невырожденные, система (1) стабилизируема, при этом мультипликаторы замкнутой системы равны $\exp(-\lambda\omega)$, матрица обратной связи $C = C(t,\lambda)$ представима в явном виде; здесь $K(\tau)$ - некоторая непрерывная ω - периодическая $n \times n$ - матрица.

УДК 517.97 + 538.56

КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МАТРИЧНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ЛЯПУНОВА

В.Н. Лаптинский, В.К. Лапковский
Институт технологии металлов НАН Беларуси,
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Республика Беларусь

Рассматривается задача о периодических решениях с периодом ω дифференциального уравнения

$$\frac{dX}{dt} = \lambda A(t)X + \lambda^2 XB(t) + F_0(t) + \lambda F_1(t), \tag{1}$$

где $A(t), B(t), F_0(t), F_1(t)$ – непрерывные ω – периодические $n \times n$-матрицы, λ – скалярный параметр.

Уравнение (1) играет важную роль в теории автоматического управления (см. Справочник по теории автоматического управления // Под ред. А.А. Красовского. М.:Наука, 1987). Данная задача относится к числу наиболее актуальных задач теории управления колебаниями (см., например, Лаптинский В.Н. Конструктивный анализ управляемых колебательных систем. Минск: ИМ НАН Беларуси, 1998).

В настоящей работе продолжены исследования авторов по конструктивному анализу периодических решений уравнения (1), основанные на применении методов, изложенных в указанной монографии.

Обозначим

$$M = \int_0^\omega A(\tau)d\tau.$$

Показано, что в случае, когда матрица M невырожденная, ω - периодическое решение $X = X(t,\lambda)$ уравнения (1) представимо в виде ряда

$$X(t,\lambda) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^{k-1} X_{k-1}(t) \tag{2}$$

с ω – периодическими коэффициентами.

Для построения коэффициентов ряда (2) разработан эффективный алгоритм, представляющий собой рекуррентное интегральное соотношение.

Развиваемая методика и полученное решение могут быть использованы при решении задачи оптимальной стабилизации периодических систем управления.

УДК 681.5.015

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ-МАНИПУЛЯТОРАМИ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М.М. Кожевников
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»
Могилев, Республика Беларусь

Высокая эффективность применения искусственных нейронных сетей для решения задач идентификации и управления промышленными роботами-манипуляторами показана в ряде работ отечественных и зарубежных исследователей. Большинство алгоритмов адаптации параметров нейронных сетей, предложенных в этих работах, основаны на градиентных процедурах поиска. Такой подход не учитывает специфику динамики современных роботизированных технологических комплексов, а именно устойчивость замкнутой процедуры адаптации и сходимость идентификационных алгоритмов. В данной работе предложен новый нейросетевой подход к решению задачи идентификации переменных состояния промышленного робота-манипулятора, основанный на теории устойчивости, который в отличие от известных, гарантирует асимптотическую устойчивость схемы идентификации в 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

$$S_1\vartheta_A = S_2\vartheta_B, \qquad (2)$$

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

$$h_A + P_A/\rho g + \vartheta_A^2/2g = -h_B + P_B/\rho g + \vartheta_B^2/2g, \qquad (3)$$

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

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

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

$$Q_k = \pi d^4 \Delta P / 128\eta l, \qquad (6)$$

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

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

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.