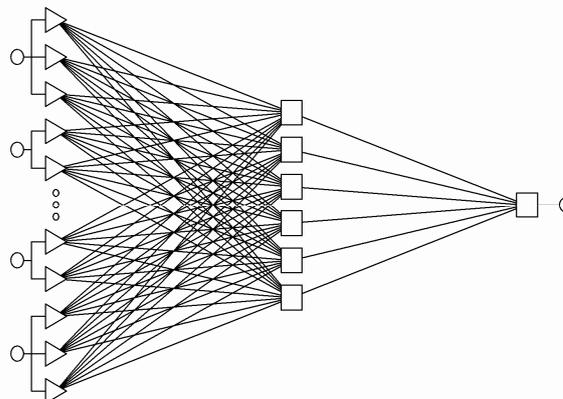


Рис. 1. Архитектура оптимальной нейронной сети

Анализ полученных данных показывает, что лучшей является сеть под номером 13. Таким образом, наиболее адекватно экспериментальные данные при различных комбинациях исходных случаев отражает трехслойная сеть с 12 входами, включающая во втором слое 6 и в третьем - один прецептор.

На рис. 2 представлен типовой характер изменения переменных эксперимента. Для того чтобы нейронная сеть могла решать поставленную задачу, ее предварительно необходимо обучить, которое сводится в основном к подстройке весов нейронов по примерам обучающей выборки. Для этого была использована среда The Mathworks MATLAB и встроенного в среду пакета инструментов Neural Network Toolbox, которые позволяют избежать тонкостей программирования моделей нейронных сетей и их элементов, а сосредоточиться непосредственно на решении поставленной задачи.

В качестве обучающей последовательности использовались данные эксперимента и был разработан листинг соответствующей программы.

Для обучения сети лучшим оказался градиентный метод LM (Левенберга - Марквардта), использующий алгоритм обратного распространения ошибки.

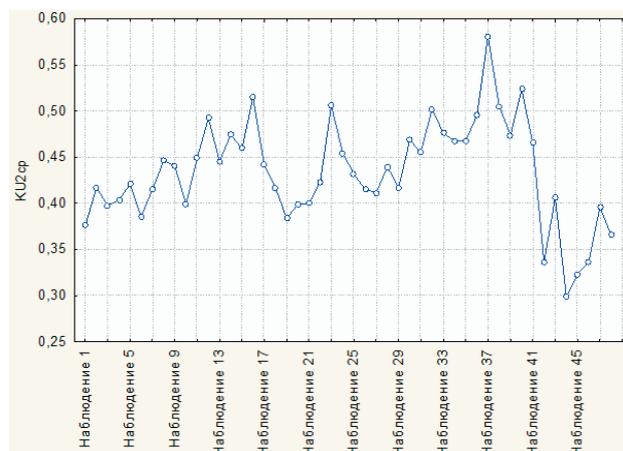


Рис. 2. Характер изменения переменных эксперимента

Это итеративный градиентный алгоритм обучения, который используется в многослойных нейронных сетях с последовательными связями с целью минимизации функции ошибки, которая представляет собой сумму квадратов рассогласования (ошибки) желаемо-

го выхода сети и реального, с рассмотрением сигналов ошибки от выходов нейронной сети к ее входам, то есть в направлении, обратном распространению сигналов в обычном режиме работы. Адекватность модели оценивалась параметрами регрессии:

первые два - m и b - определяют наклон и смещение линии регрессии в координатах эксперимент-модель, третий - r - коэффициент корреляции.

Если выходы модели точно равняются эксперименту, то наклон должен быть равен 1, а смещение 0.

В рассматриваемом примере $m=1$ и $b=0$, $r=1$, что указывает на существенную корреляцию между выходами и целями, т. е. малые изменения цели адекватно отражаются в выходах нейронной сети, что является характеристикой ее высокого качества.

В качестве критерия адекватности использовалось среднее квадратическое отклонение опытных $u_э$ и модельных $u_м$ значений переменных dU и $dU_п$.

Среднее квадратическое отклонение зависимостей составило $\sigma_{dU} = 0,05\%$. Это свидетельствует о высокой степени адекватности модели. Кривые исходного и спрогнозированного сигналов представлены на рис. 3.

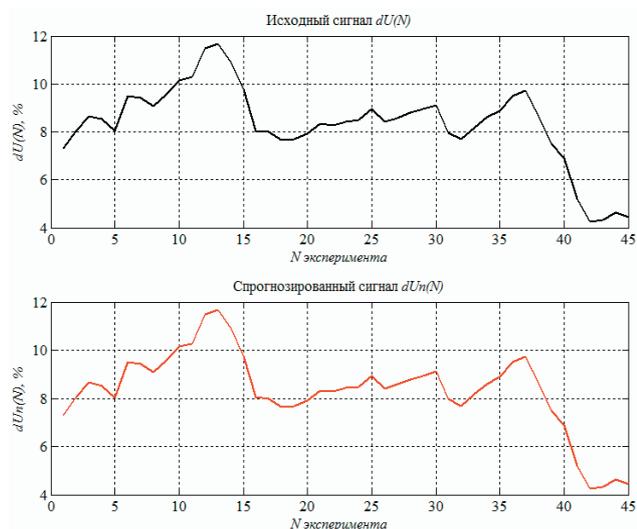


Рис. 3. Кривые исходного и спрогнозированного сигналов $dU_п$ в электрических сетях от N эксперимента

Уменьшение потребления электроэнергии в электротехнических установках позволит существенно экономить электроэнергию, а также сократить пиковую мощность.

5. Выводы

Получила дальнейшее развитие нейросетевая модель для прогнозирования отклонения напряжения в трехфазных электрических сетях промышленной и сельской зоны с учетом качества электроэнергии. Адаптация модели к изменяющимся условиям управления требует наличия текущей информации

об изменении основных параметров процесса, что требует реализации соответствующей системы информационного обеспечения. Такая адаптация может быть осуществлена в режиме реального времени, что свидетельствует о возможности применения модели в качестве эталонной в соответствующих системах электроснабжения.

Литература

1. Гриб, О.Г. Мониторинг показателей качества электрической энергии на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства [Текст] / О.Г. Гриб, О.Н. Довгалюк, В.А. Сапрыка, А.В. Сапрыка // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 101. Харків, 2010 р. С. 25-27.
2. Гриб, О.Г. Контроль потребления электрической энергии с учетом ее качества [Текст] / О.Г. Гриб, В.И. Васильченко, Ю.С. Громадский и др. // Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 444 с.
3. Хайкин, С. Нейронные сети [Текст] / С. Хайкин – М.: Вильямс, 2006. – 1104с.
4. Арутюнян, Р.В. Прогноз электропотребления: анализ временных рядов, геостатистика, искусственные нейронные сети [Текст] / Р.В. Арутюнян и др. // Препринт ИПБРАЭ РАН, 1999. – 260с.
5. Савка, Н.Я. Застосування штучних нейронних мереж з радіально-базисними функціями для розв'язування задач прогнозування [Текст] / Н.Я. Савка // Комунальне господарство міст. Наук.-техн. зб. Вип. 97 – Х: ХНАМГ. - 2011. С. 349- 353.
6. Будаков, В.П. Использование искусственных нейронных сетей в атмосферной оптике и их программирование в MATLAB с помощью NEURAL NETWORK TOOLBOX [Текст] / В. П. Будаков, Д. А. Клейков // Труды III науч. конф. «Проектирование инженерных и научных приложений в среде MATLAB. М. МЭИ. С.893-899.
7. Галушкин, А.И. Теория нейронных сетей. [Текст] / А. И. Галушкин. – М.: ИПРЖР, 2000. -416с.
8. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление [Текст] / Дж. Бокс, Г. Дженикс. – М.: Мир. 1974. – 406с.
9. Сапрыка, А.В. Разработка нейросетевой модели для прогнозирования отклонения напряжения в осветительных сетях [Текст] / А. В. Сапрыка // – Промелектро №5: 2010. – С 15-19.
10. Вахнина, В.В. Разработка нейросетевой модели для прогнозирования планового почасового потребления электрической энергии промышленной и сельской зоны автозаводского района г. Тольятти [Текст] / В. В. Вахнина, П.А. Киселяускас, Э.Ф. Хафизов // Труды Межд. науч.-техн. конф. «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии». – Тольятти: ТГУ. – 2009. – С. 105-108.