DOI: 10.17117/na.2015.07.617

Поступило в редакцию: 30.07.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.07.617.pdf>**Глибин Е.С., Шевцов А.А.****Моделирование электрического двухполюсника с помощью искусственной нейронной сети****Glibin E.S., Shevtsov A.A.****Simulation of an one-port circuit using artificial neural network**

Представлен подход к моделированию электрической нагрузки как черного ящика, внутренняя структура которого полностью неизвестна и описывается искусственной нейронной сетью

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, двухполюсник, энергосбережение

This article describes an approach to modeling the electrical load as a black box using neural networks

Key words: artificial neural networks, one-port circuit, energy saving

Глибин Евгений Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент
Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

Glibin Evgenij Sergeevich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Togliatti state university
Togliatti, Belarusian st., 14

Шевцов Александр Александрович

Кандидат технических наук, доцент, заведующий
кафедрой
Тольяттинский государственный университет
г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

Shevtsov Aleksandr Aleksandrovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor, Head of Department
Togliatti state university
Togliatti, Belarusian st., 14

В современном мире уровень электрификации автомобилей, автоматических сборочных линий, технологического оборудования промышленных предприятий ставит перед разработчиками электроники новые вызовы. В большинстве случаев электрические нагрузки подключаются к единой питающей сети системы, оказывая негативное воздействие, как на сеть, так и на другие нагрузки. Сегодня задачи электромагнитной совместимости в сложных системах чаще решаются на готовых физических моделях.

Применение компьютерных моделей позволило бы рассчитывать исходные и оптимальные режимы работы электрических нагрузок, оценивать их надежность, экономичность, качество электроэнергии в сети, определять условия возникновения аварийных режимов и избегать появления их в работе реальной электрической системы [1].

Одним из подходов к созданию практических моделей является синтез эквивалентных схем замещения [2] в программах схемотехнического модели-

рования. Но если устройство состоит не только из электрической части, но еще, например, из механической, то возникает задача их совместного моделирования. Неэлектрические части устройства описываются, как правило, системой большого числа дифференциальных уравнений, а задача моделирования по сложности и трудоемкости является отдельным исследованием. Кроме этого точная внутренняя структура электрической части может быть неизвестна. Поэтому при синтезе эквивалентных схем замещения приходится вводить множество допущений и упрощений, и разработанная модель не всегда адекватна реальной нагрузке.

Другим подходом является представление электрической нагрузки как черный ящик, внутренняя структура которого полностью неизвестна [3]. В этом случае математически описывается зависимость тока нагрузки от приложенного к ней напряжения, времени и других параметров. В программах имитационного моделирования нагрузка может быть представлена идеальным управляемым источником тока, мгновенная величина тока которого математически вычисляется на каждом шаге работы модели (рисунок 1).

Рис. 1. Структурная схема моделирования нагрузки идеальным источником тока

Основной задачей такого подхода является нахождение выражения для описания мгновенного значения тока. Выражение для тока конкретной нагрузки может быть получено с помощью расчёта эквивалентной схемы замещения с учетом допущений.

Математическим аппаратом, позволяющим автоматизировано найти функциональную зависимость высокой сложности между большим количеством параметров, используя известные экспериментальные данные, является аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС) [4]. Сегодня нейронные сети используются для распознавания речи и визуальных образов, в экономике и медицине для обнаружения скрытых зависимостей и прогнозирования временных рядов. Представляется возможным использовать нейронную сеть, обученную по экспериментальным данным (например, осциллограммы работы в разных режимах), для расчета мгновенных значений тока при воздействии произвольного напряжения в установившихся и переходных режимах с учетом неэлектрических параметров (например, скорости вращения руля и

обороты двигателя при анализе работы электрического усилителя руля). Правильно обученная сеть может вычислять ток произвольной электрической нагрузки в различных режимах (рисунок 2).

Рис. 2. Структура применяемой нейронной сети

Исходными данными о нагрузке для создания модели и обучения сети являются осциллограммы её напряжений и токов, сохраненные в текстовый файл цифровым осциллографом в виде множеств $u_1, u_2 \dots u_N$ и $i_1, i_2 \dots i_N$ вместе с временными отсчетами. По этим данным в процессе обучения нейронная сеть может найти скрытую функциональную зависимость между входными значениями и требуемыми выходными. Значение единственного необходимого выхода – мгновенный ток нагрузки. Входные значения – аргументы искомой функции, от которых зависит ток.

Рис. 3. Временные диаграммы модели активно-индуктивной нагрузки

Рассмотрим имитационную модель простой электрической нагрузки: RL-ветви. Напряжение – синусоидальное постоянной частоты разной амплитуды, действующие значения: 0, 127 и 380 вольт. Активное сопротивление нагрузки составляет 1 Ом, индуктивность 5 мГн. Точки кривых сохраняются в текстовый файл. Для моделирования активно-индуктивной нагрузки создана нейронная сеть с 81 входными нейронами (41 точка напряжения одного периода и 40 точек тока) с одним скрытым слоем из 81 нейрона и выходным слоем. Размер обучающей выборки составил 1000 участков осциллограмм. Энергия ошибки после 200000 эпох обучения составила 0.0119. Результаты работы в виде временных диаграмм приведены на рисунке 3, где u , i – напряжение и аналитически ток, $i_{ИНС}$ – ток рассчитанный сетью. Напряжение такое же, как в обучающей выборке, но добавляется вариант амплитуды, отсутствующий в примерах, действующие значения: 0, 127, 220 и 380 В. Видно, что для нового для нейронной сети напряжения 220 В ток моделируется верно.

Представленный подход может использоваться в разработках имитационных моделей значительно более сложных электрических устройств.

Список литературы:

1. Шевцов А.А., Глибин Е.С. Исследование аварийных режимов работы полупроводникового компенсатора // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. №1 (31). С. 55-61.
2. Глибин Е.С., Шевцов А.А. Разработка компьютерной модели системы «Сеть – полупроводниковый компенсатор – контактная сварочная машина» // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. №2-2. С. 50-57.
3. Агунов М.В. Представление составляющих электрического сопротивления для моделей нелинейных нагрузок. // Электричество №4/2004. С. 48-50.
4. Галушкин А.И. Нейронные сети: основы теории. М.: Горячая линия-Телеком, 2010. 496 с.

© 2015, Глибин Е.С., Шевцов А.А.

Моделирование электрического двухполюсника с помощью искусственной нейронной сети

© 2015, Glibin E.S., Shevtsov A.A.

Simulation of an one-port circuit using artificial neural network