

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, РАЗВИТИЕ СЕТИ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭКОМОБИЛЕЙ. ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 629. 114

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

О.В. Бажинов, профессор, д.т.н. М.А. Весела, аспирант ХНАДУ

Анотація. Розглянуто використання інтелектуальної системи в управлінні силовою установкою електромобіля. Надано опис моделей керування силовою установкою при різних станах функціонування.

Ключові слова: система, електромобіль, силова установка, модель

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

А.В. Бажинов, профессор, д.т.н., М.А. Веселая, аспирант ХНАДУ

Аннотация. Рассмотрено использование интеллектуальной системы в управлении силовой установкой электромобиля. Дано описание моделей управления силовой установкой при разных состояниях функционирования.

Ключевые слова: система, электромобиль, силовая установка, модель

INTELLECTUAL INFORMATION SYSTEMS FOR ELECTROVEHICLES

A.V. Bazhinov, professor, dr. eng. sc., M.A. Vesela, postgraduate KhNAHU

Abstract. Considered the use of the intellectual control system of electric propulsion. The description of the power plant control models in different states of operation.

Key words: system, electric vehicle, powerplant, model

Актуальність дослідження

Інформаційна система являє собою особливе середовище, що включає сукупність використовуваних комп'ютерів, локальних і глобальних комп'ютерних мереж зв'язку, програмних продуктів і інструментальних засобів їх розробки, баз даних, користувачів, інших різноманітних технічних засобів підтримки інформаційних технологій і т.п.

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) являє собою комплекс вимірювального обладнання, пристроїв обробки та передачі даних, що забезпечують автоматичний збір інфор-

мації, яка вимірюється кількісно, безпосередньо від досліджуваних об'єктів, явищ, процесів - за допомогою процедур вимірювання та контролю, аналізу і обробки інформації, а також відображення її у вигляді числових даних, висловлювань, графіків, таблиць, діаграм та ін., що відображають стану досліджуваних об'єктів. Під інформаційно-керуючою системою (ІКС) будемо розуміти певну сукупність програмно-апаратного комплексу засобів, методів, алгоритмів автоматизації інформаційних процесів моніторингу та реалізації керуючих впливів різними об'єктами.

Постановка задачі

Виділимо наступні основні компоненти інформаційно-керуючої системи:

- людський фактор (аналітики, розробники, програмісти, користувачі, консультанти, інженери, лаборанти, техніки);
- інструментальні засоби розробки програмного забезпечення;
- системне і прикладне програмне забезпечення;
- математичне і методологічне забезпечення;
- апаратне забезпечення;
- інформаційні технології.

Основним етапом розробки ІКС є створення програмного забезпечення. Як правило, пред'являють жорсткі вимоги до розробки систем управління, які включають здатність забезпечити підтримку розподілених інформаційних ресурсів і функціонування в реальному масштабі часу в розподіленій мережевому середовищі, а також можливість забезпечення багатозадачних і багатокористувацьких режимів, при невисокій її ціною. При проектуванні ІКС останнім часом істотно зростають темпи робіт, уніфікація технічних і програмних засобів збільшується, зростає кількість SCADA-пакетів, підвищується роль стандартизації проектування, відбувається постійна зміна поколінь програмно-технічних комплексів, зростає число впроваджуваних систем управління в автомобілях. Зауважимо, що система управління процесами в енергоємних галузях має низку характерних особливостей, що вимагають організації і проведення досліджень з метою забезпечення можливості застосування готових програмних продуктів SCADA-систем і CALS-технологій. Відомі SCADA-системи здатні вирішувати питання автоматизації процесу створення програмного забезпечення для розроблюваних систем управління. Однак, в технічній документації до цих систем немає відомостей про методи та алгоритми, що дозволяють в реальному масштабі часу синтезувати енерго- і ресурсозберігаючі управління.

Створювані інформаційні системи управління синергетичним автомобілем якраз повинні мати здатність до управління за різними критеріями, що забезпечує енерго- і ресурсозбереження, а також високу продуктивність транспортних машин без зниження їх якості. Перераховані вимоги надають суперечливі

впливу на завдання управління. Одночасне їх використання істотно ускладнює математичне і методологічне забезпечення проектованої системи управління, а також її технічну реалізацію. Рішення задач управління по комплексному критерію недостатньо розглянуто в літературі, тому створення ІКС енергоємними об'єктами по комплексними критеріями є своєчасною і актуальною задачею.

Результати дослідження

Автомобілі можуть споживати різні види енергії. Від режиму роботи автомобіля, від виду енергоносія залежить вид мінімізуемого функціоналу. Якщо використовується електроенергія, то в якості функціоналу розглядається мінімум витрат енергії

$$J_s = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt, \quad (1)$$

Якщо в якості теплоагенту використовується водяна пара, спирт, бензин, дизельне паливо і т.д., то в якості функціоналу береться «витрата палива»

$$J_T = \int_{t_0}^{t_k} |u(t)| dt. \quad (2)$$

де $u(t)$ – керуючий вплив;

$0, k$ – початкове і кінцеве значення тимчасового інтервалу.

При моделюванні процесів, коли точний аналітичний розв'язок диференціального рівняння в приватних похідних неможливо, або, принаймні, важко, використовують так звані евристичні методи - різні методи побудови штучних нейронних мереж. Гідність моделей, побудованих на нейронних мережах, полягає в можливості отримання прийнятної точності опису досліджуваного процесу і застосування у вирішенні завдань управління.

В 1974 р. Мамдані показав можливість застосування ідей нечіткої логіки для побудови системи управління об'єктом. Нечітке управління використовується при недостатньому знанні об'єкта управління, але при наявності досвіду управління ним, а також в нелінійних системах, ідентифікація яких занадто трудомістка і в випадках, коли за умовами задачі необхідно використовувати знання експерта.

При управлінні складними об'єктами зазвичай доводиться оперувати неповними знаннями про їх істинності. У зв'язку з цим застосовують поняття лінгвістичної змінної, яка задається набором словесних (вербальних) характеристик, які є значеннями цієї змінної.

Для створення динамічних моделей енергоємних об'єктів часто припускають нормальне функціонування системи при вирішенні задач ідентифікації. В даний час широко застосовуються в задачах аналізу і синтезу багатовимірних динамічних об'єктів математичні моделі, що описуються з урахуванням безлічі станів функціонування (МСФ). Ці моделі дають можливість врахувати як різні режими роботи об'єкта управління, так і впливу зовнішнього середовища, а також інших діючих на об'єкт факторів різної природи. У зв'язку з цим пропонується описувати процеси, що відбуваються в синергетичному автомобілі, моделями з урахуванням безлічі станів функціонування.

Модель M на МСФ будується як розширення моделі M динамічної системи, яка визначається п'ятіркою $(Z, X(\cdot), Y, H, \gamma, \eta, \Phi, v)$, де Z означає безліч значень вектору фазових координат, під розуміється безліч значень вектора виходу; безліч траєкторій $X(\cdot) = (X(t), t \in [t_0, t_k])$, вектор входу x при зміні на часовому інтервалі $[t_0, t_k]$; оператори ψ, ζ – перехідна функція і вихідна відображення, тобто $\psi: T \times T \times Z \times X(\cdot) \rightarrow Z, \zeta: T \times Z \rightarrow Y; T$ – безліч моментів часу t . Модель M не враховує зміни операторів ψ, ζ в процесі функціонування системи.

В транспортному засобі виділяють два роду процесів. Процеси першого роду пов'язані з потоками енергії, продукції, інформації; стан системи щодо цих процесів визначається вектором z .

Процеси другого роду відображають зміни станів працездатності (відмови, ремонти), навмисних і ненавмисних дій, що впливають на структуру об'єкта і оператори ψ, ζ . Стан системи щодо процесів другого роду визначається значенням змінної h . При зміні h в загальному випадку можуть змінюватися розмірності векторів x, y, z і клас системи; наприклад, в одних станах h – система лінійна детермінована, в інших – нелінійна стохастична.

В моделі M додатково використовується змінна h стану функціонування та оператори T, γ . Значення h змінюється, наприклад, при порушеннях працездатності складових частин системи, що викликають зміну її структури, а отже, і операторів ψ, ζ . Безліч H можливих значень змінної $h \in \text{МСФ}$. Зміна h відбувається в випадкові моменти часу і задається оператором $\gamma: T \times H \rightarrow H$. Кожному значенню $h \in H$ відображенням η ставиться у відповідність пара операторів $(\psi_h, \zeta_h), \psi_h \in \Phi; \zeta_h \in V$ тобто $\eta: T \times H \rightarrow (\Phi, V)$. Таким чином, модель на МСФ визначається $(Z, X(\cdot), Y, H, \gamma, \eta, \Phi, v)$. Залежно від можливості зміни і ідентифікації змінної h на даному часовому інтервалі управління $[t_0, t_k] = T$; виділяють чотири основні класи систем і їх моделей на МСФ. Якщо для кожного інтервалу часу T значення змінної h стану функціонування відомо і незмінно, то об'єкт належить до першого класу. На інтервалі T об'єкт першого класу задається упорядкованим парою операторів (ψ_h, ζ_h) . Для всіх інтервалів часу модель автомобіля першого класу задається безліччю впорядкованих пар $\{(\psi_h, \zeta_h), h \in H\}$. Одже, $M_h \in \zeta_1$ при

$$h(t) = \hat{h} = \text{const}, \quad (3)$$

Більшість простих систем, вузли, що складають силову установку, яка експлуатується в різних умовах роботи відносяться до першого класу. Зміни h в цих вузлах відбуваються поза тимчасового інтервалу управління $[t_0, t_k]$. Для об'єктів другого класу ζ_2 , як і для першого, значення змінної h стану функціонування на інтервалі T також незмінно, але при цьому воно невідомо, а відомі лише ймовірності $P(h \in T), h \in H$. Модель другого класу позначимо M_H . Вектор $z(t), [t_0, t_k]$ в моделі M_H має своїми значеннями випадкові величини з розподілом

$$P(H \in T) = \{p(h \in T), h \in H\}. \quad (4)$$

Прикладом моделей $M_H \in \zeta_2$ є стохастичні системи, моделі M_H схожі з диференціальними включеннями.

В системах третього класу змінна h стану функціонування змінюється на часовому інтервалі $t \in [t_0, t_k]$, причому її значення в кожен момент $t \in T$ відомо (ідентифікується). Модель об'єкту третього класу $M_{h(t)}$ описується кусково-постійною траєкторією зміни значень впорядкованої пари операторів (ψ_h, ζ_h) ; при-

чому перемикання відбуваються у випадкові моменти $t_i \in T$, $i=1,1$, число яких дорівнює l ; ці моменти відповідають змінам значень змінної h . Таким чином,

$$M_{h(\cdot)} \in \xi_s : \forall T \in T \times T, \quad (5)$$

$$\forall s \in [t_0, t_k], \quad (6)$$

$$h(s) = \hat{h}(s). \quad (7)$$

Прикладами моделей $M_{h(\cdot)}$ є моделі, що описуються рівнянням Каратеодорі, диференціальним рівнянням з розривної правої частиною, зокрема, з програмованими моментами перемикання $t_i \in T$, $i=1,1$. До об'єктів третього класу відносяться багато об'єктів, для яких завдання управління вирішуються при великих різницях між кінцевими і початковими значеннями вектора фазових координат або при тривалих тимчасових інтервалах $[t_0, t_k]$.

$$\Delta z_i = z_i(t_k) - z_i(t_0), \quad (8)$$

$$i = \overline{1, n}. \quad (9)$$

Для об'єктів четвертого класу значення змінної $h(t)$, задає стан функціонування, для всіх $t \in T$ невідомі. На інтервалі T при моделюванні об'єктів четвертого класу слід розглядати безліч траєкторій $h(\cdot)$ з початком в точці $h(t_0)=h_0$, відповідних оператору ψ . Значення оператору γ можуть бути представлені графом G змін станів функціонування. Будемо позначати модель об'єкта четвертого класу через M_G . Використовуючи модель M_G , отримуємо воронку всіх траєкторій $z(\cdot)=(z(t); t \in T)$. В цьому випадку значення фазового вектору $z(t)$, $t > t_0$, як і в моделі другого класу, є випадковими величинами. Відповідно до класифікації систем на МСФ силового агрегат електромобіля, в залежності від розв'язаної задачі управління найчастіше ставляться до третього або четвертого класу.

Першим етапом проектування ІКС силової установки електромобіля є аналіз предметної області, на якому:

– досліджується склад силової установки, що входить в електромобіль;

– визначаються режими роботи силової установки та описуються в моделі управління силовою установкою на багатьох станах функціонування (МСФ). На підставі отриманої інформації визначаються функціональні особливості, структура та тип ІУС і формулюються цілі її функціонування. Формалізуються завдання, що визначають функціональні можливості і особливості створеної ІУС, і при наявності погано формалізованих задач приймаються рішення про застосування та виборі методів штучного інтелекту.

Висновки

Основними показниками ефективності функціонування електромобіля є енергозбереження, якість автомобіля і продуктивність транспортного процесу. Одним із підходів підвищення ефективності функціонування електромобіля є розробка і впровадження в рамках модернізації силової установки інтелектуальної інформаційно-керуючої системи інваріантної різним автомобілям, що дозволяє оперативно виробляти керуючий вплив, яке мінімізує енерго- або ресурсоспоживання в динамічних режимах і мінімізує втрати якості і продуктивності в заданих умовах експлуатації.

Література

1. Леоненков, А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ. Петербург, 2003. - 736 с.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. с польского И.Д. Рудницкого. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
3. Иванов А.М., Солнцев А.Н. Перспективы развития интеллектуальных бортовых систем автотранспортных средств. – Журнал автомобильных инженеров, № 6, 2010, С. 14-19.

Рецензент: О.Я. Никонов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття поступила в редакцію 11 червня 2016 р.