

Вважаємо, що розроблення означеної системи та її впровадження у експлуатацію може дати значніші економічні переваги, ніж наявна роздріблена система обліку витрати кожної фізичної величини кожним мешканцем будинку окремо.

1. Колтак Б. Д., Коновалов В. И., Кучеров Г. В., Орлов В. С. Автоматизированная система учёта потребления холодной и горячей воды. // Сб. докладов VI национал. науч. Симпоз. "Метрология и надёжность – 95", Созопол, Болгария, 1995. – С. 89 – 92.

2. Коновалов В.И., Орлов В. С., Паракуда В.В. Нормування та контроль метрологічних характеристик акустичних вимірювальних перетворювачів витрат. // Український метрологічний журнал, 2005р., № 4. 3. РМУ 012 – 2003. Метрологія. ІВС і АСК ТП. Типова програма і методика метрологічної атестації обчислювальних компонентів. 4. РМУ 020 – 2004. Метрологія. ІВС та АСК ТП. Методи визначення метрологічних характеристик обчислювальних компонентів.

УДК 621.317

ВАРІАНТИ ПОБУДОВИ НЕЙРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

© Івахів Орест, Наконечний Маркіян, Наконечний Юрій, 2008

Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери 12, 79012, Львів, Україна

Розглянуто способи синтезування контролерів для керування процесами у динамічних об'єктах.

Рассмотрены вопросы синтеза контроллеров для управления процессами в динамических объектах

Controllers for dynamic object processes using creation are considered in this paper.

Вступ. Створення будь-якої системи автоматичного керування полягає у доповненні керованого об'єкта деякими зовнішніми ланками так, щоби процес в об'єкті відбувався відповідно до попередньо сформованих критеріїв.

Вибір цих критеріїв зумовлений передовсім тим, що метою функціонування системи автоматичного регулювання є формування на виході керованого об'єкта у будь-який момент часу такого значення регульованої величини, яке би максимально наближалось до заданого. Якщо це значення повинно бути сталим, тоді система буде системою стабілізації, коли ж воно змінюється в часі за наперед відомим законом, то маємо систему програмованого керування, а в тих випадках, коли закон зміни оцінюваного значення невідомий, система буде відслідковувальною. Отже, критерій якості функціонування системи повинен відображати ступінь наближення вихідних сигналів до заданих, з урахуванням необхідності дотримання певних додаткових вимог.

Будь-який реальний динамічний об'єкт характеризується певними особливостями, основною з яких є

його інерційність, тобто при зміні значень вхідних сигналів маємо перехідний процес. Крім того, іноді на об'єкт діють різноманітні збурення, що призводить до зміни значень вихідної величини за сталого значення вхідної.

Система повинна коректно функціонувати з урахуванням цих факторів. Отже, під час створення контролера необхідно врахувати властивості керованого об'єкта, побудувавши його математичну модель, яка б адекватно відображала процеси, що проходять у ньому [1].

Формування математичної моделі. Отже, побудова математичної моделі об'єкта стає частиною створення контролера, проте вона ніколи не може повністю відтворити реальний об'єкт, що зумовлено не лише недосконалістю самої моделі, але й неможливістю точного визначення її параметрів. Створення математичної моделі здійснюється на основі інформації про фізичні процеси, які відбуваються в керованому об'єкті. Розроблення моделей фізичних систем займає від 80 до 90 відсотків всіх зусиль, необхідних для аналізу та синтезу систем керування.

Часто створення математичної моделі на основі відомих теоретичних залежностей ускладнене, а тоді, коли природа фізичних процесів в об'єкті недостатньо досліджена, взагалі не вдається побудувати його модель в аналітичному вигляді.

Уникнути всіх вищевказаних труднощів допоможе підхід, при реалізації якого модель об'єкта створюється виключно на основі даних, які отримані під час його експериментальних досліджень. Для одержання таких даних на входи об'єкта подаються тестові сигнали (діапазон зміни яких відповідає діапазону зміни його вхідних сигналів), і вимірюються сигнали на його виході. Так, зокрема, можна одержати частотні характеристики об'єкта, подаючи на вхід синусоїди різних частот, надалі для побудови відповідного контролера використовувати подання об'єкта у вигляді частотних характеристик. Проте такий підхід найпридатніший для лінійних об'єктів.

Загалом модель об'єкта можна побудувати, якщо застосувати певний механізм апроксимації, який ґрунтується на використанні одержаних під час його дослідження послідовностей вхідних і вихідних сигналів, виміряних у певні моменти часу. Створити аналітичну модель у такому разі складно, тому доцільно застосувати спосіб, який забезпечує автоматичну процедуру побудови моделі. Такий спосіб ґрунтується на використанні штучної нейронної мережі як універсального апроксиматора, що під час навчання з використанням заданих послідовностей може пристосуватись до заданих вхідних даних так, щоб на виході мережі одержувати значення, які максимально наближені до відповідних заданих вихідних сигналів. У разі достатньої повноти навчальних послідовностей і правильного попереднього вибору архітектури нейронна мережа зможе коректно ідентифікувати об'єкт, тобто реагувати на будь-які подані на її вхід сигнали так, як на це реагував би сам об'єкт.

Така створена модель може використовуватися для побудови контролера. Наприклад, метод кореневого годографа передбачає синтез контролера через внесення у задану область коренів характеристичного рівняння системи, утвореної контролером та заданої у вигляді передавальної функції моделлю об'єкта. Метод частотних характеристик використовує частотні характеристики контролера та об'єкта. В обох випадках вимоги до утвореної системи задаються опосередковано: або у вигляді заданої зони розташування коренів характеристичного рівняння, або ж у вигляді бажаної частотної характеристики.

Альтернативний підхід до синтезу контролера полягає у жорсткому нав'язуванні еталона, до якого необхідно привести систему. Ступінь наближення створюваної системи до еталона оцінюється мінімальною розбіжністю між виходами системи і еталона. Математично така оцінка може бути задана у вигляді критерію мінімуму середньоквадратичної похибки і тому модель об'єкта, що використовується при синтезуванні контролера, повинна якомога точніше відповідати його фізичній реалізації. Як зазначалось вище, найточнішою є та модель, яка відтворює об'єкт через експериментально виміряні вхідні та вихідні послідовності, і тому природним буде одержати за допомогою цих послідовностей (прямо або опосередковано) аналогічне подання контролера у вигляді вхідних і вихідних послідовностей. Таке подання найдоцільніше реалізувати за допомогою нейронної мережі [2–4].

Синтезування контролера. Узагальнено інтегрування нейронного контролера в систему автоматичного керування показано на рисунку. Будемо вважати, що архітектура нейронного контролера відома і у ході навчання необхідно визначити тільки його вагові коефіцієнти.

У такому разі нейронний контролер доповнює нелінійний об'єкт так, щоби при подаванні будь-якої реально допустимої послідовності r_k утворена система максимально відповідала еталону (в ідеалі $y_{rk} = y_k$). Оскільки для навчання нейронної мережі необхідно знати її вхідні та вихідні сигнали, то нейронний контролер можна навчити, якщо одночасно відомі:

- 1) задаючий сигнал на вході нейронного контролера (послідовність r_k);
- 2) сигнал оберненого зв'язку з виходу об'єкта (послідовність y_k);
- 3) вихідний сигнал нейронного контролера (послідовність U_k , що подається на об'єкт).

Проблема полягає в тому, що до початку навчання всі три вказані послідовності одночасно невідомі. Якщо задатися вхідним сигналом (послідовність r_k), то за припущення, що $y_k = y_{rk}$ на основі математичної моделі еталона можна знайти послідовність y_k , проте тоді невідомою залишається послідовність U_k . Якщо піти іншим шляхом і подати на об'єкт тестову послідовність U_k , то на виході об'єкта одержимо y_k , проте невідомою залишиться послідовність r_k .

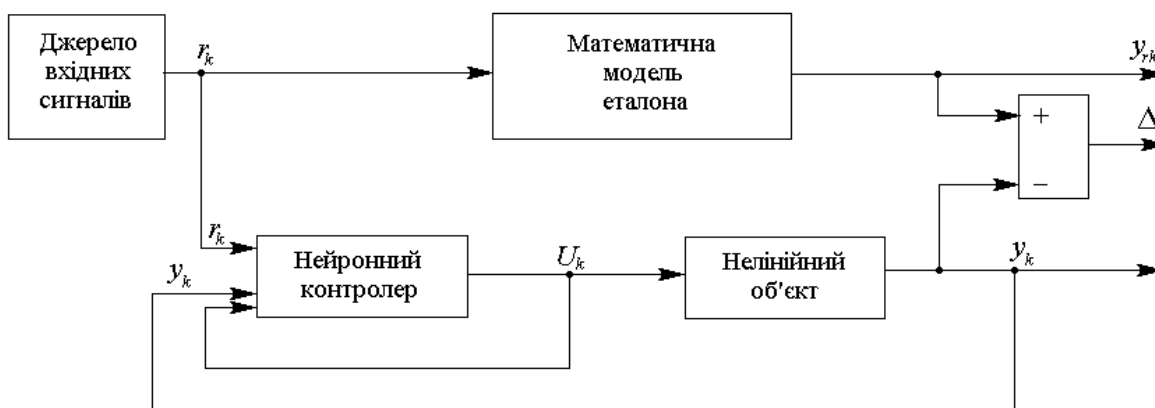


Схема увімкнення нейронного контролера в систему автоматичного керування

Розглянемо послідовно різні підходи до навчання нейронного контролера, ілюструючи застосування наведених положень.

Навчання з використанням нейронної моделі об'єкта. Особливість вказаного способу полягає в тому, що при реалізації навчання використовуються тільки дві числові послідовності із трьох заданих. У такому разі на основі послідовностей, які виміряні на вході та виході об'єкта (U_{ko} та y_{ko}), навчанням нейронної мережі створюється нейронна модель об'єкта, яка доповнюється нейронним контролером і замикається оберненим зв'язком, що відповідає реальній системі. Утворена нейронна мережа відтворює модель поєднання контролера і об'єкта. Задача полягає в тому, щоби модель була еквівалентна еталону, тому коефіцієнти контролера можна отримати навчанням цієї об'єднаної мережі послідовностями з входу і виходу еталона (r_k та y_k). Значення тих коефіцієнтів, які відповідають підмережі об'єкта, повинні бути фіксованими, тобто у ході навчання повинні змінюватися тільки коефіцієнти контролера. Іншими словами, нейронна модель об'єкта використовується для того, щоб через неї розбіжність (похибка) "обернено поширилась" до мережі контролера. Після навчання з об'єднаної мережі можна виділити ту частину, що відповідає контролеру, і використати її для керування реальним об'єктом. Перевагою описаного методу є те, що навчання контролера відбувається тільки за послідовностями r_k та y_k , без використання послідовності U_k , проте у такому разі всередині мережі наявний обернений зв'язок, а навчання таких мереж не зовсім просте.

Навчання з використанням нейронної моделі оберненого об'єкта. У такому разі для навчання

пропонується використати всі три послідовності (r_k, y_k, U_k). Суть методу полягає в тому, щоб обчислити послідовність U_k на основі значень y_k , що одержані при подаванні на еталон послідовності r_k . Фактично цей спосіб вимагає використання оберненої моделі об'єкта, реалізація якої не завжди можлива. Побудувати обернену модель об'єкта у формульному вигляді не вдається, якщо інформація про керований об'єкт обмежена. Тому для формування вхідної послідовності об'єкта U_k на підставі значень вихідної послідовності еталона y_k можна використати нейронну модель оберненого об'єкта, навчання якої здійснюється на основі одержаних дослідно вхідних і вихідних послідовностей об'єкта. Звичайно така модель може коректно функціонувати, тільки коли відсутні запізнення та гістерезисні явища в об'єкті. Створення нейронної моделі оберненого об'єкта також неможливе або істотно ускладнене, коли наявні в об'єкті нелінійності стають двозначними при їхньому обертанні.

Навчання з використанням оберненого еталона. У такому разі пропонується підхід, аналогічний до попереднього, однак тепер навчання здійснюється на послідовності U_k , що подається на вхід об'єкта і відповідної їй послідовності y_k , яка знімається з його виходу. Застосовуючи модель оберненого еталона на основі послідовності y_k , можна одержати таку вхідну послідовність еталона, r_k , подавши яку на вхід увімкненого в систему контролера, одержимо на його виході керуючу дію U_k .

Така схема навчання має істотну перевагу перед попередньою, оскільки еталон здебільшого нескладний

і тому процедура побудови еталона значно простіша, ніж побудова моделі оберненого об'єкта. Обернення еталона можна здійснити різними способами: перший полягає в розв'язуванні рівняння еталона відносно вхідної змінної, другий – в побудові оберненої моделі з використанням оберненої моделі на основі нейронної мережі.

Висновки. Розглянуті методи відзначаються високою швидкістю навчання за мінімальних витрат процесорного часу і забезпечують задану точність

навчання нейронної мережі завдяки фіксованості навчальних послідовностей і відсутності обернених зв'язків всередині мережі на етапі її навчання.

1. Norgaard M., Ravn O., Poulsen N., Hansen L. *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems*. - London: Springer, 2000. 2. Каллан Р. *Основные концепции нейронных сетей*. – М., 2001. 3. Медведев В., Потемкин В. *Нейронные сети MATLAB6*. – С.-Пб., 2001. 4. Галушки А. *Теория нейронных сетей*. – М., 2000.

УДК 536.532:536.629

ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ВИПРОБУВАНЬ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ВИРОБІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ

© Декуша Леонід, Воробйов Леонід, Зайцев Володимир, Декуша Олег, Шаповалов В'ячеслав, 2007

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна, Київ, вул. Желябова 2, а
teplomer@ukr.net

Розроблено універсальний комп'ютеризований приладовий комплекс для визначення тепловтрат будівель та енергетичних об'єктів, теплового опору та коефіцієнта теплопровідності теплоізоляційних матеріалів та покриттів. Розглянуто питання створення вимірювального комплексу на базі малоінерційних перетворювачів теплового потоку та температури. Виконано дослідження «енергоощадних» фарб та тепловтрат зовнішніх поверхонь водогрійного котла.

Разработан универсальный компьютеризованный приборный комплекс для определения теплотерь зданий и энергетических объектов, термического сопротивления и коэффициента теплопроводности теплоизоляционных материалов и покрытий. Рассмотрены вопросы создания измерительного комплекса на базе малоинерционных преобразователей теплового потока и температуры. Выполнены исследования «энергосберегающих» красок и теплотерь наружных поверхностей водогрейного котла.

The universal computerized complex of equipment for determination of heat loss from buildings and energetic objects, thermal resistance and thermal conductivity of heat insulating materials and coverings is developed. The questions of design of measuring complex, based on fast-response heat flow meters and thermocouples are described. The investigation of «energy-saving» paints and heat loss from external surfaces of water boiler are carried out.

Істотне підвищення вимог до рівня теплозахисту будівель під час проектування зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель і споруд різного призначення зумовило широке застосування ефективних сучасних утеплювачів, що розміщують ззовні або усередині огорожувальних конструкцій і які призначені підвищувати тепловий опір теплопередаванню крізь них. Нові вимоги, що встановлені у нормативному документі [1] до теплової ізоляції будівель, мають виконуватися при проектуванні

будинків і споруд, їхньому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті, визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів на опалення та виконанні енергетичного обстеження. Великий потенціал енергозбереження має також комунальна та промислова енергетика, що використовує більше від половини енергетичного палива, що споживає Україна і має вкрай застаріле обладнання зі значними тепло-втратами. Таке обладнання (котли, теплотраси, теплообмінники тощо) потребує модернізації, встановлення