целом, а также сходимость алгоритма настройки параметров нейронной сети. Рассмотрены две реализации предложенного метода с использованием многослойной нейронной сети с сигмоидальными функциями и двухслойной нейронной сети с радиальными базисными функциями. Эти нейросетевые структуры комбинируются с динамическими элементами, в форме устойчивых фильтров, для получения рекуррентных процедур идентификации законов изменения скорости движения сочленений робота-манипулятора. Показано что предложенный метод гарантирует устойчивость системы при наличии измерительного шума от датчиков скорости. Исследовано свойство робастности разработанной модели. Представлены результаты моделирования, иллюстрирующие возможности предложенного метода для мониторинга и диагностики двухзвенного робота манипулятора в реальном режиме времени. Показано, что предложенный метод позволяет эффективно идентифицировать, как номинальную динамическую модель робота, при наличии измерительного шума, так следующие виды неисправностей исполнительных приводов робота: остановка привода, свободные колебания звена, насыщение и не аддитивные изменения в динамике звеньев робота. Предложенная идентификационная модель применена в системе автоматического мониторинга и управления промышленными роботизированными комплексами на основе роботов РМ-01 и KR-125 в реальном режиме времени.

Эффективность предложенной неросетевой схемы идентификации подтверждается рядом примеров практического применения в системах мониторинга и управления промышленными роботами-манипуляторами.

УДК 681.128.4+532.57

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ, НАХОДЯЩЕМСЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

В.Ф. Пелевин
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Республика Беларусь

В замкнутом резервуаре находится жидкость под постоянным давлением $P_A = nP_B$ (1), где P_B – давление в струе на выходе из резервуара, равное атмосферному давлению. Уровень жидкости в резервуаре равен h_A и поддерживается постоянным. Жидкость из резервуара вытекает на высоте h_B от дна через тонкий капилляр, диаметром d и длиной l, причем $l >> d$. Движение жидкости безвихревое, а процесс изотермический. Для стационарного потока жидкости

$$S_1 \vartheta_A = S_2 \vartheta_B , \tag{2}$$

где S_1 – сечение резервуара, $S_2 = \pi d^2 / 4$, $\vartheta_A , \vartheta_B$ – скорости течения жидкости в резервуаре и капилляре. Для несжимаемой жидкости на основании уравнения Бернулли имеем

$$h_A + P_A / \rho g + \vartheta_A^2 / 2g = -h_B + P_B / \rho g + \vartheta_B^2 / 2g , \tag{3}$$

где ρ – плотность жидкости, g -ускорение свободного падения. Из выражения (3) с учетом выражений (1) и (2) при $h_A >> h_B$ или $h_B = 0$, $S_2 << S_1$ получим выражение для определения скорости истечения жидкости из капилляра

$$\vartheta_B = \sqrt{2[h_A g + P_B (n-1) / \rho]} \tag{4}$$

Тогда объемный расход жидкости равен $Q = S_2 \vartheta_B$ (5). Объемный расход через капилляр определяется законом Пуазеля,

$$Q_k = \pi d^4 \Delta P / 128 \eta l , \tag{6}$$

где η - динамическая вязкость жидкости; ΔP - перепад давления на капилляре. Так как $Q=Q_k$, то подставим (4) в (5) и приравняем (6), получим

$$h = d^4 (\Delta P)^2 / 2048 \eta^2 l^2 g - P_B (n-1) / \rho g , \tag{7}$$

которое определяет уровень жидкости в резервуаре находящимся под давлением, по измеренному перепаду давления ΔP на капилляре и известному давлению P_A при известных параметрах жидкости ρ и η.