

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

Гібридний тяговий електромеханічний комплекс електромобіля

Виконав: студент групи ЕЕМ-20

Роман ЛЕВЧЕНКО

Керівник випускної роботи _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Нормо контролер _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Декан ЕТФ _____

к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____

к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг 2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЛЕВЧЕНКО Роман Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Гібридний тяговий електромеханічний комплекс електромобіля

1. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є модернізація електромеханічного комплекс електромобіля. Завданням є розрахунок характеристик та дослідження роботи автоматизованого електромеханічного комплексу на новій елементній базі
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Конструкція гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля; II. Математична модель гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля; III. Техніко-економічне обґрунтування розглянутих рішень для гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Гібридний тяговий електромеханічний комплекс електромобіля; II. Розробка моделі гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля; III. Дослідження динаміки гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля. -

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Олег СІНЧУК		
II	Олег СІНЧУК		
III	Олег СІНЧУК		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Складові гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	10.05.24
2	Конструкція синхронного двигуна гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	17.05.24
3	Математична модель гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	24.05.24
4	Дослідження гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	28.05.24
5	Техніко-економічне обґрунтування розглянутих рішень для гібридного тягового електромеханічного комплексу	04.06.24

Дата видання завдання 29.04.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Роман ЛЕВЧЕНКО
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олег СІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи бакалавра на тему: «Гібридний тяговий електромеханічний комплекс електромобіля»

Об'єкт розробки – перехідні процеси у гібридному транспортному засобі з паралельною, послідовною та повною схемами виконання, а також баланс енергії в електромеханічній системі гібридного приводу.

У першому розділі проведено аналіз структури гібридного електроприводу та його складових для транспортних засобів та силових установок, визначені характеристики та принципи роботи основних структурних складових.

У другому розділі проведено аналіз моделі гібридного транспортного засобу з подальшим порівнянням їх показників у динамічних режимах для усіх варіантів реалізації схеми гібриду: паралельного, послідовного та повного.

У третьому розділі проведено оцінку економічної ефективності при впровадженні гібридного електроприводу на транспортному засобі, у порівнянні з електромобілем.

ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ГІБРИДНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СИЛОВА УСТАНОВКА, АНАЛІЗ, МОДЕЛЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Конструкція гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	10
1.1. Складові гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	10
1.2. Конструкція синхронного двигуну гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля	16
1.3. Механічна передача	24
Розділ 2. Математична модель гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля.....	25
2.1. Дослідження режимів роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу паралельного гібриду.....	25
2.2. Дослідження режимів роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу послідовного гібриду.....	38
2.3. Дослідження роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу повного гібриду.....	44
Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування розглянутих рішень для гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля.....	51
Висновки	53

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Електричні тягові установки набули чинності у структурі чималої кількості транспортних засобів.

Переважну більшість таких установок складають тягові електричні двигуни що живляться від керованих інверторів.

Однак умови реалізації повного циклу роботи транспорту вимагає додаткових можливостей відповідно до збільшення автономності у їх роботі відповідно до умов експлуатації.

Тому нерідко вже напрацьовані переваги електромеханічної передачі використовуються у сукупності з іншими механічними можливостями транспортних засобів.

Річ йдеться про так названі гібридні системи електромеханічних передач.

Сучасні системи автомобільного транспорту широко застосовують подібні структури при виробництві.

Нові системи компонування гібридів враховують досвід встановлених раніше технічних заходів щодо комплектування та узгодження механічної структури автомобілю.

Таким чином традиційні системи механічної передачі що застосовуються у автомобільній техніці мають замінюватись сучасними гібридними установками.

Наявність можливості паралельного функціонування подібних структур дає можливість компонування режимів роботи складових механічної передачі у бік найбільш їх ефективної роботи.

Таким чином забезпечується ефективність роботи транспортного

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засобу із збереженням функціональної здатності у всім діапазоні режимів його роботи.

Розглядаючи структуру сучасних гібридних силових установок необхідно відзначити ряд функціональних можливостей та аспектів подібної структури:

- у рух подібні системи приводяться за допомогою кількох джерел енергії;

- джерела енергії за допомогою яких відбувається функціонування транспортного засобу мають володіти певною автономністю що буде визначатись запасом ходу кожного джерела окремо.

Наведені вимоги звичайно у певному плані звужують можливості гібридного приводу, але при розгляді графіків пересування навпаки надають можливості підвищити ефективність експлуатації транспортного засобу на усій дистанції шляху.

Отже на гібридному автомобільному транспорті використовується два джерела енергії.

Зазвичай розподіл встановленої потужності виконують таким чином щоб одне з таких джерел виконувало основну роботу а інше допомагало або резервувало його.

Резервне джерело живлення ще прийнято називати як додаткове джерело енергії.

Зазвичай додаткове джерело енергії використовується у якості допоміжної потужності при роботі у певних режимах.

Так можна відтворити режим руху вгору, коли потужності основного джерела енергії недостатньо для здійснення операції щодо руху вгору і система гібридного транспорту має акумулювати частину енергії додаткового

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерела.

Такий підхід на практиці реалізується у паралельному варіанті застосованого гібриду.

При цьому механічна передача яка встановлена на автомобілі має передбачати реалізацію одночасної передачі енергії від двох автономних джерел.

Компонування елементів розглянутих у роботі типових структур гібридного транспорту має забезпечувати усі режими роботи автомобілю протягом його руху.

У залежності від компонування та розміщення механічної передачі розглядається:

- паралельна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу;
- послідовна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу;
- послідовно-паралельна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу.

У розглянутих структурах електричне джерело енергії буде розглянуто як додаткове або резервне.

За основне джерело енергії будемо обирати двигун внутрішнього згорання.

Таке компонування дозволить зберегти ергономічність транспортного засобу з огляду розповсюдженої серійної моделі автомобілів які випускаються.

Як вже зазначалось ефективність роботи гібридного електромеханічного засобу необхідно дослідити в усіх режимах його

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функціонування.

Слід зазначити що реалізація на практиці таких рішень має пройти певну апробацію.

Тому перед практичною реалізацією подібні рішення спочатку досліджуються на прикладі розробленої моделі автомобілю або завдяки імітаційного моделювання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Конструкція гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

1.1. Складові гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Гібридний автомобільний транспорт є сучасним вирішенням актуального завдання щодо вдосконалення та розширення функціональної якості використання енергетичних ресурсів при експлуатації транспортного засобу.

Виходячи з умов функціонування тягових електромеханічних структур буде розглянуто основні типи гібридних електромеханічних систем які використовуються:

- паралельна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу;
- послідовна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу;
- послідовно-паралельна гібридна електромеханічна система для транспортного засобу.

Як можна бачити що в усіх представлених вище структурах у якості резервного або додаткового джерела використовується електричне джерело енергії.

Основним елементом такої тягової електромеханічної підсистеми виступає тяговий електричний двигун.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 1	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	Левченко Р.О.						10	15
<i>Перевірів</i>	Сінчук О.М.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	Сінчук О.М.							
<i>Затвердив</i>	Пересунько І.І.					КНУ ЕЕМ-20		

Тяговий електричний двигун розглядається як частина гібридного механічного комплексу.

Представимо вміст цієї електричної складової у загальній структурі гібриду.

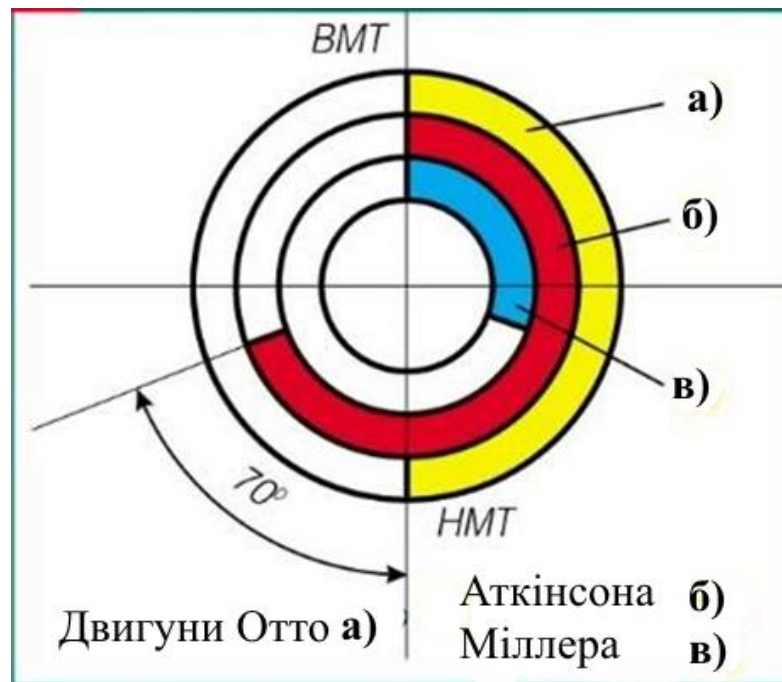


Рис. 1.1. Робота гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Розглянемо типові структури гібридного транспорту.

Стандартний гібрид складають:

- **ДВЗ.** Використовується у якості основного джерела енергії при створенні тягового моменту.
- **Електродвигун.** Використовується у якості додаткового джерела енергії при створенні тягового моменту.
- **Трансмісія.** Використовується у якості перетворювача параметрів

механічної енергії при передачі її від джерела до кінцевого споживача у вигляді привідного колеса.

- **Паливний бак** . Використовується у якості акумулюючої ємності для руху.
- **Акумулятор**. Використовується у якості акумулюючих електричних ємностей для руху.
- **Генератор**. Використовується у якості перетворювача механічної енергії у електричну для живлення кінцевих споживачів.
- **Інвертор**. Використовується у якості перетворювача параметрів електричної енергії при передачі її від джерела до кінцевого споживача у вигляді тягового двигуна.

Розглянемо типові структури гібридів.

Послідовна схема.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

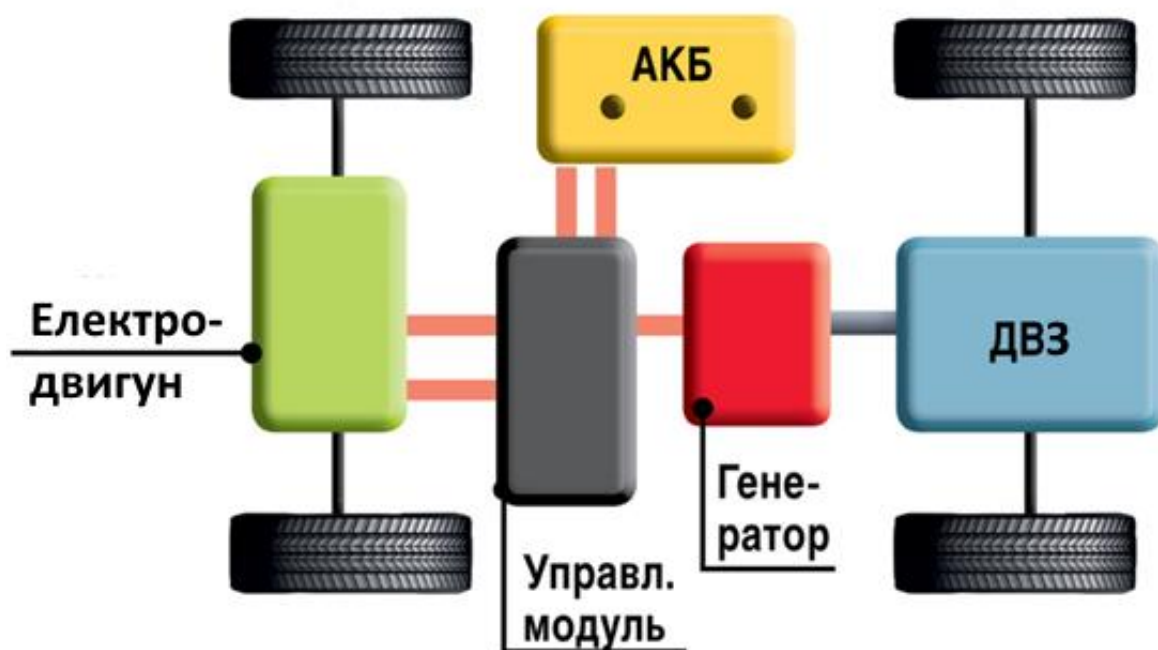


Рис.1.2. Послідовна схема гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Паралельна схема.

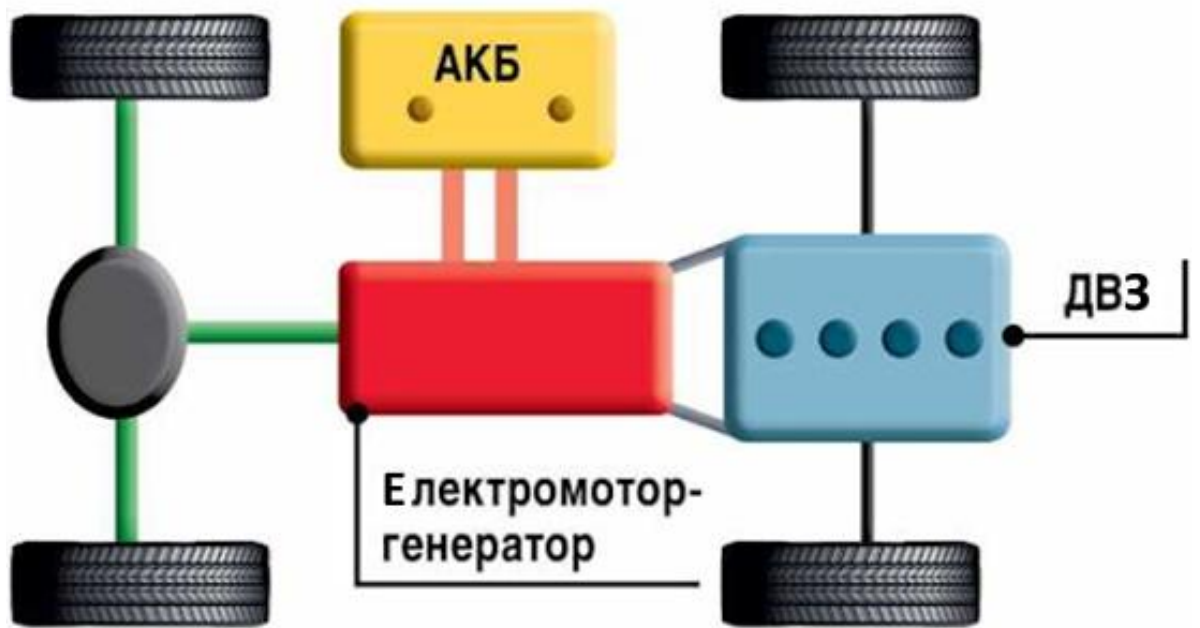


Рис. 1.3. Паралельна схема гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Комбінована схема.

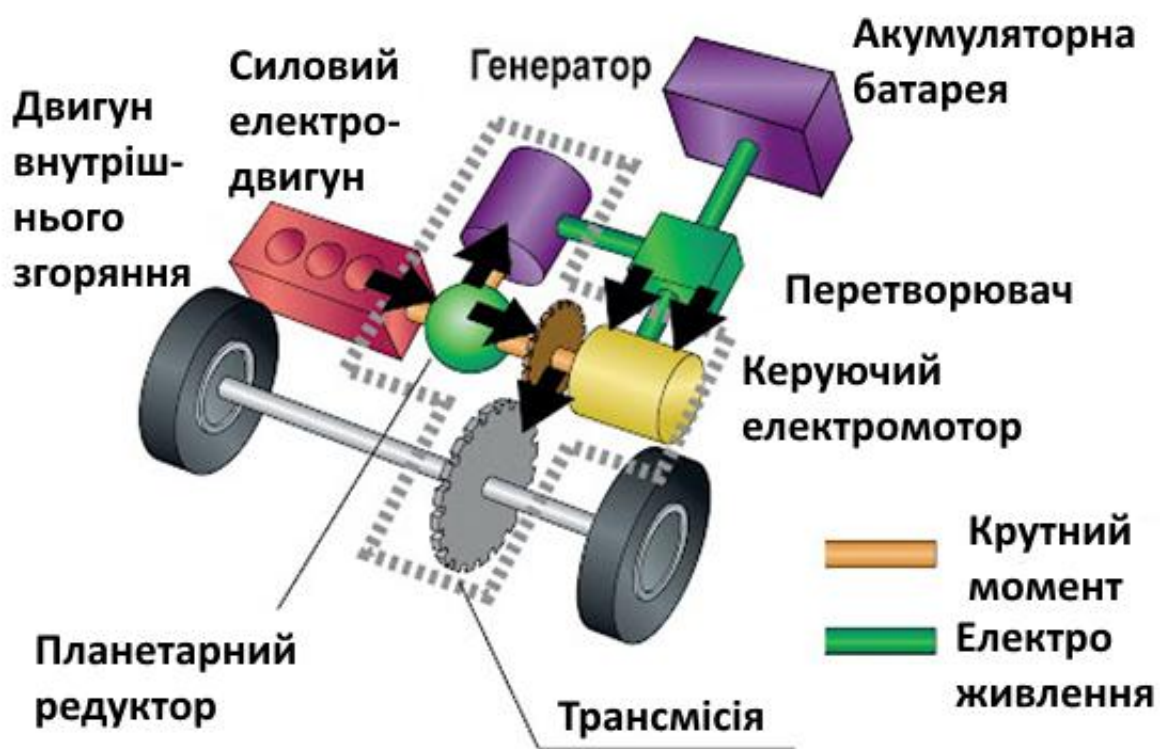


Рис. 1.4. Комбінована схема гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

1.2. Конструкція синхронного двигуна гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

У якості типового тягового електричного двигуна у структурі гібриду прийнято використовувати тягові синхронні двигуни з постійними магнітами.

Розглянемо конструктивні особливості тягових синхронних електричних двигунів з постійними магнітами.

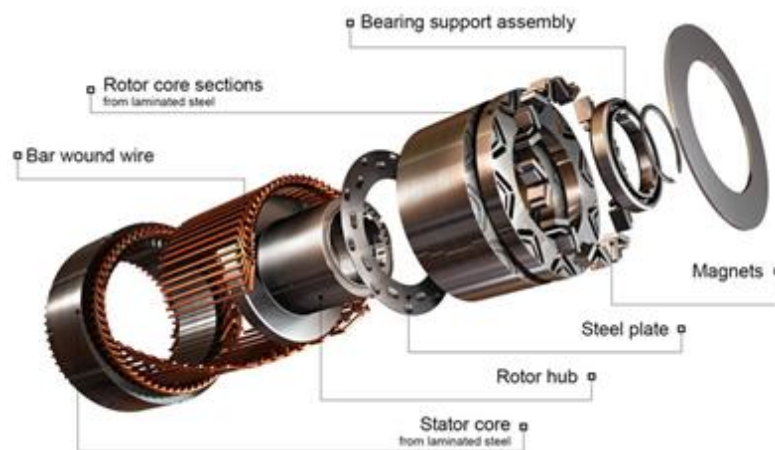


Рис. 1.5. Структура синхронного двигуна

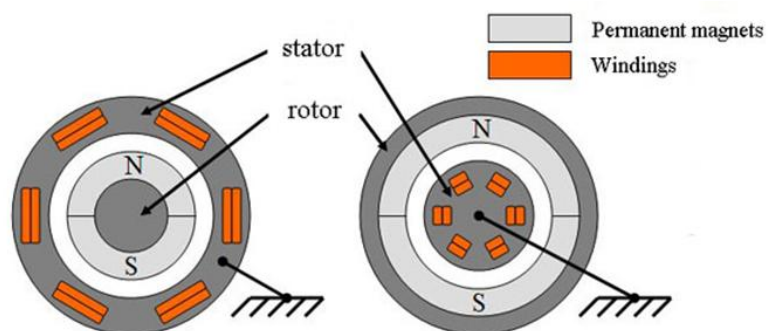


Рис. 1.6. Конструкція ротору синхронного двигуна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Структуру ротору тягових синхронних електричних двигунів з постійними магнітами можна представити у декількох типових формах вигляду.

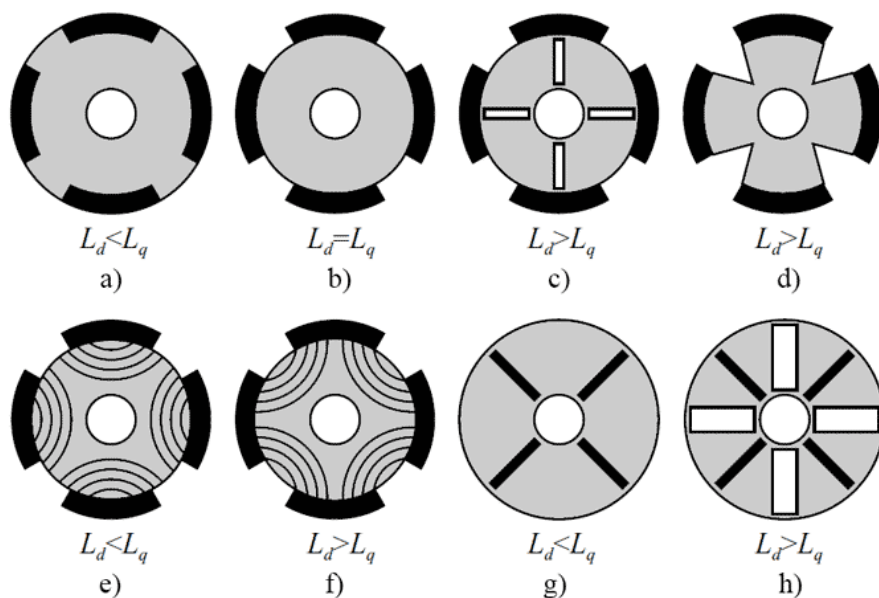


Рис. 1.7. Переріз ротору синхронного двигуна

На малюнку - e, f коаксіально-шаровий ротор, c, h — бар'єрний ротор.

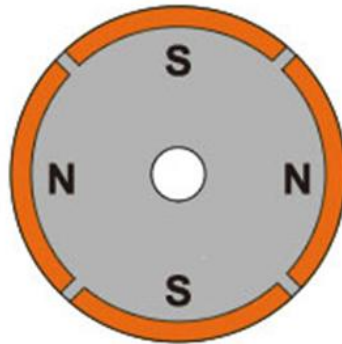


Рис. 1.8. Ротор двигуна


 Permanent magnets



Рис. 1.9. Ротор двигуна з постійними магнітами

Структуру статора тягових синхронних електричних двигунів з постійними магнітами можна представити у декількох типових формах вигляду.



Рис. 1.10. Статор синхронного двигуна



Рис. 1.11. Статор синхронного двигуна

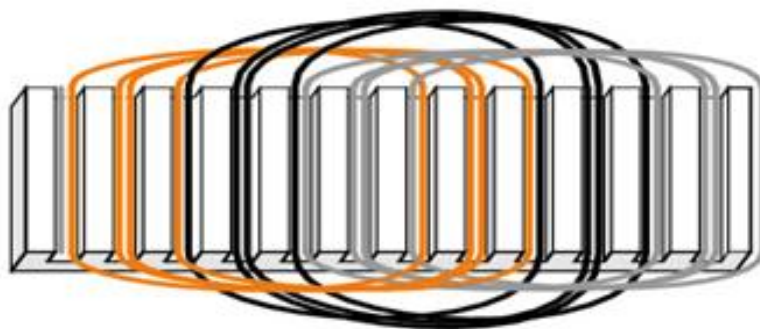


Рис. 1.12. Схеми обмоток

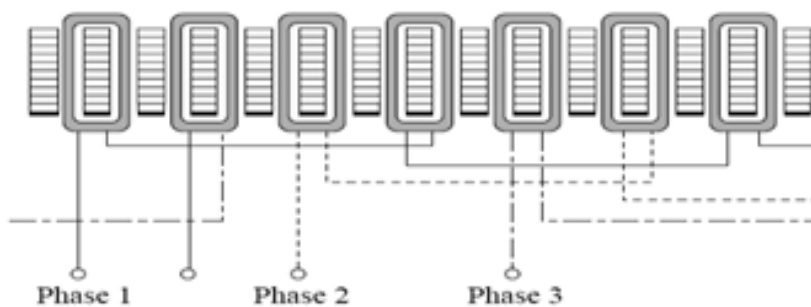


Рис. 1.13. Схеми обмотки

Принцип роботи синхронного двигуна.

Розглянемо принцип роботи на базі структури тягового синхронного електричного двигуна з постійними магнітами при здійсненні типових стратегій щодо керування.



Рис. 1.14.Обертове магнітне поле синхронного двигуна

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Керування ПМСМ

Керування			Переваги	Недоліки
Сінусоїдальне	Скалярне		Проста схема управління	Керування не оптимальне, не підходить для завдань, де змінне навантаження, можлива втрата контролю
	Векторне	Поле-орієнтоване керування	З датчиком положення	Плавне і точне налаштування положення ротора і швидкості обертання двигуна, великий діапазон регулювання
			Без датчика положення	Датчик положення ротора не потрібен. Плавне і точне налаштування положення ротора і швидкості обертання двигуна, великий діапазон регулювання, але менший, ніж у датчика положення
	Пряме керування моментом		Проста схема керування, хороші динамічні характеристики, широкий діапазон керування, датчик положення ротора не потрібен	Високий крутний момент і пульсації струму

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Трапецеїдальне	Розімкнутий цикл		Проста схема управління	Керування не оптимальне, не підходить для завдань, де змінне навантаження, можлива втрата контролю
	Замкнений цикл	З датчиком положення (датчики Холла)	Проста схема управління	Потрібні датчики Холла. Є пульсації крутного моменту. Призначений для керування PMSM з трапецієподібною зворотною ЕРС, при управлінні PMSM із синусоїдальною зворотною ЕРС середній крутний момент менше на 5%.
		Без датчика	Потрібна більш потужна система управління	Не підходить для роботи на низькій швидкості. Є пульсації крутного моменту. Призначений для керування PMSM з трапецієподібною зворотною ЕРС, при управлінні PMSM із синусоїдальною зворотною ЕРС середній крутний момент менше на 5%.

Трапецієподібне управління.

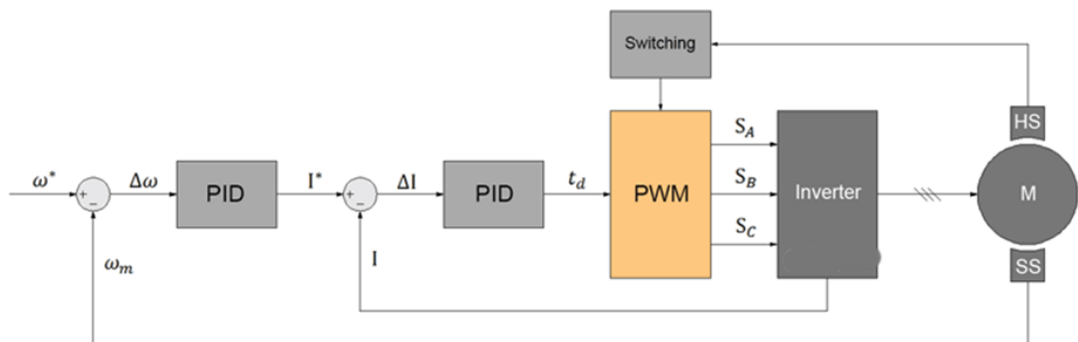


Рис. 1.11. Трапецієподібне управління

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3. Механічна передача

Важливим елементом при реалізації працездатності гібридного транспортного засобу є забезпечення можливості ефективного функціонування та реалізації тягового зусилля як від основного так і допоміжного джерела енергії.

Для успішної реалізації тягового зусилля як від основного так і допоміжного джерела енергії використовують спеціальний планетарний редуктор.



Рис. 1.14. Пристрій планетарного редуктора

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Математична модель гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

2.1. Дослідження режимів роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу паралельного гібриду

Опис моделі паралельного гібриду

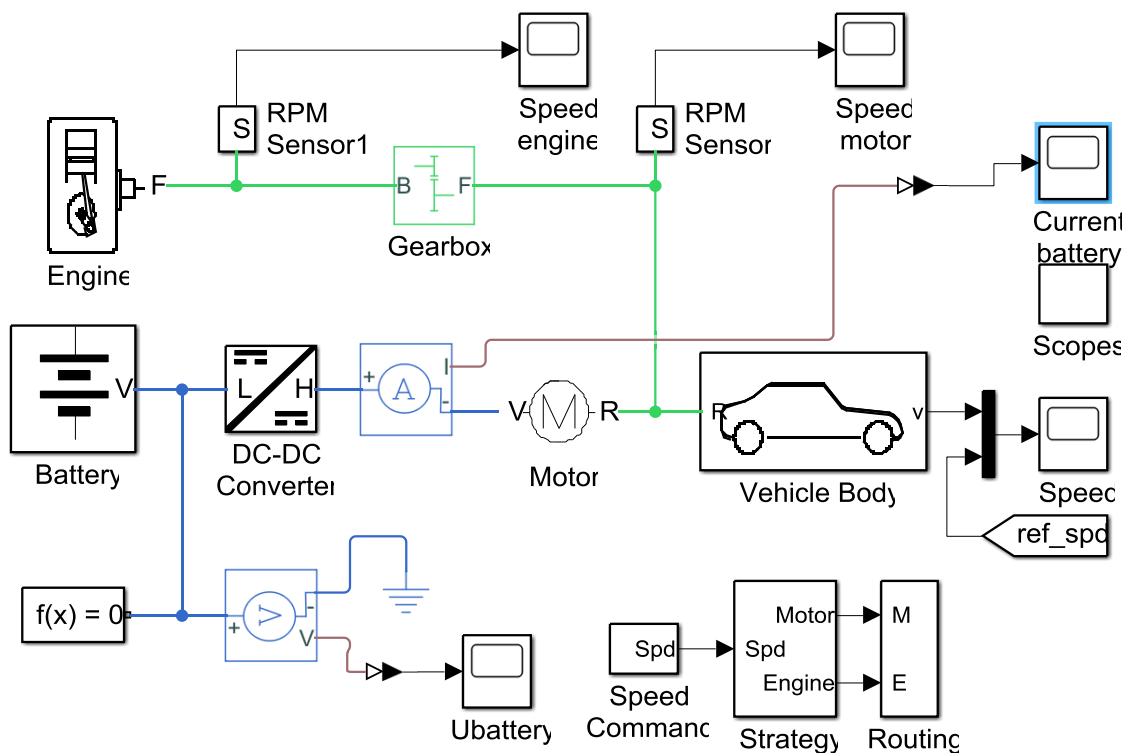


Рис. 2.1. Структура моделі гібридного тягового електромеханічного комплексу паралельного гібриду

На рис. 2.1. є підсистема кузову електромобілю(рис. 2.2.). Елементарна модель (рис. 2.3.), правого та лівого коліс. Параметри системи показано на рис. 2.4.

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат
Розробив	Левченко Р.О.			
Перевірів	Сінчук О.М.			
Реценз.				
Н. Контр.	Сінчук О.М.			
Затвердив	Пересунько І.І.			
Розділ 2				
		Літ.	Лист	Листів
		25	26	
КНУ ЕЕМ-20				

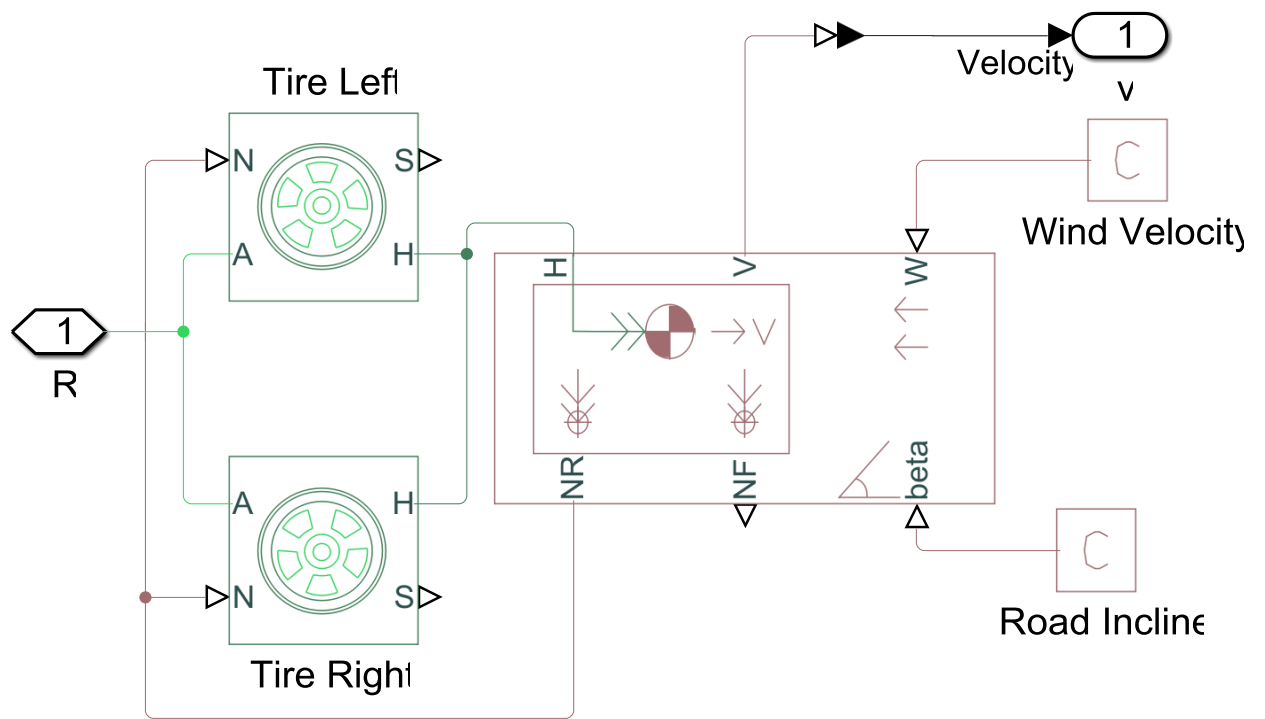


Рис. 2.2. Структура підсистеми кузову

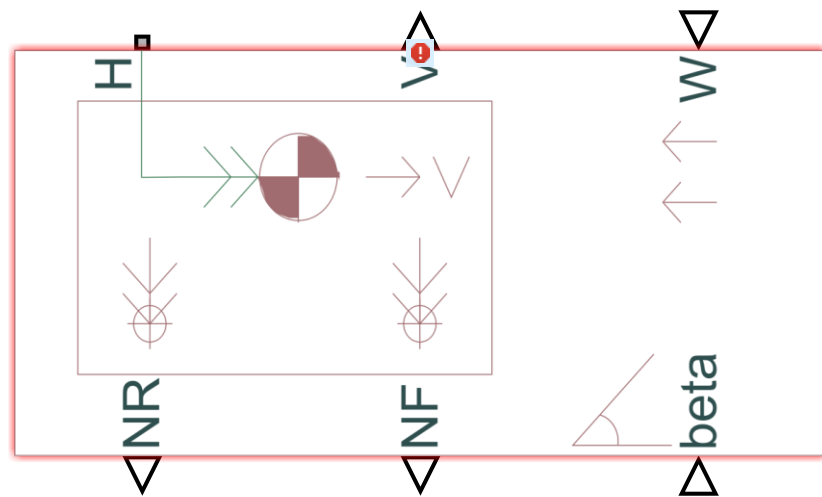


Рис. 2.3. Елементарна модель

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Mass:	1200	kg
Number of wheels per axle:	2	
Horizontal distance from CG to front axle:	1.4	m
Horizontal distance from CG to rear axle:	1.6	m
CG height above ground:	0.5	m
Gravitational acceleration:	9.81	m/s ²
Negative normal force warning:	Off	

Рис. 2.4. Параметри системи

Для реалізації моделі у дії слід також створити підсистему відтворення крутного моменту.

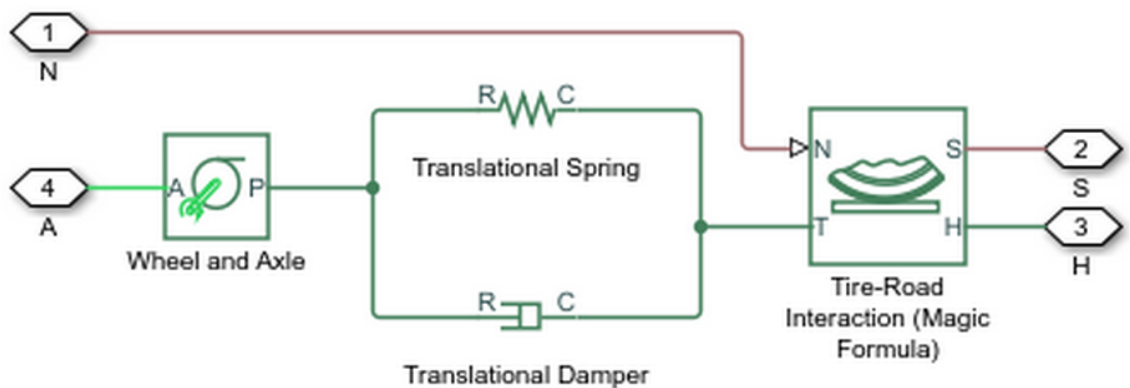


Рис. 2.5. Модель взаємодії з поверхнею

Також розглянемо реалізацію підсистеми тягового синхронного двигуна з постійними магнітами.

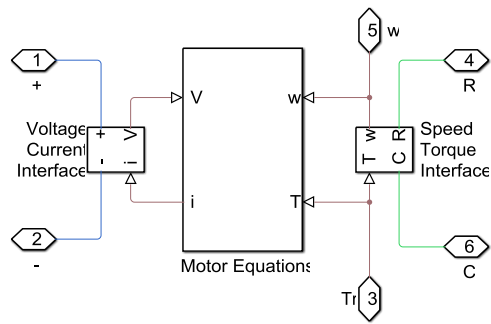


Рис. 2.6. Структура підсистеми

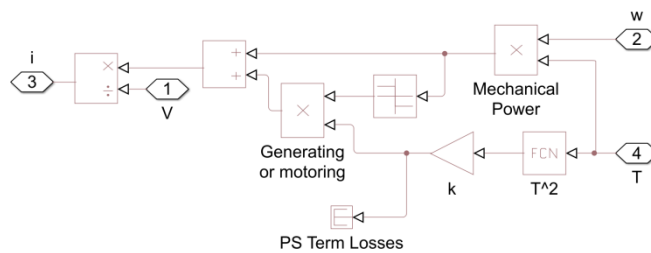


Рис. 2.7. Структура двигуна

Для відтворення режимів роботи укомплектуємо представлені елементи у єдину модель реалізації усіх режимів роботи гібридного транспортного засобу.

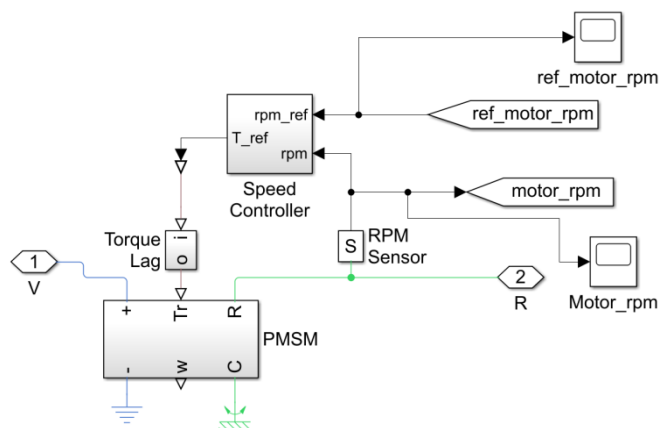


Рис. 2.8. Структура гальма

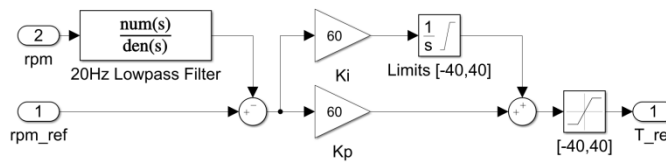


Рис. 2.9. Структура моделі Speed Controller

Дослідимо на прикладі розбудованої моделі гібридного транспортного засобу усі режими його роботи.

Представимо графіки усіх режимів роботи електромеханічної системи отримані за допомогою розбудованої моделі гібридного транспортного засобу.

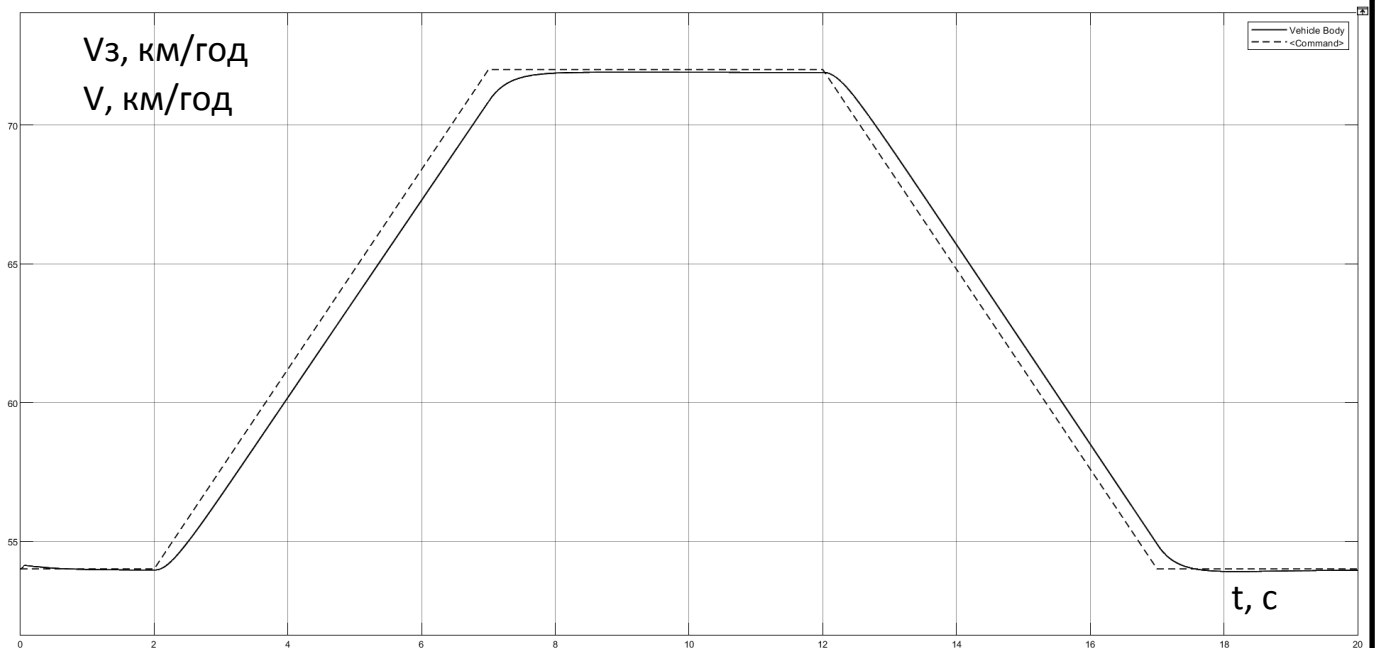


Рис. 2.10. Швидкість гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

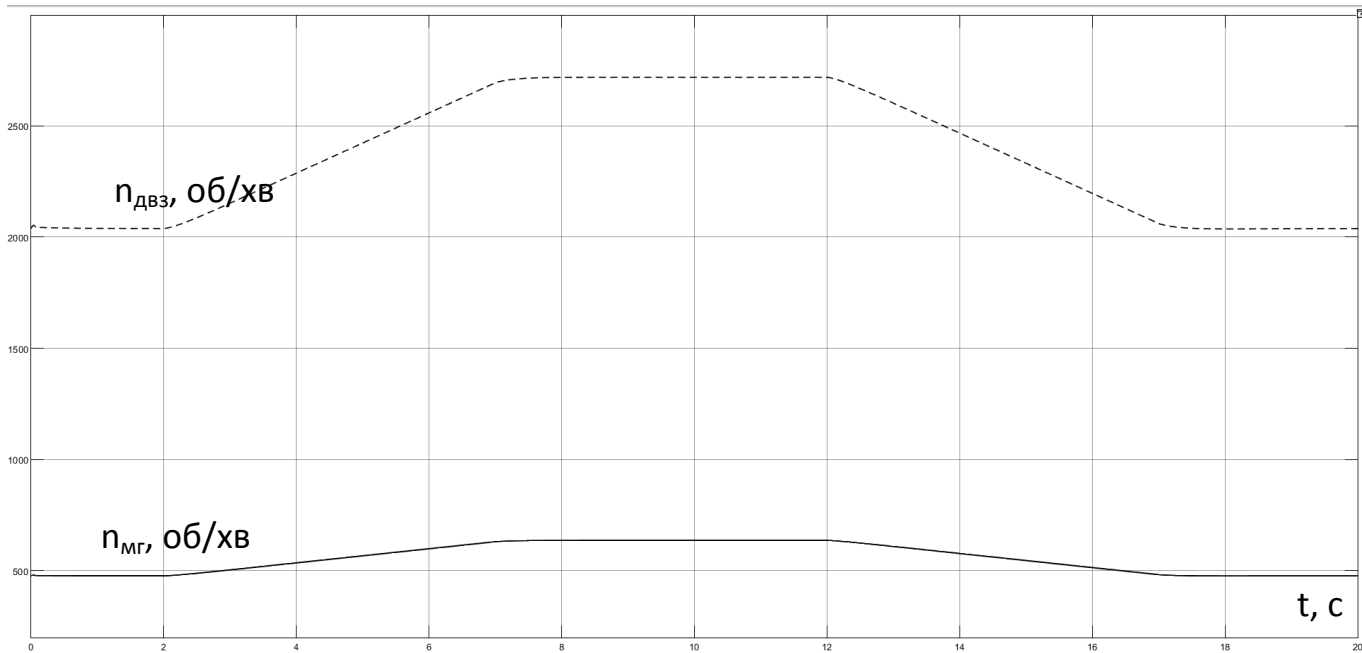


Рис. 2.11. Порівняння швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

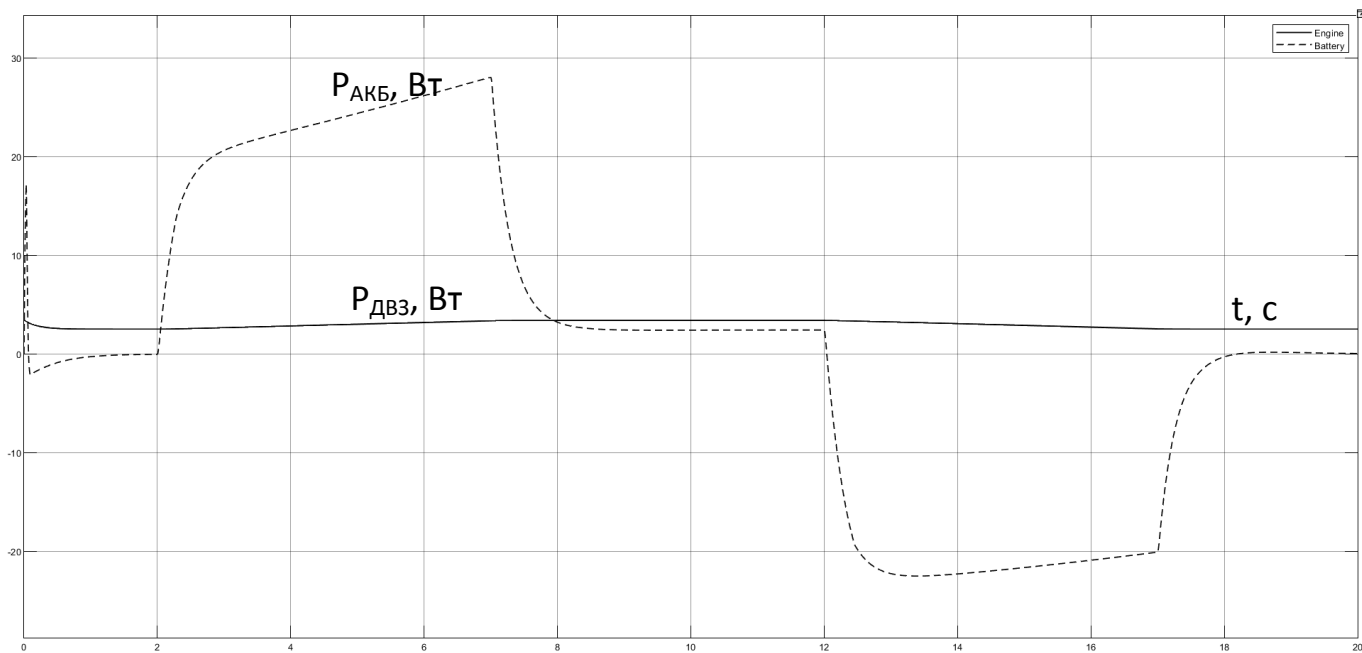


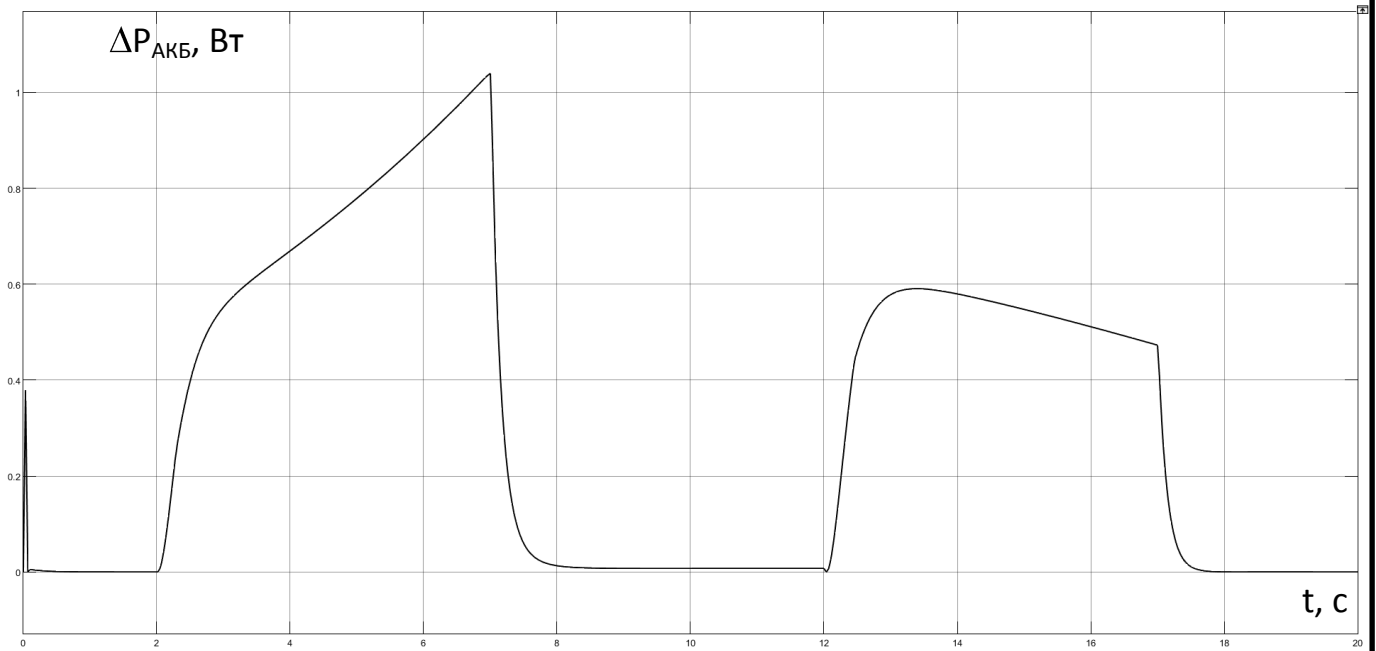
Рис. 2.12. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

30



2.13. Втрати у гібридному тяговому електромеханічному комплексі електромобілю

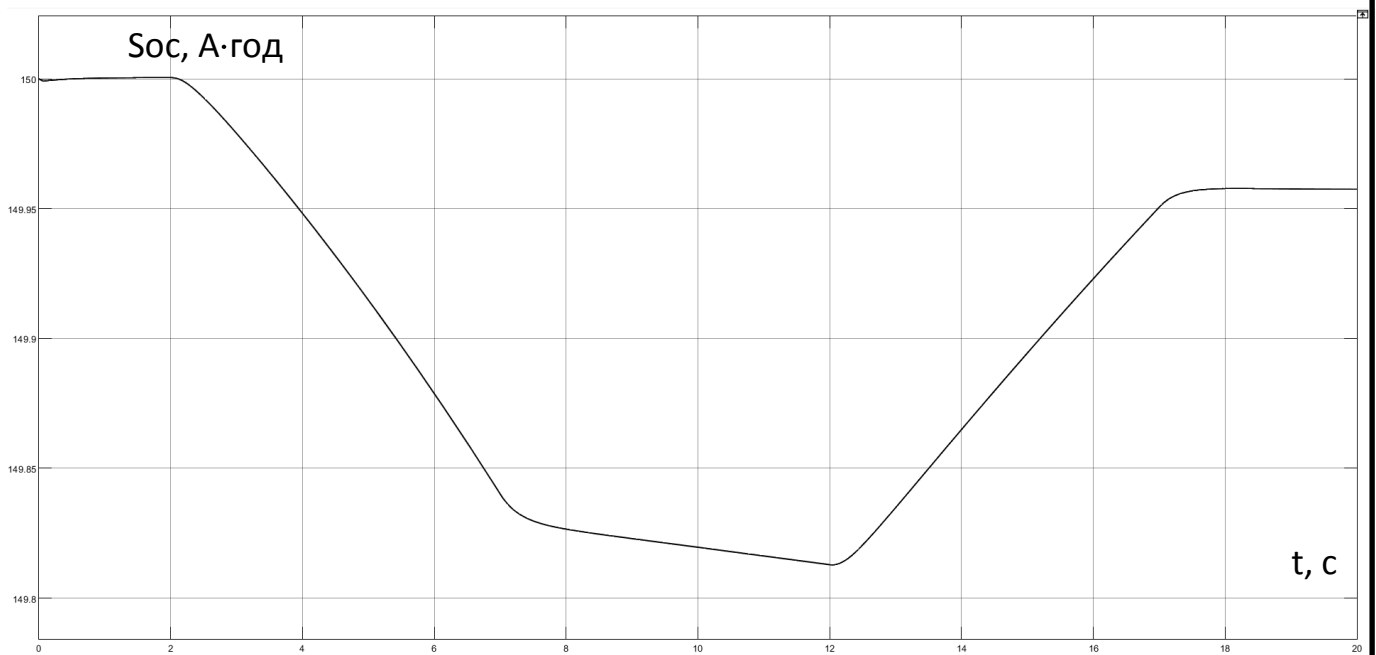


Рис. 2.14. Ємність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

31

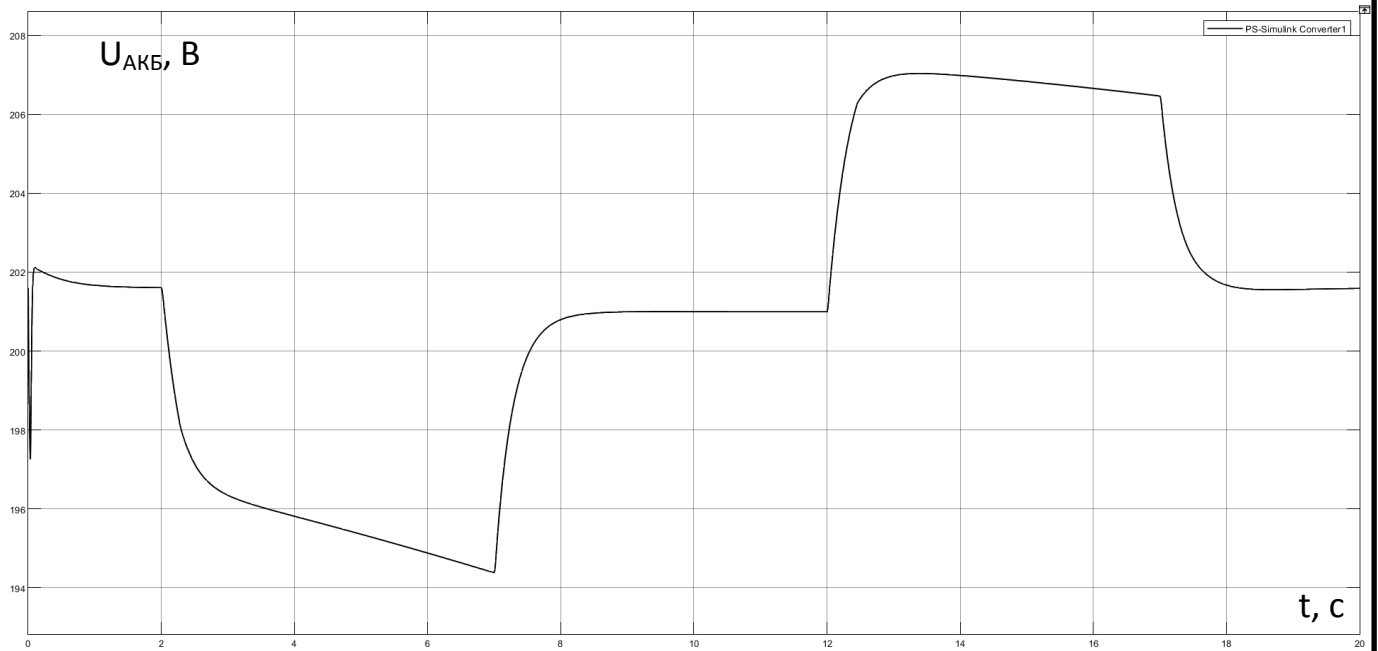


Рис. 2.15. Напряга гібридного тягового електромеханічного комплексу
електромобіля

Розглянемо режим роботи при функціонуванні тільки за рахунок
двигуна внутрішнього згорання.

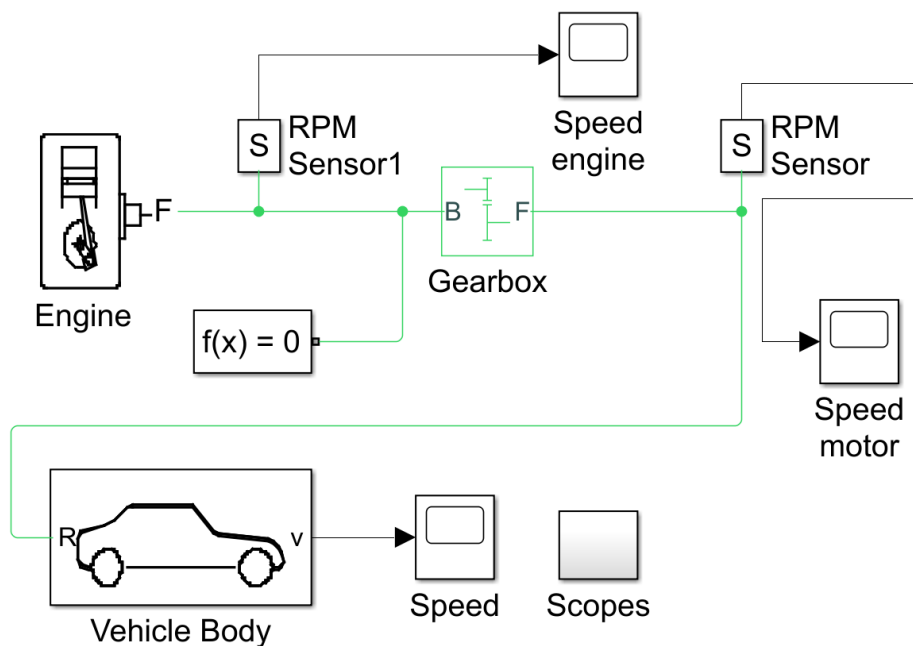


Рис.2.16. Структура моделі гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Графіки роботи.

Uzt, в.о.

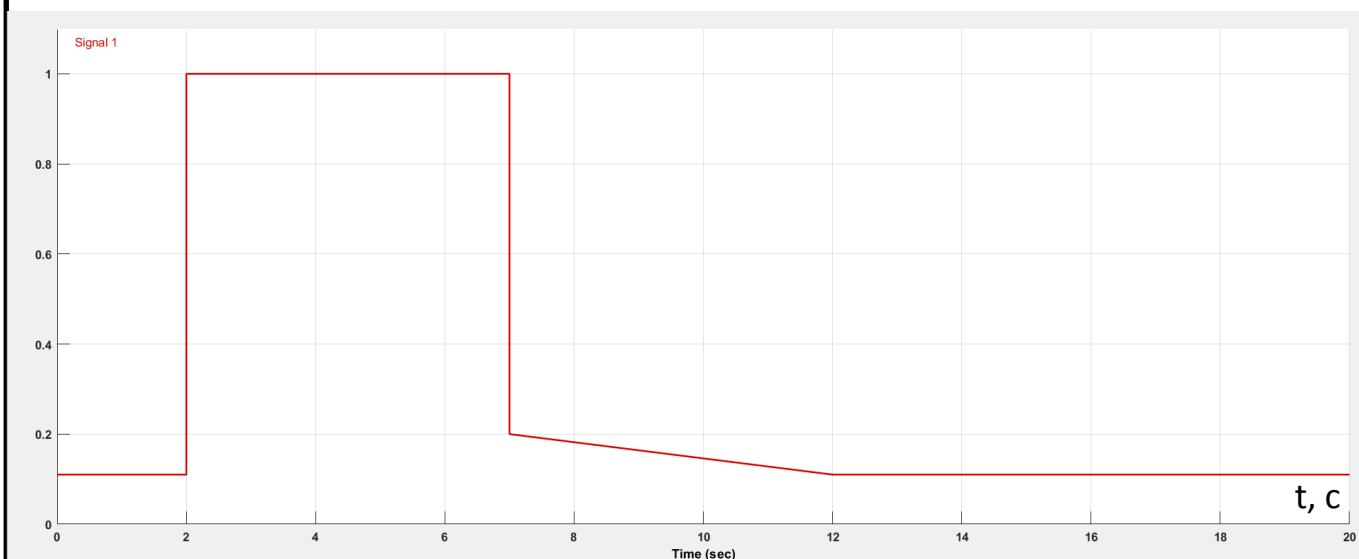


Рис. 2.17. Зміна навантаження гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

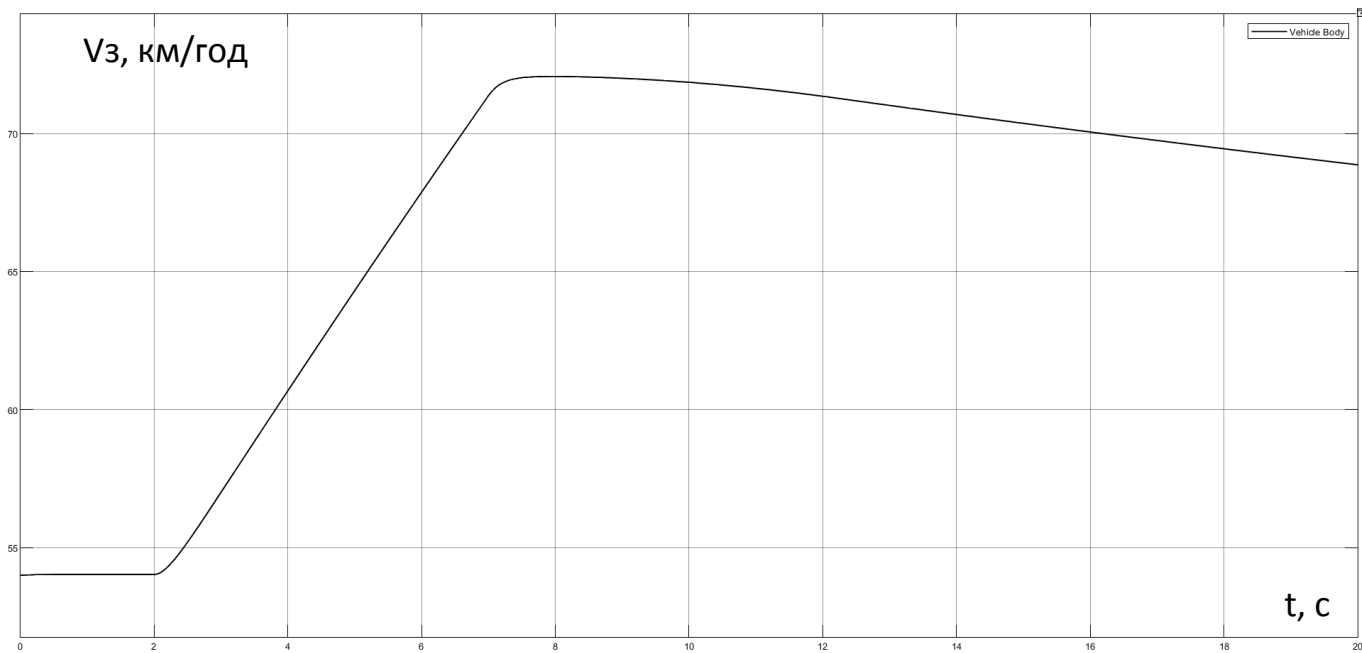


Рис. 2.18. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

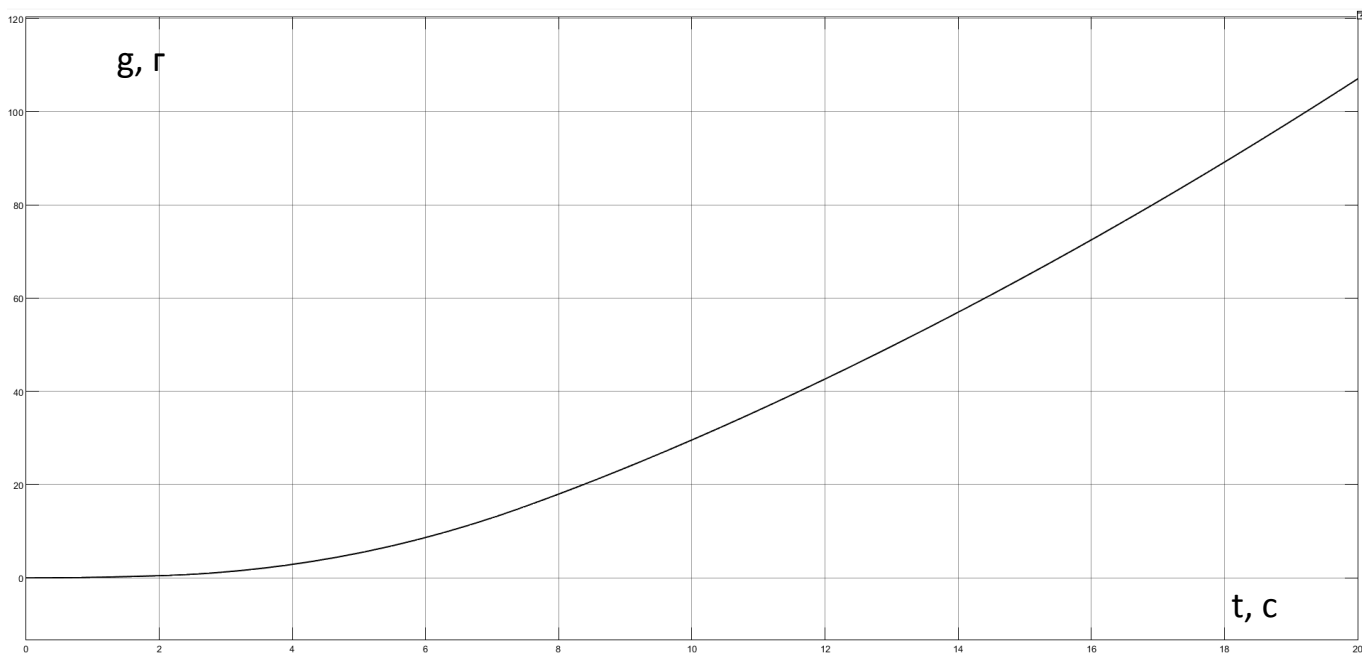


Рис. 2.19. Витрати пального гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

34

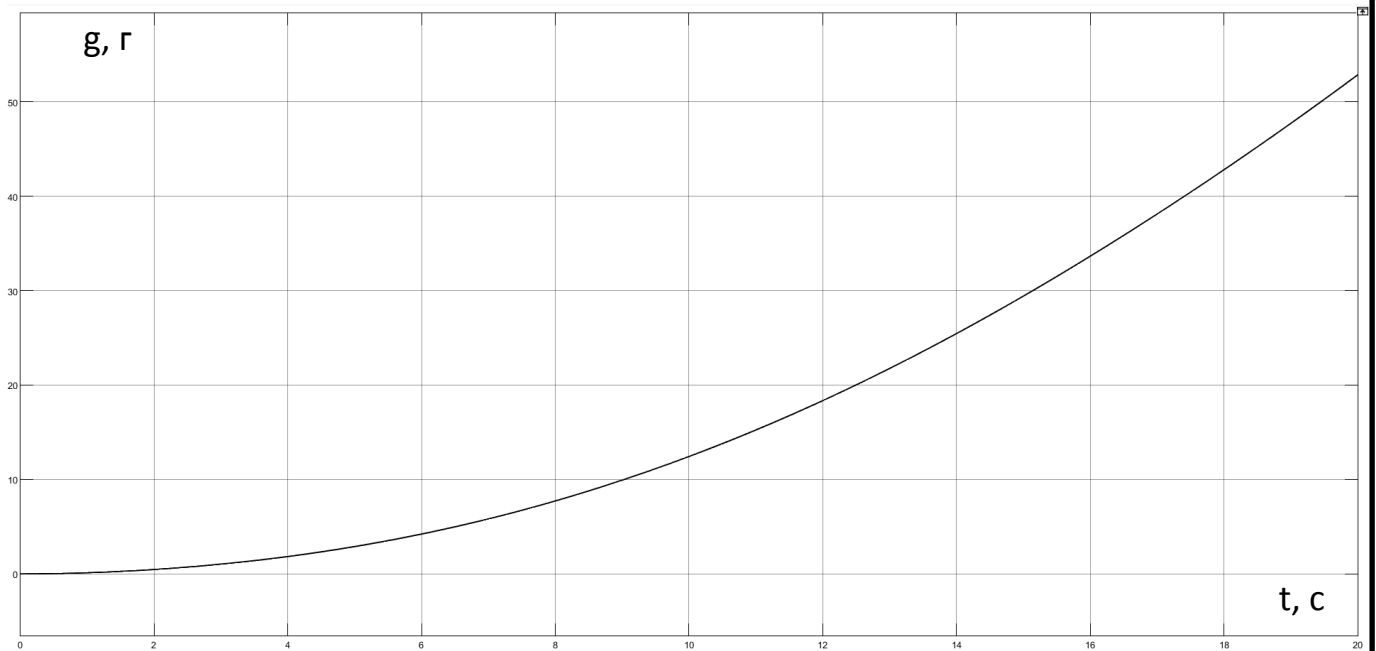


Рис. 2.20. Витрати пального гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Дослідимо модель паралельного гібриду.

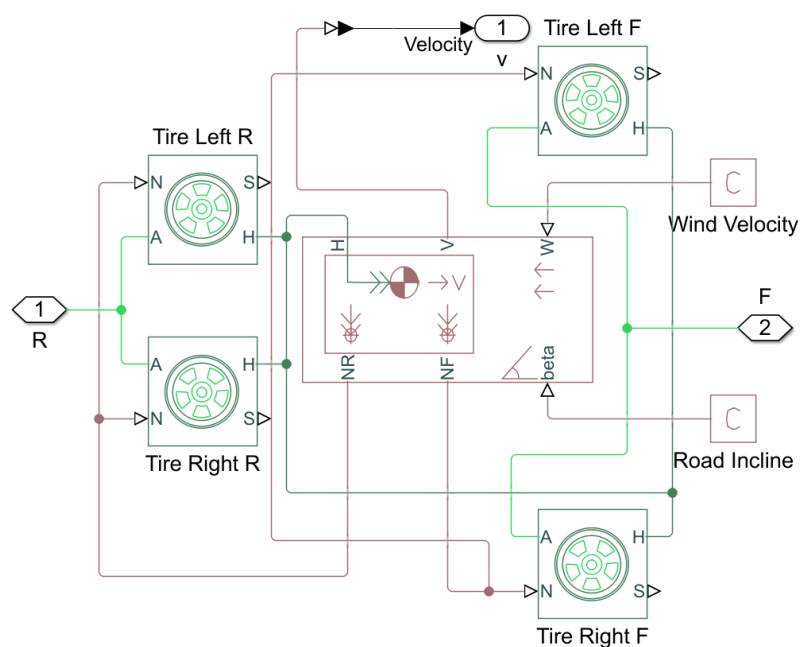


Рис. 2.21. Модель гібридного тягового електромеханічного комплексу паралельного гібриду

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Дослідимо модель паралельного повного гібриду.

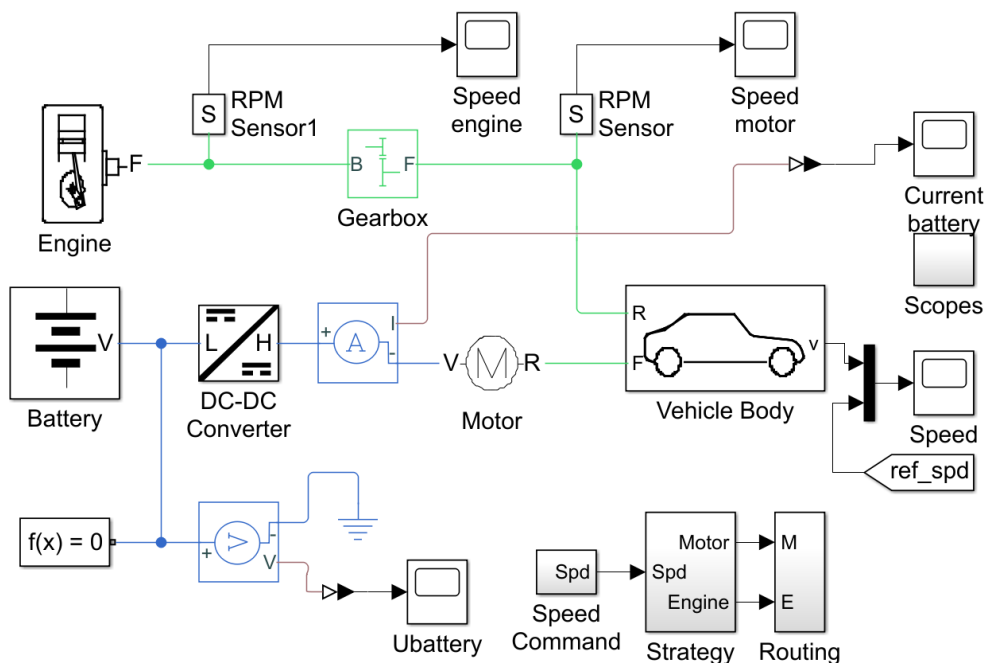


Рис. 2.22. Модель гібридного тягового електромеханічного комплексу повного гібриду

Побудуємо графіки відповідно до представлених моделей.

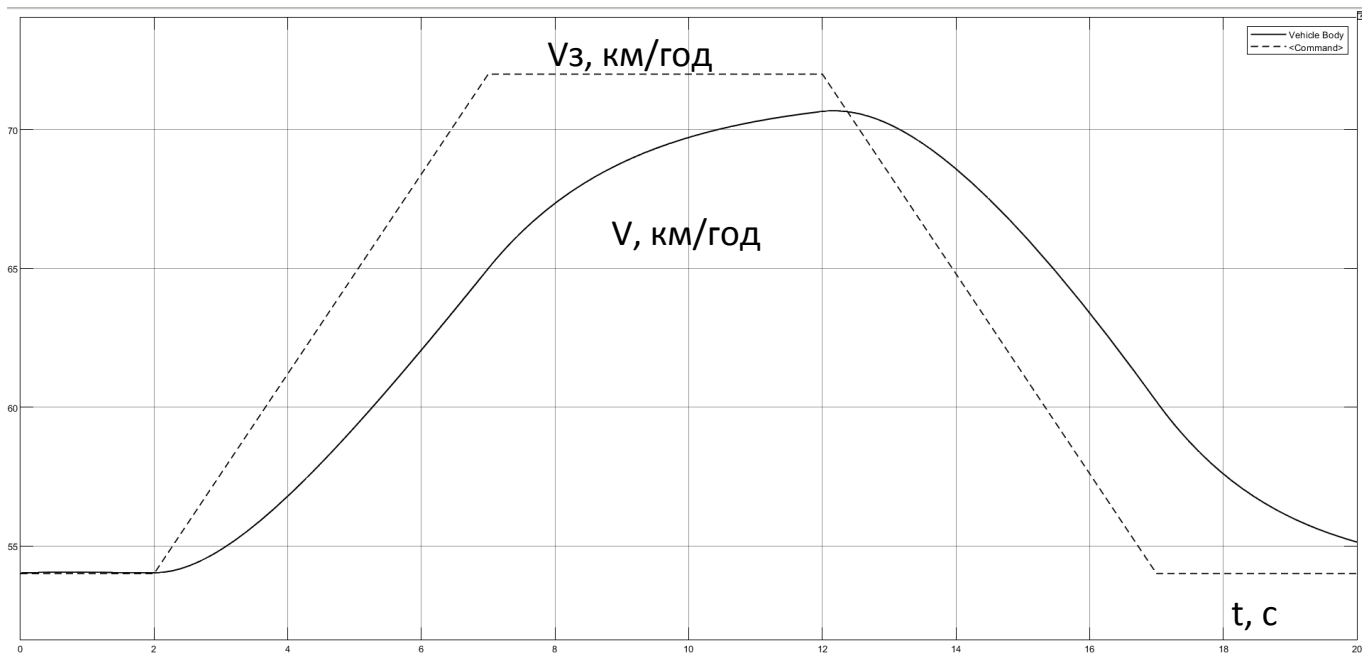


Рис. 2.23. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

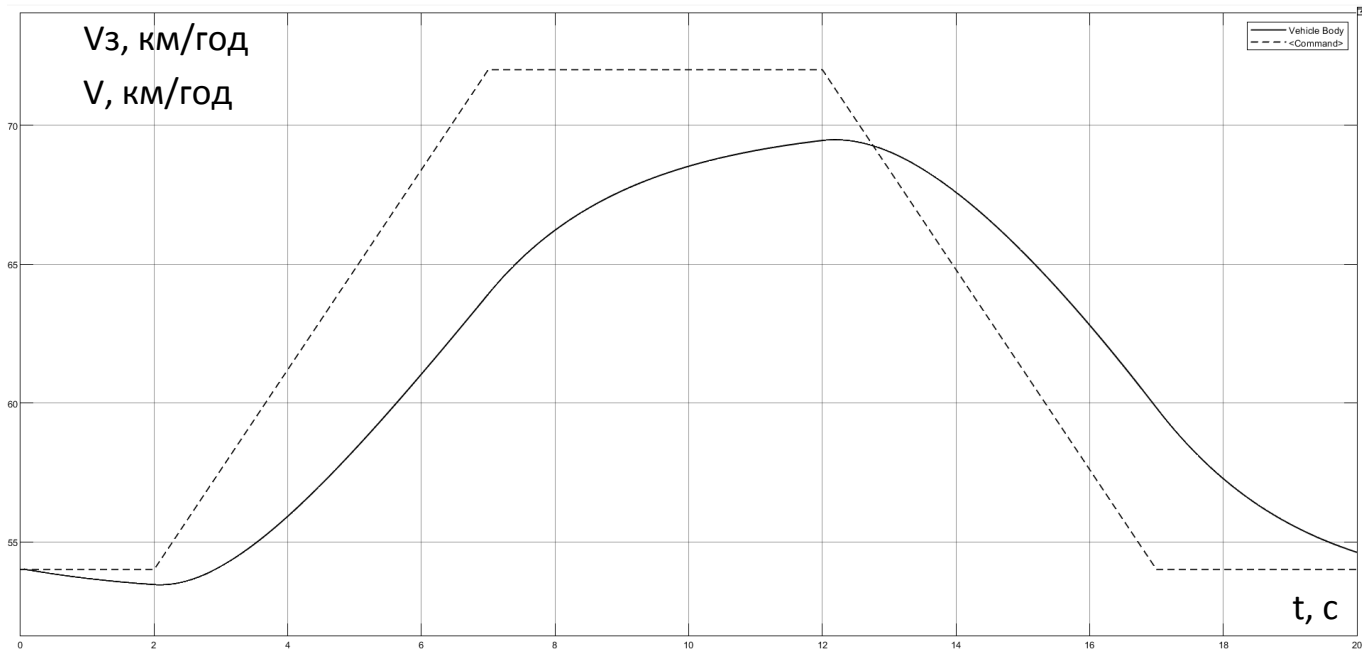


Рис. 2.24. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2. Дослідження режимів роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу послідовного гібриду

Опис моделі послідовного гібриду

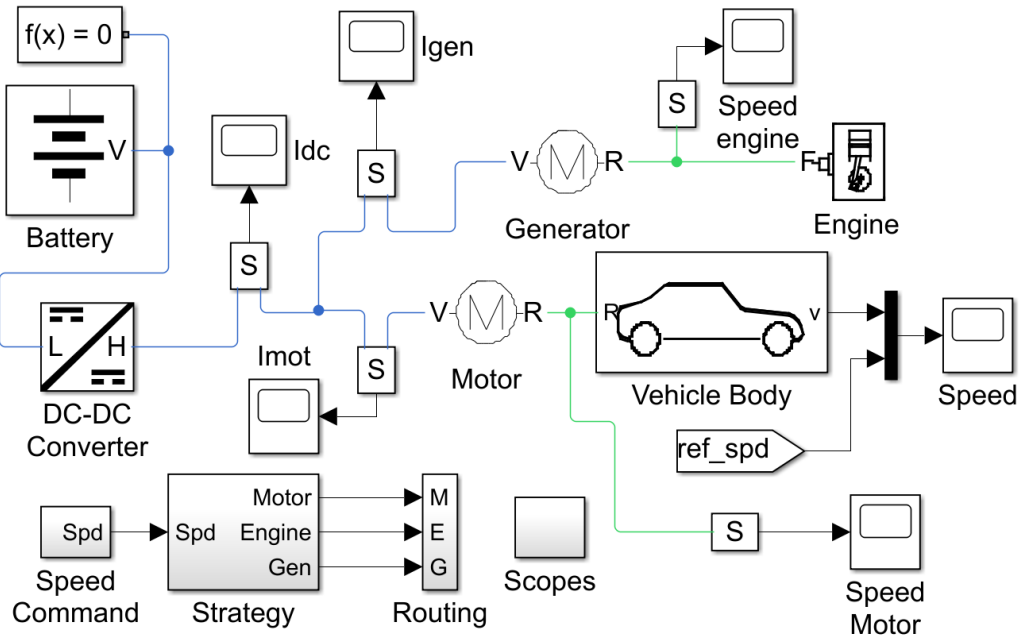


Рис. 2.25. Структура моделі гібридного тягового електромеханічного комплексу послідовного гібриду

Представимо графіки усіх режимів роботи електромеханічної системи отримані за допомогою розбудованої моделі послідовного гібридного транспортного засобу.

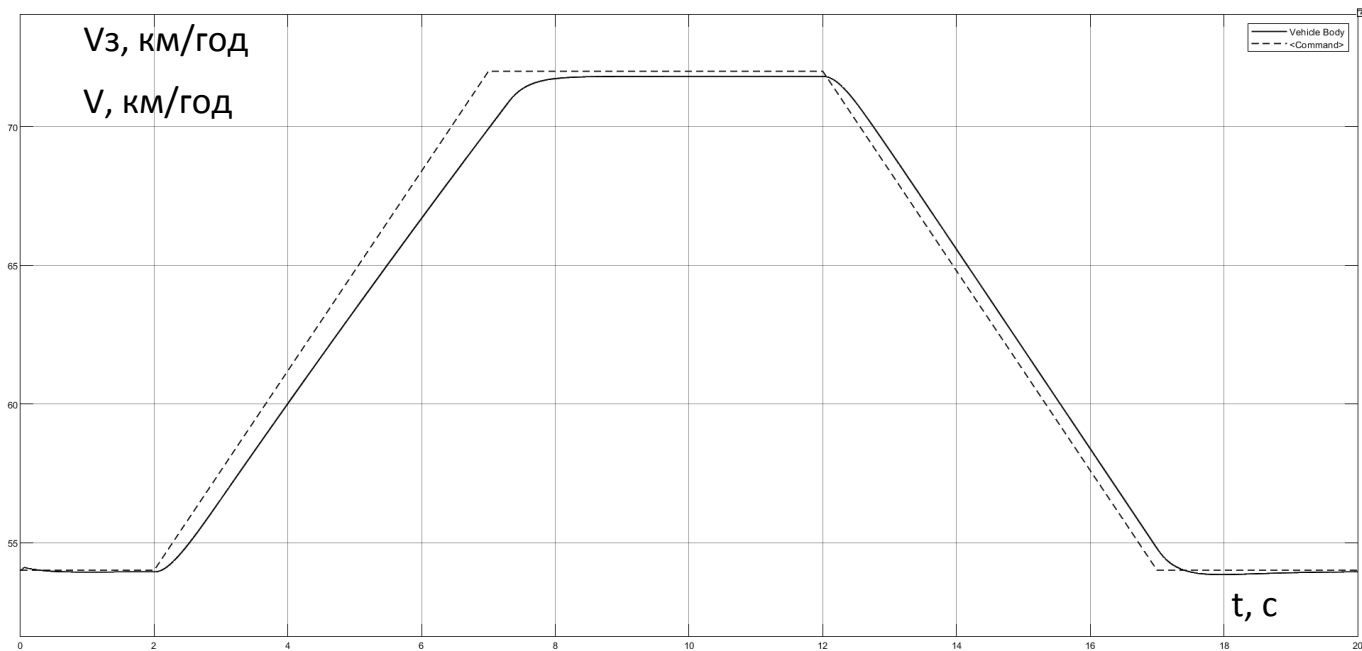


Рис. 2.26. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

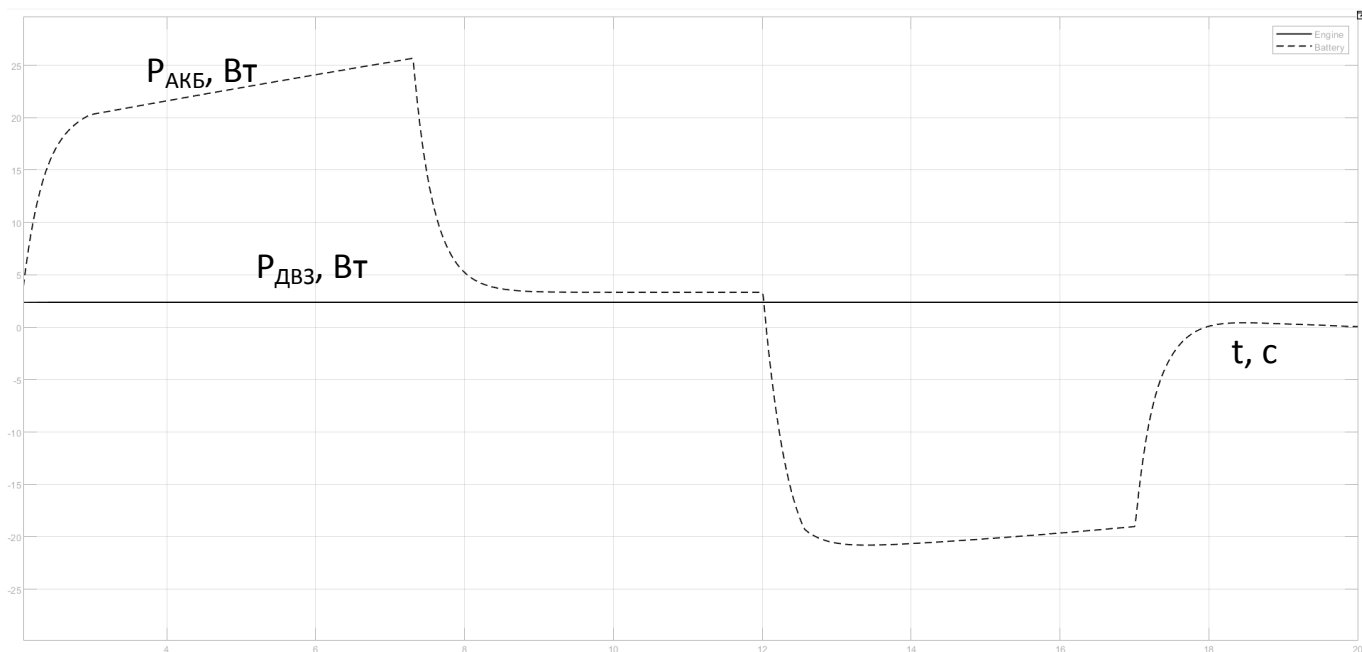


Рис. 2.27. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

39

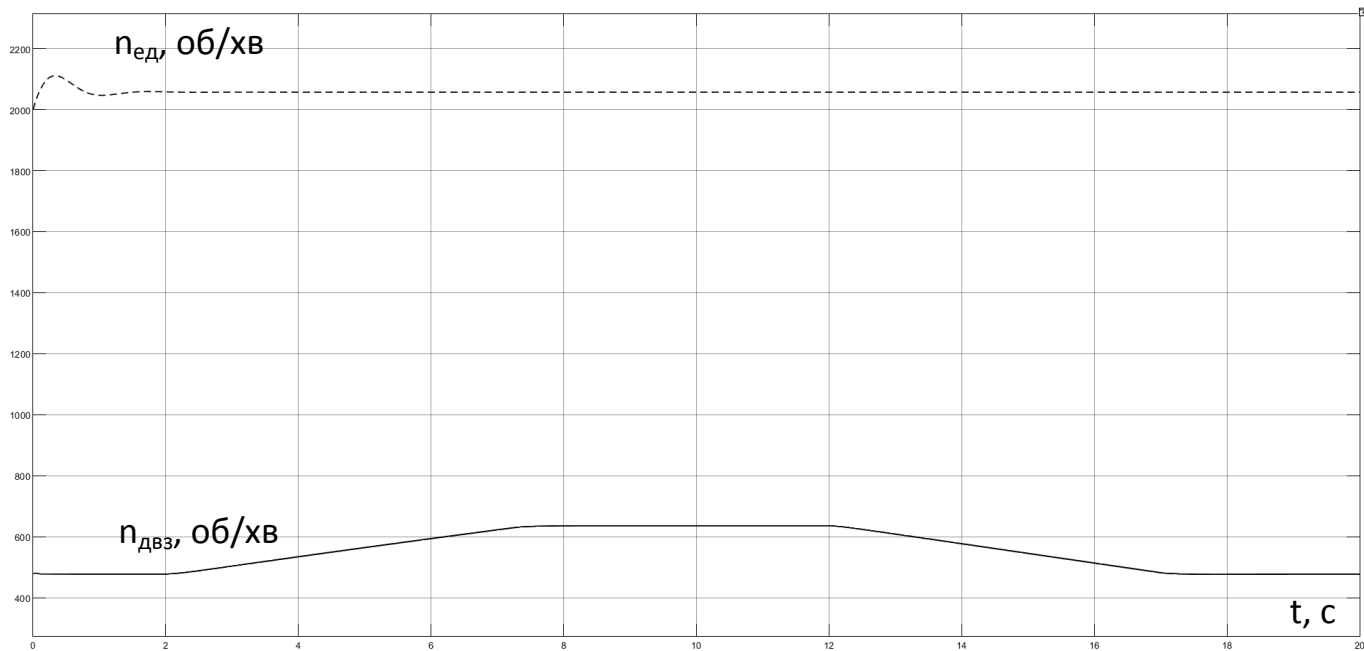


Рис. 2.8. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

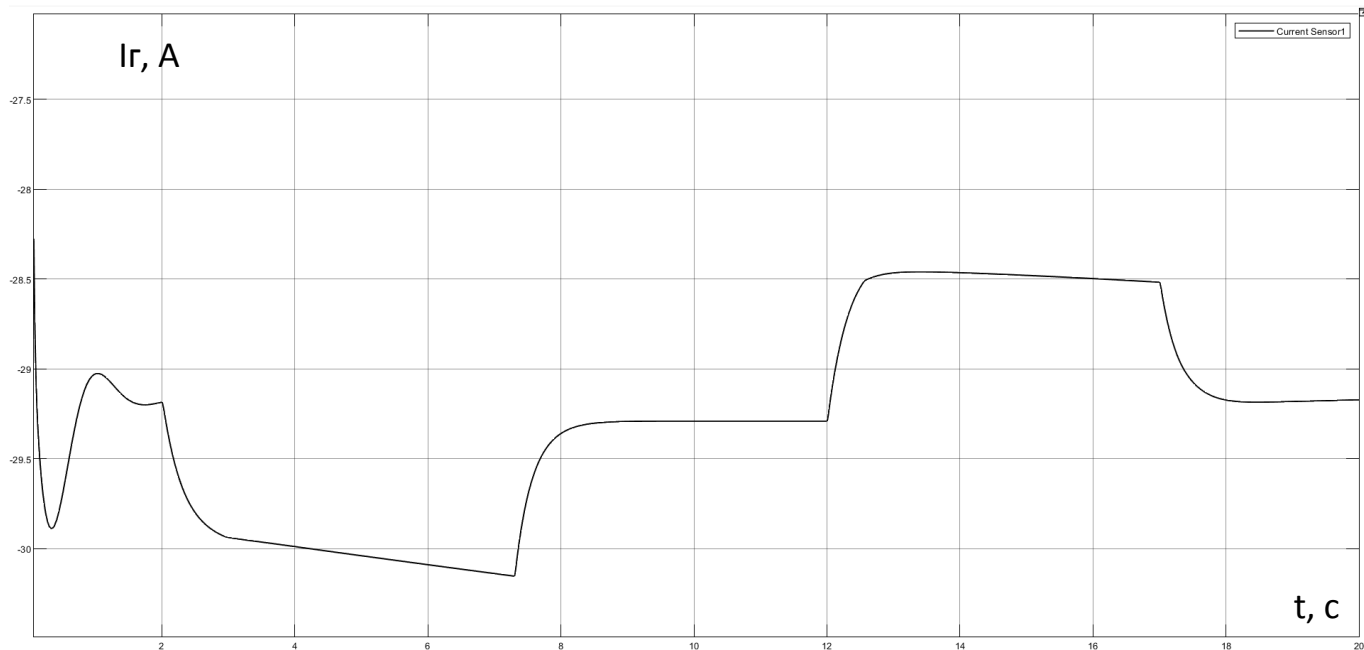


Рис. 2.29. Зміна струму гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

40

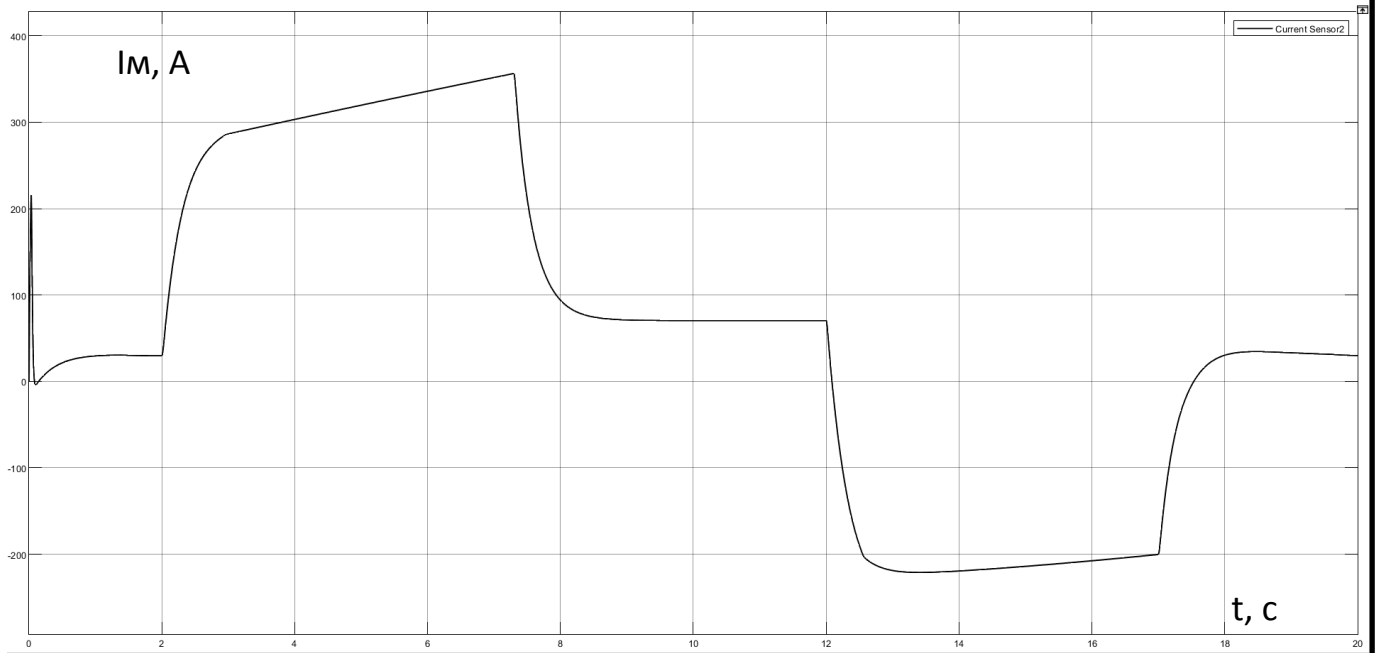


Рис.2.30 . Зміна струму гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

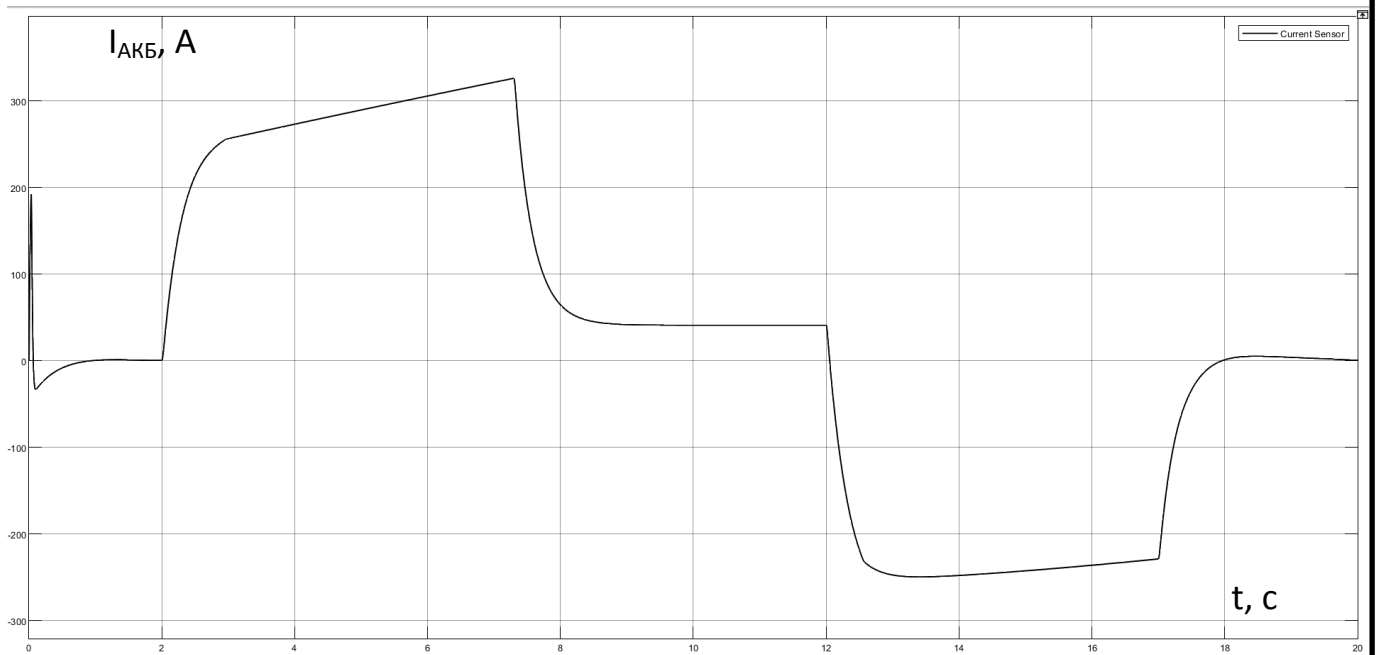


Рис. 2.31. Зміна струму гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

41

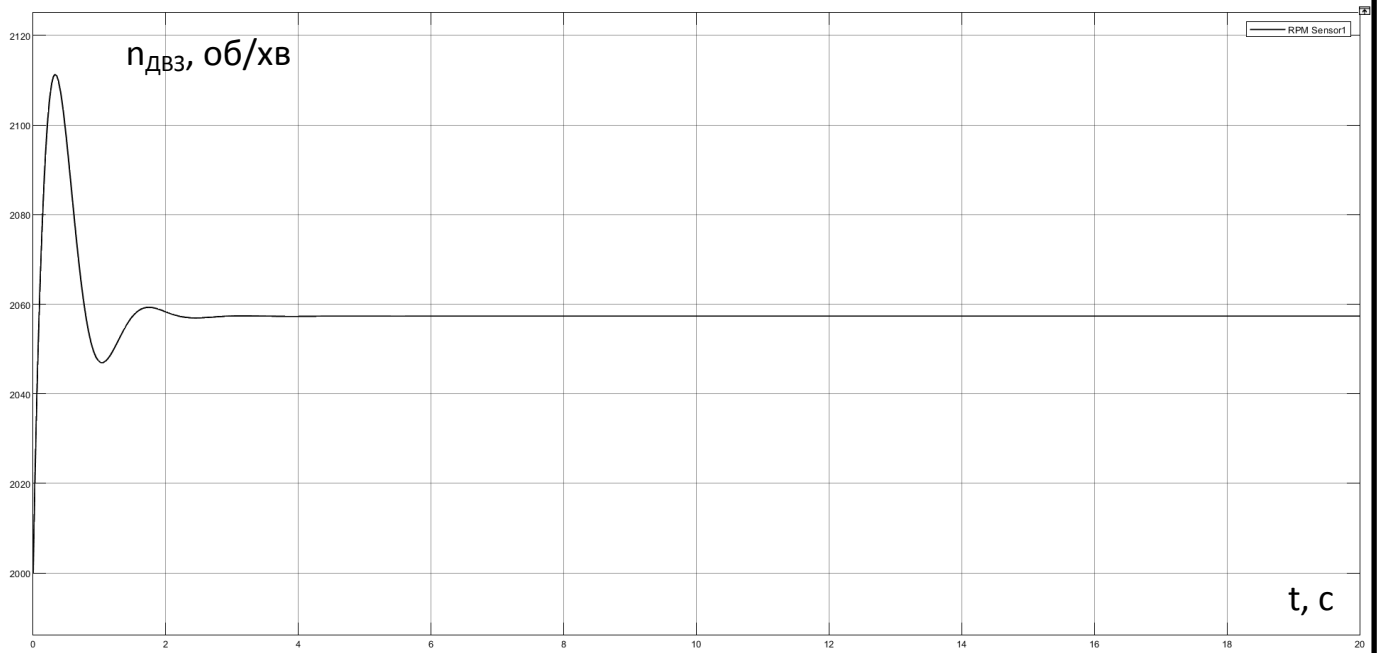


Рис. 2.32. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

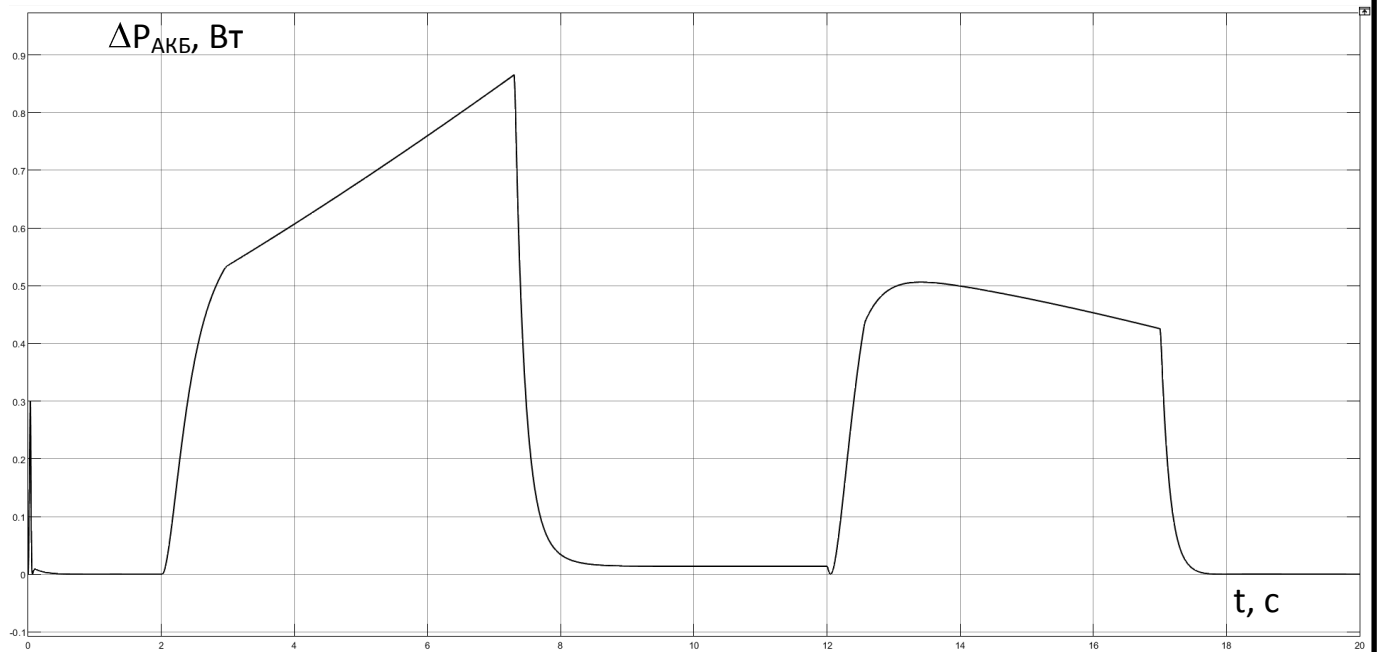


Рис. 2.33 Вирата енергії гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

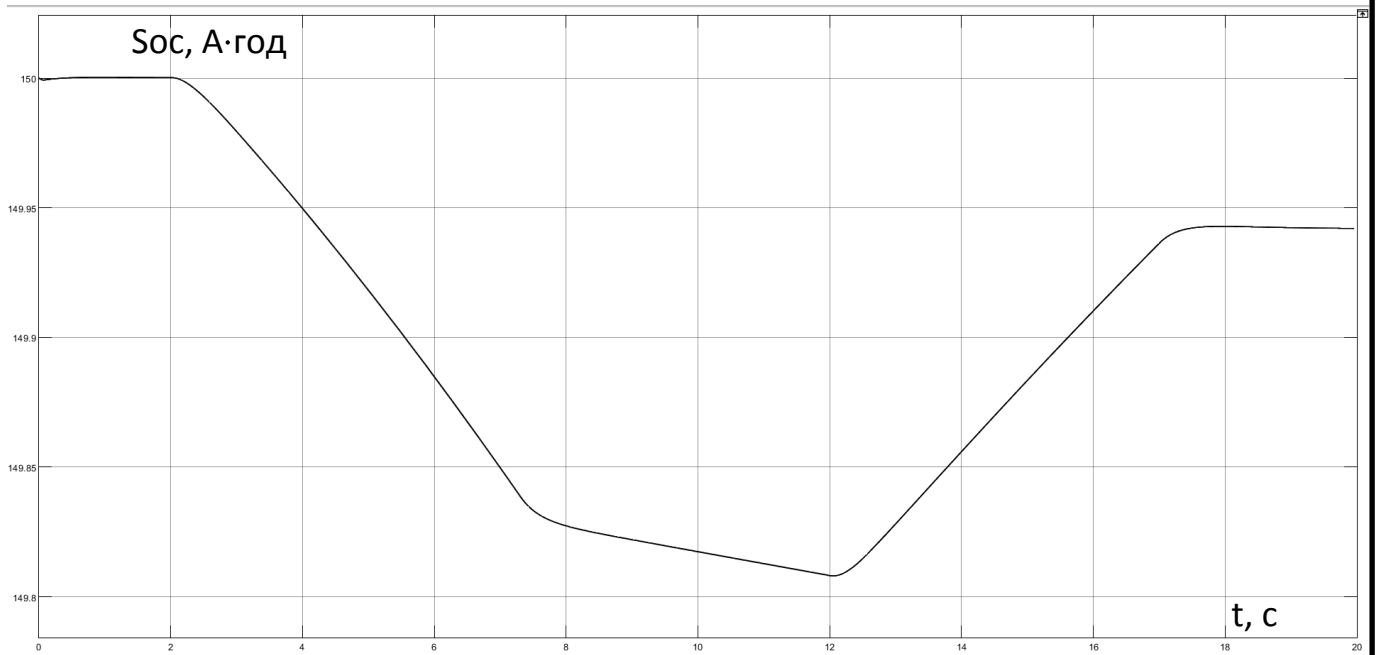


Рис. 2.34. Заряд батареї гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

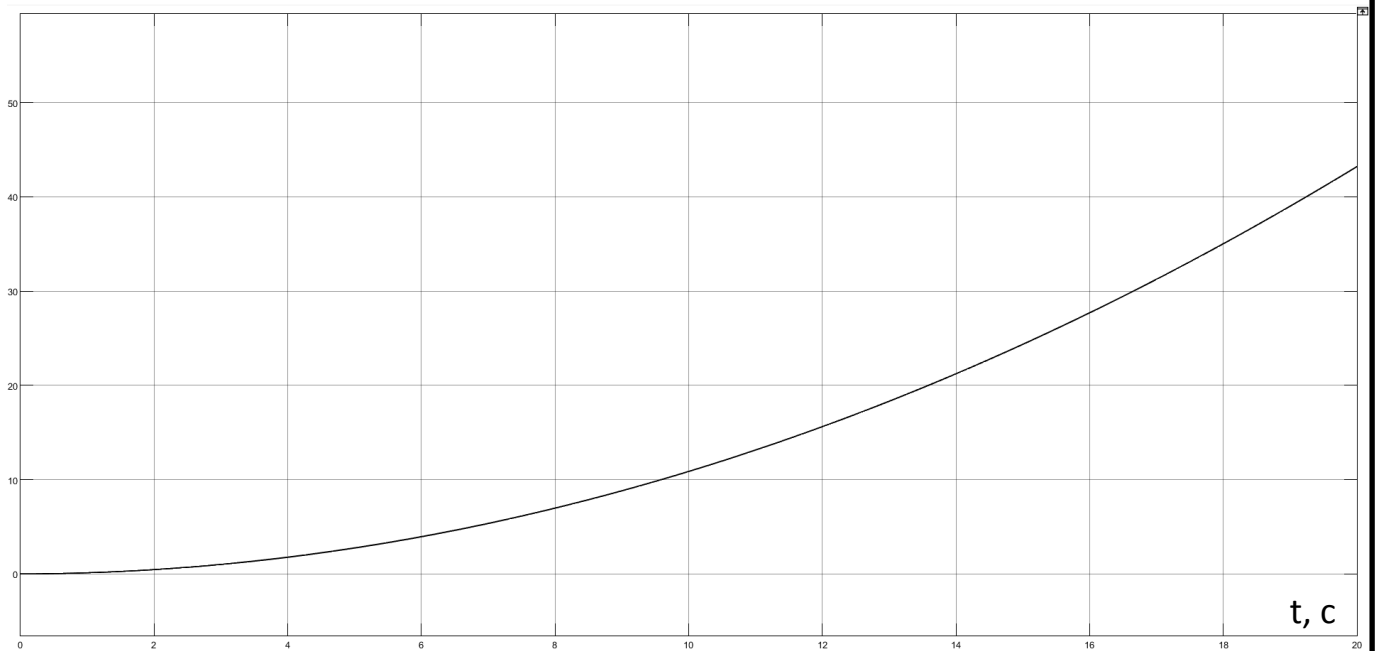


Рис. 2.35. Витрата пального гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

43

2.3. Дослідження роботи гібридного тягового електромеханічного комплексу повного гібриду

Опис моделі повного гібриду

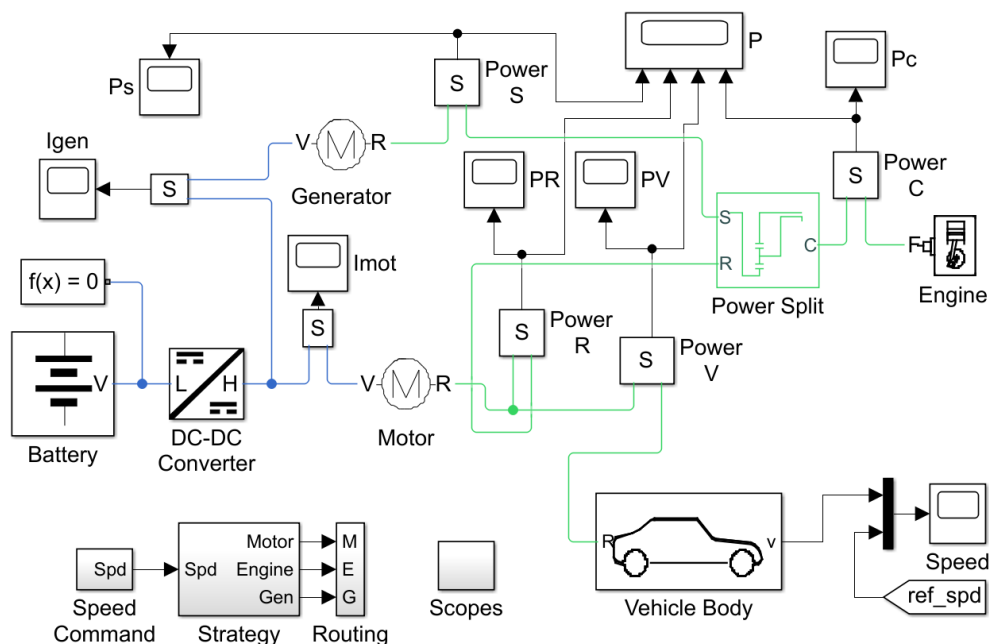


Рис. 2.36. Структура моделі гібридного тягового електромеханічного комплексу повного гібриду

Представимо графіки усіх режимів роботи електромеханічної системи отримані за допомогою розбудованої моделі повного гібридного транспортного засобу.

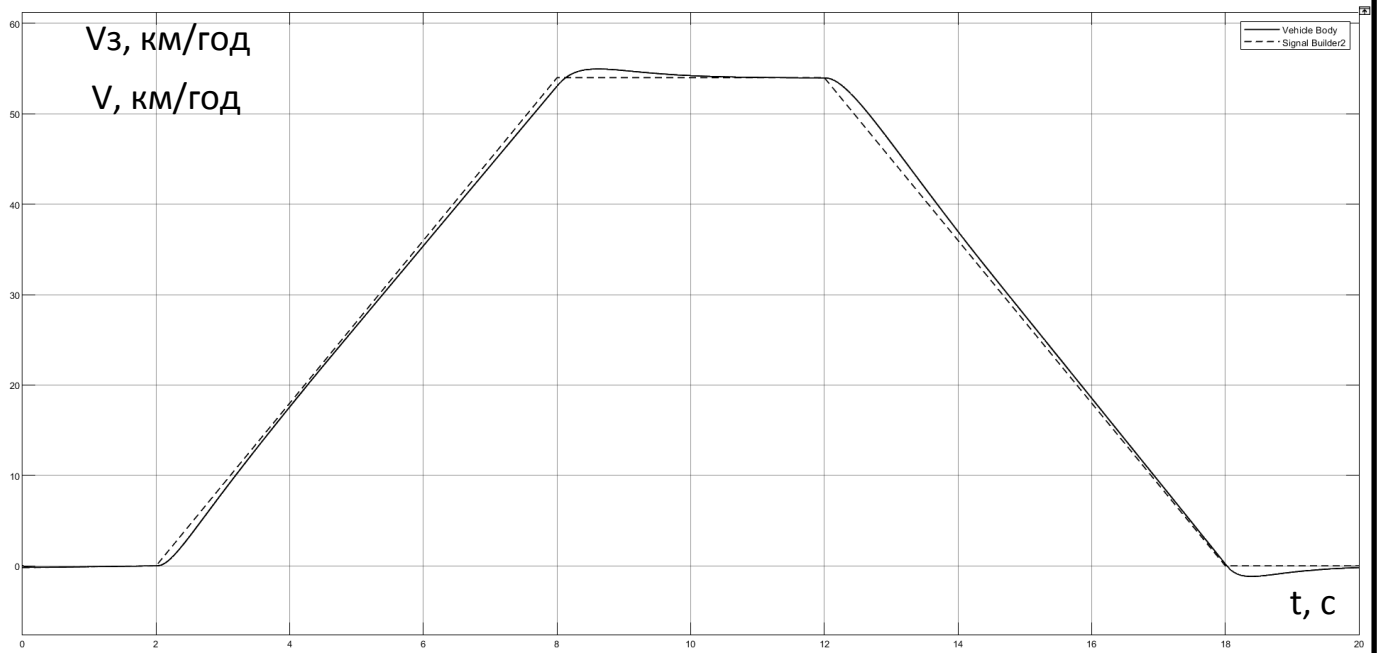


Рис. 2.37. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

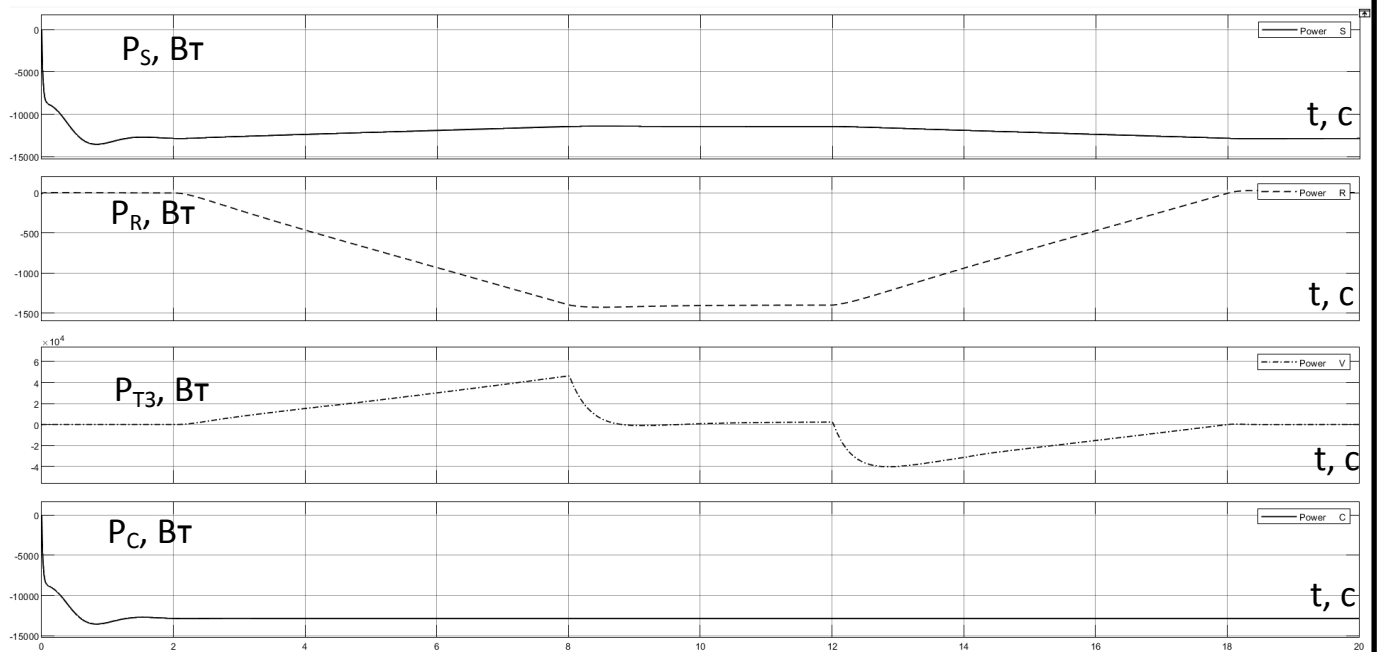


Рис. 2.38. Зміна потужності гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

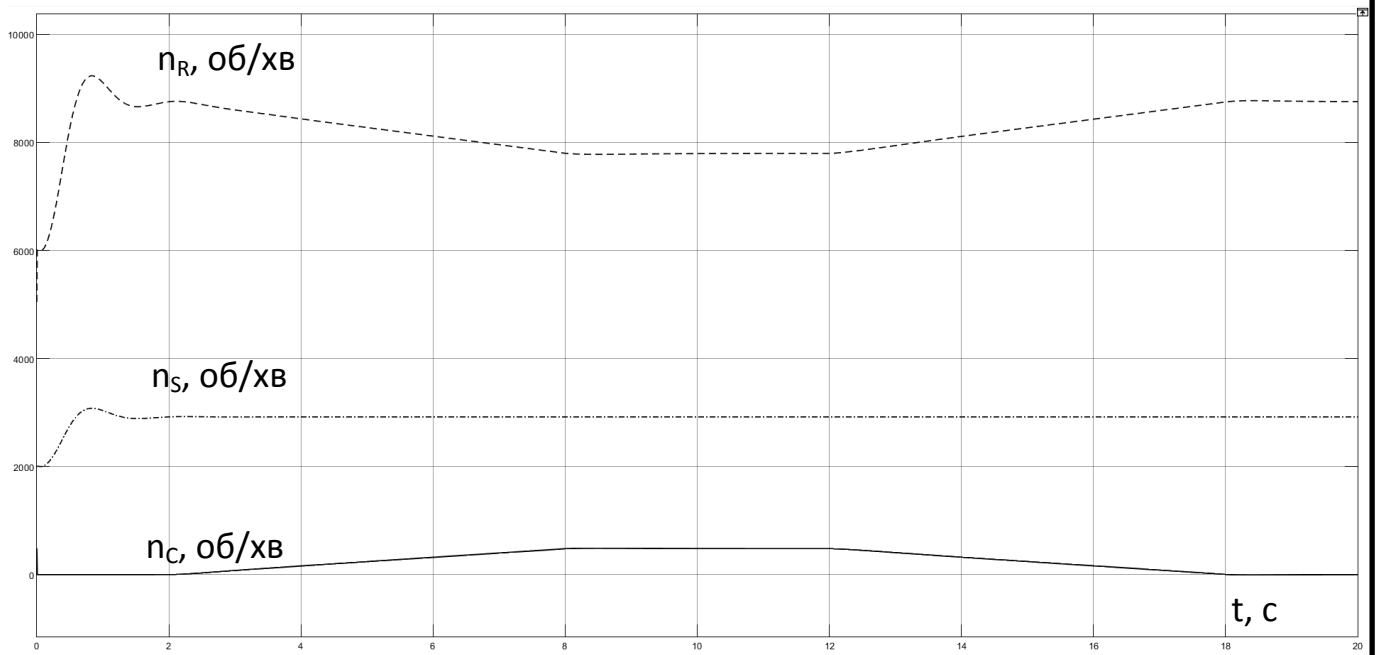


Рис. 2.39. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

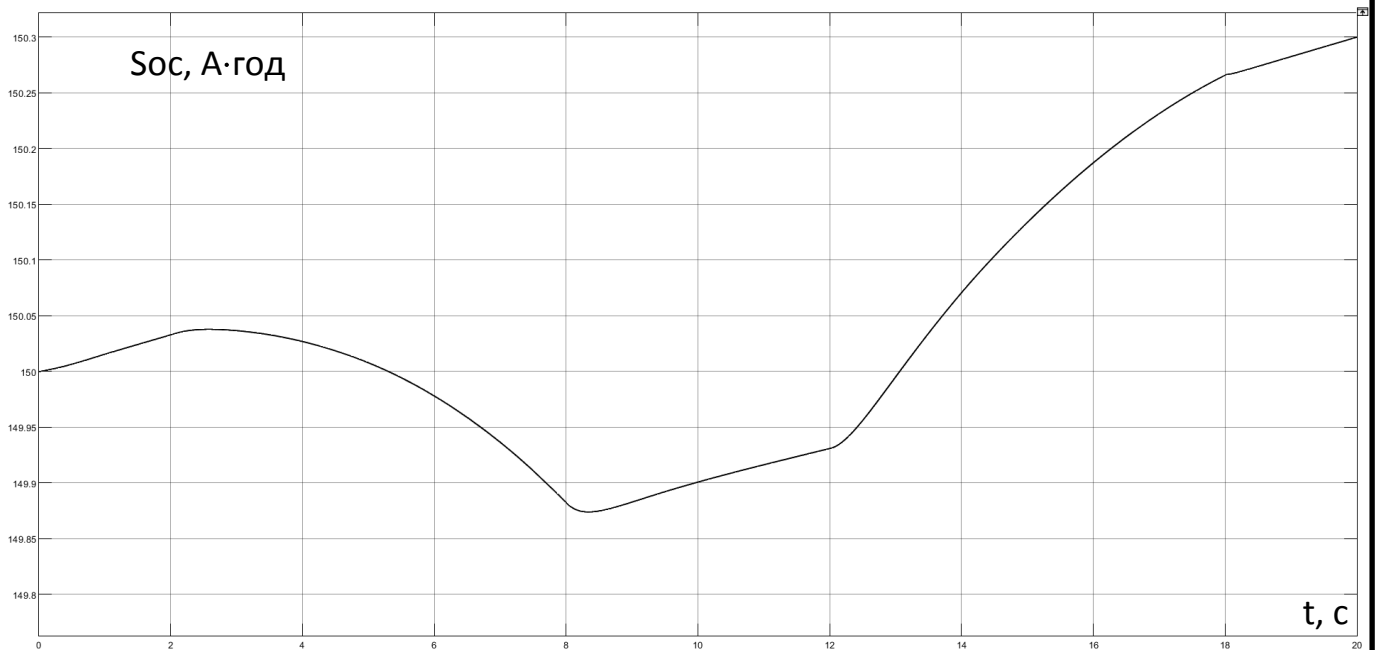


Рис.2.40 . Заряд акумуляторної батареї гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

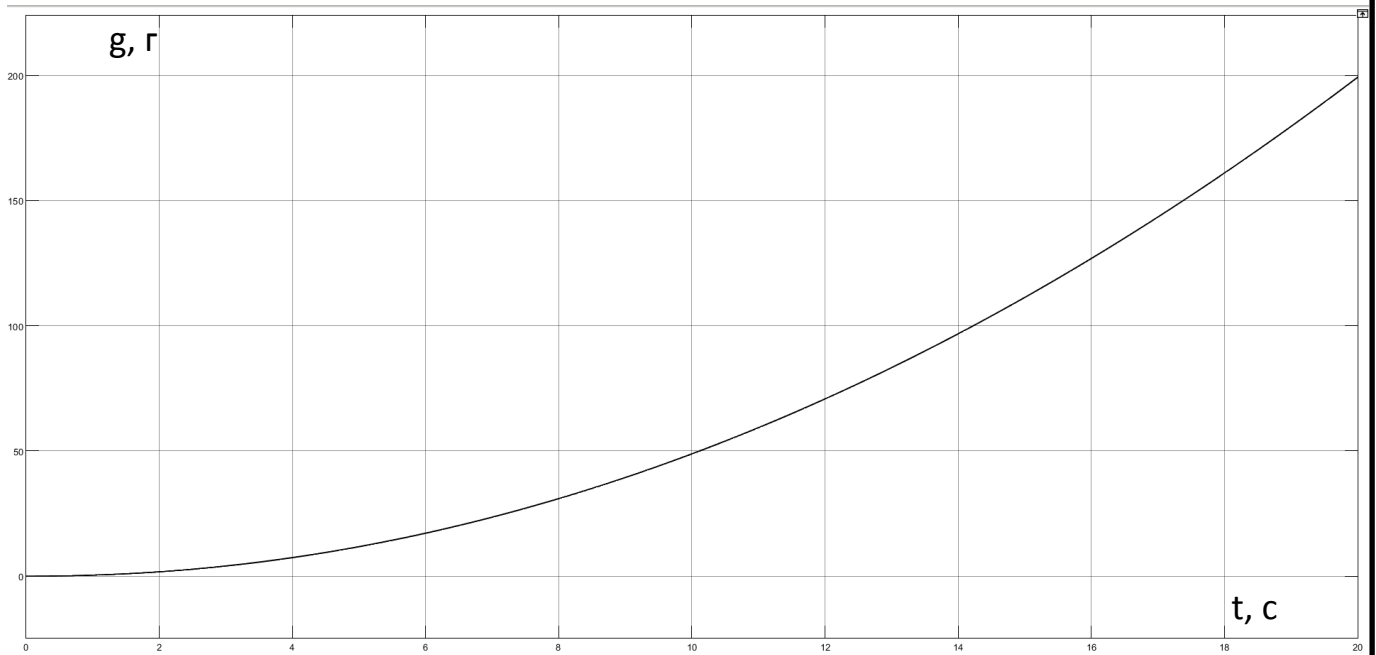


Рис.2.41. Втрата палива гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

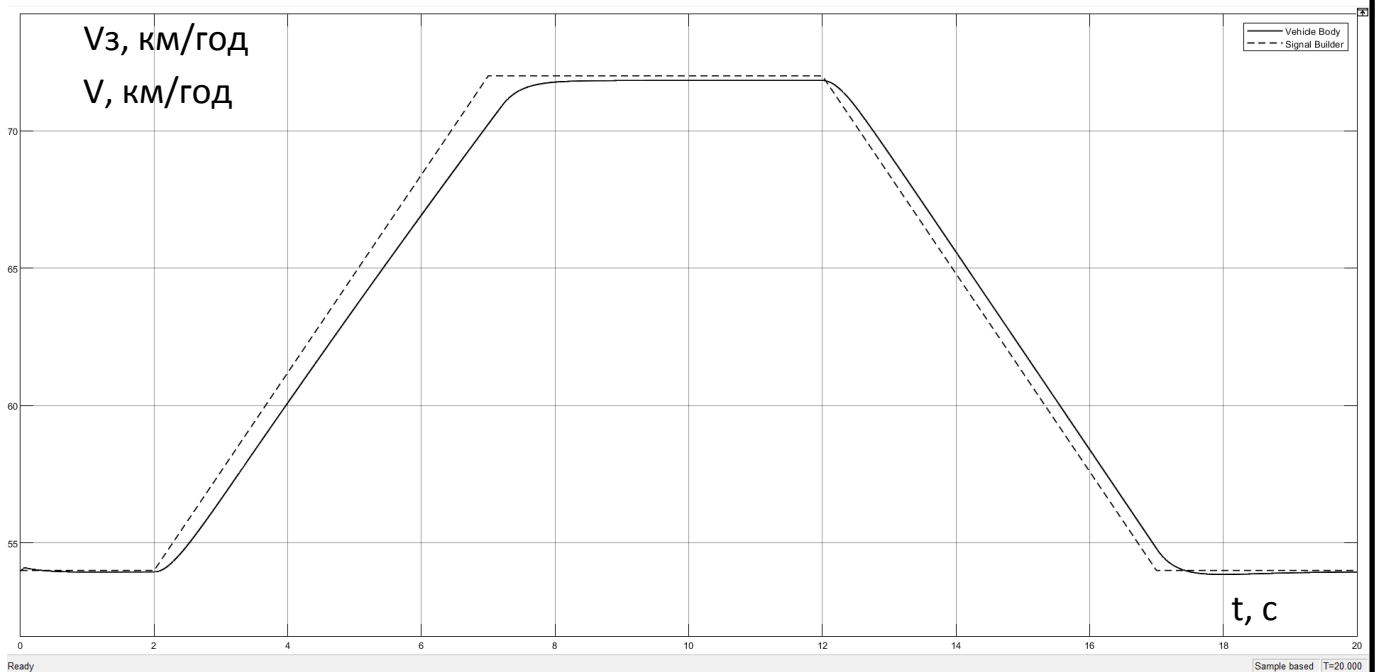


Рис. 2.42. Зміна швидкості гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

47

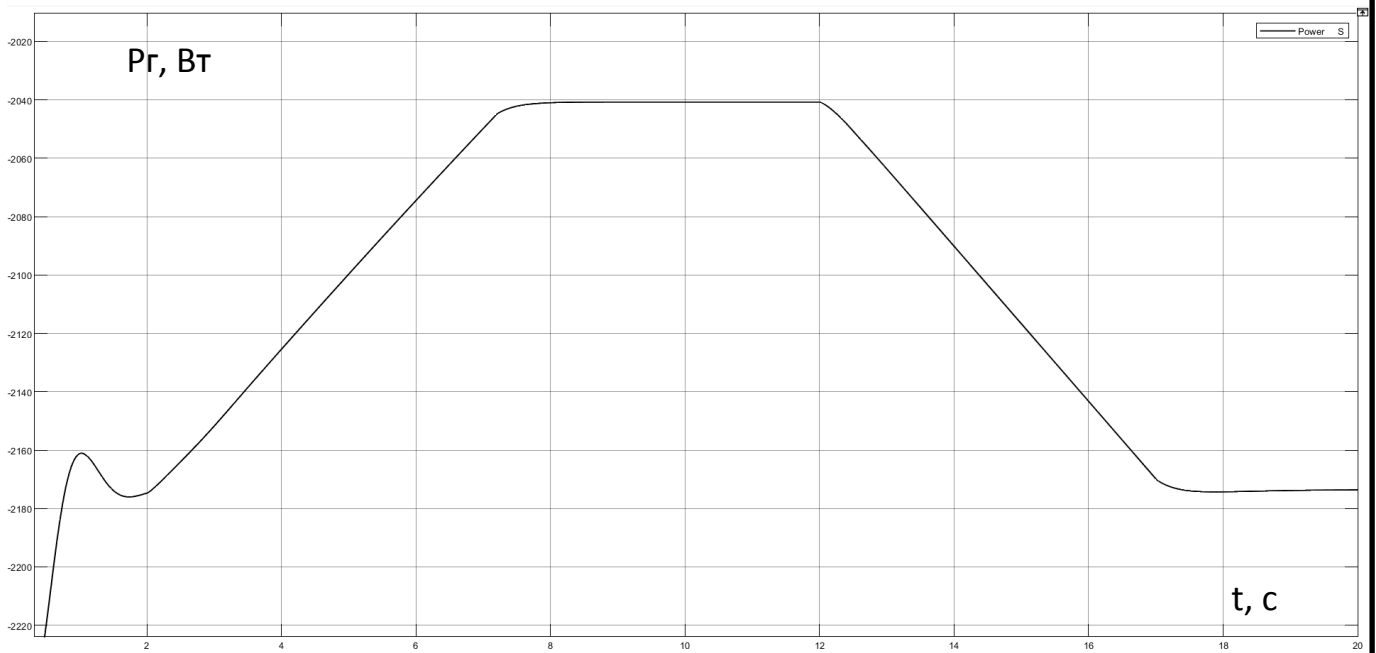


Рис 2.43. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля



Рис. 2.44. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

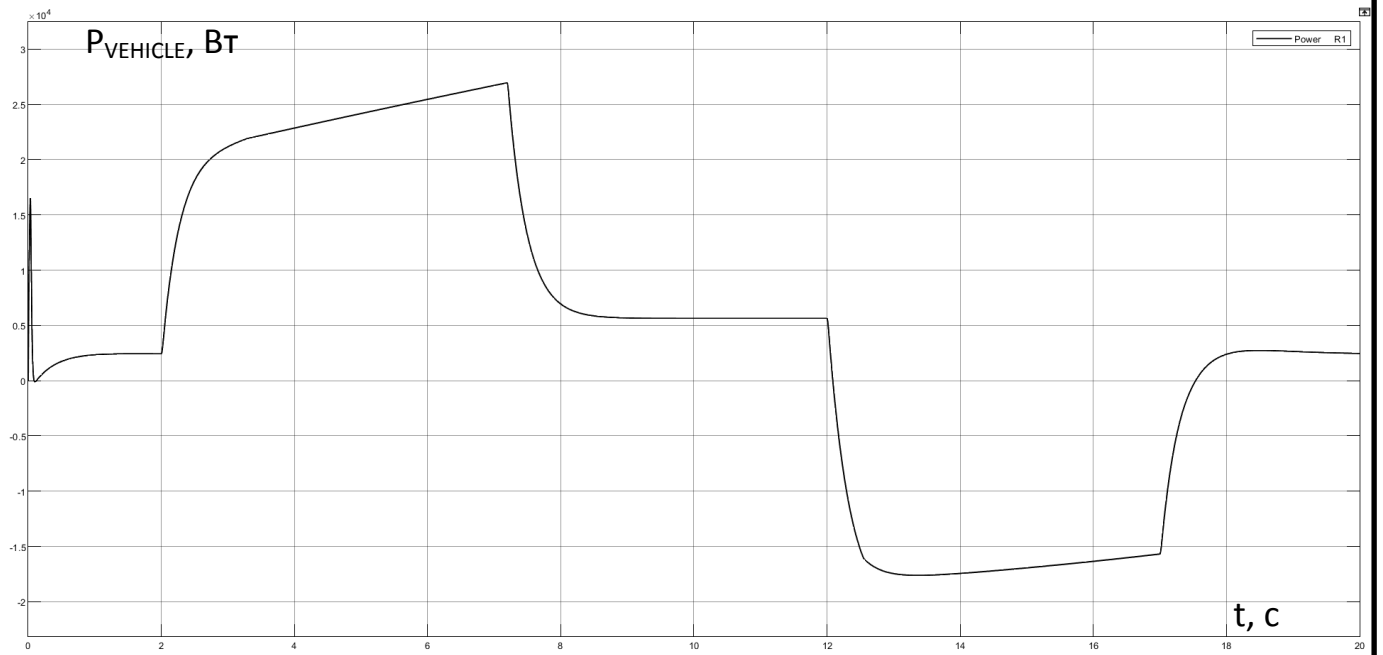


Рис.2.45. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

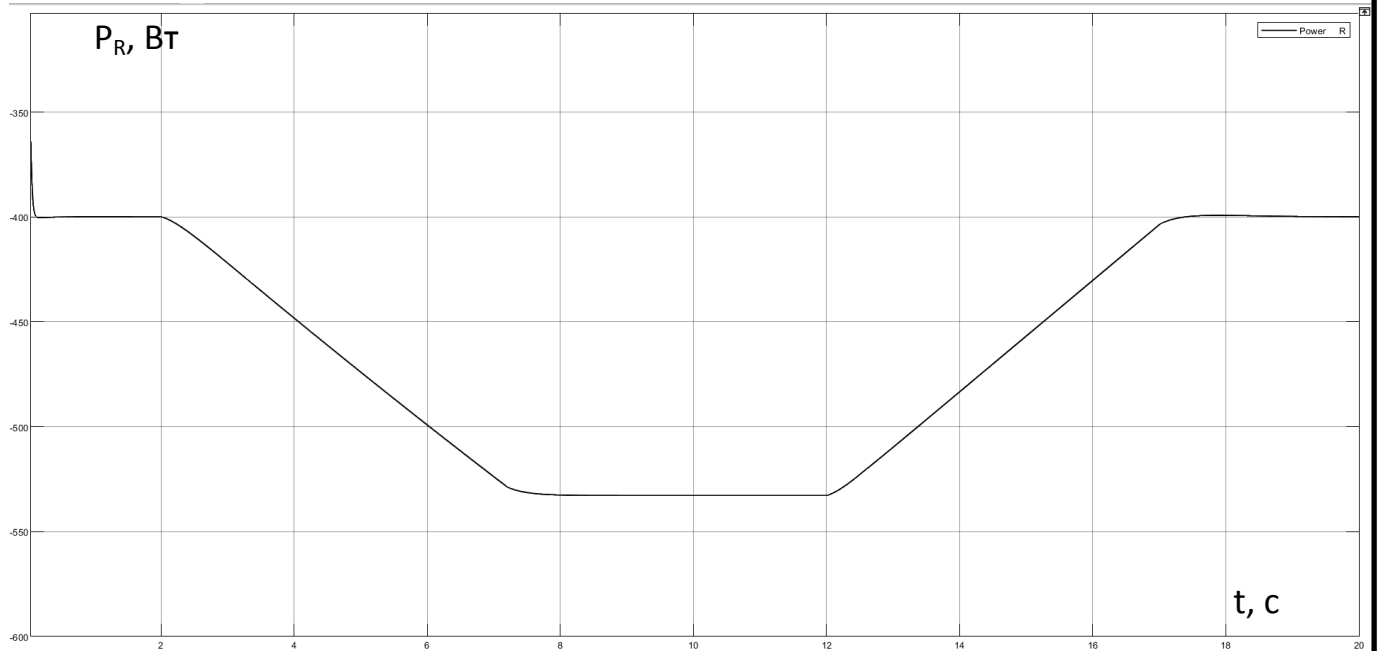


Рис. 2.46. Потужність гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12

Арк.

49

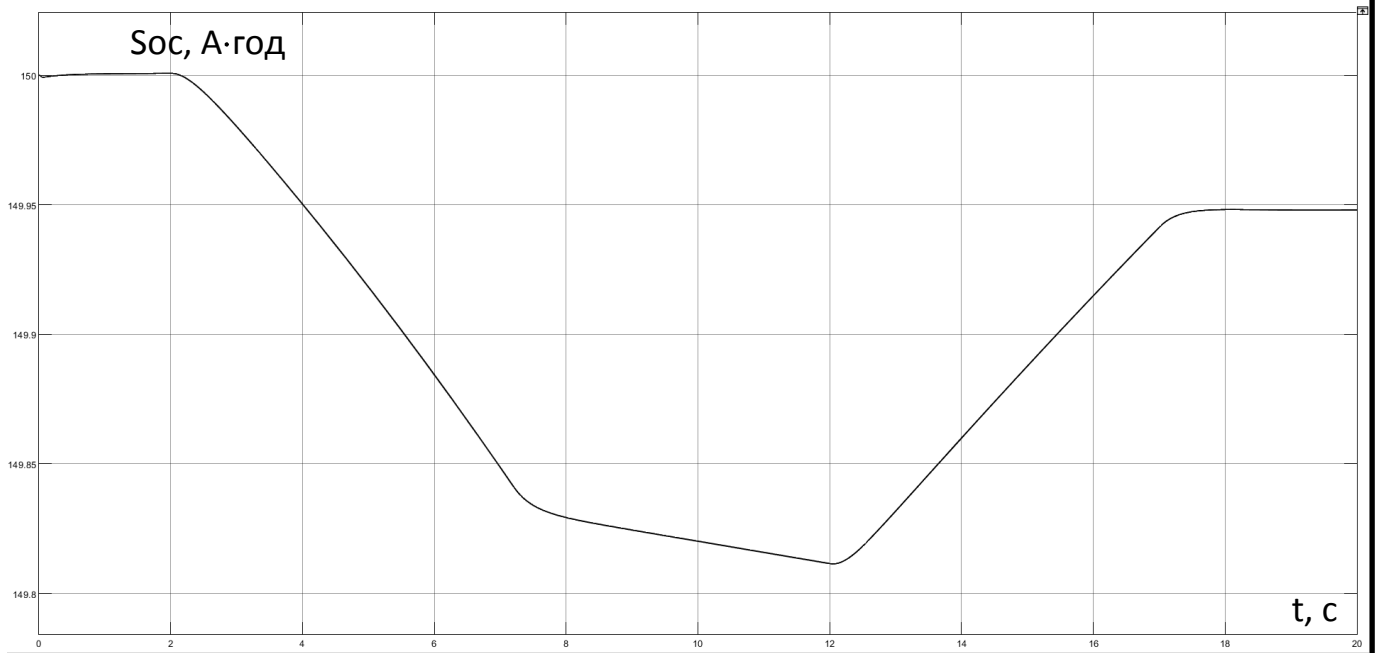


Рис. 2.47. Заряд акумуляторної батареї гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Розділ 3. Техніко-економічне обґрунтування розглянутих рішень для гібридного тягового електромеханічного комплексу електромобіля

Розглянемо економічну складову при реалізації тягової електромеханічної системи гібридного транспортного засобу.

Економічні показники можуть бути спрямовані у бік визначення вартості 1 кВт·год, що буде споживати тяговою акумуляторною батареєю відповідно:

$$C_w = C_{\text{таб}} / W_{\text{пол}}$$

Представимо відповідно до запропонованого виразу тягові розрахунки основних типів електроустаткування.

Таблиця 3.1.

Параметри	Одиниця	КЕУ	ПКЕУ 15	ПКЕУ 30
Тип силової установки		Паралельна КЕУ з 2 зчепленнями. АКПП	Послідовна КЕУ з зовнішньою зарядкою 16 км запас ходу	Послідовна КЕУ з зовнішньою зарядкою 32 км запас ходу
ТАБ, НЕ	кВт·год		2,8	5,4
Витрата палива	л/100км	3,2		1,4

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	Левченко Р.О.				Розділ 3	Літ.	Лист	Листів
Перевірів	Сінчук О.М.						51	3
Реценз.						КНУ ЕЕМ-20		
Н. Контр.	Сінчук О.М.							
Затвердив	Пересунько І.І.							

Таблиця 3.2. Ціна для варіанту силової установки.

Вид затрат (євро 2023 р.)	ДВЗ	КЕУ	ПКЕУ 15	ПКЕУ 30
Залишкова вартість	- 9503	-11916	-12252	-12704

Таблиця 3.3. Ефективність

2023 р.	ДВЗ	КЕУ	КЕУ с зарядкою	ЕМ із збільшеним запасом ходу	Невеличка ЕМ	Повнокомплектна ЕМ
Вартість експлуатації (євро/км)	0,11	0,09	0,05	0,04	0,02	0,03

Таблиця 3.4. Витрати

Показник	Легкової	Грузової	Фургон
Вартість ЕМ, цент/км	50,36	31,35	31,04
Вартість АТЗ, цент/км	49,8	41,36	47,5

Отже за техніко-економічними розрахунками впровадження тягових електромеханічних систем у структуру гібридного транспорту є обґрунтованим.

Висновки

У роботі розглянуто перехідні процеси у гібридному транспортному засобі з паралельною, послідовною та повною схемами виконання, а також баланс енергії в електромеханічній системі гібридного приводу.

У першому розділі проведено аналіз структури гібридного електроприводу та його складових для транспортних засобів та силових установок, визначені характеристики та принципи роботи основних структурних складових.

У другому розділі проведено аналіз моделі гібридного транспортного засобу з подальшим порівнянням їх показників у динамічних режимах для усіх варіантів реалізації схеми гібриду: паралельного, послідовного та повного.

У третьому розділі проведено оцінку економічної ефективності при впровадженні гібридного електроприводу на транспортному засобі, у порівнянні з електромобілем.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.303-12	Арк.
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дата		53