

УДК 629.7:621.3

С.В. ГУБИН, М.Н. НАКАЗНЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

МОДИФИКАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО НАКОПИТЕЛЯ В СОСТАВЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Установлено, что успешное решение задач моделирования разрядной характеристики электрохимического накопителя в случае использования зашумленной информации возможно за счет применения многофакторных нейросетевых моделей. В результате исследования предложена методика построения высококачественной нейросетевой математической модели, которая включает четыре этапа: предобработка данных; определение входов нейронной сети; разработка архитектуры нейросетевой модели и ее обучение; эксплуатация нейронной сети. Разработана нейросетевая модель, позволяющая с высокой степенью точности моделировать работу электрохимического накопителя.

Ключевые слова: электрохимический накопитель, нейросеть, моделирование, предобработка, эксперимент, точность.

Введение

Качественный скачок в индустрии систем энергоснабжения напрямую связан с повышением требований к качеству электроснабжения как общепромышленных, так и специальных объектов. К сожалению устаревшие, зачастую выработавшие свой ресурс, отечественные энергосистемы и сети не способны обеспечить необходимые требования. Еще одной проблемой является также то, что установленные в нашей стране нормы качества энергоснабжения, оказываются хуже, чем требования к электропитанию дорогостоящего современного оборудования специального, промышленного, бытового назначения. Ввиду сложившейся ситуации перед разработчиками энергоустановок остро стоит проблема организации качественного энергоснабжения. Одним из эффективных методов разработки систем энергоснабжения на стадии проектирования является математическое моделирование.

1. Постановка задачи

Основной целью работы является модификация нейросетевой модели для симуляции работы электрохимического накопителя (ЭХН) в составе системы энергоснабжения.

Исходными данными для моделирования являлись статистические данные работы кислотного аккумулятора.

Для модификации нейросетевой модели были выбраны модель многослойного персептрона, определены 2 зависимых и один независимый параметр, а именно: ток нагрузки ЭХН (I) и время его работы (t), как независимые, рабочее напряжение аккумулятора – зависимый.

2. Экспериментальное исследование и предварительная обработка данных

Задачей эксперимента исследования кислотного аккумулятора является накопление экспериментальных данных для построения нейросетевой модели разрядной характеристики герметичного кислотного аккумулятора. Поэтому, контрольно-измерительное оборудование стенда должно соответствовать необходимой точности, что в дальнейшем уменьшит трудоемкость обработки экспериментального материала и позволит, построит более точную модель.

Ввиду специфики моделирования, снятие характеристик должно происходить при постоянном токе, поэтому в экспериментальной установке должно быть предусмотренное зарядное и разрядное устройство соответствующее этому требованию – выдерживающее в допустимых пределах постоянный ток в течении всего эксперимента.

Учитывая особенности работы свинцовых аккумуляторов, можно выделить еще одно требования к эксперименту и к стенду – в течении эксперимента должно строго контролироваться напряжение конца заряда или разряда, чтобы предотвратить недопустимые режимы работы аккумуляторной батареи.

Предобработка данных позволит на ранних этапах нейромоделирования уменьшить время моделирования и увеличить точность модели.

На первом этапе подготовки данных было принято решения провести кластеризацию данных, это позволило исключить, главным образом, неточности измерений. В качестве алгоритма кластеризации выберем субтрактивный алгоритм. Основу

алгоритма, составляют идеи горного метода кластерного анализа, который был предложен Рональдом Ягером и Димитаром Филевым.[1]

На следующем этапе предобработки была проведена нормировка данных. С использованием функции активации нейрона нейросети. Это решение позволило адаптировать экспериментальные данные под нейросеть и, следовательно, улучшить ее качество.

Предобработка экспериментальных данных разрядных характеристик кислотного аккумулятора при разных токах разряда проводилась с помощью программного комплекса MatLab 7. Результаты предобработки приведены на рис. 1.

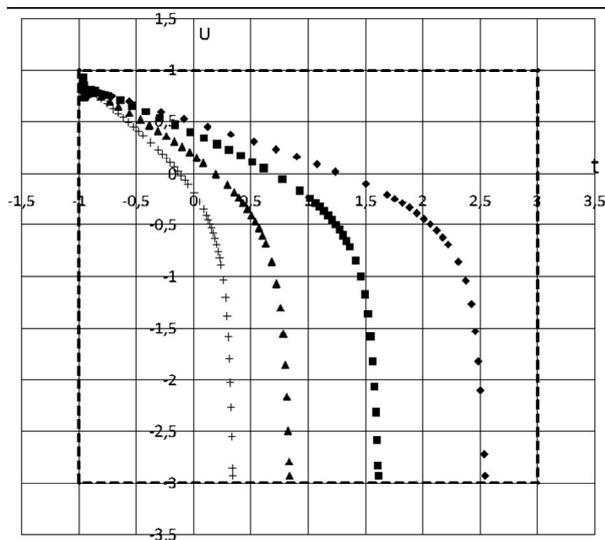


Рис. 1. Результаты предобработки экспериментальных данных разрядных характеристик кислотного аккумулятора: крестики – ток разряда $0,2Q_n$; треугольники – $0,14Q_n$; квадраты – $0,1Q_n$; ромбы – $0,07Q_n$

3. Разработка нейросетевой модели

В качестве описания разрядных и зарядных характеристик в кислотном аккумуляторе была выбрана, специально созданная для аппроксимации многомерных нелинейных функций нейросеть - трехслойный перцептрон, обученный с помощью алгоритма обратного распространения ошибки [2] с функцией активации нейронов в скрытом слое гиперболический тангенс, а в выходном слое – линейная.

Таким образом, разрядная характеристика будет представляться в виде суммы функций времени и тока:

$$U(I, t) = \varphi_L \left\{ \sum_{i=1}^n \left(WL_i \cdot \text{th} \left[I \cdot WI_i^I + t \cdot WI_i^t + b_i^I \right] \right) + b^2 \right\},$$

где WL , WI^I и WI^t – вектора весов синапсов между скрытым и выходным, и между входным и скрытым слоями нейронов соответственно, подлежащие определению; b^1 , b^2 – вектора смещений каждого нейрона скрытого и выходного слоя соответственно (подлежат определению); n – количество нейронов в слое.

Результаты моделирования зарядной характеристики приведены на рис. 2.

Поверхностью черного цвета показана экспериментальная разрядная характеристика БХ, а серым – смоделированная.

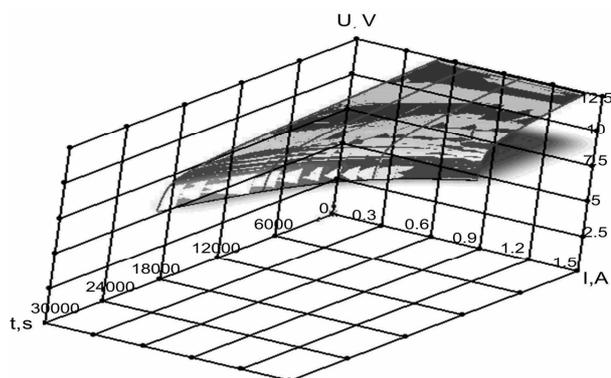


Рис. 2. Разрядная характеристика свинцового аккумулятора

4. Оценка результатов моделирования

Для оценки результатов рассмотрим (рис. 2) смоделированную разрядную характеристику (серый цвет) и экспериментальную (черный цвет). Среднеквадратическое отклонение моделирования сети $5,2 \times 10^{-4}$ при заданном уровне 0,001. Также адекватность модели была проверена по критерию Фишера. Рассчитанное значение критерия Фишера F не превышает критического значения $F_{кр}$, т.е. $F \leq F_{кр}$, это говорит о том, что с вероятностью 99,95 % данные, полученные с помощью математической модели и данные эксперимента принадлежат одной совокупности, а значит, данная математическая модель является адекватной и может быть использована для дальнейших исследований.

Выводы

1. Установлено, что успешное решение задач моделирования разрядной характеристики электрохимического накопителя в случае использования зашумленной информации возможно за счет применения многофакторных нейросетевых моделей.

2. В результате исследования предложена методика построения высококачественной нейросете-

вой математической модели, которая включает четыре этапа: предобработка данных; определение входов нейронной сети; разработка архитектуры нейросетевой модели и ее обучение; эксплуатация нейронной сети.

3. Выполнена модификация нейросетевой модели на основе многослойного персептрона, позволяющая с высокой степенью точности моделировать работу ЭХН.

Литература

1. Bouchon-Meunier B. *Technologies for Constructing Intelligent Systems 1: Tasks* / B. Bouchon-Meunier, J. Guiterrez-Rios, L. Magdalena and R. R. Yager. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. – 458 p.

2. Хайкин С. *Нейронные сети: полный курс* / С. Хайкин; пер. с англ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

Поступила в редакцию 31.05.2010

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. А.В. Бастеев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, «ХАИ», Харьков.

МОДИФІКАЦІЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО НАКОПИЧУВАЧА У СКЛАДІ ЕНЕРГОУСТАНОВКИ

С.В. Губін, М.М. Наказненко

Установлено, що успішне вирішення задач моделювання розрядної характеристики електрохімічного накопичувача в випадку використання зашумленої інформації можливе за рахунок використання багатofакторних нейромережових моделей. В результаті дослідження було запропоновано методіку побудови високоякісної нейромережової математичної моделі систем електрохімічного накопичувача, котра включає чотири етапи: попередньої обробки даних, визначення входів нейромережі, розробка архітектури нейромережової моделі та її навчання, експлуатація нейромережі. Розроблена нейромережева модель, що дозволяє з високою точністю моделювати роботу електрохімічного накопичувача.

Ключові слова: електрохімічний накопичувач, нейромережа, моделювання, попередня обробка, експеримент, точність.

NEURAL MODELS MODIFICATION OF ELECTROCHEMICAL STORAGE OF POWER SYSTEM

S.V. Gubin, M.N. Nakaznenko

It is defined, that the successful solution problems of modeling discharge performance of electrochemical storage in case at a noisy data is possible by using multi-neural network models. As a result of the study the method of constructing high-quality mathematical model of electrochemical storage was offered, which included four stages: pre-processing data, identifying inputs neural networks, architecture of neural model development and its training, neural networks maintenance. The developed neural models that allow highly accurate modeling work electrochemical storage.

Key words: electrochemical storage, neural network, modeling, pre-processing, experiment, accuracy.

Губин Сергей Викторович – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой двигателей и энергетических установок летательных аппаратов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: gubinsv@d4.khai.edu.

Наказненко Максим Николаевич – аспирант кафедры ракетных двигателей и энергоустановок Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: Tenor1709@list.ru.