

УДК 621.3

DOI: 10.53015/18159958_2021_4_3

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ
НЕЙРОННОГО АНАЛИЗА****IMPROVING THE EFFICIENCY OF POWER SUPPLY SYSTEMS TAKING
INTO ACCOUNT THE USE OF NEURAL ANALYSIS METHODS**

©2021

Зацепина Виолетта Иосифовна^{1,3}, доктор технических наук, профессор
кафедры электрооборудования

Шачнев Олег Ярославович¹, кандидат технических наук, доцент
кафедры электрооборудования

Шачнев Александр Ярославович², генеральный директор
Zatsepina Violetta Iosifovna^{1,3}, Doctor of Technical Sciences, Professor
of the Department of Electrical Equipment

Shachnev Oleg Yaroslavovich¹, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Electrical Equipment

Shachnev Alexander Yaroslavovich², General Director

¹*Липецкий государственный технический университет, Липецк (Россия)*

²*АО «Липецкая городская энергетическая компания», Липецк (Россия)*

¹*Lipetsk State Technical University, Lipetsk (Russia)*

²*Lipetsk City Energy Company JSC, Lipetsk (Russia)*

E-mail: vizats@gmail.com

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8347-4479>

E-mail: sh.ol.ya@yandex.ru

Аннотация: В данной статье описывается вариант использования нейронного анализа устройствами электроэнергетики. Представлены особенности моделирования нейронных сетей в программном пакете Matlab Simulink Neural Network Toolbox. Показывается состояние нейронной сети в области построения ошибок в одном из режимов работы электроустановки. Предложено применение функции «Адаптивного линейного прогнозирования» в системах управления устройствами компенсации реактивной мощности. Указаны выгодные стороны применения, которые дают положительный экономический эффект в области энергоэффективности промышленного предприятия.

Ключевые слова: нейронные сети, весовой коэффициент, энергетическая эффективность, анализ нагрузок, статистический анализ.

Для цитирования: Зацепина В.И., Шачнев О.Я., Шачнев А.Я. Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения с учетом применения методов нейронного анализа // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2021. Т. 17, № 4 (66). С. 3–8. DOI: 10.53015/18159958_2021_4_3.

Abstract: This article describes a variant of using neural analysis by electric power devices. The features of neural network modeling in the Matlab Simulink Neural Network Toolbox software package are presented. The state of the neural network in the field of error construction in one of the modes of operation of the electrical installation is shown. The application of the "Adaptive linear prediction"

function in control systems of reactive power compensation devices is proposed. The positive aspects of the application are indicated, which give a positive economic effect in the field of energy efficiency of an industrial enterprise.

Keywords: neural networks, weighting factor, energy efficiency, load analysis, statistical analysis.

For citation: Zatsepina V.I., Shachnev O.Ya., Shachnev A.Ya. Improving the efficiency of power supply systems, taking into account the use of neural analysis methods // Vesti of Higher Educational Institutions of the Chernozem region. 2021. Vol. 17, № 4 (66). P. 3–8. DOI: 10.53015/18159958_2021_4_3.

ВВЕДЕНИЕ

Конкурентоспособность современной промышленности экономически зависит от энергоэффективности электроэнергетического сектора. Поддержание показателей качества электроэнергии на необходимом уровне обеспечивает преимущество среди остальных участников рынка. Поддержание индуктивной составляющей реактивной мощности на крайне низком уровне обеспечивает минимальные затраты на производимую продукцию. Особенно сильно это заметно на высокомошных предприятиях металлургической направленности. В условиях высоких мировых цен на металлы излишняя прибыль может быть направлена на повышение конкурентоспособности, модернизацию производственных кластеров и другие статьи расходов.

Множество предприятий мирового уровня имеют сложные современные устройства компенсации реактивной мощности с высоким быстродействием. В статьях [1, 2] были приведены способы увеличения быстродействия данных устройств с устранением ложных срабатываний посредством методов статистического анализа. В статье [3] дополнительно рассматривался анализ частотных возмущений посредством wavelet-разложения и его применение в системе управления устройств СТАТКОМ.

ТЕОРИЯ ВОПРОСА

В связи с возросшим интересом к нейротехнологиям, которые доказывают свою эффективность во всех сферах деятельности, появилось множество исследований по применению нейронных систем в области электроэнергетики. Данная научная сфера позволяет проводить аппроксимации электрических характеристик, использовать схемы

диспетчерского управления потоками мощности, применять их в робототехнических системах и в других сферах.

Также были попытки применить нейронные сети для анализа потребления электрической энергии различными типами потребителей, что дают большую перспективу в научной деятельности. Следует отметить, что в большинстве случаев речь идёт о исследовании стационарных сигналов. Действительно, сигналы такого типа достаточно успешно инициализируются нейронными сетями, находят определенные зависимости от точек экстремума, проводятся операции интерполяции и экстраполяции и, соответственно, с течением расчетных итераций величина ошибки стремится к нулю, обеспечивая достаточно точный предполагаемый сигнал.

В исследованиях [1–3] рассматривались электрические сигналы, которые можно отнести к нестационарным. Вышеуказанный подход будет давать либо большие ошибки, либо нейросеть будет неадекватна. Для решения данного вопроса возможно применить функцию «Adaptive Linear Prediction» или в очень сложных случаях функцию «Time Series Forecasting Using Deep Learning». Второй случай более требователен к ресурсам, следовательно использовать его в быстродействующих системах нецелесообразно.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рассмотрим применение функции «Adaptive Linear Prediction» в программном комплексе Matlab Simulink R2014a на графике электрической нагрузки реального объекта. Для простоты эксперимента и точном подборе уровня задержки сигнала, количества нейронных слоев и нейронов приведём все параметры в относительные единицы. Для отображения корректности работы

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

В.И. Зацепина, О.Я. Шачнев, А.Я. Шачнев Повышение эффективности функционирования систем электроснабжения с учетом применения методов нейронного анализа.....3

А.Н. Кустов, В.И. Зацепина, В. Бялы Возможные внедрения цифровых технологий в энергетический комплекс.....9

Л.М. Инаходова, А.Л. Фролов Совершенствование электрических методов диагностирования для оценки состояния активной части силовых трансформаторов распределительных сетей 6–10 кВ18

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Л.М. Инаходова, А.Л. Фролов Исследование звукового излучения контактных соединений распределительных устройств подстанций 26

А.Н. Шпиганович, А.В. Бойчевский Оценка надежности отдельных единиц электрооборудования по характеристикам системы электроснабжения.....33

А.Д. Моргоева, И.Д. Моргоев, Р.В. Клюев, В.И. Ляшенко Прогнозирование нагрузки на электросеть как способ эффективного управления потреблением электрической энергии.....39

CONTENTS

ELECTRIC POWER INDUSTRY

V.I. Zatsepina, O.Ya. Shachnev, A.Ya. Shachnev Improving the efficiency of power supply systems taking into account the use of neural analysis methods.....3
A.N. Kustov, V.I. Zatsepina, V. Byaly Possible implementation of digital technologies in the energy complex.....9
L.M. Inakhodova, A.L. Frolov Improvement of electric diagnostic methods for assessing the state of the active part of power control transformers networks 6–10 kV.....18

ELECTRIC POWER INDUSTRY

L.M. Inakhodova, A.L. Frolov Research of sound radiation of contact connections of substation switching devices.....26
A.N. Shpiganovich, A.V. Boychevsky Assessment of reliability of individual units electrical equipment by characteristics power supply systems.....33
A.D. Morgoeva, I.D. Morgoev, R.V. Klyuev, V.I. Lyashenko Forecasting the load on the power grid as a way to effectively manage the consumption of electrical energy.....39

Chief Editor

Shpiganovich Alexander Nikolaevich – D.Sc. (Tech.), Prof.

Deputy Chief Editor

Zatsepina Violetta Iosifovna – D.Sc. (Tech.), Prof.

Executive Secretary

Shachnev Oleg Yaroslavovich – Cand.Sc. (Tech.), Associate Prof.

Members of the Editorial Council:

Saraev Pavel Viktorovich, D.Sc. (Tech.), Associate Prof. (Lipetsk State Technical University, Russia, Lipetsk)
 Pogodaev Anatoly Kiryanovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Lipetsk State Technical University, Russia, Lipetsk)
 Byaly Vitold, D.Sc. (Tech.), Prof. (Silesian Technical University, Poland, Gliwice)
 Voltchev Stanimir, D.Sc. (Tech.), Prof. (University of Lisbon, Portugal, Lisbon)
 Ruomei Li, D.Sc. (Tech.), Prof. (Chinese Society of Electrical Engineering, China)
 Krasnyansky Mikhail Nikolaevich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Tambov State Technical University, Russia, Tambov)
 Lucas Vilmar Adolfovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Berlin Technical University, Germany, Berlin)
 Naizabekov Abdrakhman Batyrbekovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Rudny Industrial Institute, Kazakhstan, Rudny)
 Sukhinin Boris Vladimirovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Tula State University, Russia, Tula)
 Timoshin Sergey Ivanovich, D.Sc. (Phys.-Mat.), Prof. (Gomel State Technical University, Belarus, Gomel)
 Troyanovska Malgorzata, D.Sc. (Tech.), Prof. (Agrarian University, Poland, Krakow)
 Morkun Vladimir Stanislavovich, D.Sc. (Tech.), Prof. (Krivoy Rog national university, Ukraine, Krivoy Rog)
 Reza Derakhshani, D.Sc. (Philos.), (University of Utrecht, Netherlands, Utrecht)

Editorial board of the issue:

Electric power industry

Chernyshova T.I., D.Sc. (Tech.), Prof. (Tambov State Technical University, Russia, Tambov)
 Kachanov A.N., D.Sc. (Tech.), Prof. (Orel State University, Russia, Orel)
 Gracheva E.I., D.Sc. (Tech.), Prof. (Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia)
 Shevryev Yu.V., D.Sc. (Tech.), Prof. (National Research Technological University MISIS, Russia, Moscow)