

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

С. В. Нусс, аспирант каф. ЭАГП

Пермский государственный технический университет

В статье рассмотрена возможность использования многослойного перцептрона в качестве математического аппарата для проведения диагностики электрооборудования тепловых электрических станций

Капитальные, средние и текущие ремонты электрооборудования тепловых электрических станций (ТЭС), в настоящее время осуществляются исключительно в соответствии с нормативно-технической документацией, регламентирующей сроки и объемы работ, допускающей возможность выполнения сверхтиповых работ при обнаружении дефектов, выявляемых главным образом после вывода оборудования в ремонт.

Организация технического обслуживания и ремонта электрооборудования на основе системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) увеличивает вероятность безотказной работы. Однако система ППР не лишена ряда серьезных недостатков:

- как правило, состояние оборудования таково, что не требует проведения планового типового объема ремонтных работ, составленного на основе нормативно-технической документации;

- в процессе проведения дефектации электрооборудования зачастую бывают случаи выявления дополнительных (сверхтиповых) объемов ремонтных работ, что приводит к возникновению внеплановых затрат.

Перечисленные выше недостатки стали особенно сильно проявляться в последнее десятилетие. Это обусловлено значительным износом парка оборудования установленного на ТЭС и все более возрастающим вниманием к необходимости снижения затрат, связанных с ремонтными статьями бюджета станции.

Задача изменения системы ремонта и технического обслуживания оборудования является достаточно сложной и сводится к определению текущего и прогнозного технического состояния оборудования. При этом должны быть выявлены дефекты узлов, оценено время развития их до отказа и вероятность возникновения последнего. Для решения данной задачи необходимо проводить своевременную диагностику установленного оборудования с применением комплексного анализа изменения параметров, характеризующих его состояние. В качестве математической модели анализа изменения технических параметров целесообразно использовать методы искусственных нейронных сетей, представляющих одно из направлений теории искусственного интеллекта.

Одной из наиболее универсальных моделей нейронных сетей является «многослойный персептрон», основным достоинством которого является возможность применения его для решения трудноформализуемых задач, к которым, в частности, относится задача диагностики электрооборудования [1].

Рассмотрим вкратце основные положения функционирования указанной модели нейронной сети. Она состоит из нескольких слоев нейронов. Каждый нейрон связан со всеми нейронами предыдущего и следующего слоев. Эти связи характеризуются весами w . Внутри слоя нейроны связи друг с другом не имеют (рисунок). Все нейроны идентичны и производят суммирование произведений входных сигналов x_j на соответствующие веса w_j , а затем преобразуют результат

суммирования в соответствии с передаточной функцией $f(\zeta)$, т.е. выхода нейрона,

$$v = f(\zeta) = \frac{1}{1 + e^{-\xi}}, \quad (1)$$

где $\zeta = \sum_{j=1}^n x_j \cdot w_j$, n – количество нейронов в слое.

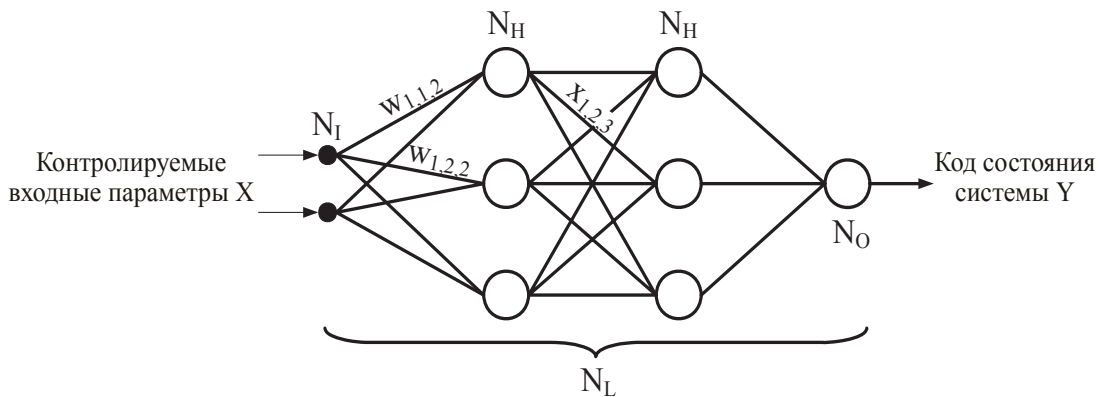


Рис. Многослойный перцептрон

Для использования нейронной сети в качестве математической модели для диагностики состояния электрооборудования ТЭС необходимо обучить ее закономерностям, содержащимся в представленной для обучения предыстории: подавая на вход значения параметров электрооборудования (входной вектор E), сравнить выходы нейронов последнего слоя (выходной вектор V) с желаемым выходным вектором G (соответствующего состоянию оборудования с техническими параметрами, поданными на вход сети) и добиться наилучшего приближения, изменяя весовые коэффициенты связей между нейронами*.

Для обучения в [1] воспользуемся алгоритмом, исполняя который сеть стремится минимизировать сумму квадратов

* Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Ф. Уоссерман в пер. Ю. А. Зуева, В. А. Точенова. – 1992.

всех отклонений получаемого V_i от желаемого G_i выходного вектора для всех i ($i = \overline{1, k}$):

$$F = \sum_{i=1}^k (V_i - G_i) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^S (g_{ij} - v_{ij})^2, \quad (2)$$

где S – количество выходных нейронов;
 k – объем обучающей предыстории.

При каждой итерации изменяются веса на величину $\Delta w_{i,j}$, которые определяются на основе градиентного метода минимизации целевой функции,

$$\Delta w_{k,j} = \alpha \frac{\partial E_j}{\partial w_{k,j}}. \quad (3)$$

При практической реализации обучения новые значения весовых коэффициентов рассчитываются по выражению

$$w_i = \eta \cdot w_{k,j} \cdot -\alpha \cdot \delta_j \cdot v_k. \quad (4)$$

Здесь δ_j – ошибка нейрона j ; v_k – выход нейрона k , подающийся на вход нейрона j .

При использовании передаточной функции (1) ошибка выходного слоя нейронов рассчитывается по выражению

$$\delta_j = v_j \cdot (1 - v_j) \cdot (g_j - v_j), \quad (5)$$

для остальных нейронов

$$\delta_j = v_j \cdot (1 - v_j) \cdot \sum_{j=1}^S \delta_{j-1} \cdot w_{i,j}. \quad (6)$$

Обучение представляет собой итерационный процесс изменения весов w , начальные значения которых принимаются случайным образом, например в интервале $[-0,5; 0,5]$. При каждой итерации обучения трехслойной нейронной сети (см. рисунок) на ее вход подается один из входных векторов выборки, и определяются выходы всех нейронов. По выражению (5) вычисляются ошибки нейронов выходного слоя

и по (4) рассчитываются новые значения весовых коэффициентов связей нейронов промежуточного и выходного слоев. Далее по (6) вычисляются ошибки нейронов промежуточного слоя и в соответствии с (4) корректируются весовые коэффициенты связей нейронов входного и промежуточного слоев. Аналогично определяются новые значения.

Обучение оканчивается при достижении заданной ошибки или при выполнении заданного количества итераций. Сходимость не гарантируется, если сеть имеет менее трех слоев нейронов или недостаточно нейронов в промежуточном слое. Количество последних зависит от числа входов и выходов, а также сложности статистических закономерностей, содержащейся в представленной для обучения предыстории.

В общем случае применение нейронных сетей в задачах диагностики оборудования может стать достаточно эффективным и универсальным инструментом и позволит подойти к определению оптимальных межремонтных периодов для каждого вида электрооборудования ТЭС с учетом его технического состояния.

Получено 08.12.06.