

К. В. Хацевский, С. А. Ярцев,
Омский государственный технический университет, Омск, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

The article considers the possibility of using the neural network apparatus, in particular, for solving electrical problems. The article gives a general concept of artificial neural networks, formulates the problems solved with the help of such systems, shows the differences between neural network computing and traditional ones, and also discusses in detail the algorithms for training classical types of neural networks. The prospects of development, application and use of artificial neural networks are noted.

К основным задачам, которые необходимо решать для обеспечения требуемых режимов работы, надежности, долговечности, экономичности энергетического оборудования электротехнических комплексов и систем, относят следующее: управление, регулирование, контроль; оптимизация и обеспечение необходимой устойчивости; оперативная защита оборудования и безопасная работа; моделирование оборудования и процессов; диагностика и мониторинг. Решение каждой из задач, в сочетании с необходимостью получения оптимального результата в режиме реального времени с достаточно высоким быстродействием и качеством представляет определенную сложность. Кроме того, эти задачи являются взаимосвязанными, т. е. результат выполнения одних может быть использован в других, как показано на рисунке 1. Причем связь осуществляется через объект.

Традиционно эти задачи решают на основе принципа декомпозиции с математическим описанием каждого подобъекта или подсистемы в виде линеаризованных структур, описываемых, например, в форме Коши. При этом требуемое качество получают применением замкнутых структур с различными способами коррекции [1] только в ограниченной области, присущей некоторым заранее обусловленным режимам.

В то же время особенностью современных электротехнических комплексов и систем являются: большое разнообразие используемого

электроэнергетического оборудования; сложные условия эксплуатации и интенсификация режимов работы.

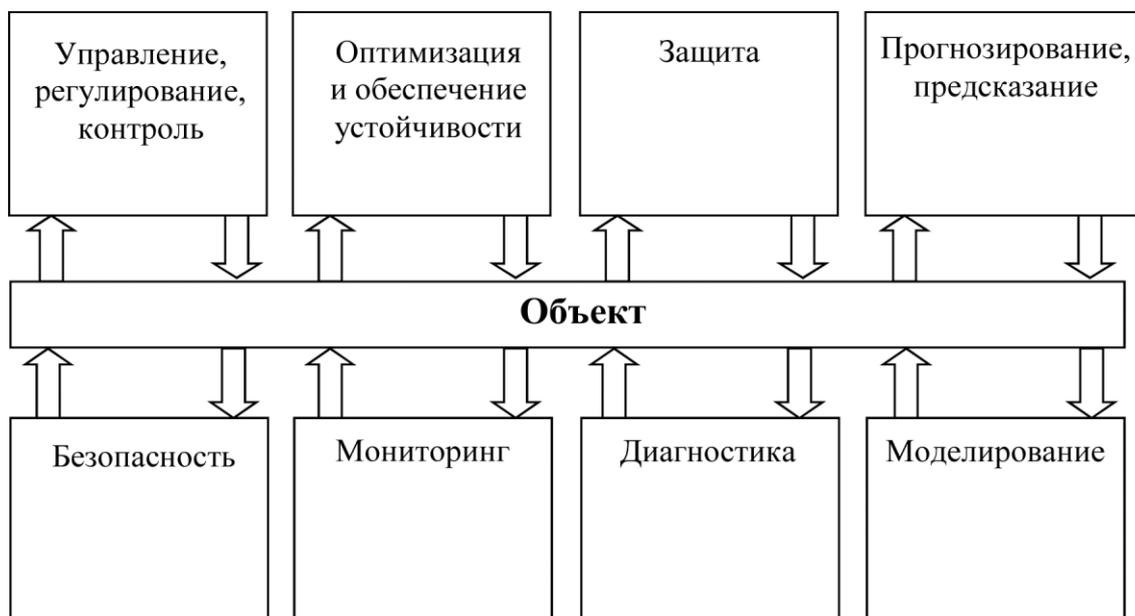


Рис. 1. Задачи эксплуатации электрооборудования

Это вызывает необходимость представления электротехнических комплексов в виде многоуровневой иерархической системы. При этом наличие четких (точных) целей и координирующих решений на каждом уровне контроля и управления и для каждого локального устройства регулирования затрудняет процесс координации и предопределяет длительный итеративный процесс согласования решений.

С другой стороны, составляющим реального электротехнического комплекса как управляемого динамического объекта присущи различного рода неопределенности. В большинстве случаев эти неопределенности обусловлены:

1) низкой точностью оперативной информации, получаемой с объектов управления;

2) неточностью моделей объектов контроля и управления, вызванных неэквивалентностью решений системных многоуровневых иерархических моделей и используемых на практике отдельных локальных задач;

3) отказами каналов связи, большим запаздыванием при передаче информации по уровням управления;

4) отсутствием возможности замеров параметров во всех точках технологического процесса, необходимых для моделей.

Наличие такого вида неопределенности вызывает неточность в задании переменных величин в моделях, начальных и граничных условий.

Неточность моделей может возникать из-за неверно проведенной декомпозиции общей задачи управления; излишней идеализации модели сложного процесса; разрыва существенных связей в технологическом комплексе; линеаризации; дискретизации; замены фактических характеристик оборудования паспортными; нарушениями допущений, принятых при выводе уравнений (стационарности, изотермичности, однородности и т. д.).

Необходимость работы в этих условиях затрудняет использование стандартных систем автоматики. Поэтому крайне важной представляется возможность использования для описания и формализации областей допустимых режимов работы оборудования нечеткой модели на базе нейронных сетей (НС).

НС [2] системы управления объектом представлена в рамках следующей структуры закона управления:

$$u(k) = NC(y(k), y(k-1), u_r(k));$$

$$t_{k+1} = t_k + \Delta, \Delta = 0.1c,$$

где $NC(\dots)$ – осуществляемое нейронной сетью функциональное преобразование; u_r – сигнал задания (уставка) НСУ; Δ – шаг дискретизации системы управления.

На рис. 2 представлена схема НСУ на базе нейроконтроллера. На его входной слой поступают сигналы внешнего задания $u_r(k)$ и обратной связи по выходу объекта $y(k)$ на k -м шаге, а также задержанный сигнал обратной связи $y(k-1)$ на предыдущем шаге. Выходной нейрон нейроконтроллера формирует сигнал управления на k -м шаге $u(k)$.

Полученные по рис. 2 результаты [2] позволяют применять данную технологию в управлении нелинейными динамическими объектами путем создания адаптивной СУ.



Рис. 2. Схема дискретной нейронной сети

Задача управления состоит в том, чтобы уже в процессе функционирования определить закон регулирования, обеспечивающий оптимальное поведение объекта. Для решения этой задачи в дополнение к основному контуру в систему управления вводится контур адаптации (рис. 3).

Для оптимального управления в условиях неопределенности [3], адаптацию можно отождествить с оптимизацией в условиях недостаточной априорной информации [4].



Рис. 3. Общая схема адаптивной системы управления

Настраиваемые многослойные нейронные сети обладают рядом достоинств, оправдывающих их применение в задачах управления нелинейными динамическими объектами. Перечислим наиболее существенные из них.

1. Универсальные аппроксимационные свойства многослойных сетей [5, 6]. С помощью нелинейных нейронных сетей можно сколь угодно точно равномерно приблизить любую непрерывную функцию многих переменных на любом замкнутом ограниченном множестве.

2. Способность адаптивности нейросетевых структур вследствие их обучения в процессе функционирования. Это свойство позволяет корректировать в реальном времени функцию управления при неконтролируемых изменениях динамических и статических характеристик объекта, используя для этого текущую измерительную информацию в системе.

3. Способность нейросети к параллельной обработке сигналов, что делает естественным их применение для управления многомерными объектами.

В настоящее время метод ИНС активно используется для решения следующих энергетических и электротехнических задач: предсказание нагрузки потребителей; управление потоками электроэнергии в энергетических сетях и системах; обеспечение максимальной мощности электродвигателей, генераторов; регулирование напряжения силовых трансформаторов; диагностика энергосистем с целью определения неисправностей; оптимизация размещения датчиков для контроля безопасности энергосистем; мониторинг безопасности энергосистем; обеспечение защиты трансформаторов; обеспечение устойчивости, оценка динамического состояния и диагностика генераторов; управление турбогенераторами; управление сетью генераторов; управление мощными переключательными системами; диагностика и мониторинг нагрева трансформаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивченко, В. Д. Применение нейросетевых технологий в различных областях науки и техники. Текст / В. Д. Ивченко, С. С. Кананадзе // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2005. – № 6. – С. 28–29.
2. Махотило, К. В. Дискретная нейросетевая система управления нелинейными динамическими объектами / К. В. Махотило, С. А. Сергеев, А. В. Сушков. – К.: Наукова думка, 2000.
3. Демура, А. В. Моделирование и прогнозирование на основе искусственных нейронных сетей. Текст / А. В. Демура // Известия вузов. Электромеханика. – 2005. – № 5. – С. 29–32.
4. Терехов, В. А. Нейросетевые системы управления / В. А. Терехов, И. Ю. Тюкин, Д. Б. Ефимов. – М.: Высшая школа, 2002. – 184 с.
5. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан. М.: Вильямс, 2003. – 288 с.
6. Батыршин, И. З. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / И. З. Батыршин, А. О. Недосекин, А. А. Стецко. – М.: Физматлит, 2007. – 208 с.