

ШИФР «ГСУ АВТО»

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УРАХУВАННЯ ВІДМОВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ
ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
ВСТУП.....	4
1. АНАЛІЗ ВІДМОВ І НЕСПРАВНОСТЕЙ ЯКІ ВИНИКАЮТЬ В ГСУ АВТОМОБІЛЯ	6
2. ОЦІНКА ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГСУ ПО ПРОБІГУ АВТОМОБІЛЯ	10
3. ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА ВІДМОВ ДВЗ І ЙОГО СИСТЕМ.....	12
4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГСУ АВТОМОБІЛІВ	16
ВИСНОВКИ	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	22

АНОТАЦІЯ

Об'єкт дослідження – розробка системи урахування відмов електричних систем гібридних автомобілів.

Мета дослідження – підвищення експлуатаційної надійності та заощадження коштів при простою в наслідок несправності вузлів автомобіля, шляхом проведення додаткових перевірочних дій, або заміни запчастин які не передбачено заміною при технічному обслуговуванні.

Метод дослідження – аналіз відмов і несправностей, які виникають, а також розробка методики оцінки технічного стану ГСУ автомобіля Toyota Prius.

Проведено аналіз відмов і несправностей, які виникають в ГСУ автомобіля, на основі яких зроблений висновок, якщо проводити додаткові діагностичні операції та заміни запчастин не передбачених заводом виробником при технічному обслуговуванні (ТО), зменшиться ймовірність виходу зі строю автомобіля. Тим самим можна уникнути простій автомобіля або заощадити паливо.

ГІБРІД, ГІБРІДНА СИЛОВА УСТАНОВКА (ГСУ), АКУМУЛЯТОРНА ВИСОКОВОЛЬТНА БАТАРЕЯ, ЕЛЕКТРОНІКА, ПРИСТРІЙ РОЗПОДІЛУ ПОТУЖНОСТІ

ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні зареєстрована велика кількість автомобілів із гібридною силовою установкою. З кожним роком кількість таких автомобілів зростає від 300 до 400 %.

В існуючих гібридних автомобілях передача енергії від первинного двигуна на провідний вал коліс автомобіля реалізована через одну з таких схем: послідовна, паралельна або змішана. Деякими компаніями прийнято розділяти гібриди на «м'які» (mild hybrids), де допоміжне джерело енергії виступає тільки в ролі асистента, «повні» (full hybrids), здатні деякий час рухатися тільки на допоміжному джерелі енергії, і «підзаряджатися» (plug-in hybrids).

Будь-який гібридний автомобіль містить первинне джерело енергії, найчастіше це ДВЗ і вторинний джерело енергії, наприклад акумуляторна батарея, в цьому випадку гібридний автомобіль називають «електричним» (hybrid electric vehicle). Існують і інші типи гібридних автомобілів: «пневматичний» (pneumatic hybrid vehicle), «маховикові» (flywheel hybrid vehicle), «гідравлічний» (hydraulic hybrid vehicle), однак масової популярності серед класу легкових автомобілів вони не отримали.

Діагностування, ремонт автомобілів з електромеханічними гібридними силовими установками (ГСУ) є проблемою. ГСУ в сукупності з бортовим комп'ютером автомобіля і іншими його вузлами є складною системою, що вимагає спеціальних підходів при визначенні технічного стану та ремонті. Саме така проблема може виникнути при експлуатації подібних автомобілів. Зокрема гібридних автомобілів Toyota, Lexus, Honda, Ford - найбільш поширених в Україні, їх кількість займає більше ніж 50 % від всього автопарку гібридних автомобілів. У свою чергу від технічного стану автомобіля на дорозі безпосередньо залежить безпека учасників дорожнього руху.

Провідні виробники гібридних автомобілів на даний момент мало зацікавлені в організації якісного обслуговування і надання інформації за

умовами визначення технічної справності і нормативним параметрам ГСУ. Обслуговуючий персонал станцій технічного обслуговування не має кваліфікації для проведення діагностики та ремонту подібних автомобілів.

В процесі експлуатації погіршення ефективних показників елементів ГСУ може бути викликано нормальним зносом деталей, відсутністю необхідного технічного обслуговування, іншими взаємопов'язаними причинами. У той же час несправності можуть бути не явними, тобто виникаючими тільки в певних умовах, не завжди визначаються або не визначеними статичними вимірами.

У зв'язку з цим в даній роботі пропонуються методики, устаткування і рекомендації, що дозволяють спростити процес діагностування, апріорно оцінити технічний стан гібридного двигуна автомобіля, і принципи роботи гібридних систем. А також пристрій врахування відмов.

1. АНАЛІЗ ВІДМОВ І НЕСПРАВНОСТЕЙ ЯКІ ВИНΙΚАЮТЬ В ГСУ АВТОМОБІЛЯ

Оцінка несправностей гібридної силової установки (ГСУ) автомобіля Prius вимагає проведення об'єктивного дослідження. Існують рекомендаційні документи і ГОСТ 27.310-95 «Надійність в техніці», в якому описуються методики проведення випробувань на надійність. Один з достовірних методів випробування машин на надійність є випробування в реальних умовах експлуатації. Найбільш підходящим місцем для повноти та достовірності одержуваної інформації є підприємства, що спеціалізуються на ремонті автомобілів з ГСУ, найбільшим з них є автоцентр у Харкові, Тойота Автоарт. Для отримання об'єктивних даних про несправності ГСУ відібрані автомобілі, обслуговування яких виконувалося відповідно до технічних бюлетенів. При проведенні аналізу використана база даних по ремонтуваних і обслуговуваних автомобілів марки Prius. Підприємство Тойота Автоарт має власну виробничу базу з необхідним технологічним обладнанням, кваліфікованим навченим персоналом, що дозволяє виконувати всі види технічних впливів відповідно до вимог заводу-виробника.

Гарантійний термін експлуатації елементів ГСУ для автомобілів з кузовом NHW-11 становить 5 років, з кузовом NHW-20 становить 5 років, або 100 тис. км. Гарантія на ДВЗ: 5 років або 100 тис. км. З урахуванням цього термін служби автомобіля приймається рівним максимальній гарантії на його елементи, тобто 5. Так як моделі з кузовом NHW-11 закінчили продавати в 2004 р., термін служби останніх з них закінчився в 2009 р. Розподіл відмов і несправностей силового агрегату.

Відповідно до прийнятої методики документом-носієм інформації є замовлення-наряд на виконання робіт з інформацією про номер кузова, силового агрегату, пробігу автомобіля, інформацією про власника, видах заявлених і виконаних робіт, використаними запчастинами, а також датою заїзду і виїзду автомобіля. Аналіз результатів експлуатаційних випробувань на

надійність моделі Prius містить відомість відмов і несправностей, оцінки кількісних показників надійності, перелік деталей, вузлів, систем, що лімітують надійність, висновки по найбільш проблемним елементам ГСУ, таблиця 1.

Таблиця 1 – Розподіл відмов силового агрегату

	Найменування агрегату і системи	Відмови по інтервалам напрацювання, тис. км							Всього, %
		0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	
1	Двигун:	0	0	6	14,5	16,5	16	18	71
	- система запалювання	0	0	6	13	12	10	10	-
	- система керування двигуном, датчики	0	0	0	0	1	2	2	-
	- система живлення	0	0	0	1,5	3	4,5	6	-
2	Пристрій розподілу потужності (PSD):	0	0,5	0,5	2	4,5	5,5	8	21
	- система охолодження	0	0	0	1	2,5	3	4	-
	- зубчасті механізми	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	-
	- система змазки трансмісії	0	0,5	0,5	1	1,5	1	2,5	-
3	Електроніка:	0	0	0	0	0,5	2	3	5,5
	- несправність силових ключів інвертора	0	0	0	0	1	1	1,5	-
	- несправність обмотки статора MG2	0	0	0	0	0	1	1,5	-
4	Високовольтна батарея:	0	0	0	0	0	0,5	2	2,5
	- недопустимий розряд АКБ	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- закипання, вихід зі строю елементів АКБ	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- втрата ємності АКБ	0	0	0	0	0	0	0,5	-
	- несправність інших частин АКБ	0	0	0	0	0	0,5	0,5	-
	Всього	0	0,5	3,5	8,5	20	29	38,5	100

Рекомендована виробником періодичність обслуговування становить 15 тис. км.

Опис відмов і несправностей. Для виявлення джерел походження відмов виконаний аналіз причини і механізми виникнення, прояви відмов, а також їх вплив на надійність і працездатність автомобіля в цілому. Всі

несправності для зручності їх розпізнавання класифіковані за групами в таблиці 2.

Таблиця 2 – Класифікація відмов за видами

Ознака	Вид
1 Вплив на працездатність ГСУ	1.1 Відмова елемента викликає відмова автомобіля 1.2 Відмова елемента не викликає відмова автомобіля
2 Джерело виникнення відмови ГСУ	2.1 Конструктивні (недоліки конструкції) 2.2 Виробничі (недосконалість або порушення технології виготовлення) 2.3 Експлуатаційні (порушення правил перевезення і технічної експлуатації, кваліфікація персоналу)
3 Зв'язок з відмовами інших елементів ГСУ	3.1 Залежні - відмова одного елемента викликаний відмовою або несправністю іншого елемента. 3.2 Незалежні - відмова викликана зміною технічного стану або зовнішніми факторами.
4 Характер зміни параметра технічного стану	4.1 Поступові 4.2 Раптові
5 Тривалість усунення	5.1 Усувається в міжзмінний час 5.2 Усувається при цілоденних простоях

Виходячи з прийнятої класифікації всі несправності, що виникають з ГСУ автомобіля моделі Toyota Prius можна розшифрувати і аналізувати в таблиці 3.

Таблиця 3 – Пояснення відмов за ознаками та видами

Найменування агрегату і системи	Ознака				
	1	2	3	4	5
1. Двигун					
- система запалювання	1.1*	2.1	3.2	4.1	5.2
- система керування двигуном, датчики	1.1*	2.2	3.2	4.1	5.2
- система живлення	1.1*	2.1	3.2	4.1	5.1
2. Пристрій розподілу потужності (PSD)					
- система охолодження	1.1*	2.1	3.2	4.2	5.2
- зубчасті механізми	1.2	2.3	3.2	4.1	5.1
- система змазки трансмісії	1.2	2.2	3.2	4.1	5.2
3. Електроніка					
- несправність силових ключів інвертора	1.1*	2.1	3.1	4.2	5.2
- несправність обмотки статора MG2	1.1*	2.1	3.1	4.2	5.2
4. Високовольтна батарея					
- недопустимий розряд АКБ	1.2	2.3	3.1	4.1	5.1
- закипання, вихід зі строю елементів АКБ	1.2	2.3	3.1	4.1	5.1
- втрата ємності АКБ	1.2	2.3	3.1	4.1	5.1

Примітка – * Несправності, виникнення яких викликає відмову автомобіля.

Згідно з наявною інформацією щодо розподілу відмов і несправностей ГСУ найбільше їх число (71 %) безпосередньо пов'язане з двигуном

внутрішнього згоряння на рисунку 1. Проблему викликає діагностування несправності саме цього вузла. Це пояснюється тим, що перевірити роботу двигуна внутрішнього згоряння в даному випадку важко, його запуск і управління здійснює ЕБУ і тільки в режимі споживання потужності.

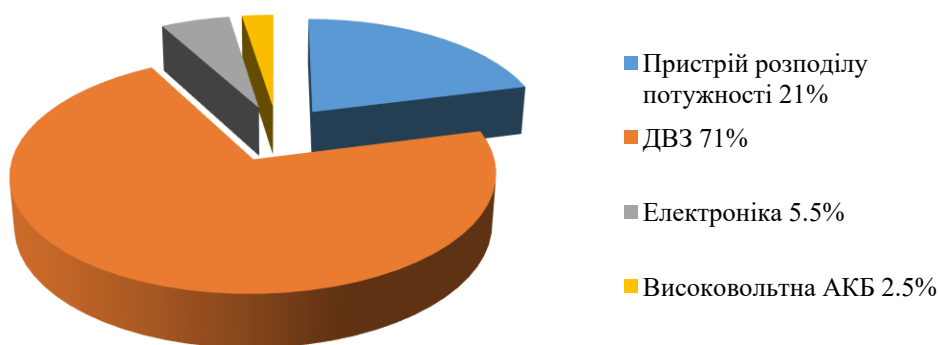


Рисунок 1 – Діаграма розподілу відмов по елементах ГСУ

Також існує зв'язок між відмовами двигуна і електронними компонентами системи. Відмови високовольтної АКБ в установленний період експлуатації, викликані нормальним її зносом, складають 2,5 % від загального числа несправностей. При аналізі причин походження встановлено наступне: причиною виникнення відмов є експлуатація автомобіля з несправним ДВЗ, що призводить до неприпустимого розряду високовольтної АКБ і руйнування її елементів.

На надійність елементів ГСУ впливають кліматичні умови експлуатації. Відповідно до сервісним бюлетенем заміна свічок запалювання регламентується через кожні 100 тис. км пробігу, але виходячи з проведеного аналізу несправностей термін їх служби в кліматичних умовах України (помірно-континентальна зона) знижується до 65 тис.км.

Таким чином, в результаті аналізу встановлено наступне:

- стандартні методи діагностування силового агрегату на нерухомому автомобілі не можуть бути застосовані в повному обсязі;

- взаємовплив несправності одних елементів ГСУ на працездатності здатність інших, що є причиною однієї з найпоширеніших помилок при постановці діагнозу;
- вплив клімату і умов експлуатації. Експлуатація показала необхідність корекції періодичності міжсервісний пробіг.

2 ОЦІНКА ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГСУ ПО ПРОБІГУ АВТОМОБІЛЯ

Характер зміни технічного стану в залежності від пробігу може бути різний, це може бути лінійна, логарифмічна або поліноміальна залежність. Розподіл потоку відмов систем ГСУ по інтервалах носить наростаючий характер, який може відповідати одній з залежностей. Достовірність відповідності того чи іншого закону оцінена коефіцієнтом детермінації R^2 , дивись (2.1), який показує рівень відповідності вибірки рівняння регресії, чим ближче він до одиниці, тим вище рівень достовірності

$$R^2 = SS_{\text{рег}}/SS_{\text{заг}} \cdot \quad (1)$$

Сума квадратів, обумовлена регресією ($SS_{\text{рег}}$), (2.2) дорівнює сумі квадратів відхилень розрахункових значень \hat{y}_i змінної Y від її вибіркового середнього \bar{y}

$$SS_{\text{рег}} = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2. \quad (2)$$

Загальна сума квадратів $SS_{\text{заг}}$ дорівнює сумі квадратів відхилень фактичних значень y_i змінної Y від її вибіркового середнього $\bar{y} = \sum y_i/n$

$$SS_{\text{заг}} = \sum (y_i - \bar{y})^2. \quad (3)$$

На рисунку 2 представлені апроксимуючі криві зміни закономірностей систем ГСУ за даними таблиці 1.

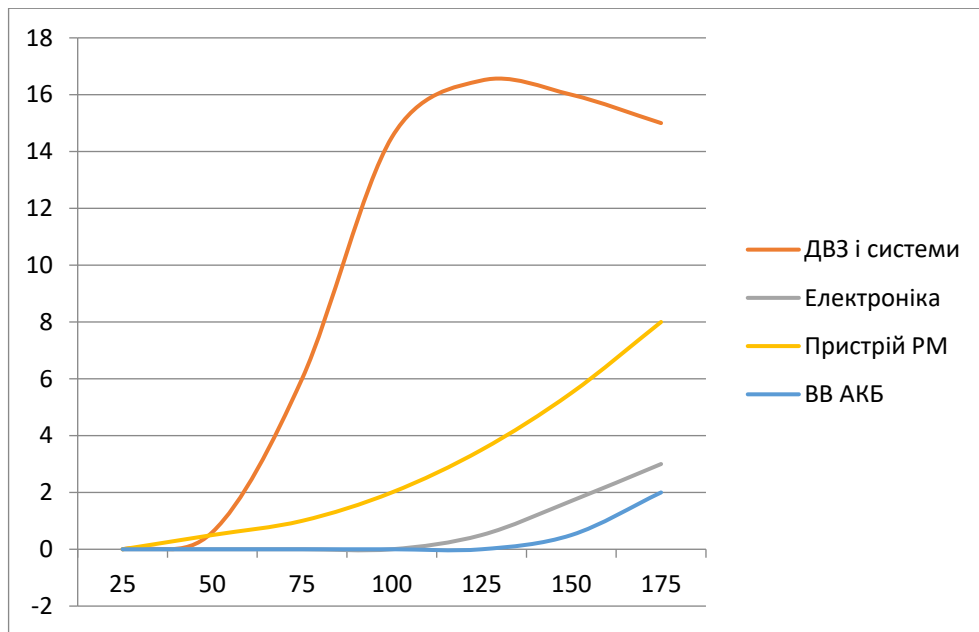


Рисунок 2 – Апроксимуючі криві

Для розрахунку рівнянь регресії і R^2 (2.4) – (2.7) використані ресурси Microsoft Excel. Прийнятний рівень коефіцієнта детермінації має поліноміальний закон розподілу.

$$Y_1 = 0,197x^4 - 3,4015x^3 + 19,75x^2 - 39,187x + 22,786; R^2 = 0,9959; \quad (4)$$

$$Y_2 = 20,24x^2 - 0,2619x; R^2 = 0,9824; \quad (5)$$

$$Y_3 = 0,0139x^3 - 0,006x^2 - 0,2341x + 0,2857; R^2 = 0,976; \quad (6)$$

$$Y_4 = 0,0417x^3 - 0,381x^2 + 1,006x - 0,7143; R^2 = 0,9876. \quad (7)$$

Таблиця 4 Закони регресії за коефіцієнтом детермінації кривої

	Найменування агрегату і системи	Коефіцієнт детермінації R^2		
		Лінійний закон	Логарифмічний закон	Поліноміальний закон
1	Двигун	0,9372	0,7566	0,9959
2	Пристрій розподілу потужності (PSD)	0,9115	0,7334	0,9824
3	Електроніка	0,729	0,4953	0,9767
4	Високовольтна батарея	0,5213	0,3216	0,9876

3. ІМОВІРНІСНА ОЦІНКА ВІДМОВ ДВЗ І ЙОГО СИСТЕМ

Виходячи зі статистичних даних найбільше число відмов ГСУ пов'язані з ДВЗ і його системами, інші відмови найчастіше є наслідком його несправності. Відмови відбуваються в міжсервісних інтервалах, за деякими з них не передбачена перевірка і обслуговування. Для визначення доцільності коригування періодичності ТО, проведена оцінка варіації випадкової величини відмов і несправностей за ДВЗ і його системам:

а) параметри вибірки:

1) число автомобілів: $n = 143$ од.;

2) вихідна величина: пробіг до відмови, тис. км.;

б) точкові оцінки відмов по ДВЗ і його системам:

1) середній пробіг до відмови або несправності ДВЗ

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = & (8) \\ &= \frac{(62,5 \times 12) + (87,5 \times 29) + (112,5 \times 33) + (137,5 \times 32) + (162,5 \times 37)}{143} = \\ &= 121,77. \end{aligned}$$

Розмах СВ: $z = x_{\max} - x_{\min} = 162,5 - 62,5 = 100$ тис. км.

Середньоквадратичне відхилення, що характеризує варіацію

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = & (9) \\ &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{143} (62,5 - 121,77)^2 + (62,5 - 121,77)^2 + \dots + (62,5 - 121,77)^2}{143 - 1}} = \end{aligned}$$

$$= 32,32.$$

Коефіцієнт варіації

$$\vartheta = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{31,93}{123,7} = 0,26. \quad (10)$$

При технічній експлуатації автомобілів для двигуна та його систем звичайно застосовують $\gamma = 90\%$ [6]. Виходячи із таблиці 2.5, x_γ складе 63,75 тис. км;

в) ймовірні оцінки:

Таблиця 5 – Імовірнісна оцінка відмов ДВЗ і його систем по інтервалах

Номер інтервалу	Інтервал	Середина інтервалу	Число відмов в інтервалі	Частість	Оцінка накопичених ймовірностей	
					Відмова F	Безвідм. R
1	0-25	12,5	0	0	0	1,00
2	25-50	37,5	0	0	0	1,00
3	50-75	62,5	12	0,09	0,09	0,91
4	75-100	87,5	29	0,2	0,29	0,71
5	100-125	112,5	33	0,23	0,52	0,48
6	125-150	137,5	32	0,22	0,74	0,26
7	150-175	162,5	37	0,26	1,00	0
Всього	-	-	143	1	-	-

г) гамма процентний ресурс x_γ

$$R = P(x_i > x_\gamma) \geq \gamma; \quad (11)$$

д) інтенсивність відмов $\lambda(x)$

$$\lambda = f(x)/R(x); \quad (12)$$

1-й, 2-й інтервал $\lambda = 0$ (х); 3-й інтервал $\lambda (x) = 0,004$;

4-й інтервал $\lambda (x) = 0,0163$; 5-й інтервал $\lambda (x) = 0,079$;

6-й інтервал $\lambda (x)=0,103$; 7-й інтервал $\lambda (x) \rightarrow \infty$;

е) графічне зображення СВ на рисунку 2.

Пристрій розподілу потужності PSD:

а) параметри вибірки:

1) число автомобілів: $n = 42$ од.;

2) вихідна величина: пробіг до відмови, тис. км;

б) точкові оцінки відмов по влаштуванню розподілу потужності:

1) середній пробіг до відмови або несправності ДВЗ

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$= 132,74. \quad (13)$$

$$\text{Розмах СВ: } z = x_{\max} - x_{\min} = 162,5 - 37,5 = 125 \text{ тис. км;} \quad (14)$$

2) коефіцієнт варіації

$$\vartheta = \frac{\sigma}{\bar{x}} = \frac{31}{121,77} = 0,24; \quad (15)$$

в) щільність ймовірності по інтервалах $F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx$

1-й інтервал $F(1000) = 0$ км; 2-й інтервал $F(1000) = 0,0012$ км;

3-й інтервал $F(1000) = 0,0024$ км; 4-й інтервал $F(1000) = 0,006$ км;

5-й інтервал $F(1000) = 0,0144$ км; 6-й інтервал $F(1000) = 0,0248$ км;

7-й інтервал $F(1000) = 0,04$ км.

Дані величини можуть бути використані для завантаження поста ТО і Р;

Таблиця 6 – Імовірнісна оцінка відмов PSD по інтервалах

Номер інтервалу	Інтервал	Середина інтервалу	Число відмов в інтервалі	Частість	Оцінка накопичених ймовірностей	
					Відмова F	Безвідм. R
1	0-25	12,5	0	0	0	1,00
2	25-50	37,5	1	0,03	0,03	0,97
3	50-75	62,5	1	0,03	0,06	0,94
4	75-100	87,5	4	0,09	0,15	0,85
5	100-125	112,5	9	0,21	0,36	0,64
6	125-150	137,5	11	0,26	0,62	0,38
7	150-175	162,5	16	0,38	1,00	0
Всього	-	-	42	1	-	-

г) гамма процентний ресурс x_γ

$$R = P(x_i > x_\gamma) \geq \gamma. \quad (16)$$

При технічній експлуатації автомобілів для вузлів, які не впливають на безпеку руху зазвичай приймають $\gamma = 85\%$ [7]. Виходячи з таблиці 2.6, x_γ складе 87,5 тис. км.

Дана величина може бути використана для коригування періодичності ТО за заданим рівнем безвідмовності;

д) інтенсивність відмов

$$\lambda = f(x)/R(x): \quad (17)$$

1-й інтервал = 0, 2-й інтервал $\lambda = 0,0012(x)$;

3-й інтервал $\lambda(x) = 0,0025$; 4-й інтервал $\lambda(x) = 0,007$;

5-й інтервал $\lambda(x) = 0,0225$; 6-й інтервал $\lambda(x) = 0,065$;

7-й інтервал $\lambda(x) \rightarrow \infty$;

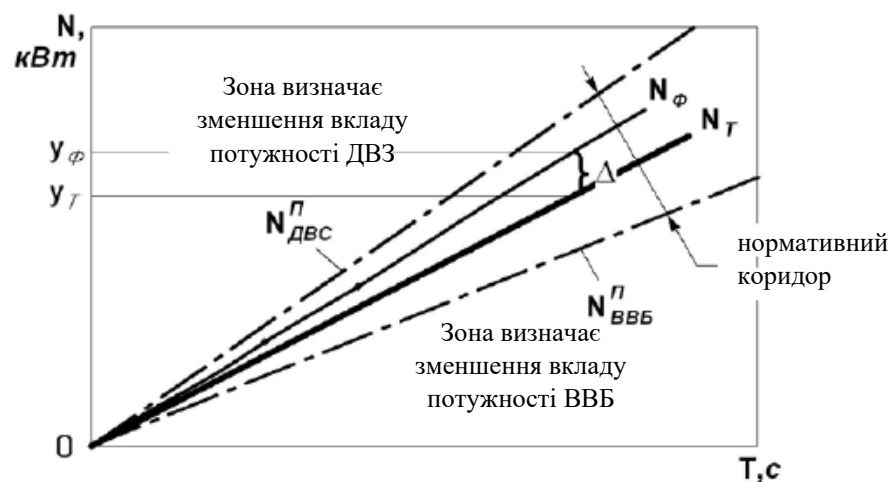
ж) графічне зображення СВ на рисунку 2.

4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГСУ АВТОМОБІЛІВ

На підставі проведеного аналізу причин несправностей ГСУ і встановлених закономірностей їх виникнення визначена уточнена мета роботи – розробка методики оцінки технічного стану ГСУ автомобілів, яка на відміну від уже відомих методик враховує взаємодію двох потоків потужності. Методика відноситься до автоматизованих процесів діагностування автомобілів, викладеним у книзі Л.В. Мірошникова та ін. авторів в 1977 р. [9].

Еталонними параметрами, котрі характеризують роботу двигуна внутрішнього згоряння і накопичувача енергії, є параметри робочих процесів ГСУ, обчислювані для заданих умов тестування за допомогою розробленої математичної моделі.

В якості критерію оцінки прийнята відносна величина відхилення Δ характеристики зміни фактичного значення параметра y_ϕ від його теоретичного еталонного значення y_m на рисунку 3



- $N_{ДВЗ}^П$ - межа допустимого технічного стану ДВЗ;
- $N_{ВВБ}^П$ - межа допустимого технічного стану високовольтної батареї;
- N_ϕ - фактичне значення діагностичного параметра;
- N_Γ - теоретичне значення діагностичного параметра

Рисунк 3 – Графік залежності зміни потужності в ланцюзі високовольтної батареї від часу

Діагностичним параметром «у» є тимчасова залежність зміни значень потужності в ланцюзі високовольтної батареї.

При справному технічному стані ГСУ величина відхилення Δ повинна бути мінімальною. Відхилення діагностичного параметра в сторону верхньої межі свідчить про несправності ДВЗ в бік нижньої межі - про несправності високовольтної батареї.

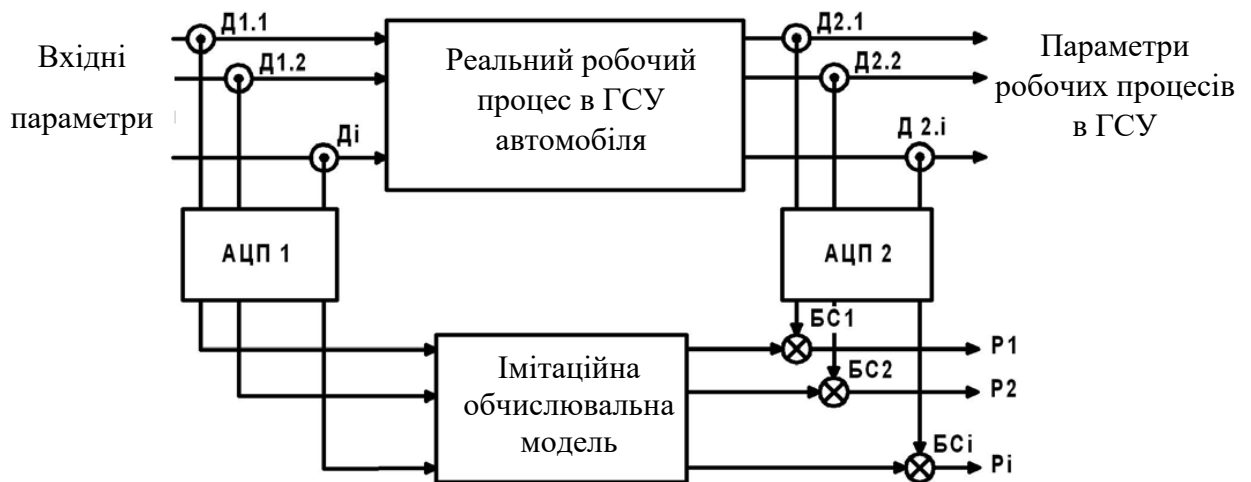


Рисунок 4 – Схема функціональна методики оцінки технічного стану ГСУ

Робота автомобіля є системою технічних процесів, взаємопов'язаних між собою. Водій (діагност) або інший стимулюючий пристрій впливає на ГСУ за допомогою педалі акселератора. Під даним впливом відбувається робочий процес (автомобіль прискорюється), при цьому в елементах ГСУ змінюються діагностичні параметри, вимірювані за допомогою датчиків. Датчики на вході D1.1- D1.i, зображено на рисунку 4, відстежують вхідні дані про стан об'єкта (поточна швидкість автомобіля). Датчики безконтактного типу D2.1- D2.i, встановлені на силових ланцюгах ГСУ, сприймають реакцію на вплив (вихідні дані), весь потік діагностичної інформації надходить в аналого-цифровий перетворювач. Значення оцифрованих діагностичних параметрів від найбільш важливих датчиків виводяться на екран дисплея у вигляді діаграм. Сигнал з датчиків D1.1- D1. надходить в копіюючу систему, що моделює робочий

процес. Копіює система, що представляє собою ідеалізовану модель процесу, обчислює значення діагностичних параметрів і формує опорний сигнал для блоків порівняння БС1-БСі. Аналогічні сигнали надходять в блоки порівняння з датчиків Д2.1- Д2.і, де порівнюються за принципом «менше» - «норма» - «більше». Результат порівняння надходить на дисплей у вигляді стандартного сигналу.

Програма записує результати вимірів для подальшого логічного аналізу з переробкою всієї інформації, що надходить від ГСУ автомобіля.

Розроблена математична модель відтворює режим руху автомобіля з ГСУ по вхідним значенням і заданим параметрам, які вказані нижче. Модель включає 2 розділи: тяговий розрахунок; енергетичний розрахунок, включаючи розрахунок втрат в електроприводі, розрахунок втрат в трансмісії, розрахунок енергії від рекуперації гальмування.

При розробці методики враховані особливості пристрою і роботи автомобіля з ГСУ, накопичений науковий досвід, необхідні рекомендаційні документи і літературні джерела.

Методика розрахунку закладена в алгоритм програми ГСУ-АВТО.

В процесі вимірювання ГСУ виводиться на заданий режим роботи за допомогою стимулюючого пристрою, датчики в силових електричних ланцюгах сприймають сигнали, що характеризують діагностичні параметри S_i .

Ці сигнали перетворюються в електричні, поліпшуються за допомогою аналого-цифрового перетворювача і аналогового мультиплікатора, після чого надходять на засоби відображення інформації та записуючий пристрій, де з урахуванням інформації, отриманої від системи, здійснюється аналіз.

Вибір діагностичних параметрів для оцінки технічного стану ГСУ є складним завданням. Це пов'язано, з тим, що у виконанні робочого вихідного процесу (створення сили тяги на ведучих колесах) беруть участь чотири самостійних вузла: двигун, мотор - генератор 1, мотор - генератор 2 і високовольтна батарея. Кожен з елементів є самостійним, які працюють окремими вузлами.

Для даної системи при встановленні несправності одного з вузлів найбільш цікаві узагальнюючі параметри, які стосуються елементів ГСУ. При оцінці технічного стану ГСУ, досить мати інформацію про узагальнюючі параметри вихідних процесів, що характеризують технічний стан агрегату в цілому (наприклад, витрата палива на 100 км шляху, максимальна потужність, мотори та ін.). При оцінці окремого вузла або елемента можуть бути використані параметри технічного стану конкретного механізму, системи (наприклад, опір обмотки, саморозряд батареї), і їх еталонні значення. Методики оцінки стану ДВЗ аналогічні тим, що використовуються в даний час.

Параметрами робочих процесів ГСУ є: потужність, що розвивається ГСУ (S_1), витрата палива ГСУ (S_2) [16], коефіцієнт енергетичної ефективності ГСУ (S_3). Робочими процесами (діагностичними ознаками) є: електрична потужність MG1 в режимі електродвигуна (y_1); електрична потужність MG1 (y_2) в режимі генератора; електрична потужність MG2 (y_3) в режимі електродвигуна; електрична потужність MG2 (y_4) в режимі генератора; електрична потужність ВВБ (y_5) при розряді; електрична потужність ВВБ (y_6) при заряді; саморазряд ВВБ (y_7); ємність ВВБ (y_8).

Параметрами супутніх процесів є: шум (s_1), вібрації (s_2), тепловиділення двигуна (s_3), тепловиділення PSD (s_4); тепловиділення ВВБ (s_5). Параметри робочих процесів ГСУ є діагностичними параметрами, кожен з яких характеризується фактичною величиною і темпом її наростання.

Параметри вихідного процесу обрані відповідно до критеріїв оптимальності. Оцінка обраних параметрів проведена в таблиці 7.

При проведенні оцінки, виходячи з необхідних вимог, обрані діагностичні параметри від y_1 до y_6 . Параметри y_5 , y_6 можуть бути використані як діагностичні, тільки в комплексі з іншими. Параметри y_7 , y_8 доцільно використовувати як при визначенні гранично-допустимого стану ВВБ

Таблиця 7 – Оцінка діагностичних параметрів на предмет відповідності критеріям

Критерій \ Параметр процесу	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8
1. Функціональна важливість для оцінки технічного стану автомобіля	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Однозначність в залежності від напрацювання автомобіля	+	+	+	+	+	+	+	+
3. Чутливість (інформативність) по відношенні до структурному параметру.	+	+	+	+	+	+	1*	1*
4. Стабільність при багаторазових вимірах, характеризується ступенем розсіювання.	+	+	+	+	+	+	2*	2*
5. Здатність розрізняти новину й виявляти несправності за місцем їх виникнення.	+	+	+	+	3*	3*	+	3*
6. Забезпечувати технологічність і економічність при діагностуванні	+	+	+	+	+	+	4*	4*

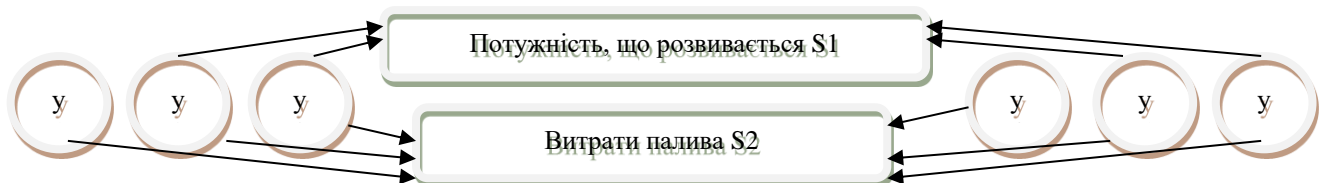
Примітка 1*. Параметр може бути вимірний тільки протягом тривалого проміжку часу;

2*. залежність від температури батареї;

3*. може бути наслідком різних причин;

4*. великі витрати часу і на підготовчі роботи.

Між структурними (S1-S2) і діагностичними (y1-y6) параметрами існують взаємозв'язки на рисунку 3.3, що залежать від функціональних і конструктивних особливостей ГСУ. MG1 бере участь в створенні потужності ГСУ, споживання енергії відбувається в режимах руху з постійним навантаженням і при запуску ДВЗ. Робота MG2 в режимі електродвигуна відбувається при розгiнах, в режимі генерації енергії при русі з постійним навантаженням і рекуперативному гальмуванні.



y1 - потужність MG1 в режимі електродвигуна, кВт; y2 - потужність MG1 в режимі генератора кВт; y3 - потужність MG2 в режимі електродвигуна, кВт; y4 - потужність MG2 в режимі генератора, кВт; y5 - потужність ВВБ в режимі розряду, кВт; y6 - потужність ВВБ в режимі заряду, кВт

Рисунок 5 – Зв'язки між структурними і діагностичними параметрами

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження з'ясовано, що існуюча інфраструктура переживає нестачу можливостей виконувати завдання підтримки технічно-справного стану автопарку автомобілів з ГСУ. Найбільш значимі причини цього наступні: великі витрати на придбання дорогого діагностичного обладнання; відсутність кваліфікованих інженерів зі знаннями в області ГСУ; в рекомендованому заводом бюлетені на сервісне обслуговування не враховані важчі умови експлуатації в Україні. Нові підходи до проведення технічного обслуговування вимагають спеціальної підготовки персоналу. Початкові знання в області електрифікованих ТЗ можуть бути дані в вузах на базі спеціальностей «Автомобілі та автомобільне господарство», «Експлуатація автомобільного транспорту», «Автомобільна електроніка і комплекси ТЗ», шляхом оновлення існуючих дисциплін, додавання курсу лекцій з комбінованими приводами.

Дослідним шляхом завдяки підрахунку відмов систем, визначено вразливі вузли гібриду.

В ході роботи було з'ясовано, що для підвищення експлуатаційної надійності та заощадження коштів при простою в наслідок несправності вузлів автомобіля, шляхом проведення додаткових перевірочних дій, або заміни запчастин, які не передбачено заміною при технічному обслуговуванні.

Розроблено методика оцінки технічного стану ГСУ, заснована на аналітичному порівнянні характеру зміни вихідних параметрів з опорним значенням цих же параметрів, отриманих в результаті розрахунку.

Поглиблений спосіб найбільш повно оцінює технічний стан ГСУ, але володіє надмірністю параметрів, що збільшує загальний час і трудомісткість діагностування, збільшує кількість вимірювальної апаратури, ускладнюється логічний процес постановки діагнозу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кенио Т., Нагамори С. Двигуни постійного струму з постійними магнітами. М.: Енергоатомиздат. 1989 р. - 184 с.
2. Новиков Г. В. Частотное управление асинхронными двигателями. Москва. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016 – 498 с. страница 37
3. Кочетков В.П., Бражников А.В., Дубровский І.Л. Теорія електропривода. - Красноярськ: Видавництво Крпи, 1991. - 140 с.
4. Москаленко О. Вісім екологічних проблем України. 2011. URL: <https://news.finance.ua/ua/news/-/235280/visim-ekologichnyh-problem-ukrayiny> (дата звернення: 13.12.2018).
5. Енергозбереження засобами електроприводу. 2013. URL: http://4exam.info/book_152_glava_49_5.1._Energozberezhennja_zasobami_elektroprivodu.html (дата звернення: 13.12.2018).
6. Виставка Електротранс. 2019. URL: <http://www.electrotrans-expo.ru> (дата звернення: 24.10.2019).
7. Електричний привід. 2019. URL: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Электрический_привод (дата звернення: 24.10.2019).
8. Що таке електропривод. 2008. URL: <http://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/electricdrive.php> (дата звернення: 25.10.2019).
9. Регульований електропривод як засіб енергозбереження. 2014. URL: <http://electricalschool.info/econom/1283-reguliruemyyj-jelektroprivod-kak.html> (дата звернення: 26.10.2019).
10. Електромобіль. 2018. URL: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Электромобиль> (дата звернення: 28.10.2019).