

УДК 613.313

А.В.Румянцев (5 курс, каф. ЭнЭл), С.Е.Герасимов, к.т.н., доц.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ПРОСТЕЙШЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

В последние годы для решения прикладных задач электроэнергетики довольно часто применяют новые технологии, использующие искусственные нейронные сети. Среди всех свойств искусственных нейронных сетей наиболее фантастичным является их способность к обучению. Специальным образом построенная сеть обучается так, чтобы для некоторого входного вектора формировался требуемый вектор выходных величин. Обучение осуществляется путем последовательного приложения входных векторов с подстройкой передаточных параметров таким образом, чтобы получить требуемый выходной вектор. Эта процедура называется обратным распространением ошибки, она подобна градиентному спуску, т. е. осуществляет спуск вниз по поверхности ошибки, непрерывно подстраивая веса в направлении к минимуму. Описанная нами динамическая нейронная сеть носит название сети Хопфилда и может быть использована для решения комбинаторных задач оптимизации. В литературе (см. “Нейросетевые системы управления” В.А. Терехов и др.) отмечается возможность аппроксимации высоконелинейных систем с помощью нейронных сетей.

В работе рассматривается возможность использования нейронных сетей для решения задачи оптимального потокораспределения мощностей, что является важнейшей задачей автоматизированного диспетчерского управления современными энергосистемами. Частной задачей при этом является поиск оптимального режима, обеспечивающего минимум потерь мощности при заданных уровнях напряжений в узловых точках сети.

Рассмотрим простейшую нейронную сеть состоящую из двух входных сенсоров и двух слоев нейронов. Сенсоры передают входной сигнал  $x_i$  ( $i=1,2$ ) к первому слою нейронов. Связь между входными сигналами  $x_i$  и выходом каждого слоя  $y_j$  можно записать в виде:  $y_j=f_a(\sum M_{ij}x_i)$ ,  $j=1,2$ . Уровень входного сигнала  $j$ -го нейрона определяется суммарным влиянием входных сигналов  $x_i$ , которое описывается матрицей коэффициентов передачи по каждому входу  $M_{ij}$ . Для нейронов второго слоя, которые получают входной сигнал с выходов первого слоя, можно записать  $y_j=f_a(\sum N_{ij}y_i)$ . Данные соотношения позволяют легко записать в виде структурной схемы, в соответствии с которой можно набрать задачу для решения на аналоговой вычислительной машине АВК-31. Нейроны реализуются на основе операционных усилителей, сумматоров, имеющих по два входа с коэффициентами  $k_1, k_2$ . В качестве функции активации  $f_a$  выбрана сигмовидная функция, которая реализована на нелинейных схемах типа ограничения из нелинейного блока БЛЭ-31. Для создания модели потребовалось два блока решающих усилителей БИС-31 и два нелинейных блока БЛЭ-31. Процедура обучения по методу обратного распространения ошибки, применительно к аналоговой модели, несколько видоизменяется. Вектор ошибки слоя  $\delta=y_j-k_1*x_i$  явным образом зависит от коэффициентов  $k_i$  и может быть использован как аргумент для минимизации критерия обучения. Настраивая величины коэффициентов передачи можно построить аппроксимацию многомерной функции, к которым относится система уравнений установившегося режима сети. Для эталонного расчета режима при известных входных и выходных значениях напряжений и мощности настраиваются значения коэффициентов усиления нейронов и получается аппроксимирующая сеть при заданных параметрах.

*Выводы.* В работе описана аналоговая модель простой двухслойной нейронной сети, пригодная для решения задачи расчета установившегося режима простейшей электропередачи. Рассмотрен процесс обучения и реализация сети на решающих элементах аналоговой машины АВК-31.