

## МОДЕЛЮВАННЯ ТА КЕРУВАННЯ ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ АВТОМОБІЛЯ, ВИКОНАНОЮ ЗА ПАРАЛЕЛЬНОЮ СХЕМОЮ

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Тімков О.М., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Іванов О.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

### MODELING AND CONTROL OF POWERPLANT IN PARALLEL HYBRIDS VEHICLE

Sakhno V.P., Ph.D., Professor National Transport university, Kyiv, Ukraine  
Timkov O.M., Ph.D., National Transport university, Kyiv, Ukraine  
Ivanov O.S., National Transport university, Kyiv, Ukraine

## МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ АВТОМОБИЛЯ, ВЫПОЛНЕННОЙ ПО ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СХЕМЕ

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Тимков А.Н., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Иванов А.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

### **Вступ.**

При роботі ДВЗ в навколишнє середовище з вихлопними газами поступають шкідливі речовини, які забруднюють атмосферу. Згідно різних досліджень, світовим парком автомобілів щорічно викидається в довкілля 480... 800 млн. тон оксиду вуглецю, що становить близько 19 % світових викидів як природними, так і штучними джерелами; 19... 29 млн. тон метану (7 %), 32... 48 млн. тон інших вуглеводнів (4 %), 17... 21 млрд. тон двоокису вуглецю (2 %), 36... 76 млн. тон окисів азоту (20... 50 %), 162... 198 млн. тон двоокису сірки (45 %) [1].

Основними шляхами вирішення зазначених проблем є розробка та впровадження автомобілів з гібридною силовою установкою (ГСУ), електромобілів та використання альтернативних палив [2]. Для того щоб зробити правильний вибір, кожний з напрямків доцільно порівняти як мінімум за двома характеристиками – екологічної безпеки й економічної ефективності. І порівняти не тільки в системі "автомобіль-середовище", але і з погляду їх повного життєвого циклу. Тобто включаючи видобуток і транспортування сировини, виробництво власне палива, його використання для одержання енергії, захоронення відходів.

### **Постановка проблеми.**

Питанню аналітичного визначення параметрів гібридних автомобілів на етапі проектування приділяється багато уваги. Відомі роботи О.В. Бажинова, О.С. Панікарського, В.С. Боженова, М.В. Румянцева, В.А. Глушенкова та ін. [3, 4]. Широке коло задач із дослідження систем керування ГСУ розглянуто С.А. Серіковим [5, 6 та ін.] та Gheorghe Livinț, Vasile Horga, Marcel Rățoi та Mihai Albu [7]. В роботах [8, 9 та ін.] розглядаються питання моделювання фізичних систем та системи керування, витрати палива гібридного автомобіля в залежності від швидкості, при якій вмикається двигун внутрішнього згоряння.

Серіков С.А. розглянув особливості послідовно-паралельної схеми ГСУ і трансмісії гібридного автомобіля як об'єкту керування за швидкістю руху. Була отримана математична модель силової установки для гібридних автомобілів з послідовно-паралельною схемою. Отримана модель використовується при оптимізації процесу перерозподілу потоків потужності між агрегатами ГСУ на різноманітних тягово-швидкісних режимах [5]. Особливістю роботи [6] є те що, керування ГСУ в даному випадку здійснюється за допомогою наступних керуючих дій: положення органу керування потужністю ДВЗ (ступінь відкриття дросельної заслінки у %; струму оберненої електричної машини; передаточного відношення трансмісії від ДВЗ до ведучих коліс; коефіцієнту, що враховує ступінь вмикання зчеплення. В роботах [8, 9] запропонована методика, що дозволяє обґрунтовано обирати розподіл потужності між агрегатами ГСУ та обирати оптимальні режими роботи ГСУ в залежності

від багатьох факторів та за різними критеріями оптимальності. Дана робота є логічним продовженням попередніх робіт.

**Метою** роботи є створення комплексної моделі системи керування ГСУ автомобіля з врахуванням переходів між її режимами роботи.

**Об'єктом** дослідження є модель системи керування автомобіля з ГСУ виконаною за паралельною схемою компонування.

**Основна частина.**

Базовим елементом в системі керування є зворотній зв'язок, метою якого є підтримка взаємозв'язку між бажаними та дійсними параметрами, див. рис. 1. На вхід регулятора подаються бажані параметри, а на виході визначаються фактичні (дійсні) значення, при наявності різниці між фактичними та бажаними значеннями параметрів останні коректуються поки ця різниця не буде усунена.

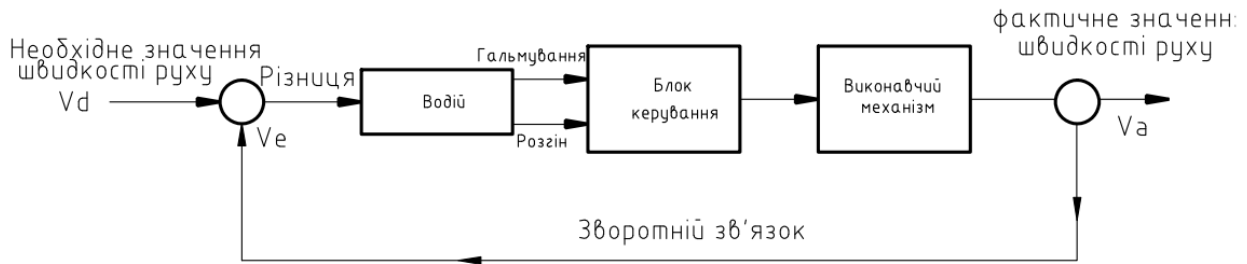


Рисунок 1 – Схема роботи регулятора зворотного зв'язку

Модель керування інтегрована в загальну модель гібридного автомобіля. Моделювання об'єкта керування і алгоритму керування відбувається в єдиному середовищі – Stateflow – це середовище для моделювання і симуляції комбінаторної і послідовної логіки ухвалення рішень, заснованих на машинах станів і блок-схемах. Такий підхід дає можливість оптимізувати всю систему в цілому.

Блок керування автомобілем з ГСУ паралельного типу (Vehicle controller) базується на теорії кінцевих автоматів. Вхід автомата в кожен стан, у відповідний момент часу, визначається не тільки станом входів в даний момент часу, але і внутрішнім станом схеми в момент подачі входних сигналів. У свою чергу, внутрішній стан схеми залежить від стану її входів у попередній момент часу, а, отже, визначається послідовністю надходження входних сигналів. На входи комбінаторної схеми надходять зовнішні сигнали. Під впливом сигналів комбінаторна схема формує послідовність сигналів на виході. Загальна модель логіки керування представляється за допомогою моделі Мура:

$$\begin{cases} S(t) = \varphi[X(t-1); S(t-1)], \\ Z(t) = \psi[S(t)], \end{cases} \quad (1)$$

де  $S(t)$ ,  $S(t-1)$  – стан автомата в момент часу  $t$  і  $t-1$ ;

$X(t-1)$  і  $Z(t)$  – вхідні та вихідні сигнали автомата в момент часу  $t$  і  $t-1$ .

Отже, з системи рівнянь (1) стан  $S(t)$  автомата, при його описі однозначно визначається його вхідними сигналами  $X(t-1)$  і внутрішнім станом  $S(t-1)$  в попередній момент часу  $t-1$ . Сигнал на виході автомата  $Z(t)$  у розглянутий момент часу  $t$  в моделі Мура повністю визначається станом  $S(t)$  автомата в даний момент часу.

В запропонованій моделі використовується детермінований кінцевий автомат  $Q$ , він представляється за допомогою п'яти компонентів:

$$Q = f(S, \Sigma, \delta_i, s_0, R), \quad (2)$$

де  $S$  – множина станів;

$\Sigma$  – множина вхідних символів;

$\delta_i$  – функція переходів;

$s_0$  – початковий стан;

$R$  – множина заключних станів.

Функція переходів  $\delta_i$ , аргументами якої є поточний стан і вхідний сигнал, а значенням – новий стан. Якщо  $s$  стан, і  $\lambda$  вхідний стан, то  $\delta_i(s, \lambda)$  – це стан  $p$ .

В даній роботі, модель логіки керування має два основних стани, один з яких має два підстани, а другий п'ять підстанів один з яких також має два підстани. Вона представляється наступним чином:

$$Q = \left[ \begin{array}{c} s_1(s_{11}, s_{12}), \\ s_2(s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}, s_{25}, s_{251}, s_{252}), \\ c_1(j_1, j_2, j_3), \\ c_2(i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6, i_7, i_8, i_9, i_{10}, i_{11} \quad l_1, l_2), \\ \delta_i, \\ s_{21}, \end{array} \right], \quad (3)$$

де  $s_1, s_2$  – основні стани;

$s_{11}, s_{12}$  – підстани основного стану  $s_1$ ;

$s_{21}, s_{22}, s_{23}, s_{24}, s_{25}$  – підстани основного стану  $s_2$ ;

$s_{251}, s_{252}$  – підстани стану  $s_{25}$ ;

$c_1$  – умова переходу зі стану  $s_1$  в стан  $s_2$ .

$c_2$  – умова переходу зі стану  $s_2$  в  $s_1$ ;

$j_1$  – умова входу в стан  $s_{11}$ ;

$j_2$  – умова входу в стан  $s_{12}$ ;

$j_3$  – умова переходу з стану  $s_{11}$  в  $s_{12}$ ;

$i_1$  – умова переходу з стану  $s_{21}$  в  $s_{23}$ ;

$i_2$  – умова переходу з стану  $s_{21}$  в  $s_{22}$ ;

$i_3$  – умова переходу з стану  $s_{21}$  в  $s_{24}$ ;

$i_4$  – умова переходу з стану  $s_{22}$  в  $s_{23}$ ;

$i_5$  – умова переходу з стану  $s_{22}$  в  $s_{24}$ ;

$i_6$  – умова переходу з стану  $s_{23}$  в  $s_{25}$ ;

$i_7$  – умова переходу з стану  $s_{24}$  в  $s_{23}$ ;

$i_8$  – умова переходу з стану  $s_{24}$  в  $s_{25}$ ;

$i_9$  – умова переходу з стану  $s_{25}$  в  $s_{24}$ ;

$i_{10}$  – умова переходу з стану  $s_{25}$  в  $s_{23}$ ;

$l_1$  – умова переходу з стану  $s_{251}$  в  $s_{252}$ ;

$l_2$  – умова переходу з стану  $s_{252}$  в  $s_{251}$ .

За моделлю Мура логіка описується наступним чином:

$$\begin{aligned} s_1, c_2 &\mapsto s_2; & s_2, c_1 &\mapsto s_1; \\ s_{11}, j_1 &\mapsto s_{11}; & s_{11}, j_3 &\mapsto s_{12}; & s_{12}, j_2 &\mapsto s_{12}; \\ s_{21}, i_1 &\mapsto s_{23}; & s_{21}, i_2 &\mapsto s_{22}; & s_{21}, i_3 &\mapsto s_{24}; \\ s_{22}, i_4 &\mapsto s_{23}; & s_{22}, i_5 &\mapsto s_{24}; \\ s_{23}, i_6 &\mapsto s_{25}; \\ s_{24}, i_7 &\mapsto s_{23}; & s_{24}, i_8 &\mapsto s_{25}; \\ s_{25}, i_9 &\mapsto s_{24}; & s_{25}, i_{10} &\mapsto s_{23}. \end{aligned} \quad (4)$$

Логіка керування за моделлю Мура реалізована за допомогою інструменту Stateflow в середовищі MatLab Simulink. На рис. 2 зображена блок-схема алгоритму керування.

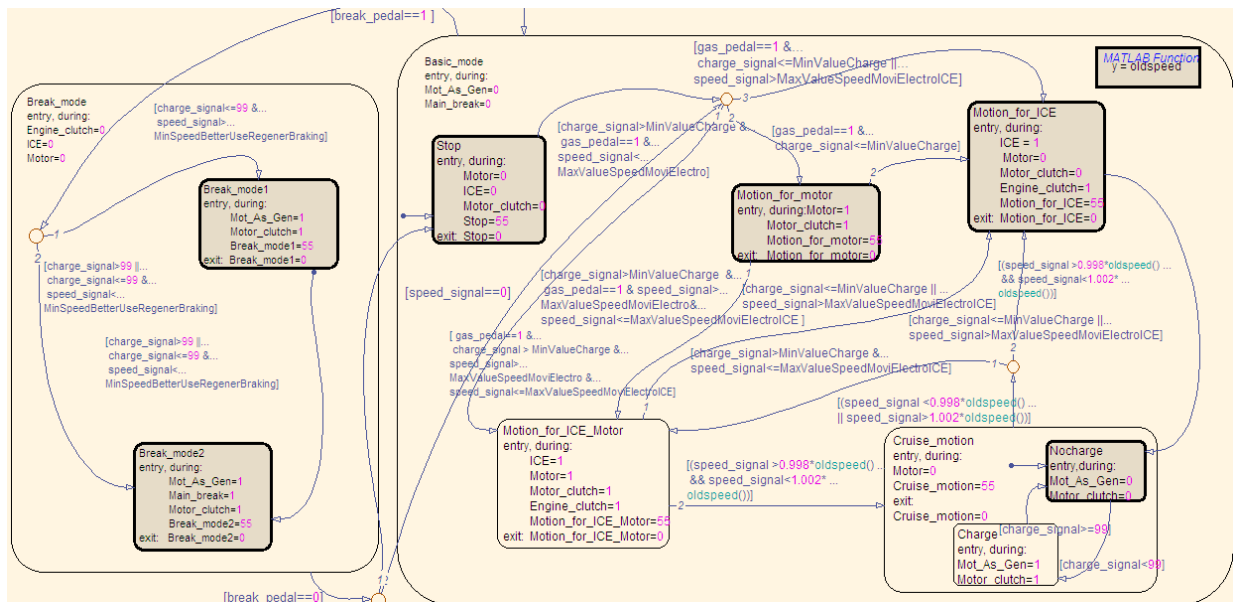


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму керування силовою установкою автомобіля з ГСУ паралельного типу

Прийняті позначення використовуються в середовищі MatLab Simulink.

*Вхідні сигнали :*

gas – сигнал с педалі акселератору (1,0);

break – сигнал с гальмівної педалі (1,0);

Charge – сигнал про величину заряду акумулятора;

Speed – швидкість автомобіля;

*Вихідні сигнали:*

Motor – електродвигун виконує функції приводу коліс автомобіля та зарядки акумулятора підчас рекуперативного гальмування, (вкл/викл) → (1,0);

Mot\_As\_Gen – електродвигун в режим генератора для здійснення рекуперативного гальмування, (вкл/викл) → (1,0);

ICE – ДВЗ, (вкл/викл) → (1,0);

Engine\_clutch – зчеплення ДВЗ, (вкл/викл) → (1,0);

Main\_break – робоча гальмівна система (вкл/викл) → (1,0);

Motor\_clutch – зчеплення електродвигуна на привід коліс, (вкл/викл) → (1,0);

Основна логіка керування ГСУ автомобіля паралельного типу (рис. 2) має два головних режими: «Basic\_mode» ( $s_2$ ) – основний режим, «Breake\_mode» ( $s_1$ ) – гальмівний режим.

Перехід з режиму «Basic\_mode» ( $s_2$ ) в режим «Breake\_mode» ( $s_1$ ) здійснюється при наявності сигналу «break\_pedal==1» ( $c_1$ ), що свідчить про натиснення на гальмівну педаль.

Перехід з режиму «Breake\_mode» ( $s_1$ ) в режим «Basic\_mode» ( $s_2$ ) здійснюється при наявності сигналу «break\_pedal==0», ( $c_2$ ), що свідчить про відпущену гальмівну педаль.

Break\_mode ( $s_1$ ) – гальмівний режим, 100 % необхідного гальмівного зусилля, а отже й необхідної потужності для гальмування  $P_5$  забезпечується рекуперативною гальмівною установкою. Перехід в цей режим відбувається при натисканні на гальмівну педаль, тобто виконанні умови [break\_pedal==1] ( $c_1$ ), з будь якого режиму «Basic\_mode» ( $s_2$ ). В цьому режимі відбувається вимкнення всіх агрегатів крім електродвигуна, він переводиться в режим генератора для здійснення рекуперативного гальмування та заряду батареї. Потрапляючи в цей режим логіка керування може обрати два шляхи для переходу.

Розглянемо докладніше реалізований алгоритм керування. На рис. 3 показано схематично режими руху та умови переходу при русі автомобіля з ГСУ.

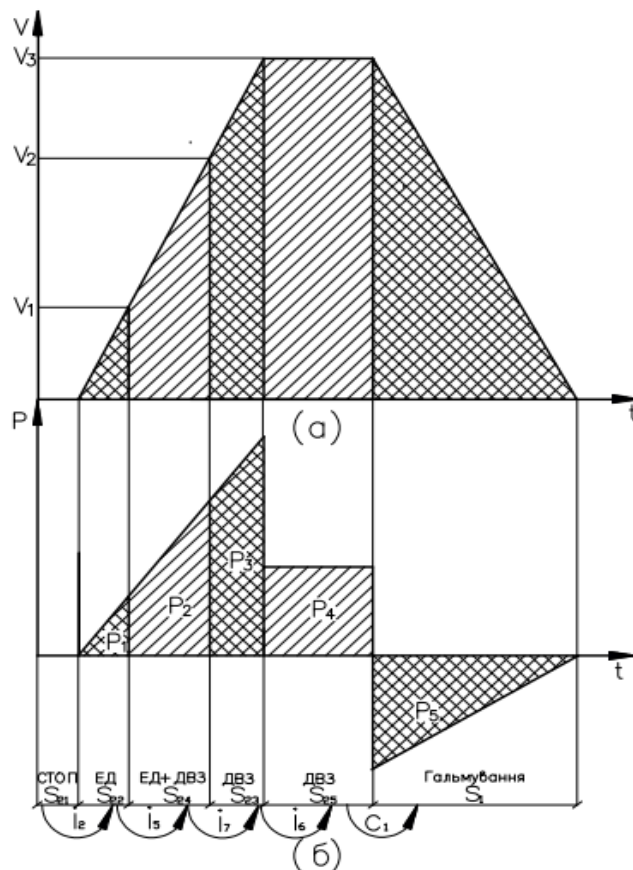


Рисунок 3 – Схема режимів руху та умов переходу при русі автомобіля з ГСУ:  
 а) швидкості руху від часу; б) потрібної потужності від часу.

При виконанні умови  $[charge\_signal > 99 \quad \parallel \quad charge\_signal \leq 99 \quad \& \quad speed\_signal < MinSpeedBetterUseRegenerBraking]$  ( $j_2$ ), що свідчить про те, що батарея заряджена або розряджена але швидкість руху менше мінімально допустимого значення, з якого доцільно починати регенеративне гальмування (швидкість розраховується в залежності від їздового циклу для кожного автомобіля конкретно). Система переходить в режим «Break\_mode2» ( $s_{12}$ ), в якому припиняється рекуперативне гальмування за рахунок вимкнення електродвигуна та його зчеплення, та вимкнення основної гальмівної системи, про це свідчить запис: «Mot\_As\_Gen=0», «Main\_break=1», «Motor\_clutch=0».

При виконанні умови  $[charge\_signal \leq 99 \quad \& \quad speed\_signal > MinSpeedBetterUseRegenerBraking]$  ( $j_1$ ), що означає батарея розряджена і швидкість руху більше мінімально допустимого значення, система переходить в режим «Breake\_mode1» ( $s_{11}$ ), який вмикає регенеративне гальмування, про це свідчить запис «Mot\_As\_Gen=1» і «Motor\_clutch=1».

Вихід з цього режиму відбувається при виконанні однієї з двох умов. При виконанні умови  $[charge\_signal > 99 \quad \parallel \quad charge\_signal \leq 99 \quad \& \quad speed\_signal < MinSpeedBetterUseRegenerBraking]$  ( $j_3$ ), що означає батарея зарядилася чи батарея не зарядилася, але швидкість руху стала менше мінімальної швидкості, з якої доцільно починати регенеративне гальмування, відбувається перехід в режим «Break\_mode2» ( $s_{12}$ ). Відбувається гальмування робочою гальмівною системою та вся енергія яку можливо рекуперувати втрачається.

Basic\_mode (основний режим) ( $s_2$ ) – це режим стоянки або сталого або прискореного руху автомобіля, тому в цьому режимі не відбувається гальмування, про що свідчить запис: «entry:Mot\_As\_Gen=0, Main\_break=0». Якщо швидкість автомобіля дорівнює нулю, то логіка починає працювати з блоку Stop ( $s_{21}$ ), цей блок відображає режим стоянки автомобіля в якому всі агрегати знаходяться в вимкненому : Motor=0, ICE=0, Motor\_clutch=0. З цього режиму перехід системи може відбуватися в три режими.

**Висновки.** У результаті проведених аналітичних досліджень було розроблено модель роботи та створено комплексну модель системи керування ГСУ автомобіля з врахуванням переходів між її

режимами роботи. Розглянуто модель системи керування автомобіля з ГСУ виконаною за паралельною схемою компонування. В подальшому буде проведена імітаційне модулювання розробленої моделі керування на базі випробувального стенду обладнаного мікроконтролером сімейства Atmega та проведені експериментальні дослідження на експериментальному автомобілі з ГСУ розробленому на кафедрі «Автомобілі» НТУ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гутаревич Ю. Ф. Місце автотранспорту в забрудненні атмосфери м. Києва / Ю.Ф. Гутаревич, Г.О. Биков, В.П. Матейчик, Л.П. Мерзхивська // Вісник національного транспортного університету та транспортної академії України. – К., 2001. – Випуск 5. С.48-51
2. Мищенко Н.И. Перспективные направления совершенствования автомобильных двигателей внутреннего сгорания [Электронный ресурс] / Н.И. Мищенко, А.В. Химченко, С.Н. Крамарь // Режим доступа : [http://zavantag.com/tw\\_files/17268/d-17267716/7z-docs/156.pdf](http://zavantag.com/tw_files/17268/d-17267716/7z-docs/156.pdf).
3. Бажинов О.В. Методика визначення основних параметрів електросилової установки гібридного автомобіля / О.В. Бажинов, О.С. Панікарський, В.С. Боженів // Автомобільний транспорт. - 2009. – №25.
4. Румянцев М.В. Тяговый привод транспортных средств с конденсаторным накопителем / М.В. Румянцев, В.А. Глушников // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – №88. – С.259 – 263.
5. Сериков С.А. Силовая установка гибридного автомобиля как объект управления / Сериков С.А., Бороденко Ю.Н. // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. - 2009. - №3. - С.45 – 30.
6. Сериков С.А. Гибридная силовая установка автомобиля как объект управления / С.А. Сериков, Ю.Н. Бороденко // ХНАДУ. – 2009. – №24.
7. Gheorghe Livinț, Vasile Horga, Marcel Rățoi and Mihai Albu Control of Hybrid Electrical Vehicles Electric Vehicles - Modelling and Simulations. Edited by Dr. Seref Soylu . – ISBN 978-953-307-477-1 – 2011, 466 pages. – Publisher InTech.
8. Тімков О.М. Моделювання фізичних систем та системи керування гібридного автомобіля / О.Тімков, О.Іванов, А.Луцик// Systemy s srodki transportu samochodowego. Badania, konstrukcja i technologia srodkow transportu. – №4, Seria: Transport. – Rzeszow, 2013 – С. 193–198.
9. Тімков О.М. Визначення витрати палива гібридного автомобіля від швидкості, при якій вмикається двигун внутрішнього згорання / О.М. Тімков, А.П. Луцик // Автомобіль і Електроніка. Сучасні Технології. Електронне наукове фахове видання. – Харків.: ХНАДУ, 2013. – №5. – С. 25–27.

#### REFERENCES

1. Gutarevych Y.F., Bykov G.A., Mateichyk V.P., Merzhyevska L.P. (2001). Place vehicles in air pollution in Kyiv/ Bulletin of National Transport University and Transport Academy of Ukraine. К., # 5. P.48-51.
2. Mishchenko N.I., Hymchenko A.V., Kramar S.N. Promising directions for improving automotive internal combustion engines [Electronic resource] / Access: [http://zavantag.com/tw\\_files/17268/d-17267716/7z-docs/156.pdf](http://zavantag.com/tw_files/17268/d-17267716/7z-docs/156.pdf).
3. Bazhynov O.V., Panikarsky O.S., Bozhenov V.S. (2009) Method of determining the main parameters of electric power installations Hybrid Car / For car transport. - № 25.
4. Rumyantsev M.V., Glushenkov V.A. (2009) Traction drive vehicles with a capacitor bank / Utilities cities. - № 88. - P.259 - 263.
5. Serikov S.A., Borodenko Y.N. (2009) Powerplant hybrid car as an object of management / Bulletin of Donetsk Institute of Road Transport. – № 3. P.45 - 30.
6. Serikov S.A., Borodenko Y.N. (2009) Hybrid car as an object of management / HNADU. № 24.
7. Gheorghe Livinț, Vasile Horga, Marcel Rățoi and Mihai Albu (2011) Control of Hybrid Electrical Vehicles Electric Vehicles - Modelling and Simulations. /Edited by Dr. Seref Soylu // – ISBN 978-953-307-477-1 Hard cover, 466 pages.
8. Timkov O., Ivanov O., Lutsyk A. (2013). Modeling of physical systems and control systems of hybrid car. Systems and means of road transport. Research, design and technology, transport remedies, #4, 193-198.
9. Timkov O.M., Lutsyk A.P. (2013). Determination of fuel consumption of a hybrid car on the speed at which an internal combustion engine is switched on. Car and Electronics. Modern Technology. Electronic scientific specialized edition. Kharkiv.: Kharkiv National Automobile and Highway University, № 5, 25-27.

## РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Моделирование та керування гібридною силовою установкою автомобіля виконаною за паралельною схемою / В.П. Сахно, О.М. Тімков, О.С. Іванов // Вісник Національного транспортного університету. — К. : НТУ, 2014. — Вип. 30.

В роботі розглянуто методику створення комплексної моделі системи керування ГСУ автомобіля з врахуванням переходів між її режимами роботи.

Об'єкт дослідження – модель системи керування автомобіля з ГСУ виконаною за паралельною схемою компонування.

Метод дослідження – аналітичні дослідження.

У результаті проведених аналітичних досліджень було розроблено модель роботи та створено комплексну модель системи керування ГСУ автомобіля з врахуванням переходів між її режимами роботи. Розглянуто модель системи керування автомобіля з ГСУ виконаною за паралельною схемою компонування. В подальшому буде проведена імітаційне модулювання розробленої моделі керування на базі випробувального стенду обладнаного мікроконтролером сімейства Atmega та проведені експериментальні дослідження на експериментальному автомобілі з ГСУ розробленому на кафедрі «Автомобілі» НТУ.

Результати висвітлені у статті можуть бути використані при оптимізації параметрів силової установки та трансмісії автомобіля в системі: "автомобіль-середовище".

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, КЕРУВАННЯ, СИЛОВА УСТАНОВКА, ШВИДКІСТЬ, ПАРАЛЕЛЬНА СХЕМА, ГІБРИД.

## ABSTRACT

Sakhno V.P., Timkov O.M., Ivanov O.S. (2014) Modeling and control of powerplant in parallel hybrids vehicle. Visnyk National Transport University. — Kyiv. National Transport University. — Vol. 30.

The article discusses the methodology of creating a comprehensive management system model based on HEV car transitions between modes of work.

Object of the study – a model management system of hybrid vehicle propulsion executed in parallel.

Method of research – analytical studies .

As a result of analytical studies of a model was developed and established an integrated management system model based on HEV car transitions between its modes. We consider a model of a vehicle control system with HEV executed in parallel arrangement . It will be carried out simulation of the developed model -based control test stand equipped with Atmega microcontroller family and conducted road tests on an experimental car with HEV developed at the Department of "Automobile" NTU.

The results can be used to optimize the parameters of the power plant and transmission system in the car, "the car – environment".

**KEYWORDS:** AUTOMOBILE, SIMULATION, CONTROL, ENGINE, SPEED, PARALLEL CIRCUITS , HYBRID.

## РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Модель и алгоритм управления гибридной силовой установкой автомобиля выполненной по параллельной схеме / В.П. Сахно, А.Н. Тімков, А.С. Іванов // Вестник Национального транспортного университета. — К. : НТУ, 2014. — Вып. 30.

В работе рассмотрена методика создания комплексной модели системы управления ГСУ автомобиля с учетом переходов между режимами её работы.

Объект исследования – модель системы управления гибридной силовой установкой автомобиля выполненной по параллельной схеме.

Метод исследования – аналитические исследования.

В результате проведенных аналитических исследований была разработана модель работы и создана комплексная модель системы управления ГСУ автомобиля с учетом переходов между её режимами работы. Рассмотрена модель системы управления автомобилем с ГСУ выполненной по параллельной схеме компоновки. В дальнейшем будет проведено имитационное моделирование разработанной модели управления на базе испытательного стенда оборудованного микроконтроллером семейства Atmega и проведены дорожные испытания на экспериментальном автомобиле с ГСУ разработанным на кафедре «Автомобили» НТУ.

Результаты работы могут быть использованы при оптимизации параметров силовой установки и трансмиссии автомобиля в системе: "автомобиль-среда".

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: АВТОМОБИЛЬ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, СИЛОВАЯ УСТАНОВКА, СКОРОСТЬ, ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ СХЕМА, ГИБРИД.

**АВТОРИ:**

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@i.ua, тел. +380676655344, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1. к.301.

Тімков Олексій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри автомобілів, e-mail: timkov@i.ua, тел. +380934817225, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1 к. 306.

Іванов Олександр Сергійович, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Автомобілі», e-mail: al\_ivanov\_@i.ua, тел. +380979882274, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1. к.306.

**AUTHORS:**

Sakhno Volodymyr P., Ph. D, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of automobiles, e-mail: sakhno@i.ua, тел. +38093488023, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of 301.

Timkov Oleksii Nikolaevich, Candidate of Engineering Sciences, associate Professor. National Transport University, associate Professor of Cars, e-mail: timkov@i.ua, phone +380934817225, Ukraine, 01010, Kiev, Suvorov St 1 K. 306.

Korpatch Oleksiy A., National Transport University, assistant department of automobiles, e-mail: al\_ivanov\_@i.ua, тел. +380979882274, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 306.

**АВТОРЫ:**

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@i.ua, тел. +380676655344, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1. к. 301.

Тимков Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры автомобилей, e-mail: timkov@i.ua, тел. +380934817225, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1 к. 306.

Корпач Алексей Анатольевич, Национальный транспортный университет, асистент кафедры «Автомобили», e-mail al\_ivanov\_@i.ua, тел. +380979882274, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1. к. 306.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Горпинюк А.В., кандидат технічних наук, доцент, завідувач сектору з реалізації положень УПШ відділу конструкторських розробок та науково-технічних експертиз ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна.

Сирота В.І., кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри автомобілів Автомеханічного факультету, Київ, Україна.

**REVIEWERS:**

Gorpynyuk A.V., Ph.D., Engineering, assistant professor, Head of Sector implementation of the provisions ACP of the department design development and scientific and technical expertise SE "DerzhavtotransNDIproekt", Kyiv, Ukraine.

Sirota V.I., Ph.D., Engineering, professor, National Transport University, Professor, Department of motor vehicles of Automobile mechanic faculty, Kyiv, Ukraine.