

УДК 629.331

ВДОСКОНАЛЕННЯ КЕРОВАНOSTI АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Лисенко С.В.¹, к.т.н., доц.,

Івашко В.С.², д.т.н., проф.,

Капустенко Р.В.¹

Центральноукраїнський національний технічний університет¹

Білоруський національний технічний університет²

В даний час автомобіль є одним з найбільш ефективних, доступних і затребуваних наземних транспортних засобів. Тому одним з яскраво виражених світових тенденцій останніх десятиліть є автомобілізація, тобто розширення використання автомобільного транспорту в різних сферах людської діяльності. Автоматизація виробничого процесу, суворе тестування нових моделей і версій автомобіля забезпечує безпеку і зручність для людей. Необхідність збільшення випуску і поліпшення структури автомобілів, більш повно відповідають потребам народного господарства, вимагають економії палива, підвищення ресурсу та зниження металоємності. У зв'язку з цим підвищення економічності, високі надійність, динамічні і ходові якості автомобіля, зниження його маси і зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище є основними завданнями автомобілебудування сьогодення. Для досягнення пропонованих вимог у структурі комплексу автоматизованого тестування необхідно розробити автономну систему управління автомобілем для проведення циклічних тестових заїздів.

Дослідні зразки розроблених марок автомобілів нового покоління, так само як і контрольні зразки серійно випускаючих транспортних засобів, безперервно піддаються жорстким випробуванням на тестових полігонах для виявлення шляхів оптимізації їх конструкції. З урахуванням часто мінливих умов робота водіїв вимагає великої кількості керуючих впливів і постійної концентрації уваги, що сприяє швидкій втомі. Навіть у кваліфікованих водіїв з великим стажем роботи після 4-5 годин безперервного водіння через втому знижується увага і в 1,5-2 рази зростає кількість помилок управління.

Сучасні цифрові системи автоматичного керування в стані реалізувати практично як завгодно складні алгоритми незалежно від принципу дії виконавчих пристроїв. Тим самим пріоритети при створенні засобів автоматизації змістилися в область інформаційних інновацій. З іншого боку, завдяки розвитку обчислювальної техніки, при пошуку рішень задач даного класу стали широко застосовуватися методи імітаційного математичного моделювання. Займаючи мінімальний час (що важливо з урахуванням скорочення термінів створення нової техніки) і вимагаючи менших витрат, ніж традиційні методи натурних випробувань, моделювання за допомогою комп'ютерів відкриває нові можливості для поглибленого вивчення характеру впливу нового обладнання і алгоритмів управління на процеси і результуючі експлуатаційно-економічні показники. Мета наукового розділу полягає в розробці бортового

інформаційно-виміральної і керуючої систем керування автомобілем для автоматизації циклічних тестових заїздів. При цьому бажано вирішити низку завдань: розробка алгоритмів траєкторного керування транспортним засобом, що реалізують маневри, передбачені планом випробування автомобіля з урахуванням можливості огинання перешкод, не відображених на карті випробувального полігону; сформулювати пропозиції по реалізації вузлів і блоків бортової інформаційно-виміральної та керуючої системи.

Для вирішення поставлених завдань використовувалися: теорія і методи математичного моделювання, закони теоретичної механіки, теорія автоматичного управління, цифрова обробка сигналів, теорія нелінійних алгоритмів керування, що базуються на нечіткій логіці.

Науковий інтерес буде формуватися на розкритті перспективних подальших можливостей: запропонування та реалізація модифікації алгоритму CL-RRT планування локальної траєкторії автомобіля-робота, що враховує в реальному часі неголономність автомобіля і оцінку нев'язки реальної і заданої траєкторії на основі фільтра Калмана. Можливо в подальшому обґрунтувати в ході проектування і польових випробувань структура інформаційно-виміральної і керуючої системи автомобіля. Практичний інтерес досліджень складеться в наступному: в результаті наступних проведених досліджень можлива буде сконструювати та виготовити експериментальний зразок інформаційно-виміральної і керуючої системи, яка включає в себе керований електромеханічний привід зчеплення, акселератора, гальма і керма, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати старт, гальмування і управління автомобілем при русі по траєкторії з заданою швидкістю.

Сучасний стан проблеми автономного керування транспортними засобами та автоматизації тестових заїздів в ході випробувань виробів автомобільної промисловості знаходиться на доволі низькому рівні. Проведено аналіз характеристик існуючих автомобілів-роботів та автономних транспортних засобів. Описано основні перспективи розвитку автономних транспортних засобів. Показано, що, незважаючи на прагнення в першу чергу створити автономний автомобіль для руху на міських і замських умовах, автомобільні концерни розглядають і питання автоматизації випробувань готової продукції. При цьому інформації про технічні та програмні рішення, що використовуються в даній області на порядок менше, ніж інформації про автономне пересування деяких колісних машин, що працюють в обмеженій області. Зазначено, що додатковою особливістю, що відрізняє завдання автоматизації випробувань продукції дивізіону комерційних автомобілів, є використання в них виключно механічної коробки перемикачів передач, як найбільш економічною і ремонтпридатною у вітчизняних умовах. Проаналізовані переваги і недоліки різних типів електроприводів, використовуваних в якості актуаторів в мехатронних системах. Наразі бажане застосування двигунів постійного струму перед іншими типами електричних двигунів в системі автоматичного керування автомобілем з механічною коробкою перемикачів передач. Проведений вибір електроприводів постійного струму для реалізації керованого електро-механічного приводу зчеплення,

акселератора, гальма і керма автомобіля. У цьому розділі аналізуються також особливості застосування ймовірного підходу до оцінки положення автономного транспортного засобу в просторі. Показано, що для підвищення надійності одержуваних оцінок положення необхідне використання розвиненої інформаційно-вимірювальної системи з численними вимірювальними каналами, часто дублюються. Тому застосування Автономної інформаційно-вимірювальної та керуючої системи дозволить не тільки виключити людину з деяких процесів випробування готової продукції на автополігоні, але і проводити нові види випробувань.

Зазначимо, що сценарій початку руху по складності і чіткості дій є одним з найскладніших процесів. Система приводу зчеплення представляє собою об'єкт управління високої складності зі складною математичною моделлю і широким діапазоном зміни параметрів.

Відомі підходи до реалізації сценарію старту автомобіля, засновані на диференціальних рівняннях, що моделюють трансмісію, або неприйнятними з точки зору необхідної продуктивності бортового комп'ютера при переході до їх інтегрування обчислювальними методами, або не враховує специфіку завдання тестових випробувань, що передбачає мінімізувати час старту руху за умови забезпечення досить плавного включення зчеплення. Тобто відомі методи не дозволяють підвищити ефективність тестування зчеплення на відмову шляхом скорочення часу виконання стандартної кількості циклів старту і зупинки транспортного засобу.

В якості вимірювальних даних розроблена система використовує інформацію про кутовий швидкості обертання ведучого вала двигуна внутрішнього згорання (штатний датчик обертів), кут нахилу поверхні старту (інтегральний акселерометр), масі автомобіля (датчик сили на задній підвісці автомобіля), а також дані про положення важелів актуаторів електромеханічних приводів педалей зчеплення і гальма (оптичні інкрементальні енкодери). Особливістю запропонованої системи управління для реалізації старту автомобіля є виділення двох нечітких регуляторів і підсистеми управління педаллю гальма (рис. 1).

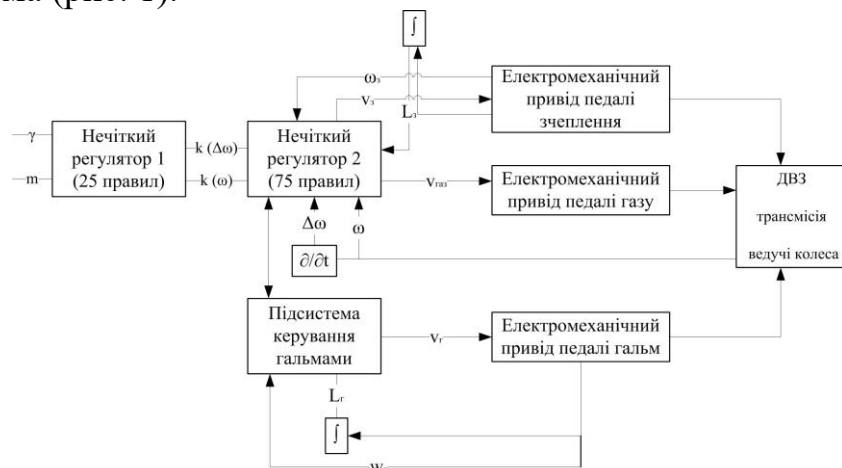


Рисунок 1 – Функціональна схема нечіткого регулювання

Нечіткий регулятор першого рівня забезпечує формування значень коефіцієнта кутової швидкості обертання вала ДВЗ $k(\omega)$ і коефіцієнта приросту

кутової швидкості обертання валу ДВЗ $k(\Delta\omega)$ на основі вимірних значень кута нахилу поверхні старту γ і маси автомобіля m . Нечіткий регулятор другого рівня забезпечує обчислення необхідних швидкостей обертання валів електромеханічних приводів педалей газу $v_{газ}$ і зчеплення v_z на основі значень, отриманих від нечіткого регулятора першого рівня та вимірюваних даних кутової швидкості обертання валу електромеханічного приводу педалі зчеплення ω_z , лінійного переміщення важелів актуатора L_z , а також кутової швидкості обертання ω і зміни кутової швидкості обертання $\Delta\omega$ ведучого валу ДВЗ. Функціонування підсистеми управління педальною гальма здійснюється з використанням даних кутової швидкості обертання валку електромеханічного приводу ω_t , а також лінійного переміщення важеля актуатора L_m . Підсистема керування гальмом (не базується на нечіткій логіці) визначає швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу педалі згідно з блок-схемою, наведеною на рис. 2, де ω_{gr} – граничне значення кутової швидкості обертання вала ДВЗ, при якому крутний момент, що передається валом ДВЗ ведучому валу зчеплення достатній для утримання автомобіля при поточному куті нахилу поверхні старту, v_m – лінійна швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу педалі гальма, v_{max} – максимальна лінійна швидкість переміщення важеля актуатора електромеханічного приводу, L_v і L_n – верхня і нижня межа лінійного переміщення важелів актуатора.

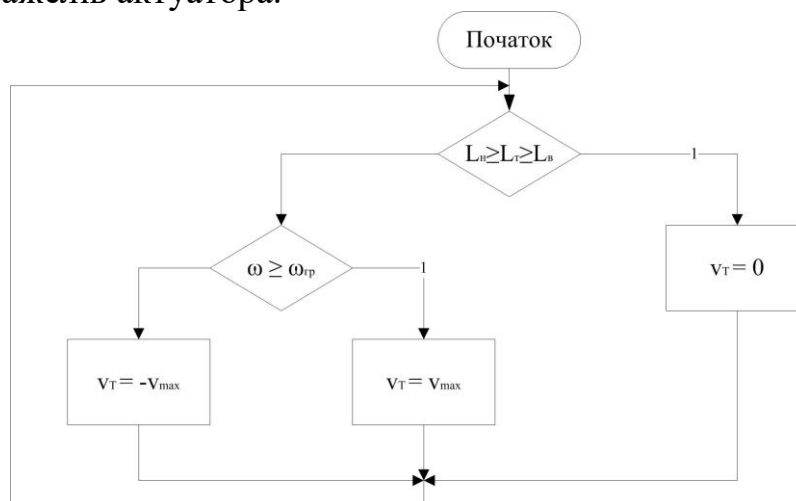


Рисунок 2 – Фрагмент алгоритму роботи підсистеми керування гальмами

Введення двох нечітких регуляторів дозволило знизити складність системи за рахунок поділу функцій управління, результатом чого стало зменшення часу обчислення і можливість роботи системи в режимі реального часу. Зважаючи на особливості побудови систем на базі нечіткої логіки, збільшення числа вхідних і вихідних змінних призводить до різкого зростання кількості правил формування нечітких продукцій, що також позначається і на підвищенні складності самих правил і може привести до зниження стійкості системи.

Опис лінгвістичних змінних обох нечітких контролерів базується на Λ – функціях приналежності (рис. 3). При реалізації системи використовувався

алгоритм нечіткого виведення Мамдані. Для першої нечіткої системи сформовано 25 правил нечітких продукцій виду:

Якщо " $\gamma \in \Gamma$ і $m \in M$ ", то " $k_{\omega} \in K1$ і $k_{\Delta\omega} \in K2$ ", де γ, m – нечіткі вхідні змінні, $k_{\omega}, k_{\Delta\omega}$ – вихідні змінні, $\Gamma, M, K1, K2$ – деякі задані функції приналежності.

Для другої нечіткої системи сформовано 75 правил нечітких продукцій виду:

Якщо " $\omega \in A1$ і $\Delta\omega \in B1$ і $L_c \in C1$ ", то " $v_c \in E1$ і $v_z \in F1$ ", де $\omega, \Delta\omega, L_c$ – нечіткі вхідні змінні, v_c, v_z – вихідні змінні, $A1, B1, C1, E1, F1$ – деякі задані функції приналежності. Процес дефаззифікації реалізований з використанням методу знаходження центру мас.

Нечіткий регулятор першого рівня на основі вимірних даних m і γ обчислює значення коефіцієнтів k_{ω} і $k_{\Delta\omega}$, які зміщують і масштабують області визначення функцій належності другого нечіткого регулятора. Один приклад такої модифікації функцій приналежності при $k_{\omega} = 1,3$ наведено на рис.3.

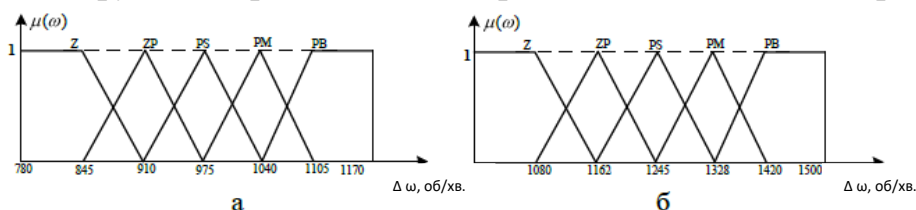


Рисунок 3 – Приклад зміщення і масштабування області визначення функції: а) вихідні, б) перетворення функції приналежності

Моделювання алгоритму виконувалось на прикладному програмному продукті. На рис. 4 представлено залежності кутової швидкості обертання валу ДВЗ від часу при старті автомобіля в поворот (самі жорсткі умови) на похилій (10°) поверхні під керування водія-керування (а) та самокерування (б).

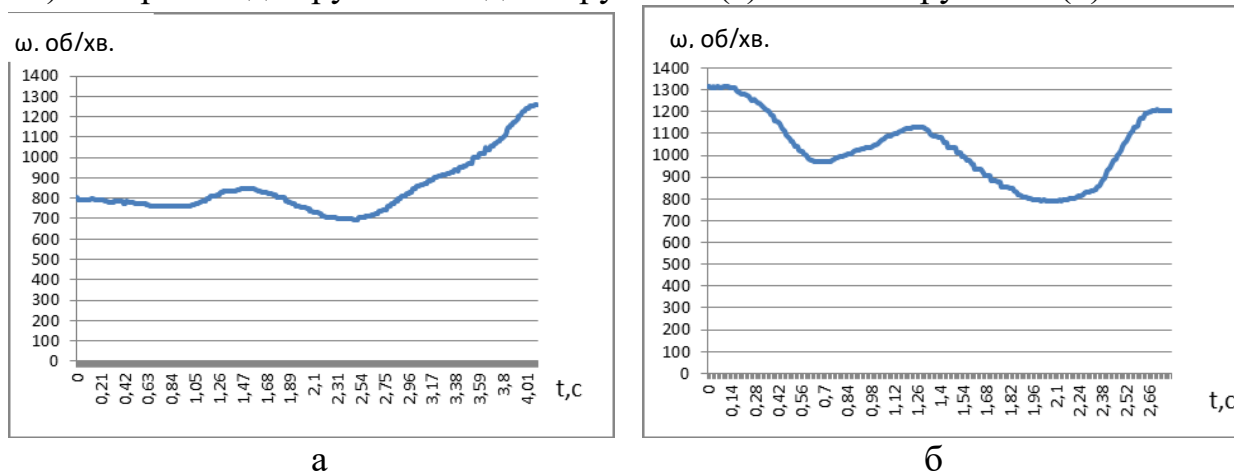


Рисунок 4 – Залежності кутів швидкості обертання валу ДВЗ від часу при керуванні автомобілем: а – водій, б – змодельована система

Якісно можливо відмітити забезпечення комфортного старту автомобіля в обох випадках, що свідчить про достатній степені відтворення досвіду водія. При цьому система самокерування виконує старт швидше, що викликає більший розмах сигналів, допустимий при такого роду тестах.