

Дембіцький¹ В.М., Сітовський² О.П.

¹ДП “Науково-дослідний та технологічно-конструкторський інститут міського господарства”

²Луцький національний технічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ГАЛЬМУВАННЯ НА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ

Розглянуто сучасні тенденції розвитку систем автоматичного гальмування. Запропоновано загальну схему роботи системи автоматичного гальмування транспортного засобу з електричним приводом, яка ґрунтується на системі ACS. Наведено математичну модель роботи системи рекуперативного автоматичного гальмування.

Ключові слова: автоматичне гальмування, рекуперация енергії, система, електричний привід, перешкода, сповільнення.

Вступ. Сучасний досить стрімкий розвиток транспортних засобів з електричним приводом, який зумовлений економічними та екологічними аспектами призводить до необхідності проведення робіт щодо вдосконалення та поліпшення експлуатаційних властивостей та характеристик систем гібридних та/або електричних автомобілів. Одним з важливих елементів колісного транспортного засобу з електричним приводом є система рекуперативного гальмування.

Актуальність досліджень. Системи рекуперативного гальмування (ARBS) досить широко застосовуються на сучасних транспортних засобах, однак дуже часто не в повній мірі використовуються можливості такої системи, оскільки в даному випадку досить велике значення має стиль їзди, тобто суттєвим є людський чинник [1]. Водночас все ширшого розвитку набувають системи автоматичного гальмування. Їх основна задача забезпечення безпеки руху. Система автоматичного гальмування (**Active City Stop, ACS**) постійно відслідковує дорожню обстановку та приймає рішення щодо здійснення гальмування, у випадку якщо відсутня реакція водія на небезпеку або інтенсивність гальмування є недостатньою [2]. Окрім вищезазначеної системи ACS варто відмітити ряд інших допоміжних систем, в які можна інтегрувати систему ARBS, з метою покращення її ефективності:

ESP (Electronic Stability Program) – електронна система прискорення реакцій гальмівної системи;

HDC (Hill Descent Control) – система контролю руху автомобіля на затяжних спусках;

SBC (Sensotronic Brake Control) – електронна система, яка забезпечує взаємодію між педаллю гальм та гальмівними механізмами.

Таким чином, можна відмітити, постійне вдосконалення гальмівної системи автомобіля, спрямоване на підвищення безпеки руху та мінімізацію людських факторів.

Система ARBS також покликана підвищити безпеку руху, окрім того вона дозволяє акумулювати у накопичувачі рекуперовану енергію, тим самим підвищуючи енергоефективність транспортного засобу.

Постановка мети досліджень. За результатами проведених досліджень [3 – 6] встановлено, що стиль керування транспортним засобом має досить суттєвий вплив як на витрату палива класичного автомобіля так і на роботу системи рекуперативного гальмування транспортного засобу з електричним приводом. Таким чином, метою досліджень є визначення можливості підвищення ефективності процесу рекуперативного гальмування, застосуванням систем автоматичних систем сповільнення транспортного засобу.

Провівши аналіз будови та принципу дії вищенаведених систем можна зробити висновок, що найбільш доцільно створювати систему рекуперативного автоматичного гальмування на основі системи ACS. Окрім того комітет Euro NCAP опублікував звіт щодо розповсюдження систем автоматичного гальмування на усіх сучасних транспортних засобах [7].

Результати досліджень. В загальному схема роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування наведена на рис. 1.

Під час руху транспортного засобу система управління відстежує дорожню ситуацію. У випадку виникнення перешкоди здійснюється її ідентифікація. Якщо перешкоду неможливо однозначно ідентифікувати подається світловий та звуковий сигнал водію. Якщо перешкода ідентифікована, проводиться оцінка параметрів та розраховується необхідна інтенсивність

гальмування. При цьому, якщо гальмівна педаль не задіяна, система розпочинає автоматичне гальмування електричним складником гальмівної системи, одночасно подаючи сигнал водію. Розрахунок необхідної інтенсивності гальмування здійснюється постійно, і залежно від отриманих даних здійснюється коректування ефективності гальмування, з тим, щоб забезпечити максимальне акумулювання рекуперованої енергії. Окрім того, враховуючи аспекти безпеки, першочерговим завданням системи автоматичного рекуперативного гальмування є зупинка транспортного засобу, уникнення зіткнення, тому, механічний складник приводиться в дію у випадку, якщо неможливо лише електричним складником сповільнити або зупинити транспортний засіб.

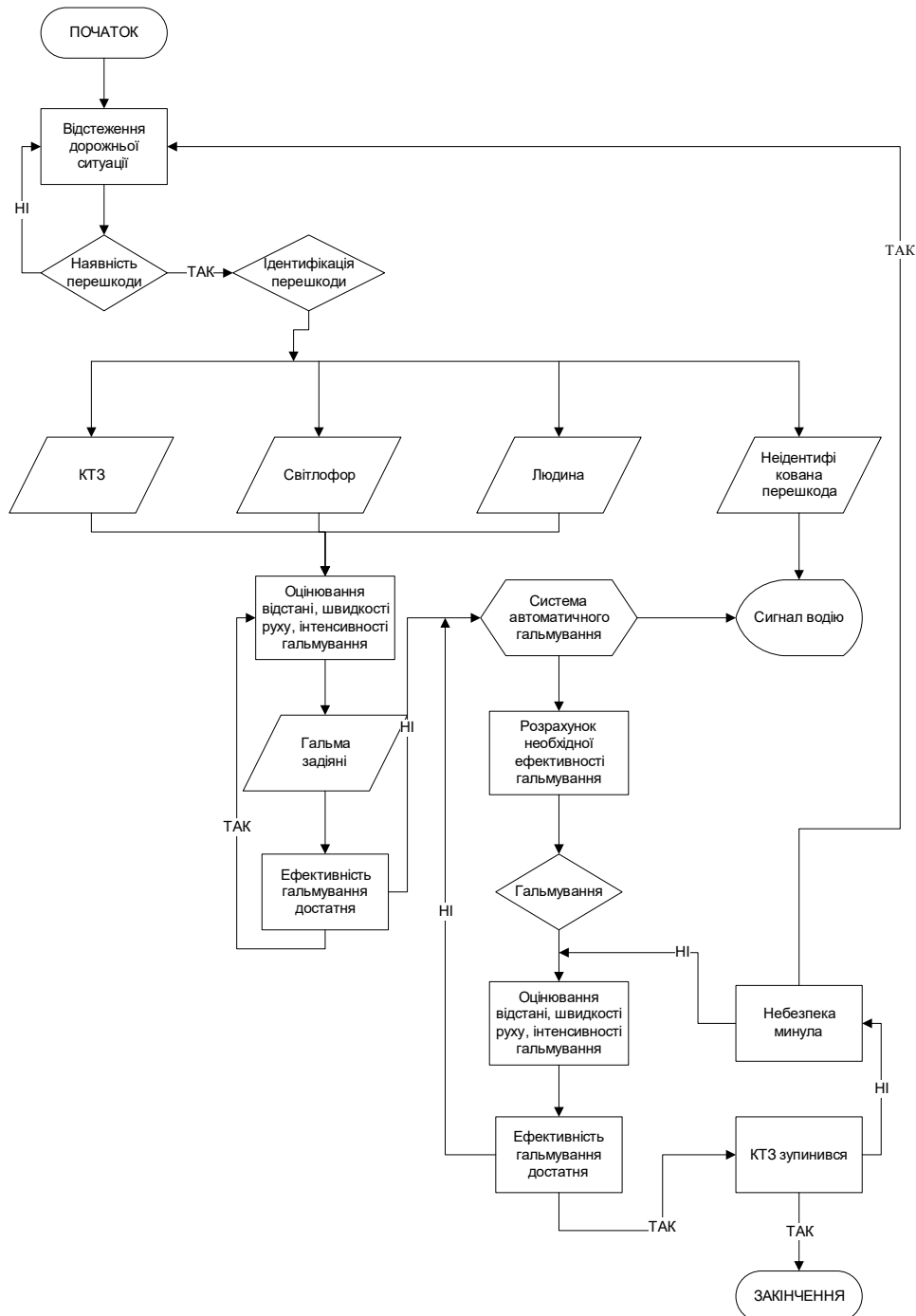


Рисунок 1. Загальна схема роботи системи рекуперативного автоматичного гальмування транспортного засобу з електричним приводом

На основі вищевикладеного можна описати примірний склад системи автоматичного рекуперативного гальмування:

- підсистема стеження;

- підсистема обробки вхідних даних;
- підсистема обробки інформації та прийняття рішень;
- виконавчі механізми.

Оскільки передбачається, що система автоматичного рекуперативного гальмування повинна приймати рішення щодо подальших дій, тоді вона матиме назву інтелектуальна система автоматичного рекуперативного гальмування. Окрім того система повинна автоматично здійснювати ідентифікацію перешкод. Найбільш значимими перешкодами є світлофор, інший транспортний засіб, людина. Якщо система не може однозначно ідентифікувати перешкоду, повинен бути передбачений відповідний алгоритм дій.

Зважаючи на те, що система втручається в керування транспортним засобом, водію повинен подаватися відповідний сигнал.

На основі вищенаведених тверджень можна описати суть роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування. Під час руху транспортного засобу підсистема стеження відслідковує дорожню обстановку та передає відповідні сигнали на підсистему обробки вхідних даних. Вхідні дані обробляються, якщо перешкода відсутня – транспортний засіб рухається в заданому режимі, якщо підсистема виявила перешкоду, здійснюється її ідентифікація. В першому наближенні можна ідентифікувати наступні об'єкти: транспортний засіб, світлофор, людину. У випадку неможливості однозначно ідентифікувати перешкоду, підсистема подає сигнал “ПЕРЕШКОДА НЕ ІДЕНТИФІКОВАНА”, і подається сигнал водію.

За наведеною блок-схемою можна математично описати процес автоматичного рекуперативного гальмування. Для оцінювання дорожньої ситуації ARBS повинна контролювати зміну дистанції між автомобілем та перешкодою ΔS , контролювати сповільнення, з яким здійснюється гальмування j_{ARBS} , вирахувати необхідне значення сповільнення, для уникнення зіткнення j_S . Оскільки в даній роботі розглядається транспортний засіб з електричним приводом, то його сповільнення буде становити:

$$j_{ARBS} = f(V_{ARBS}, n_{ed}, I_{ed}), \quad (1)$$

де V_{ARBS} – швидкість автомобіля, на якому встановлена система автоматичного рекуперативного гальмування, м/с;

I_{ed} – струм електричного двигуна, А;

n_{ed} – оберти електричного двигуна, хв.⁻¹.

Значення необхідного сповільнення можна визначити за залежністю:

$$j_S = \frac{2(V_{ARBS} - V_1)^2}{S_0}, \quad (2)$$

де S_0 – відстань між транспортним засобом та перешкодою, м;

V_1 – швидкість транспортного засобу, який рухається попереду, м/с.

Зміна дистанції між автомобілем та перешкодою, за умови, що перешкода рухома:

$$\Delta S = S_0 + t \cdot (V_1 - V_{ARBS}) + \frac{j_{ARBS} \cdot t^2}{2}, \quad (3)$$

де t – час від початку спрацювання системи ARBS, с.

Звівши рівняння 1 – 3 в систему можна отримати в певному наближенні математичну модель системи автоматичного рекуперативного гальмування:

$$\begin{cases} \Delta S = S_0 + t \cdot (V_1 - V_{ARBS}) + \frac{j_{ARBS} \cdot t^2}{2} \\ j_S = \frac{2(V_{ARBS} - V_1)^2}{S_0} \\ j_{ARBS} = f(V_{ARBS}, n_{ed}, I_{ed}) \\ j_{ARBS} \geq j_S \end{cases} \quad (4)$$

Висновки: На основі аналізу сучасних систем автоматичного гальмування визначено найбільш раціональну схему, яка може бути основою для створення системи рекуперативного автоматичного гальмування. Розроблено загальну схему роботи системи автоматичного рекуперативного гальмування та запропоновано наближену математичну модель для опису роботи системи ARBS.

1. Сітовський О. П. Вплив стилю водіння на рекуперацію енергії / О.П.Сітовський, В. М. Дембіцький // LXXI Наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету: тези доповідей. – Київ, 2015. – С. 57.
2. Системи автоматичного гальмування [Електронний ресурс] – 2015. – Режим доступу: <http://autopark.pp.ua/369-sistemi-avtomatichnogo-galmutvannya.html>. Дата звернення: 08.02.2016 р.
3. Осипов М. А., Майборода О. В. О совершенствовании характеристик путевого расхода топлива / М.А. Осипов, О.В. Майборода // Молодой ученый. – №4. Т.3. – Казань, 2011. – С. 110-112.
4. Ефремов Б.Д., Оверин Ю.В. Метод инструментальной оценки квалификации водителей автомобилей / Б.Д. Ефремов, Ю.В. Оверин // Техничко-технологические проблемы автосервиса. – Вып. 3 (21). – СПбГЭУ, 2012. – С. 53 – 55.
5. Дембіцький В. М. Дослідження приводу гальмівної системи транспортного засобу з гібридною силовою установкою та рекуперацією енергії / В.М. Дембіцький // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. – Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2013. – Вип. 29 (1002). – С. 28–33.
6. Дембіцький В. М. Математична модель процесу електродинамічного гальмування з рекуперацією енергії транспортного засобу, обладнаного електроприводом / В. М. Дембіцький, О. П. Сітовський та ін. // Наукові нотатки. – Вип. 45. – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – С. 159–167.
7. Система автоматического экстренного торможения (АЕВ) станет обязательной [Электронный ресурс] – 14.02.2012. – Режим доступа: <http://www.cardefence.ru/sobytiya/sistema-avtomaticheskogo-jekstrennogo-tormozhenija-aeb-stanet-objazatelnoj>. Дата обращения: 08.02.2016 р.

REFERENCES

1. Sitovskyi, O. & Dembitskiy, V. (2015). Vpliv stilju vodinnja na rekuperaciju energii. *LXXI Naukova konferencija profesors'ko-vikladac'kogo skladu, aspirantiv, studentiv ta spivrobotnikiv vidokremlenih strukturnih pidrozdiliv universitetu*,. Kiyv,. p. 57.
2. Automatic braking systems. Available at: <http://autopark.pp.ua/369-sistemi-avtomatichnogo-galmutvannya.html>. (accessed 08.02.2016).
3. Osipov, M. & Majboroda, O. (2011). O sovershenstvovanii harakteristik putevogo rashoda topliva. *Molodoj uchenyj*. No. 4. Vol.3. Kazan, pp. 110-112.
4. Efremov, B. & Overin, Ju. (2012). Metod instrumental'noj ocenki kvalifikacii voditelej avtomobilej. *Tehniko-tehnologicheskie problemy avtoservisa*. No. 3 (21), SPbGEU Publ., pp. 53 – 55.
5. Dembitskiy, V. (2013). Doslidzhennja privodu gal'mivnoï sistemi transportnogo zasobu z gibridnoju silovuju ustanovkoju ta rekuperacieju energii. *Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu “HPI”. Avtomobile- ta traktorobuduvannja*, Kharkiv, No. 29 (1002), pp. 28–33.
6. Dembitskiy, V., Sitovskyi, O. et al. (2014). Matematychna model protsesu elektrodinamichnoho halmutvannja z rekuperatsiieiu enerhii transportnoho zasobu, obladnanoho elektropryvodom. *Naukovi notatki*. No. 45, Lutsk, pp. 159–167.
7. Sistema avtomaticheskogo ekstrejnogo tormozhenija (AEB) stanet objazatel'noj. Available at: <http://www.cardefence.ru/sobytiya/sistema-avtomaticheskogo-jekstrennogo-tormozhenija-aeb-stanet-objazatelnoj>. (accessed: 08.02.2016).

Дембицкий В.Н., Ситовский О.Ф. Применение систем автоматического торможения на транспортных средствах с электрическим приводом.

Рассмотрены современные тенденции развития систем автоматического торможения. Предложена общая схема работы системы автоматического торможения транспортного средства с электрическим приводом, которая основывается на системе ACS. Приведена математическая модель работы системы рекуперативного автоматического торможения.

Ключевые слова: автоматическое торможение, рекуперация энергии, система, электрический привод, препятствие, замедление.

V. Dembitskyi O. Sitovskyi. The use of automatic braking in vehicles with electric drive

Considered current trends the systems of automatic braking. Offered the general scheme of the system of automatic braking of the vehicle with electric drive. Its principle of work is based on a system ACS. Introduced a mathematical model of the system of automatic regenerative braking.

Keywords: automatic braking, energy recuperation, system, electric drive, obstacle, deceleration.

АВТОРИ:

ДЕМБИЦЬКИЙ Валерій Миколайович, завідувач лабораторії надійності і рухомого складу відділу міський електричний транспорт, Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», e-mail: dvm2@meta.ua

СІТОВСЬКИЙ Олег Пилипович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі і транспортні технології», Луцький НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

АВТОРЫ:

ДЕМБИЦКИЙ Валерий Николаевич, заведующий лабораторией надежности и подвижного состава отдела городской электрический транспорт, Государственное предприятие «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт городского хозяйства», e-mail: dvm2@meta.ua

СИТОВСКИЙ Олег Филиппович, к.т.н., доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, Луцкий НТУ, e-mail: sitovsky@ukr.net

AUTHORS:

Valeryj DEMBITSKYI, Head of the Laboratory of reliability and rolling stock of the city electric transport, State enterprise «Scientific, research, design and technology institute», e-mail: dvm2@meta.ua

Oleg SITOVSKYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University, e-mail: sitovsky@ukr.net

Стаття надійшла в редакцію 19.03.2016