

О.Я. НИКОНОВ, канд. техн. наук (м. Харків)

СИНТЕЗ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ СИСТЕМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТАНКОВОГО ОЗБРОЄННЯ

Рассмотрена задача синтеза интеллектуальных систем управления электроприводами систем стабилизации танкового вооружения, находящихся под воздействием случайных возмущений на основе искусственных нейронных сетей, систем с переменной структурой и методов эволюционного моделирования. Проведены исследования динамических характеристик системы, построен нейроконтроллер для электропривода танковой пушки с тиристорным преобразователем мощности и переменной структурой системы стабилизации.

The problem of a synthesis of intellectual control systems by electric drives of stabilization systems of the tank armament, random disturbances were under effect on the basis of artificial neural networks, systems with variable structure and evolutionary simulation methods is considered. Researches of dynamic characteristics of system are conducted, built neurocontroller for the electric drive of a tank gun with power thyristor transducers and variable structure of stabilization system.

Постановка проблеми

Постійно зростаючі вимоги до точності систем керування, складність і широкі діапазони зміни характеристик об'єктів автоматизації змушують шукати нові методи і засоби синтезу систем керування. При синтезі високоякісних систем керування необхідно враховувати не тільки нелінійності, які властиві об'єкту, але і використовувати нелінійні закони керування та методи еволюційного моделювання [1-4]. До вищезначених систем безумовно належать системи стабілізації танкового озброєння [5-6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз останніх досліджень і публікацій прогнозування подальшого розвитку систем стабілізації основного озброєння танків дозволяє визначити основні шляхи такого розвитку [3-6]: синтез систем оптимальних за запасом стійкості і за точністю; розробка систем зі змінною структурою; розробка інваріантних систем; застосування безплатформених інерціальних систем в стабілізаторах основного озброєння перспективних танків; застосування штучних нейронних мереж і методів еволюційного моделювання.

Формулювання мети

Метою роботи є синтез інтелектуальних систем управління електроприводами систем стабілізації танкового озброєння, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, із застосуванням нейрокібернетичного підходу на базі теорії штучних нейронних мереж, систем зі змінної структурою і методів еволюційного моделювання.

Синтез інтелектуальної системи стабілізації танкової башти

Функціональну і структурну схеми системи наведення і стабілізації танкової башти з тиристорним перетворювачем потужності (ТПП) наведено на рис. 1. В якості задавального елемента системи наведення і стабілізації танкової башти використовується гіроскопічний датчик кута ГДК, на який діє наводчик через пульт наведення ПН і електромагніт наведення ЕМН. Для підвищення якості в системі є зворотний зв'язок, який реалізується за допомогою гіроскопічного датчика кутової швидкості ГДКШ. Обертаючи трансформатори датчика кута ОТДК і датчика кутової швидкості ОТДКШ перетворюють сигнали з ГДК і ГДКШ у відповідні напруги $U_{\text{ОТДК}}(t)$ і $U_{\text{ОТДКШ}}(t)$. Ці напруги підсилюються підсилювачами кута ПК і швидкості ПШ. Напруги $U_{\varphi}(t)$ і $U_{\omega}(t)$ з ПК і ПШ перетворюються в напругу непогодження $\Delta U(t) = U_{\varphi}(t) - U_{\omega}(t)$. Напруга $\Delta U(t)$ через підсилювач П подається до входу виконавчого органу ВО, який складається з електромашинного підсилювача ЕМП і двигуна Д, або – з ТПП і Д [7]. Виконавчий орган через механізм повороту башти МПБ створює стабілізуючий момент $M_{\text{МПБ}}(t)$, який компенсує збурюючий момент $M_{\text{ЗБ}}(t)$ з метою утримання положення башти Б в заданому напрямку на ціль.

Замість звичайного електронного блоку, що формує алгоритм керування у вигляді $\Delta U(t) = U_{\varphi}(t) - U_{\omega}(t)$ доцільно використовувати нейроконтролер [1-3] і блок управління зі змінною структурою [4]. При синтезі електронного блоку можна заздалегідь ввести в структуру системи такі функціональні елементи, які під час протікання процесу керування змінюють знак зворотного зв'язку, за певним законом змінюють коефіцієнти підсилення і т.д., тобто змінюють структуру системи. Тоді залежно від обраного алгоритму і наявної інформації система буде мати ту або іншу структуру. Можна припустити, що в такій системі вдасться поєднувати корисні властивості кожної сукупності структур, а також отримати нові властивості, не притаманні кожній з них. Поєднання методів нейрокерування і теорії систем зі змінною структурою може якісно підвищити точність і надійність систем стабілізації.

Для синтезу системи стабілізації необхідно визначити області допустимих значень варійованих параметрів. Звичайно це область стійкості замкненої системи в площині варійованих параметрів регулятора.

На рис. 2 наведено побудовані області стійкості замкненої системи автоматичної стабілізації в площині варійованих параметрів регулятора k_{φ} (ПК) і k_{ω} (ПШ) зі змінним коефіцієнтом підсилення k^* (П) на основі математичних моделей [5] для ЕМП і ТПП, де $k^*(U_{k1}(t)) = \lambda k$. Для випадку $k^* = k$ область відповідає області стійкості системи з незмінною структурою.

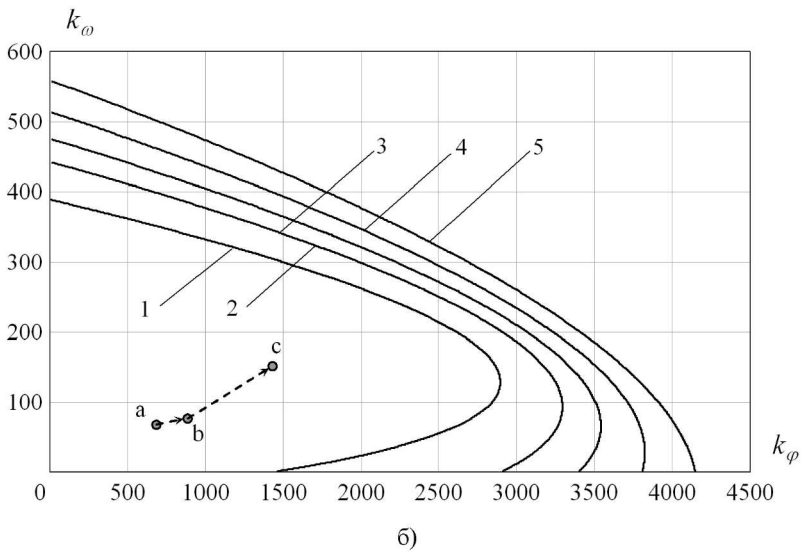
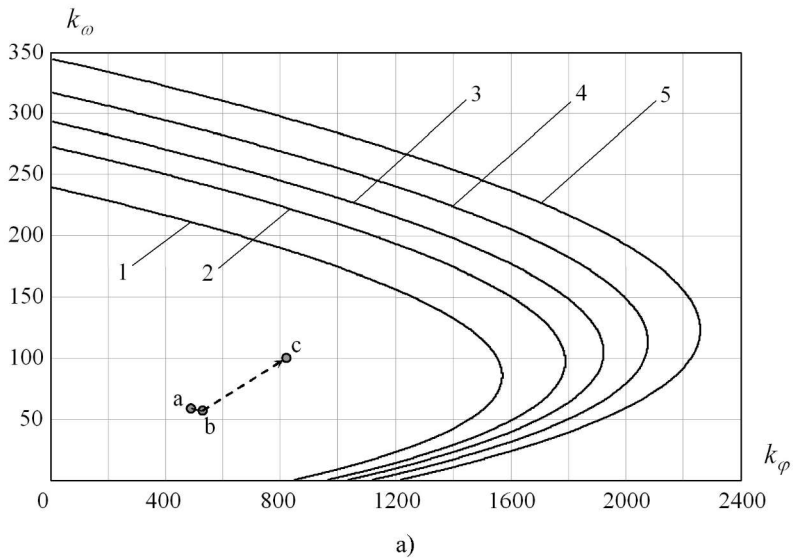


Рис. 2. Области стійкості замкненої системи наведення і стабілізації танкової башти з ЕМП (а) і ТПП (б):

$$1 - k^* = k ; 2 - k^* = 0.8k ; 3 - k^* = 0.7k ; 4 - k^* = 0.6k ; 5 - k^* = 0.5k$$

Знайдемо оптимальні значення варійованих параметрів регулятора k_φ і k_ω . Для цього необхідно побудувати функціонал якості системи і знайти його екстремальне (звичайно мінімальне) значення. В роботах [5,8] для систем стабілізації використовується адитивний квадратичний функціонал. Однак, для зменшення вкладу значної початкової помилки і урахування помилки, що з'являється надалі, більш доцільно використовувати функціонал виду

$$I = \int_{t_1}^T |\Delta\varphi_\sigma(t)| dt.$$

Для пошуку мінімуму цього функціоналу запропоновано використовувати метод глобальної оптимізації – генетичний алгоритм [4] і його модифікації. Це пов'язано з характером функціоналу якості, який зазвичай має різко виражену «впадину», або декілька локальних мінімумів. Особливістю генетичного алгоритму є його висока ефективність при роботі з нестационарним середовищем. Хромосомне подання інформації, а також пошук рішення за допомогою популяції пошукових точок дозволяють генетичному алгоритму знаходити глобальний оптимум сильно зашумленої або швидко змінливої цільової функції. При цьому в роботу алгоритму не вноситься ніяких змін у порівнянні зі стаціонарним випадком, і швидкість пошуку рішення зберігається на тому ж рівні. Проте слід зауважити, що генетичний алгоритм має і ряд недоліків – він потребує значних обчислювальних витрат, а частина його параметрів визначається експериментально, наприклад, розмір популяції, показник згасання мутацій.

На рис. 2 точками а, в і с позначено мінімуми функціоналів якості для випадку лінійної системи, нелінійної системи з урахуванням зони обмеження сигналу управління та системи зі змінним коефіцієнтом підсилення відповідно. Із рисунка видно, що використання змінної структури дозволяє розширити область стійкості і перемістити оптимальну точку системи в область більших значень k_φ і k_ω , що дозволяє підвищити якість і надійність системи.

Результати моделювання

Для системи наведення і стабілізації танкової башти розроблено нейроконтролер і блок управління зі змінною структурою. Навчання нейроконтролера проводилося за допомогою генетичного алгоритму (розмір популяції – 100). Параметри нейронної мережі: число входів – 5, число виходів – 1, розмірність внутрішнього шару – 10.

Для збільшення швидкості збіжності у генетичному алгоритмі доцільно застосовувати спрощену схему зміни рівня мутації. При цьому задається початковий і кінцевий рівень мутації в умовних одиницях і кількість ітерацій алгоритму, за яку рівень мутацій зменшиться з початкового значення до кін-

цевого. При цьому зменшення рівня мутацій відбувається за лінійним законом. Використання цього модифікованого алгоритму практично не впливає на якість навчання, однак дозволяє скоротити час навчання.

Аналіз перехідних процесів $\Delta\varphi_{\sigma}(t)$ стохастичної системи наведення і стабілізації танкової башти, а також чисельні дослідження, дозволяють зробити висновок про те, що введення до контуру керування нейроконтролера та блоку управління зі змінною структурою дозволяє зменшити коливальність $\Delta\varphi_{\sigma}(t)$ до 50% (при цьому дисперсія знаходиться приблизно на рівні 3%).

Виводи і перспективи подальших досліджень

В статті розглянута задача синтезу інтелектуальних систем управління електроприводами систем стабілізації танкового озброєння, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, із застосуванням нейрокібернетичного підходу на базі теорії штучних нейронних мереж, систем зі змінною структурою і методів еволюційного моделювання. Розроблено функціональну схему системи стабілізації з нейроконтролером і структурну схему з урахуванням нелінійних характеристик системи, проведено дослідження динамічних характеристик системи, побудовано нейроконтролер для електропривода системи стабілізації танкового озброєння з тиристорним перетворювачем потужності. Доведено, що використання нейроконтролера в контурі керування і блоку керування зі змінною структурою дозволяє до 50% підвищити точність системи стабілізації. Для подальших досліджень доцільно використання нечітких нейронних мереж з самоорганізацією, а також алгоритмів структурного випадкового пошуку на основі еволюційного моделювання.

Список літератури: 1. *Holland J.H.* Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence. – London: Bradford book edition, 1994. – 211р. 2. *Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н.* Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. – Харьков: Основа, 1997. – 112с. 3. *Никонов О.Я., Истомин А.Е.* Применение искусственных нейронных сетей в качестве регуляторов электромеханических систем транспортных средств специального назначения // Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2004. – Вып. 24. – С. 65-69. 4. *Александров Е.Е., Александрова И.Е., Костяник И.В.* Танковая система наведения и стабилизации с переменной структурой // Интегровані технології та енергозбереження. – 2006. – № 2. – С. 71-74. 5. *Александров Є.Є., Александрова Т.Є., Ніконов О.Я. та ін.* Автоматизоване проектування танкових автоматичних систем. – Харків, 2003. – 137с. 6. *Александров Е.Е., Богаенко И.Н., Кузнецов Б.И.* Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения. – К.: Техніка, 1997. – 112с. 7. *Никонов О.Я.* Исследование динамических характеристик тиристорных преобразователей в системах стабилизации транспортных средств специального назначения // Вестник Национального технического университета «ХПИ», 2006. – Вып. 42. – С. 9-13. 8. *Александров Е.Е., Александрова И.Е.* Выбор оптимизируемого функционала в задачах параметрического синтеза систем стабилизации // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004. – №2. – С. 23-26.

Поступила в редакцію 14.05.07