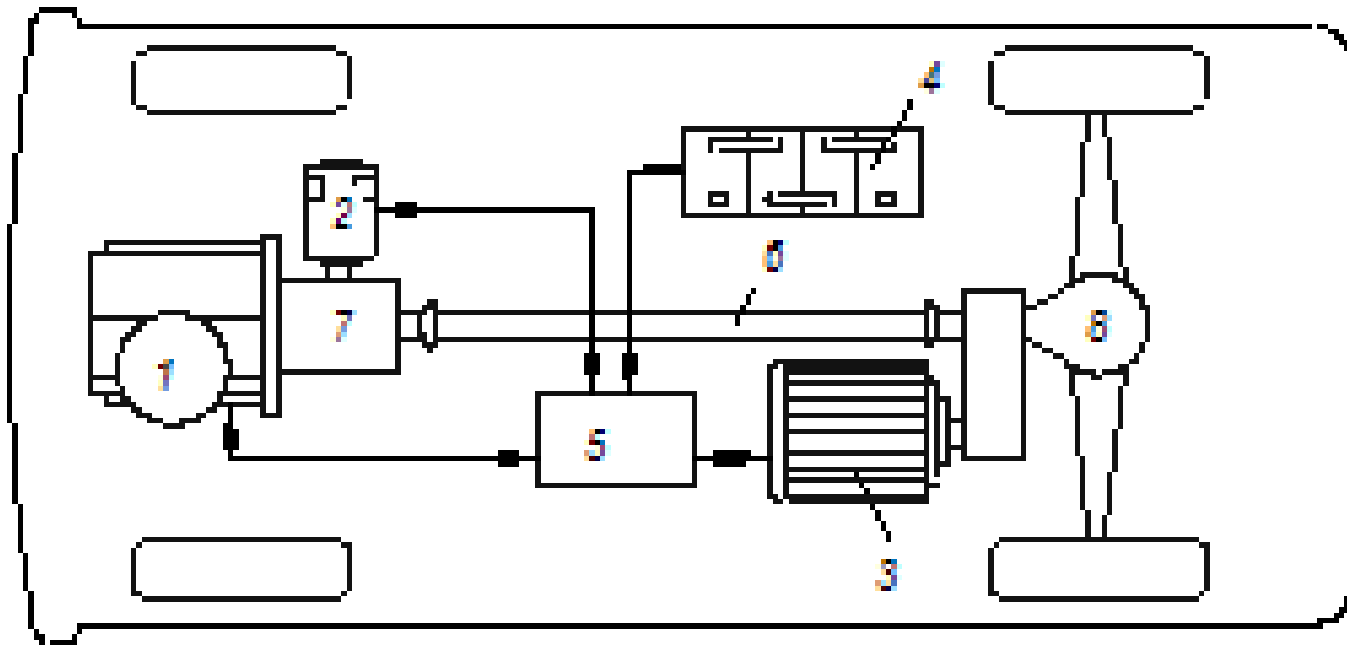


Оптимізація режимів роботи електропривода гібридного автомобіля з паралельним з'єднанням двигунів

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
акад. НАПНУ, д.т.н., проф. Мокін Б.І.

- **Об'єкт дослідження** – процеси, які протікають в електроприводі гібридного автомобіля з паралельним з'єднанням двигунів.
- **Предмет дослідження** – моделі та методи оптимізації руху гібридного автомобіля з непрацюючим двигуном внутрішнього згорання та декомпозиція задачі оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом.
- **Мета дослідження** – оптимізація режимів роботи електропривода гібридного автомобіля з паралельним з'єднанням двигунів.
- **Завдання дослідження.** Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:
 - здійснити коротку характеристику механізму і режимів його роботи;
 - розрахувати потужність і вибрати приводний двигун, силові елементи системи електропривода;
 - змодельовати роботу системи електропривода;
 - розробити необхідні електричні схеми;
 - розв'язати задачу оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом від двигуна внутрішнього згорання та від електричного двигуна постійного струму дорогою, яка крім горизонтальних ділянок містить спуски та підйоми, а рух здійснюється лише за допомогою системи електропривода при вимкненому двигуні внутрішнього згорання;
 - здійснити декомпозицію задачі оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом від двигуна внутрішнього згорання та від електричного двигуна постійного струму за умови, що транспортний засіб рухається дорогою, яка крім горизонтальних ділянок містить також і спуски та підйоми.
- **Наукова новизна.** Отримано математичні моделі оптимальної швидкості завантаженого та незавантаженого гібридного автомобіля з виключеним двигуном внутрішнього згорання. Здійснено декомпозицію задачі оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом.
- **Практичне значення одержаних у роботі результатів** полягає у вирішенні актуальної задачі оптимізації режимів роботи гібридного автомобіля. Результати роботи можна використати для вдосконалення електропривода гібридного автомобіля з паралельним з'єднанням двигунів.

Кінематична та схема гібридного автомобіля



Сучасні зразки гібридів



Паспортні дані приводного двигуна АИР200L6

Тип двигуна	АИР200L6
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н.}}$, кВт	30
Номінальна кутова швидкість $n_{\text{дв.н.}}$, об/хв	975
Номінальний коефіцієнт потужності $\cos\varphi$	0,84
Номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н.}}$, %	90
Максимальний момент $M_{\text{дв.мах.}}$, Н·м	615
Пусковий момент $M_{\text{дв.пуск.}}$, Н·м	585
Пусковий струм $I_{\text{пуск.}}$, А	415
Момент інерції J_p , кг·м ²	0,25
Номінальний струм обмотки статора $I_{\text{дв.н.}}$, А	60

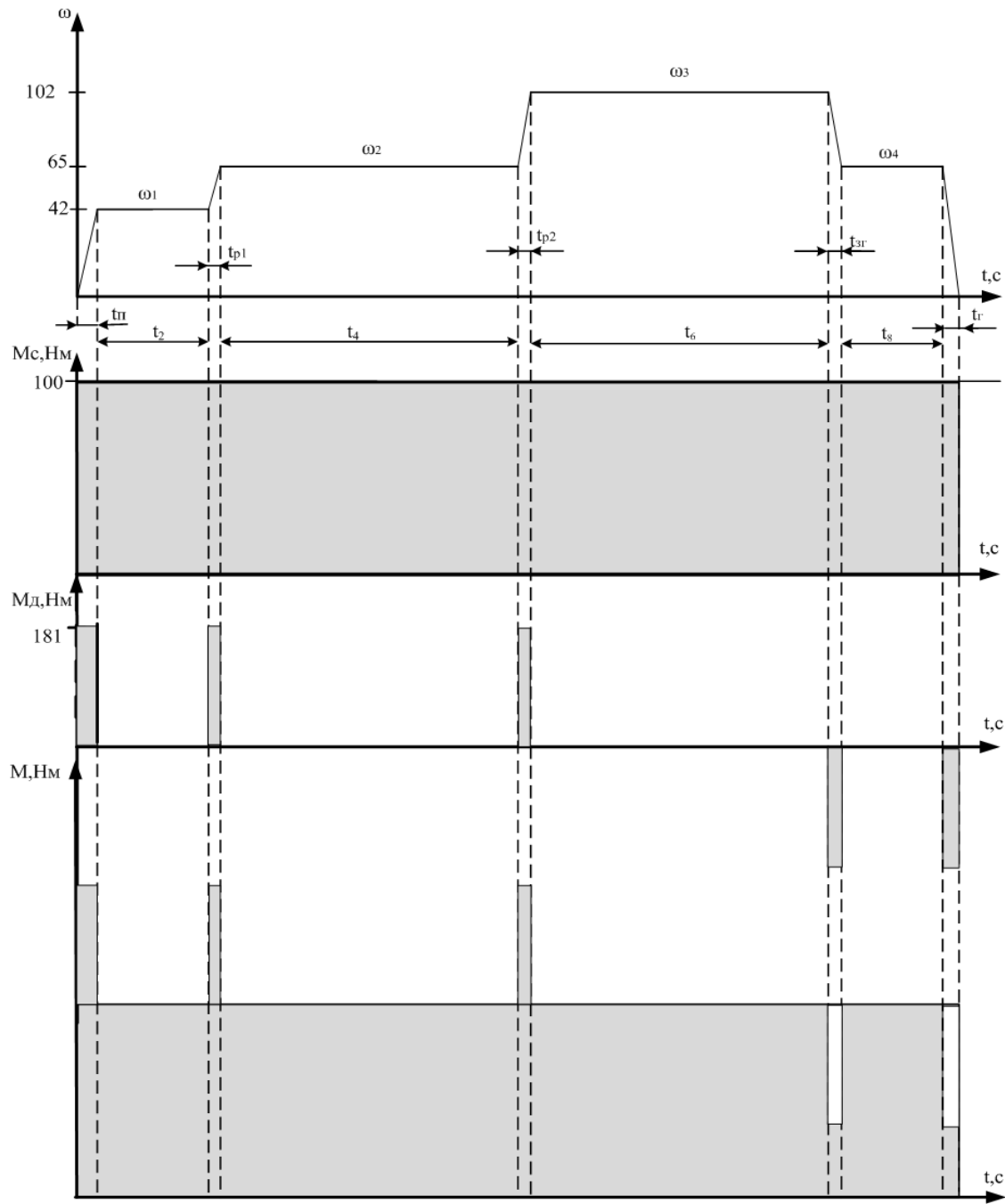
Техніко-економічне обґрунтування вибору системи ЕП

Показники	Системи електричного привода			
	РКС-ДПС	РКС-АД ФР	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна D , грн	12500	10000	12500	5000
Вартість системи керування СК, грн	13000	14500	23000	15000
Капітальні вкладення K , грн	25500	24500	35500	20000
Річні капітальні витрати $K_{\text{річні}}$, грн	4350	4100	6145	3000
Амортизаційні відрахування C_a , грн/рік	2580	2463	3644	1000
Відрахування на ремонт C_p , грн/рік	510	490	725	300
Додаткові відрахування C_d , грн/рік	4140	4138	4161	2503
Відрахування на обслуговування C_o , грн/рік	361	354	426	190
Загальні відрахування C , грн/рік	7590	7440	8950	3993
Приведені витрати Z , грн/рік	11940	11540	15095	6993

Річні експлуатаційні витрати

Перелік річних експлуатаційних витрат	Система електропривода	
	З ПЧ-АД	З ШП-Д
Вартість споживаної електроенергії, грн./рік	84933,33	78000
Вартість мастильних матеріалів	512	470,2
Заробітна плата	18416,16	18416,16
Дрібні та невраховані витрати	6231,69	5813,18
Амортизаційні відрахування	3393,39	4637,757
Сумарні річні експлуатаційні витрати	113486,57	107337,3

Навантажувальна діаграма



Математична модель САЕП ПЧ-АД

$$m = \frac{\beta}{T_e + 1}(\omega - \omega_0),$$

$$\beta = \frac{2 \cdot M_K}{\omega_0 \cdot S_K},$$

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot S_K},$$

$$\omega = \frac{1}{J \cdot p}(m - m_c),$$

$$k_{\text{ПЧ}} = \frac{f_{\text{max}}}{U_{3 \text{ max}}},$$

$$f = \frac{k_{\text{ПЧ}}}{T_{\text{ПЧ}} \cdot p + 1} \cdot U_K,$$

$$U_K = R_c(p) \cdot (U_{3c} - U_{33c}),$$

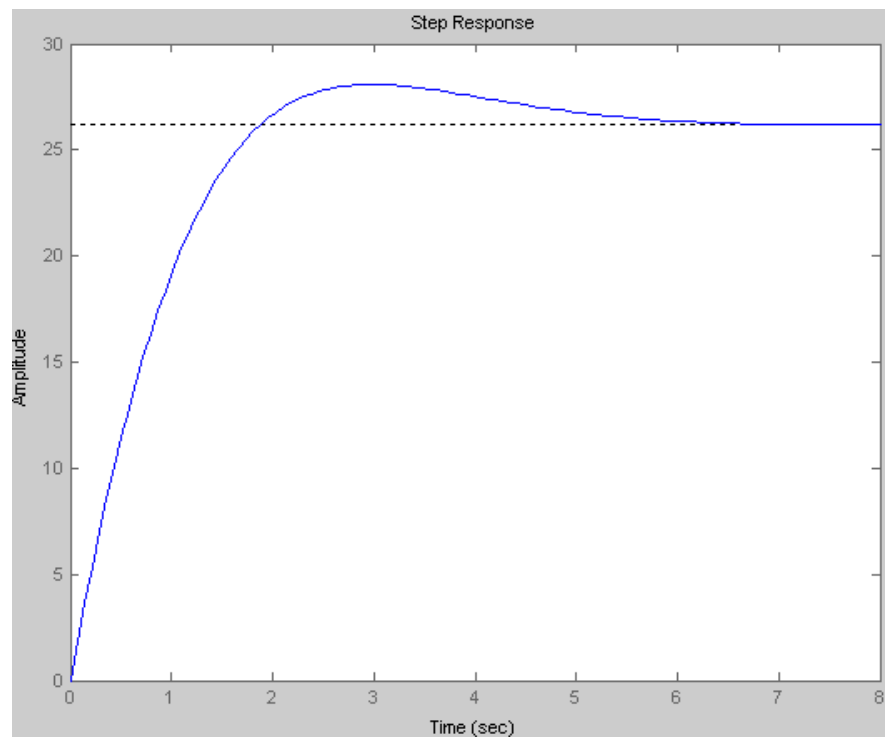
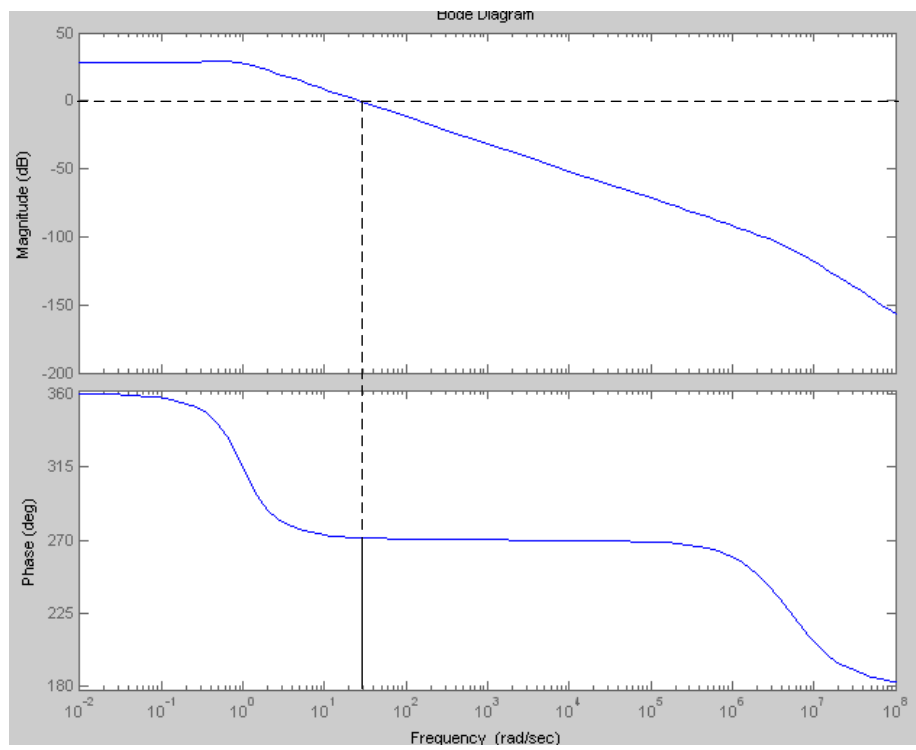
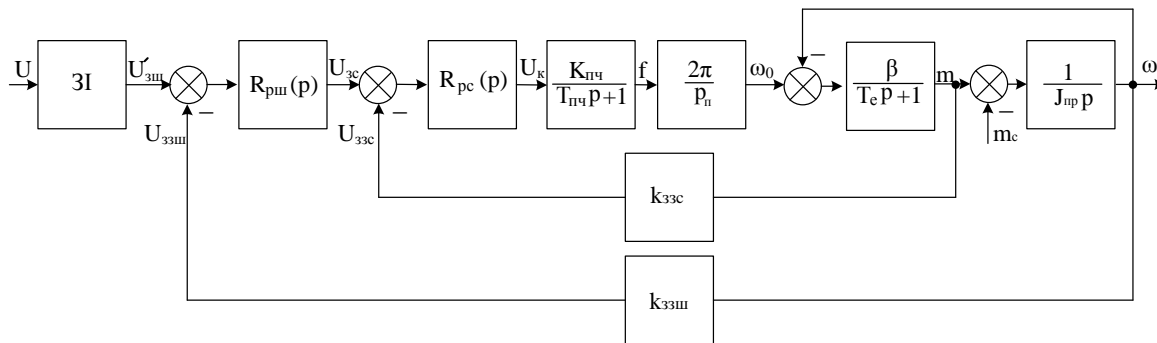
$$U_{3c} = R_{\text{III}}(p) \cdot (U'_{3\text{III}} - U_{33\text{III}}),$$

$$U'_{3\text{III}} = \frac{k_{3i}}{p} \cdot U_{3i},$$

$$U_{33c} = k_{33c} \cdot m,$$

$$U_{33\text{III}} = k_{33\text{III}} \cdot \omega.$$

Результати моделювання



Математична модель оптимальної швидкості завантаженого гібридного автомобіля з виключеним двигуном внутрішнього згоряння

$$\phi(i) = \begin{cases} -a_2 i^2 + b_2 i, & i \in [0, i_m], \\ a_1 + b_1 i, & i \in [i_m, \infty), \end{cases}$$

$$i(\tau) = \frac{1 - a_1 (C_2 e^{(f_1 + 2f_2 v)\tau} - \frac{C_1}{f_1 + 2f_2 v})}{2\alpha + 2b_1 (C_2 e^{(f_1 + 2f_2 v)\tau} - \frac{C_1}{f_1 + 2f_2 v})},$$

$$i(\tau) = \frac{2\alpha + 2b_2 \lambda_1(\tau) - \sqrt{(2\alpha + 2b_2 \lambda_1(\tau))^2 - 12a_2 \lambda_1(\tau)}}{6a_2 \lambda_1(\tau)},$$

$$\lambda_1(\tau) = C_2^* e^{(f_1 + 2f_2 v)\tau} - \frac{C_1^*}{f_1 + 2f_2 v},$$

$$\phi_3(0) = f_1(2\alpha i - 1) + (2b_1 i + a_1)(C_2 f_1 e^{f_1 \tau} - C_1),$$

$$\phi_3'(0) = 2f_2(2\alpha i - 1) + 2C_2 f_2 (f_1 \tau + 1)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau},$$

$$\phi_3''(0) = 4C_2 f_2^2 \tau (f_1 \tau + 2)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau}$$

$$v^2 + \frac{2\phi_3'(0)}{\phi_3''(0)} v + \frac{2\phi_3(0)}{\phi_3''(0)} = 0$$

$$v = -\frac{\phi_3'(0)}{\phi_3''(0)} + \sqrt{\left(\frac{\phi_3'(0)}{\phi_3''(0)}\right)^2 - \frac{2\phi_3(0)}{\phi_3''(0)}}$$

$$v = -(2f_2(2\alpha i - 1) + 2C_2 f_2 (f_1 \tau + 1)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau})(4C_2 f_2^2 \tau (f_1 \tau + 2)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau})^{-1} + \\ + \{[(2f_2(2\alpha i - 1) + 2C_2 f_2 (f_1 \tau + 1)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau})(4C_2 f_2^2 \tau (f_1 \tau + 2)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau})^{-1}]^2 - \\ - 2f_1(2\alpha i - 1) + (2b_1 i + a_1)(C_2 f_1 e^{f_1 \tau} - C_1)(4C_2 f_2^2 \tau (f_1 \tau + 2)(2b_1 i + a_1) e^{f_1 \tau})^{-1}\}^{\frac{1}{2}}$$

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено електропривод гібридного автомобіля з паралельною схемою з'єднання двигунів. Аналізуючи дану роботу, було визначено, що для даного виду гібридного автомобіля можливим є використання таких систем електричного привода: РКС-ДПС; РКС-АД з ФР; ТП-ДПС; ПЧ-АД.

Здійснено попередній вибір двигуна та проведений попередній розрахунок потужності тягового двигуна .

На основі техніко-економічного обґрунтування вибрано найбільш економічно вигідну та найбільш ефективну систему – ПЧ-АД з КЗ ротором.

Було проведено розрахунок експлуатаційних витрат та розрахунок капітальних вкладень, на основі яких зроблені висновки щодо використання системи керування.

Для приводу гібридного автомобіля обрано двигун типу АІР200L6 потужністю 30 кВт. Здійснено перевірку вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску. Оскільки умови перевірок виконуються, то двигун вибрано правильно.

Розроблено математичну модель САЕП та досліджено її на стійкість за допомогою перехідної та логарифмічних характеристик.

Розроблено схему електричну принципову САЕП гібридного автомобіля

Правильність проведених розрахунків перевірено шляхом комп'ютерного моделювання в ППП Matlab Simulink.

Розв'язано задачу оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом від двигуна внутрішнього згоряння та від електричного двигуна постійного струму дорогою, яка крім горизонтальних ділянок містить спуски та підйоми, а рух здійснюється лише за допомогою системи електропривода при вимкненому двигуні внутрішнього згоряння.

Здійснено декомпозицію задачі оптимізації руху транспортного засобу з комбінованим приводом від двигуна внутрішнього згоряння та від електричного двигуна постійного струму за умови, що транспортний засіб рухається дорогою, яка крім горизонтальних ділянок містить також і спуски та підйоми.

Дякую за увагу