

ВДОСКОНАЛЕННЯ ГАЛЬМОВОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ КРАЗ-5233ВЕ ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНОГО КЕРУВАННЯ

Макаренко М. Г., доцент, Петренко А.В., бакалавр
(ДБТУ, м. Харків, Україна)

The basic principles of adaptive control of the brake system of the KrAZ-5233VE vehicle, the concept of its implementation and the algorithm of operation, which allows to improve its efficiency and increase the level of safety, are described.

Автомобілі підвищеної прохідності, зокрема КрАЗ-5233ВЕ, використовуються в умовах важкого бездоріжжя, що вимагає ефективної та надійної гальмової системи. Традиційні гальмівні механізми не завжди забезпечують належну ефективність у змінних умовах експлуатації, що може призводити до зниження безпеки. Додатковою проблемою є вплив навантаження на розподіл гальмівних сил, що може призводити до зниження їхньої ефективності.

Адаптивне керування ґрунтується на безперервному аналізі параметрів руху та зміні характеристик гальмування в режимі реального часу. Основні принципи включають: моніторинг параметрів автомобіля (швидкість, навантаження, нахил дороги, зчеплення з покриттям, температурний стан гальмівних механізмів); використання електронної системи управління гальмами (EBS) з автоматичним розподілом гальмівних зусиль; автоматичне регулювання гальмівного зусилля на кожному колесі для запобігання блокуванню або пробуксовці; інтеграція з антиблокувальною системою (ABS), системою курсової стійкості (ESP) та системами контролю тягового зусилля [1 - 4].

Вдосконалення гальмової системи КрАЗ-5233ВЕ передбачає встановлення модуля адаптивного керування, який включає: центральний блок керування (ECU) для аналізу даних та регулювання гальмівного процесу; датчики швидкості обертання коліс, кутового прискорення кузова, навантаження на осі, температури гальмівних дисків; гідравлічний чи пневматичний блок регулювання тиску в гальмівних контурах; програмне забезпечення для адаптивного контролю з можливістю інтеграції з іншими системами безпеки автомобіля.

Ця система здатна в реальному часі регулювати гальмівні характеристики відповідно до змінних умов руху, покращуючи ефективність та безпеку керування автомобілем. Крім того, передбачена функція самонавчання, яка дозволяє системі адаптувати алгоритми управління на основі історичних даних.

Адаптивна система гальмування працює за багаторівневим алгоритмом, що включає процеси збору даних, аналізу параметрів руху, регулювання гальмівного зусилля та забезпечення стабільності транспортного засобу.

На першому етапі здійснюється постійний моніторинг та збір даних з датчиків, встановлених у гальмовій системі та інших підсистемах автомобіля. До основних вхідних параметрів належать: швидкість обертання кожного колеса; величина поздовжнього та поперечного прискорення автомобіля; кут повороту рульового колеса; навантаження на осі транспортного засобу; стан дорожнього покриття (визначається за допомогою аналізу зчеплення коліс з поверхнею); температура гальмівних дисків та колодок.

Зібрані параметри піддаються обробці за допомогою математичних алго-

ритмів в електронному блоці управління (ECU) і включають: аналіз динамічних характеристик руху автомобіля; оцінку коефіцієнта зчеплення шин з дорожньою поверхнею; прогнозування змін навантаження на осі в залежності від умов руху. Система також використовує нейромережеві алгоритми для прогнозування поведінки автомобіля та вибору оптимальних параметрів гальмування.

Після аналізу отриманих даних адаптивна система за допомогою пропорційно-інтегрально-диференційного (PID) контролера формує сигнали керування для виконавчих механізмів: регулятори тиску в гальмівних контурах забезпечують розподіл гальмівної сили між колесами відповідно до поточних умов руху; інтелектуальна антиблокувальна система (ABS) коригує роботу гальм для запобігання блокуванню коліс; система динамічного контролю (ESP) втручається у розподіл зусилля на кожне колесо, якщо виявлено нестабільність руху. Система адаптивного керування працює не лише для ефективного гальмування, а й для підтримки курсової стійкості автомобіля. В умовах екстреного гальмування або зміни траєкторії руху система взаємодіє з ESP для запобігання заносу чи перекидання транспортного засобу.

У разі виявлення ризику втрати контролю система здійснює наступні заходи: перерозподіл гальмівних зусиль між осями для стабілізації автомобіля; зменшення подачі пального для зниження швидкості руху; автоматичне включення системи допомоги при екстреному гальмуванні (EBA), яка підвищує тиск у гальмівному контурі для досягнення максимального уповільнення.

Висновки. Вдосконалений алгоритм роботи адаптивної системи гальмування автомобіля КрАЗ-5233BE дозволяє значно підвищити ефективність розподілу гальмівних сил, скоротити гальмівний шлях та покращити стабільність руху в екстремальних умовах.

Список використаних джерел

1. М. Г., Макаренко, Шевченко І. О. Роль штучного інтелекту та машинного навчання у підвищенні точності та надійності автомобільних систем. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». – Київ: НУБіП України, 2024. С. 93-96.

2. Макаренко М. Г., Бондаренко В. О. Використання інтелектуальних систем керування стійкістю та тяговим контролем автомобіля. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. - Харків : ДБТУ, 2024 С. 154.

3. Макаренко М. Г., Бондаренко К. А., Бондаренко В. О. Використання штучного інтелекту і доповненої реальності при дослідженні маневрових якостей автомобілів. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «AutoTRAK-2024». – Київ: НУБіП України, 2024. С. 90-92.

4. Макаренко М. Г., Бондаренко К. А. Використання інтелектуальних систем адаптивного керування підвіскою автомобіля. // Матеріали XX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті" 04-05. 04. 2024. - Харків: ДБТУ, 2024 С. 155.