

ЗАЯВА

Я, Голома Олександр Олександрович
(ПІБ повністю)

Студент групи ЕП2021
(шифр групи)

Спеціальності 141 Електротехніка, електротехнічна та електромагнітна
(код та назва спеціальності)

освітньої програми Електромагнітні системи автоматизації та електропривод
(назва освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки магістр
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:
Розробка та дослідження моделі тягового двигуна
для високошвидкісного наземного транспорту
(комплексна випускна робота)

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

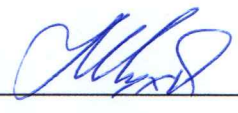
Я ознайомлений з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

«13» грудня 2021 р.


Підпис

Керівник роботи

Муха А.М.
ПІБ


Підпис

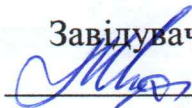
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Електротехніка та електромеханіка

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /Андрій МУХА/

« 20 » 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**

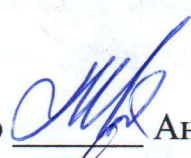
Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Освітньо-професійна програма **Електромеханічні системи автоматизації та електропривод**

Тема **Розробка та дослідження моделі тягового двигуна для високошвидкісного наземного транспорту**

Theme **Development and research of a traction engine model for high-speed land transport**

Керівник дипломної роботи

Зав. кафедрою  Андрій МУХА

Нормоконтролер

доц.  Оксана КАРЗОВА

Студент групи ЕП2021

 Олександр ГОЛОТА

Student

Holota Oleksandr

Дніпро – 2021

Український державний університет науки і технологій

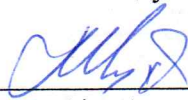
Факультет Управління енергетичними процесами

кафедра Електротехніка та електромеханіка

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри



(підпис)

Муха А. М.

(ПІБ)

«20» вересня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття ОКР магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студента групи ЕП2021 Голоти Олександра Олександровича
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема дипломної роботи Розробка та дослідження моделі тягового двигуна для високошвидкісного наземного транспорту (комплексна випускна робота)

затверджена наказом по університету № 799ст від «31» грудня 2020 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 1 грудня 2021р.

3. Вихідні дані до дипломної роботи Існуючі схеми та конструкції магнітолевітаційних систем Transrapid та SCmaglev, конструкція шляхової структури та компоненти системи maglev, існуючі системи електромагнітів природного та штучного охолодження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки 1. Огляд сучасного стану магнітолевітаційного транспорту. 2. Концепція керування інноваційним модульним шляховим елементом високошвидкісного магнітолевітаційного транспорту. 3. Розрахунок параметрів системи підвісу. 4. Дослідження режимів роботи системи підвісу за допомогою імітаційної моделі. 5. Розробка топології обмоток системи підвісу за допомогою 3D-моделювання. 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

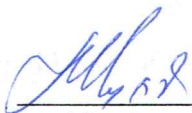
5. Перелік графічних робіт (з переліком обов'язкових креслень) 1. Загальна схема руху маглева. 2. Схематичне зображення з'єднання котушок. 3. Графічне зображення концепції перемикачів «нуль» та «вісімка». 4. Схеми вмикань «нуль» та «вісімка». 5. Функціональна блок-схема імітаційної моделі. 6. Отримані графіки імітаційної моделі. 7. 3D-моделювання режимів вмикання, шляхової структури, рухомого складу.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Саблін О. І.		

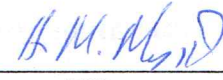
Дата видачі завдання: «20» вересня 2021 р.

Керівник дипломної роботи

Завдання прийняв до виконання


(підпис)

(підпис)


(ПІБ)

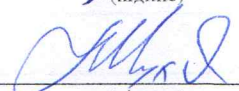
(ПІБ)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Огляд сучасного стану магнітолевітаційного транспорту	20.09.2021	15%
2	Концепція керування інноваційним модульним шляховим елементом	11.10.2021	15%
3	Розрахунок параметрів системи підвісу	18.10.2021	10%
4	Дослідження режимів роботи системи підвісу за допомогою імітаційної моделі	08.11.2021	15%
5	Розробка топології обмоток системи підвісу за допомогою 3D-моделювання	15.11.2021	25%
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.11.2021	10%
7	Висновки та додатки	23.11.2021	5%
8	Список використаної літератури	23.11.2021	5%

Студент-дипломник

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Розробка та дослідження моделі тягового двигуна для високошвидкісного наземного транспорту (комплексна випускна робота)» містить: 70 сторінок основного тексту, 6 розділів, 50 рисунків, 6 таблиць, 20 літературних джерел, додаток.

Мета роботи – аналіз сучасного стану систем підвісу магнітолевітаційного транспорту, дослідження котушок живлення шляхової структури та розробка інноваційної системи початкового руху магнітолевітаційного транспорту на основі системи SCmaglev.

В розділі 1 розглядаються загальні питання магнітолевітаційного транспорту, описані основні варіанти реалізації систем підвісу, надані недоліки та переваги цих систем, описана будова та принцип роботи маглевів.

В розділі 2 представлена концепція інноваційної системи керування шляховим елементом на базі системи живлення шляхової структури, розглянуті можливі варіанти реалізації цієї системи та надані функціональні схеми та топологія представленої структури.

Розділ 3 містить опис надпровідної системи маглева та розрахунок параметрів електродинамічної системи підвісу.

Розділ 4 представляє собою дослідження функціональної схеми та характеристик маглева за допомогою імітаційної моделі.

У розділі 5 виконано моделювання та візуальне представлення топології системи котушок живлення шляхового елемента на базі шляхової структури.

У розділі 6 надана інформація з питань безпеки охорони праці при роботі з високошвидкісним наземним транспортом та вимоги безпеки у разі виникнення аварійних (надзвичайних) ситуацій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНИЙ ТРАНСПОРТ, ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИЙ ПІДВІС, НАДПРОВІДНІСТЬ, ОБМОТКИ ЖИВЛЕННЯ, ШЛЯХОВА СТРУКТУРА.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ	8
1.1 Загальні відомості та перспективи розвитку маглевів	8
1.2 Принцип роботи маглевів	10
1.2.1 Огляд маглева, побудованого за японською системою SC-maglev	14
РОЗДІЛ 2 КОНЦЕПЦІЯ КЕРУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИМ МОДУЛЬНИМ ШЛЯХОВИМ ЕЛЕМЕНТОМ ВИСОКОШВИДКІСНОГО МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ	20
2.1 Передумови для розробки створення нової системи керування шляховим елементом	20
2.2 Технічні рішення створення системи керування шляховим елементом ..	23
2.3 Топологія системи керування на основі IGBT транзисторів	26
Розглянемо два умовних режими: «прямий» та «інверсний».	26
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПІДВІСУ	34
3.1 Загальні відомості та особливості електродинамічної системи підвісу ...	34
3.2 Розрахунок сил, необхідних для підйому екіпажа	36
3.3 Визначення площі надпровідного магніта	37
3.4 Розрахунок магнітних сил, що діють у надпровідному магніті	37
РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ПІДВІСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ	39
4.1 Побудова функціональної схеми імітаційної моделі маглева	39
4.2 Визначення та аналіз характеристик імітаційної моделі	41
РОЗДІЛ 5 РОЗРОБКА ТОПОЛОГІЇ ОБМОТОК СИСТЕМИ ПІДВІСУ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ	43
5.1 Топологія блоків керування	43

					Пояснювальна записка				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка та дослідження моделі тягового двигуна для високошвидкісного наземного транспорту (комплексна випускна робота)	Літ.	Маса	Масштаб	
Розроб.		Голота О.О.		20.12.21				1	1 : 1
Перевір.		Муха А.М.		20.12.21					
Т. Контр.						Арк.	5	Аркушів	70
Реценз.									
Н. Контр.		Карзова О.О.		20.12.21	0024.ДМР21.01.ПЗ	УДУНТ, гр. ЕП2021			
Затверд.		Муха А.М.		20.12.21					

5.4 Моделювання комбінованого вмикання модульних елементів у режимі «вісімка»	47
5.5 Моделювання комбінованих модульних елементів на базі шляхової структури	48
5.6 Моделювання рухомого складу та комбінованих модульних елементів на базі шляхової структури	49
РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	56
6.1 Вимоги безпеки під час знаходження поблизу ділянок магнітолевітаційного транспорту.....	56
6.2 Дії працівників (персоналу) в аварійних (надзвичайних) ситуаціях	61
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68
ДОДАТОК А	71

ВСТУП

В сучасних транспортних мережах є значний ряд постійних проблем, які збільшуються разом з розвитком усіх видів транспорту. Одними з загальних питань є перевезення пасажирів та перевезення вантажів. За показниками 2019 року перевезення пасажирів здійснювалося здебільшого залізничним транспортом, автотранспортом або авіатранспортом [1]. Кожен вид перевезень має свої нелюліки та обмеження. Для авіатранспорту є характерний недолік у вигляді об'єму перевезеного вантажу та пасажирів, натомість цей вид транспорту має перевагу завдяки часу витраченому на перевезення. Залізничний транспорт може виконувати перевезення з значно більшими вантажами та кількістю пасажирів, однак час перевезень є найбільшим. Автомобільний транспорт має найменші показники по об'єму перевезень, якщо розглядати конкретну одиницю транспорту, проте автомобільний транспорт має перевагу у часі, порівняно з залізничним. Отже, при сучасному стані транспортних мереж найбільш перспективним видом транспорту з зазначених показників, є залізничний транспорт. Однак у такому разі потрібно досліджувати питання пов'язані зі зменшенням часу перевезень у залізничному транспорті. Одним з перспективних напрямків є розвиток та вдосконалення магнітолевітаційного транспорту.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

1.1 Загальні відомості та перспективи розвитку маглевів

Магнітолевітаційний транспорт (маглев) серед сучасних транспортних засобів являє собою окремий вид транспорту. Це обумовлюється тим, що вид тяги, яка застосовується у цього виду транспорту є принципово інноваційним, порівняно з тими, що використовувалися раніше. Передумови розвитку та розроблення цього виду транспорту виникли з активним розвитком технологій, приблизно 60 років тому назад, коли почалося збільшення об'ємів перевезень та відбувся технологічний стрибок. Перші ідеї створення транспорту, який за свій принцип мав би рух за допомогою магнітної левітації, відомі ще з початку 20-го століття. Поступово ці ідеї розвивались та набували все більшої актуальності. Якщо відокремити головну передумову, чому маглеви мають такий попит та потенціал для розвитку, то передусім можна виділити той аспект, що завдяки магнітній левітації можна уникнути тих недоліків, які є у звичайного залізничного транспорту та уникнути наявного обмеження по швидкості рухомого складу, зменшити час перевезень. На даному етапі розвитку маглевів поки що розглядаються лише перспективи пасажирських перевезень. Такий напрямок має за мету створити конкуренцію авіатранспорту на малих і середніх відстанях. Очевидно, що авіатранспорт має свої переваги на великих відстанях і такий напрям у розвитку маглевів на даний час не спостерігається. Але якщо відокремити ці категорії відстаней, то буде видно, що маглеви мають переваги, якщо будувати їх у межах міста та взагалі використовувати для пасажирських перевезень на малі та середні відстані у межах областей або міжміських сполучень.

Розглядаючи показники перевезень авіатранспортом та залізничним транспортом в Україні, можна визначити необхідність розвитку

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

магнітолевітаційного транспорту. Візьмемо місто Дніпро та місто Київ. Відстань між цими містами складає 480 км. З інформації про рейси авіаперельотів можна дізнатися, що рейс PS9006 Дніпро-Київ, триває 1 год. 20 хв. Щодо залізничного транспорту, то можна дізнатися, що найшвидші поїзди, які курсують цим напрямком, є поїзди типу «Інтерсіті», час рейсу яких складає 5 год. 51 хв. З цих показників одразу видно перевагу авіатранспорту, але слід враховувати, що умови порівнянь не є рівнозначними. Середня швидкість авіатранспорту складає приблизно 500 км/год, а середня швидкість поїздів «Інтерсіті» складає прилизно 80 км/год. Отже, таке порівняння не є коректним. В такому випадку для створення рівних умов можна умовно порівняти маглев та літак. За вихідні дані для маглева візьмемо існуючу лінію, яка введена в експлуатацію у місті Шанхай. Середня швидкість на цій ділянці складає 250 км/год. В такому разі, якщо перенести ці показники на умовний маршрут між Дніпром та Києвом, то можна сказати, що в такому разі швидкість руху буде значно вищою, ніж у Інтерсіті, але все одно в половину менше, ніж у літаків. Отже, приблизний час руху маглева буде складати 2 год. 30 хв, такі результати створюють умови для конкуренції з авіатранспортом. Адже при перевазі у швидкості у авіатранспорту є ряд вагомих недоліків. Наприклад, складність інфраструктури, всі термінали потрібно будувати за межами міст, це створює додаткові труднощі для цього виду транспорту. Також у такому аналізі має місце те, що аеропорти є транспортними площадками для загального користування різними країнами і це створює можливості для складної логістики та завантаженості трафіку і через будь-які непередбачувані обставини, графік руху може змінюватись на невизначений час. Натомість шляхова структура маглева розробляється лише для магнітолевітаційного транспорту конкретного типу і в такому разі вона є незалежною від інших факторів та не придатна до можливості поєднання з іншими видами наземного транспорту. Таким чином магнітолевітаційний транспорт можна остаточно віднести до окремого виду

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

транспорту. Таке твердження пояснюється тим, що маглеви не сумісні з залізничною інфраструктурою, яка вже побудована до нашого часу.

1.2 Принцип роботи маглевів

Концепція магнітолевітаційного транспорту побудована на явищі магнітної левітації. У своїй основі вона ставить за мету рух транспортних засобів завдяки взаємодії магнітних сил, не використовуючи при цьому колеса та двигуни внутрішнього згорання або тяговий електродвигун. Магнітолевітаційний транспорт завдяки магнітам підіймається на невелику висоту та рухається використовуючи взаємодію магнітів, які встановлені на маглеві та магнітів, які встановлені вздовж пільової структури. Використання магнітів у якості рушійної сили має переваги перед колісними системами залізничного транспорту. У маглевів відсутнє тертя «колесо-рейка» та низький рівень шуму. Це означає, що маглеви можуть розвивати більшу швидкість, ніж інші види залізничного транспорту та у такому разі буде відсутня зношуваність рухомих деталей. Потужність, яка необхідна для забезпечення левітації не є великою, порівняно з іншими витратами енергії. Більша частина енергії у маглевів витрачається для подолання опору повітря [2].

Магнітолевітаційний транспорт являє собою вид транспорту, який використовує для руху рухомого складу концепцію, яка раніше була можлива лише в теорії, а у сучасному світі вже активно розвиваються та вдосконалюються системи поїздів з видом магнітної тяги. У цьому полягає принципова новизна цього виду транспорту. Принципова новизна характеризується тим, що у видів транспорту, які існували раніше, енергія передавалась контактим способом. У маглевів енергія передається безконтактним способом, який полягає у тому, що взаємодія рухомого складу та пільової структури здійснюється завдяки магнітному полю. Маглеви задовольняють необхідні вимоги транспортних систем сучасного світу: надійність, швидкість, екологічність. Однак є суттєвий недолік у вигляді того,

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

що для магнітолевітаційного транспорту потрібно будувати нову інфраструктуру, так як інфраструктура, яка використовується у сучасному рейковому залізничному транспорті не є придатною для переобладнання.

Принципи побудови маглевів базуються на виборі типу підвіски. Сучасні маглеви використовують два різних типа підвіски.

Перша – це електромагнітна підвіска (EMS), яка створена у Німеччині і має назву «Transrapid». Ця система є безконтактною, рухомий склад завжди знаходиться у стані левітації, повітряний зазор складає 7-10 мм. Двигуном у цій системі є лінійний двигун з довгим статором.



Рис. 1. Зовнішній вигляд маглева Transrapid SMT [3]

Цей спосіб підвісу є Т-подібним, бічні поверхні рухомого складу умовно «охоплюють» шляхову структуру, яка представляє собою напрямну рейку, та завдяки магнітам з'являється притягування потяга до нижньої частини Т-подібної шляхової структури з обох сторін, завдяки цьому з'являється рівномірне балансування рухомого складу. На рухомому складі встановлений електромагніт, який безпосередньо взаємодіє з напрямною рейкою, створюючи магнітні сили від взаємодії цих магнітів. Вид цієї підвіски має особливість у тому, що рухомий склад завжди знаходиться у стані левітації і це створює

додаткові умови для експлуатації цього виду маглева. Потрібно завжди забезпечувати необхідний зазор для безперешкодного руху рухомого складу. Величина зазору складає не більш ніж 10 мм. Двигун, який використовується у таких систем, має назву – лінійний. Лінійний двигун подібний електродвигуну змінного струму за принципом роботи, але конструктивно має свої відмінності. Статор лінійного двигуна (нерухома частина) розгортається вздовж шляхової структури та представляє собою напрямну рейку. Ротором лінійного двигуна є рухомий склад, на якому встановлено електромагніт. Будова статора представляє собою паралельно встановлені магніти, які горизонтально орієнтовані. Ці магніти, завдяки магнітним силам, взаємодіють з ротором лінійного двигуна та тягнуть вперед рухомий склад. Також під рухомих складом встановлені додаткові електромагніти, які паралельні основному, вони створюють бічне регулювання маглева. Потужність і гальмівна сила лінійного двигуна регулюється статором щоб штовхати та тягнути магніти вперед або створювати опір для реалізації режиму гальмування.

Основні переваги системи електромагнітної підвіски:

- безконтактна робота, що надає можливість уникнути втрат енергії на тертя рухомих елементів;
- висока швидкість магнітної взаємодії;
- висока ефективність роботи системи обумовлюється застосуванням феромагнітних матеріалів;
- завдяки феромагнітним матеріалам у системі з'являється низький реактивний виток та низький магнітний опір;
- плавність руху;
- постійна левітація рухомого складу.

Недоліки системи електромагнітної підвіски:

- необхідність постійного відслідковування величини зазору левітації;
- складність реалізації системи керування підвіскою;

- велика вартість;
- необхідність регулярної перевірки стану підвіски;
- ймовірність виникнення перешкод для руху через погодні умови (сніг, покриття льодом путьової структури).

Другий вид підвіски – це електродинамічна (EDS). Реалізація такого виду підвіски полягає у тому, що в такому разі шляхова структура і рухомий склад створюють магнітні поля, які взаємодіють між собою. Такий вид підвіски у наявних розробках маглевів включає у себе початкове рушення з місця завдяки лінійному двигуну, перші розробки маглевів передбачали застосування двигуна внутрішнього згорання. Ця система початкового рушення була потрібна для того, щоб набрати швидкість необхідну для переходу у стан левітації та подальшого руху завдяки магнітній левітації. Прицип електродинамічної підвіски базується на використанні надпровідних магнітів. Реалізація такої системи виникла завдяки розвитку кріогенної науки та надпровідних матеріалів, мікропроцесорів, перетворювачів енергії. Надповідні магніти у такій системі виступають у якості джерела постійного магнітного поля. Ці магніти встановлені безпосередньо на рухомому складі та в результаті вони, через взаємодію з котушками, які прокладені вздовж шляхової структури, створюють короткозамкнені контури. Маглеви з системою електродинамічної підвіски розробляються Японським дослідницьким інститутом залізничної техніки (Japan Railway Technical Research Institute). Цим інститутом в префектурі Яманасі була створена експериментально-дослідницька ділянка, на якій встановили рекорд з найбільшої у світі швидкості маглевів – 603 км/год [4].

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рис. 2. Зовнішній вигляд маглева MLX01 [5]

1.2.1 Огляд маглева, побудованого за японською системою SC-maglev

Елемент, на якому базується створення маглева з електродинамічним підвісом – це надпровідні магніти. Використання надпровідних магнітів дозволяє досягати високих швидкостей руху. Основними перевагами надпровідних магнітів є компактна конструкція, велика магніторухійна сила та висока щільність струму [6]. Перші варіанти розробок маглевів з надпровідними магнітами передбачали їх встановлення вздовж вагонів. Однак з часом розробники прийшли до висновку, що таке рішення є помилковим, адже наявне протікання у системі надто великого струму безпосередньо під тими місцями, де розташовуються пасажери, а це має негативний вплив на організм людей. Пізніше від такого розташування надпровідних магнітів відмовилися і почали розташовувати їх на початку та наприкінці вагона. Надпровідні магніти розташовуються на візках та вбудовані в рухомий склад з'єднуючи між собою вагони. Така реалізація дозволяє зменшити аеродинамічний опір, а також зменшити кількість магнітів у рухомому складі. Також така будова покращує корисне навантаження, зменшується інтенсивність електромагнітного

випромінювання в салоні. Викориснання надпровідних магнітів створює деякі недоліки системи, виникають магнітні поля, які у деяких випадках потребують екранування. Подальше вдосконалення цієї системи можливо за рахунок створення ще більш компактних та легких надпровідних магнітів з високим коефіцієнтом підйому. Для дослідження експериментальних прототипів маглевів за цією системою підвіски було побудовано тестову ділянку у префектурі Міяздзакі.

Система живлення маглева являє собою лінійний двигун з довгим статором, який побудовано з використанням надпровідних котушок, встановлених на борту та шляхових котушок, які прокладені вздовж прямої траси. Ця взаємодія магнітних полів обох провідників і створює систему наведення, у якій індукується нульовий потік. Реалізація системи живлення включає в себе циклоконвертор, що використовується для живлення окремої секції двигуна. У режимі роботи маглева живиться лише одна тільки працююча секція в межах її довжини, яка приблизно складає 60 м. Така система безконтактної передачі енергії може використовувати магнітний потік шляхових котушок левітації, які і наводять живлення всієї системи.

Перші розробки системи живлення були створені з використанням двигуна-генератора, що підвищують частоту з 60 Гц на 120 Гц, а також використовувалися декілька циклоконверторів. Після модернізації системи було прийняте рішення припинити використання двигуна-генератора та встановити на рухомий склад модернізовані циклоперетворювачі постійного струму, що можуть змінювати лінійний струм з частотою 60 Гц у необхідну вихідну потужність з відповідною частотою.

Система керування силовим блоком випробувальної лінії (рис. 3) має наступний принцип дії: центральний контрольний механізм (контролер) передавав команду руху на керуючу підстанцію, щоб зрівняти відповідну інформацію про розташування та позицію транспортного засобу, ця інформація передавалась через кабель. Зазвичай, застосовувалися коаксіальні кабелі.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

Потім, відповідаючи на цей надісланий сигнал, циклоконвертори живили змінним струмом рухові котушки, які були синхронні з фазою магнітного поля транспортного засобу. Це було можливим завдяки використанню явища перехресної індукції котушок, які розташовані вздовж напрямної структури. Керування перемиканням секції створено за принципом почергової подачі струму на котушки, повз які проїжджає рухомий склад.

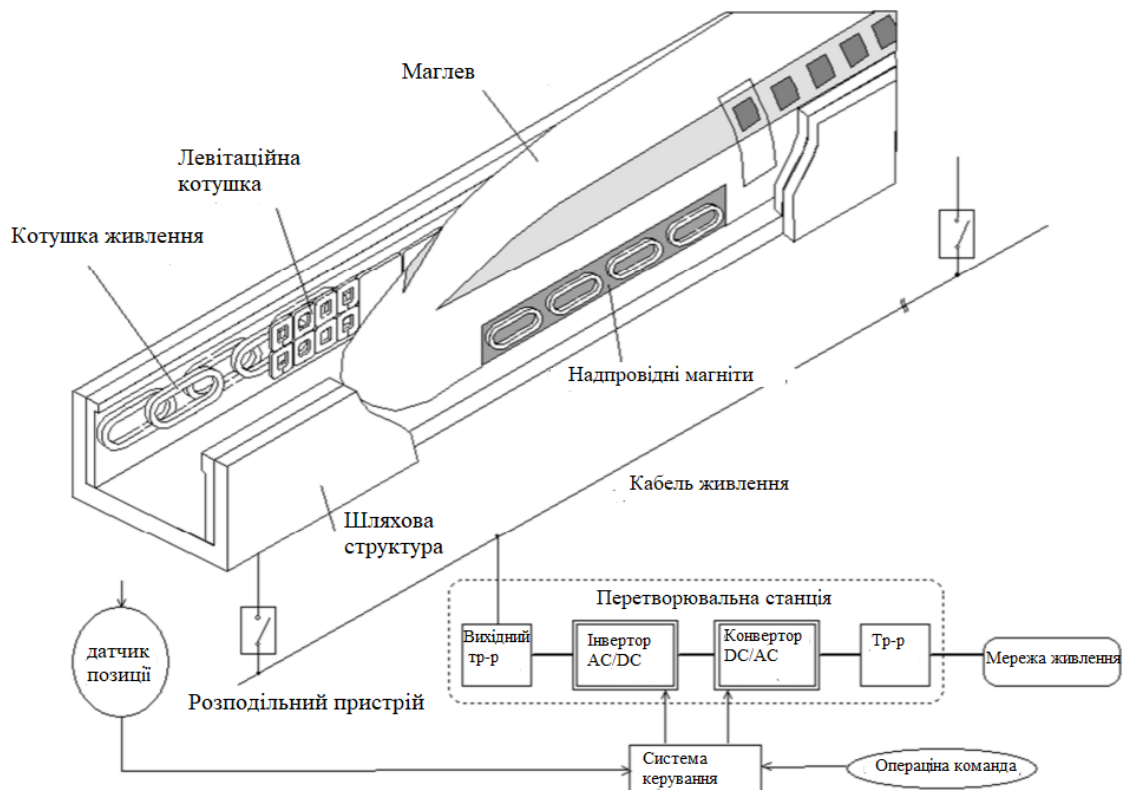


Рис. 3. Схема живлення маглева

Загальні принципи системи керування класифікують за наступними показниками:

- контроль значення струму в обмотках шляхової структури;
- контроль значення струму на рухомому складі;
- відслідковування позиції рухомого складу;
- керування синхронізацією;
- регулювання швидкості.

В звичайному режимі роботи маглеви з електродинамічною підвіскою використовують рекуперативну систему гальмування. Однак для того щоб запобігти виникненню надзвичайних ситуацій було розроблено додаткові системи гальмування.

В маглевих типу MLU002 додаткові системи гальмування мають три види реалізації. Перший – динамічне гальмування, яке можливо застосовувати при швидкостях вище 350 км/год. Другий вид – фрикційне гальмування, застосовується для дещо менших швидкостей. У деяких інших моделей маглевів у якості додаткового виду гальмування застосовують аеродинамічне гальмування, коли спеціальні платформи з обох сторін рухомого складу виїжджають та за рахунок сили опору повітря здійснюється аварійне гальмування.

Переваги маглева з електродинамічною системою підвіски:

- енегроефективна система, яка має високу динамічну стабільність у стані магнітної левітації;
- висота підйому рухомого складу складає приблизно 10 см;
- висота підйому рухомого складу дозволяє маглеву безпечно рухатись на високих швидкостях;
- зазор між рухомим складом та путьовою структурою дає можливість для маглевів з таким підвісом будувати путьову структуру з дещо менш суворішими вимогами, ніж у системах з електромагнітним підвісом;
- великий зазор також дає можливість рухатись при несприятливих погодних умовах;
- завдяки застосуванню надпровідних магнітів коефіцієнт потужності та ефективність системи покращується;
- використання надпровідних магнітів та криокамер дає можливість працювати з великими значеннями струмів в системі;
- низький рівень шуму.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

Недоліки системи з електродинамічним підвісом:

- для зменшення впливу магнітного поля на пасажирів може знадобитись екранування, збільшиться маса маглева;
- необхідно постійно відслідковувати швидкість, стабілізацію та розташування маглева під час руху;
- постійне відслідковування систем маглева потребує реалізацію складної системи керування;
- реалізація системи з надпровідними магнітами та охолоджуючими камерами буде мати високу вартість.

Розглядаючи маглеви з різними типами підвісок, можна зробити висновок, що система з електромагнітною підвіскою є перспективною для руху на малих та середніх швидкостях. Для руху на високих швидкостях більш кращою є система з електродинамічною підвіскою. Для розвитку транспорту та забезпечення високої швидкості руху ця система є найбільш привабливою. Вдосконалення пульту структури дозволить більш ефективно керувати маглем. Одне з питань, яке необхідно розглянути, це система керування та вдосконалення механізмів розгону та гальмування. У маглевів з електродинамічною підвіскою є суттєвий недолік у вигляді обмеження режимів для початкового для руху з місця. Почтакові магнітні сили недостатні для того, щоб зрушити з місця рухомий склад у режимі левітації і розробники маглева були вимушені таким реалізувати початковий спосіб руху за допомогою опорних коліс. Після досягання маглем швидкості, при якій буде можливо перемкнутися у стан левітації, колеса заїжджають у відповідний відсік візка та рух продовжується виключно у стані магнітної левітації. Для вдосконалення системи початкового руху та усуненню двигуна внутрішнього згорання можна реалізувати систему, яка б у своїй меті мала б принцип, завдяки якому не буде необхідним початковий рух завдяки колесам. Таку систему можна створити, якщо розробити систему керування котушками, які прокладені

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

вдovж шляхової структури. Ця система дозволить збільшити початкові магнітні сили для досягання левітації.

Також одним із перспективних напрямків є розробка та впровадження систем альтернативної енергії для маглева. Концепція однієї з таких систем полягає у встановленні сонячних панелей для живлення котушок, які прокладені вдovж шляхової структури.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2

КОНЦЕПЦІЯ КЕРУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИМ МОДУЛЬНИМ ШЛЯХОВИМ ЕЛЕМЕНТОМ ВИСОКОШВИДКІСНОГО МАГНІТОЛЕВІТАЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Передумови для розробки створення нової системи керування шляховим елементом

Рух на магнітолевітаційному транспорті виникає завдяки перемиканню полюсів на обмотках, що закладені вздовж шляхової структури, по якій рухається потяг. Початкове рушання з місця у маглевів, що побудовані за японською системою, відбувається завдяки двигуну внутрішнього згорання.

У цьому розділі магістерської роботи пропонується дослідити та проаналізувати інноваційну концепцію та можливі шляхи реалізації керування розгоном маглева завдяки перемиканню полюсів обмоток окремого модульного елемента.

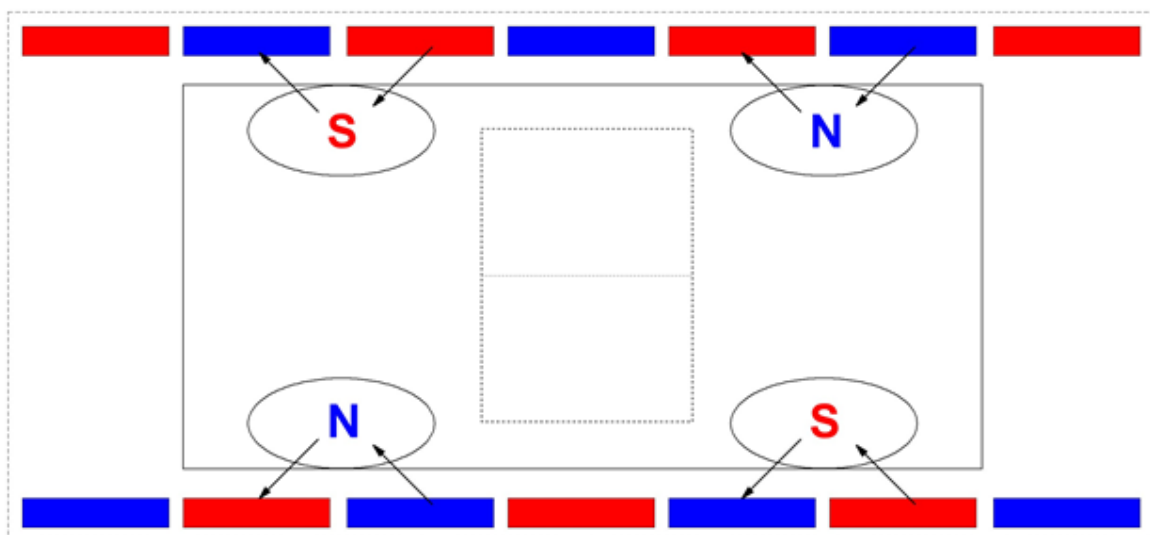


Рис. 4. Загальна схема руху маглева

Згідно рис. 4 видно, що полюси магнітів, які знаходяться на візку потяга є незмінними. Натомість у котушок, що закладенні у колійній структурі, відбувається перемикання полюсів. Таким чином здійснюється рух потяга. Однак у інформаційних джерелах, де розглядаються питання пов'язані з рухом

маглевів, відсутня інформація про можливість використання рекомбінативної магнітної системи у вигляді окремого модульного елемента.

Кожна секція представляє собою контур, по якому протікає струм. Система керування створена таким чином, щоб кожна секція мала можливість змінювати полярність.

Зображення схеми руху маглева (рис. 4) демонструє як чергується зміна полярностей у котушках. В дійсності ці частини котушок пов'язані між собою. Вони виконані у вигляді «вісімки». Це зроблено для того, щоб створити різну полярність, яка потрібна для руху та левітації маглева. Секції з різних сторін колійної структури електрично зв'язані між собою. Цей електричний зв'язок секцій дає стабілізацію та компенсацію енергії між обмотками (рис. 5). У такому випадку енергія буде розподілятися рівномірно.

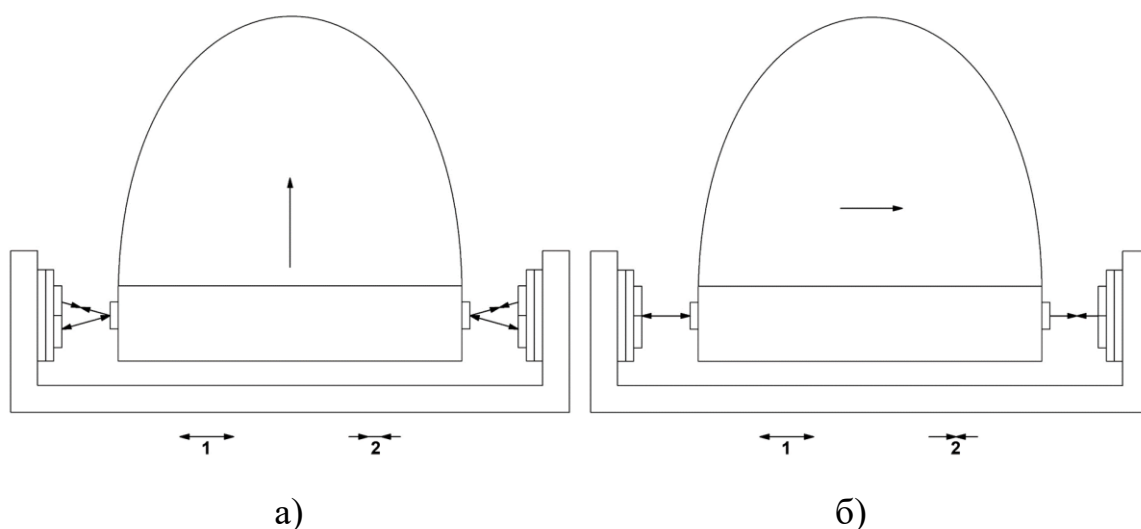


Рис. 5. Взаємодія магнітних сил для різних режимів руху:

а – перехід у стан левітації, б – стабілізація при повороті,

1 – відштовхування, 2 – притягування

Наявний зв'язок котушок у вигляді «вісімки» є необхідним для руху маглева. Адже швидкість маглева є надвисокою і може досягати 500 км/год. У такому разі реалізація котушок у вигляді «вісімки» є беззаперечною та технічно обґрунтованою.

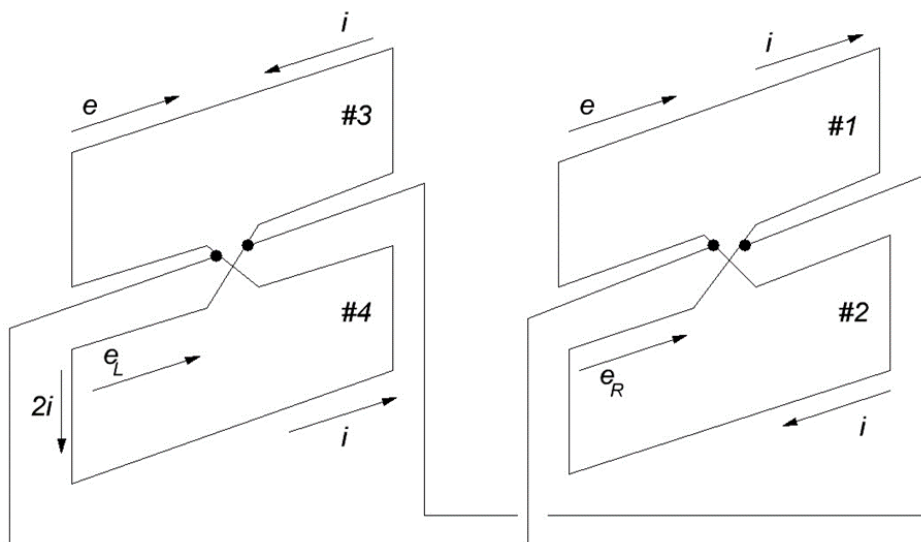


Рис. 6. Схематичне зображення з'єднання котушок

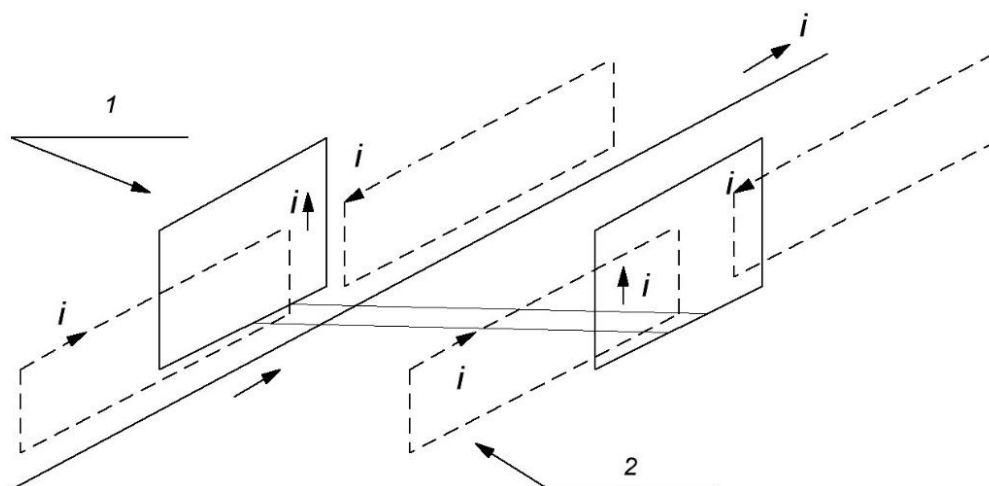


Рис. 7. Схематичне зображення котушок у межах п'єв'ової структури:

1 – рухомо-навідні котушки, 2 – надпровідні котушки

Оскільки швидкість на етапі розгону не є високою, а лише поступово збільшується, то можливо розглянути інший варіант реалізації котушок. Пропонується розімкнути «вісімки» та створити один контур, який буде працювати під час етапу розгону. Коли потяг досягне швидкості, яка визначена як стала або «крейсерська» швидкість, то відбудеться перемикавання на «вісімку».

2.2 Технічні рішення створення системи керування шляховим елементом

Реалізація такої системи можлива декількома варіантами.

Використання комутатора, який буде змінювати позицію ввімкнення котушок. Схема реалізації такої системи наведена на рис. 8.

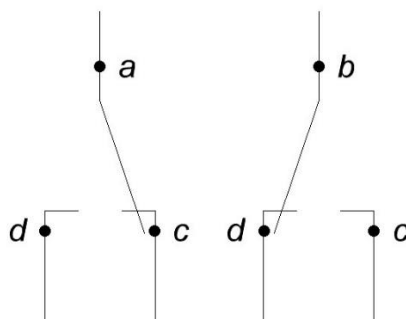


Рис. 8. Умовне зображення схеми комутатора

Цей варіант є досить простим з погляду реалізації. У ньому відсутні складні механізми та системи перемикання, але є наявні суттєві недоліки:

- наявність рухомого контакту, що створює труднощі в обслуговуванні та відслідковуванні поточного стану комутатора;
- швидке зношування контактів.

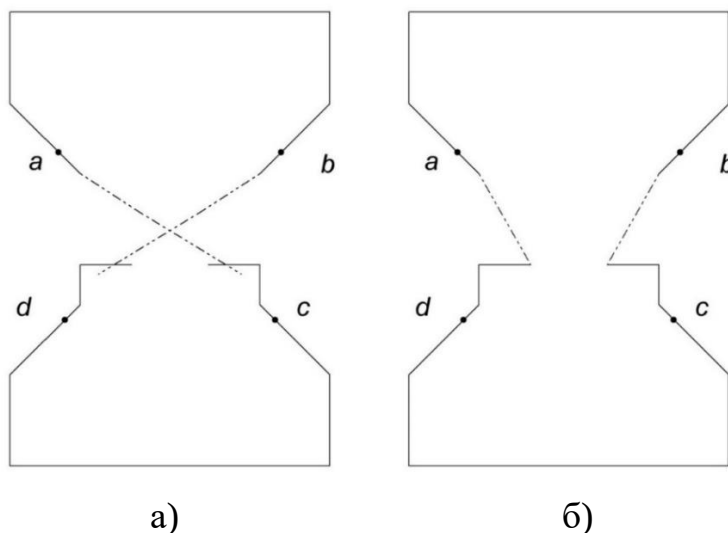


Рис. 9. Схематичне зображення реалізації котушки з комутатором:

а – режим «вісімка», б – режим «нуль»

Так як концепція, яка розглядається, дещо ускладнює систему керування, то відповідні варіанти перемикачів будуть мати різні напрямки контурів струму.

Отже, щоб вдосконалити систему керування та отримати можливість перемикати схему обмоток на етапі розгону, потрібно розробити систему, яка буде задовольняти необхідні умови. Основна концепція перемикачів наведена на рис. 10.

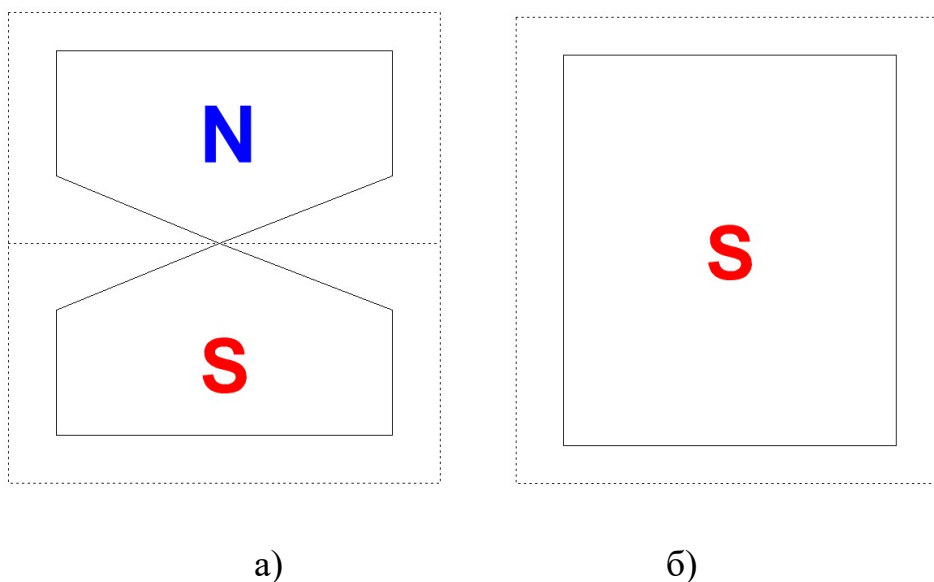


Рис. 10. Концепція перемикачів:

а – режим «вісімка», б – режим «нуль»

Завдяки перемикачів із режиму «вісімка» у режим «нуль» потрібно реалізувати систему, завдяки якій контактні групи ac та bd перейдуть в інший режим і створиться нова контактна група ad та bc . Таким чином буде виконане вмикання режиму «нуль».

Згідно з тим, що було розглянуто вище, перемикачів завдяки комутатору не є перспективним. У такому разі розглянемо інший варіант, який можна застосувати до даної системи.

Реалізувати систему керування можливо використовуючи біполярні транзистори (IGBT). Такий варіант значно ускладнює систему керування, але є технічно обґрунтованим через те, що таким чином можна досягти необхідного керування напрямком струму у котушках.

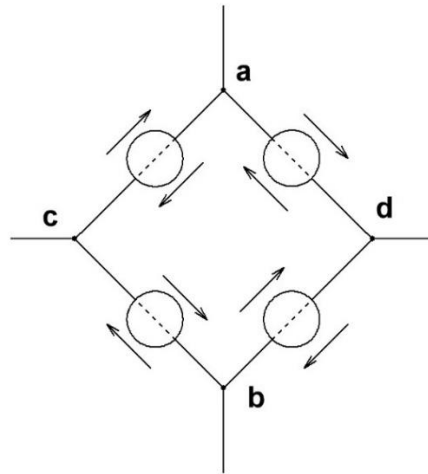


Рис. 11. Умовна схема пропускання струму в обох напрямках

Кожен елемент повинен пропускати струм в обох напрямках. У такому випадку мостова схема не є робочою. Реалізація такої системи буде можлива завдяки застосуванню подвійної мостової схеми.

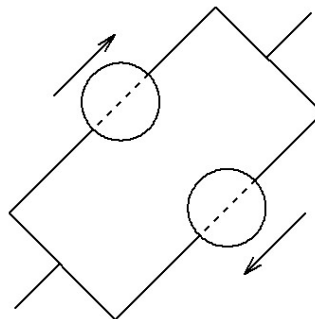


Рис. 12. Умовна подвійно-мостова схема

Однак, реалізація системи на основі IGBT не є однією з можливих. Можливо використати також повністю керований ключ (тиристор).

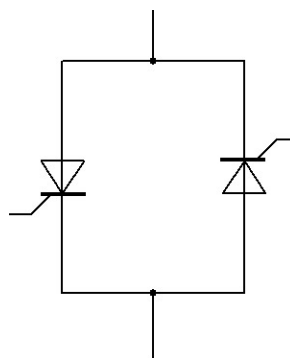


Рис. 13. Елемент системи керування на основі тиристора

2.3 Топологія системи керування на основі IGBT транзисторів

Розглянемо два умовних режими: «прямий» та «інверсний».

Для спрощення топології спочатку зобразимо загальний напрям магнітних контурів схем «вісімка» та «нуль» без врахування IGBT транзисторів.

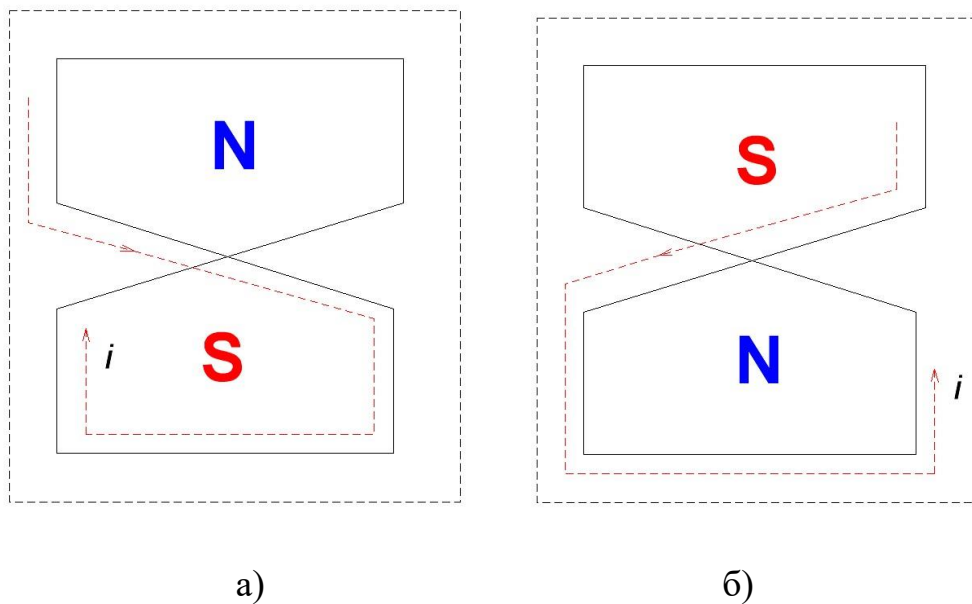


Рис. 14. Схема «вісімка»:

а – прямий режим, б – інверсний режим

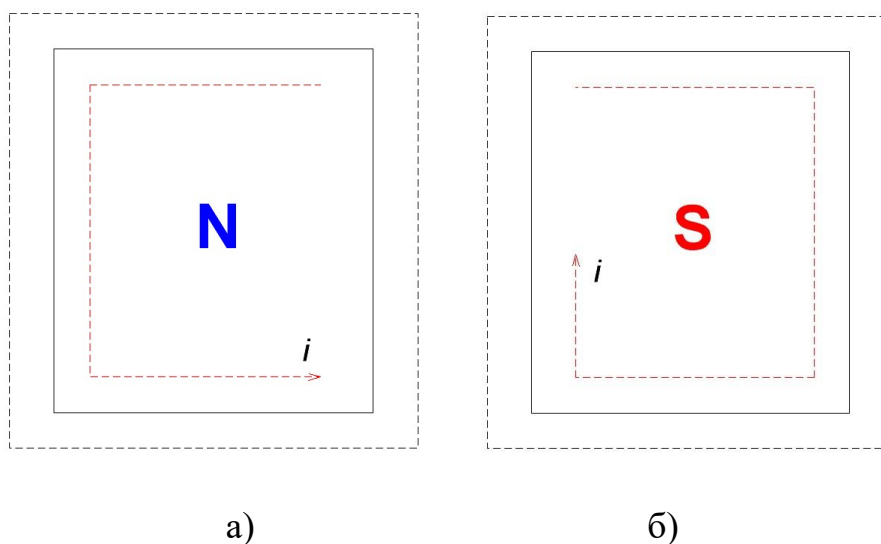


Рис. 15. Схема «нуль»:

а – прямий режим, б – інверсний режим

У загальній схемі буде використовуватись 20 IGBT транзисторів. Через те, що потрібно перемкнути схему «вісімка» у схему «нуль» на кожний контур

«вісімки» вводяться по 4 транзистори. На лінії компенсації також вводяться транзистори для можливості реверсування струму в обох напрямках.

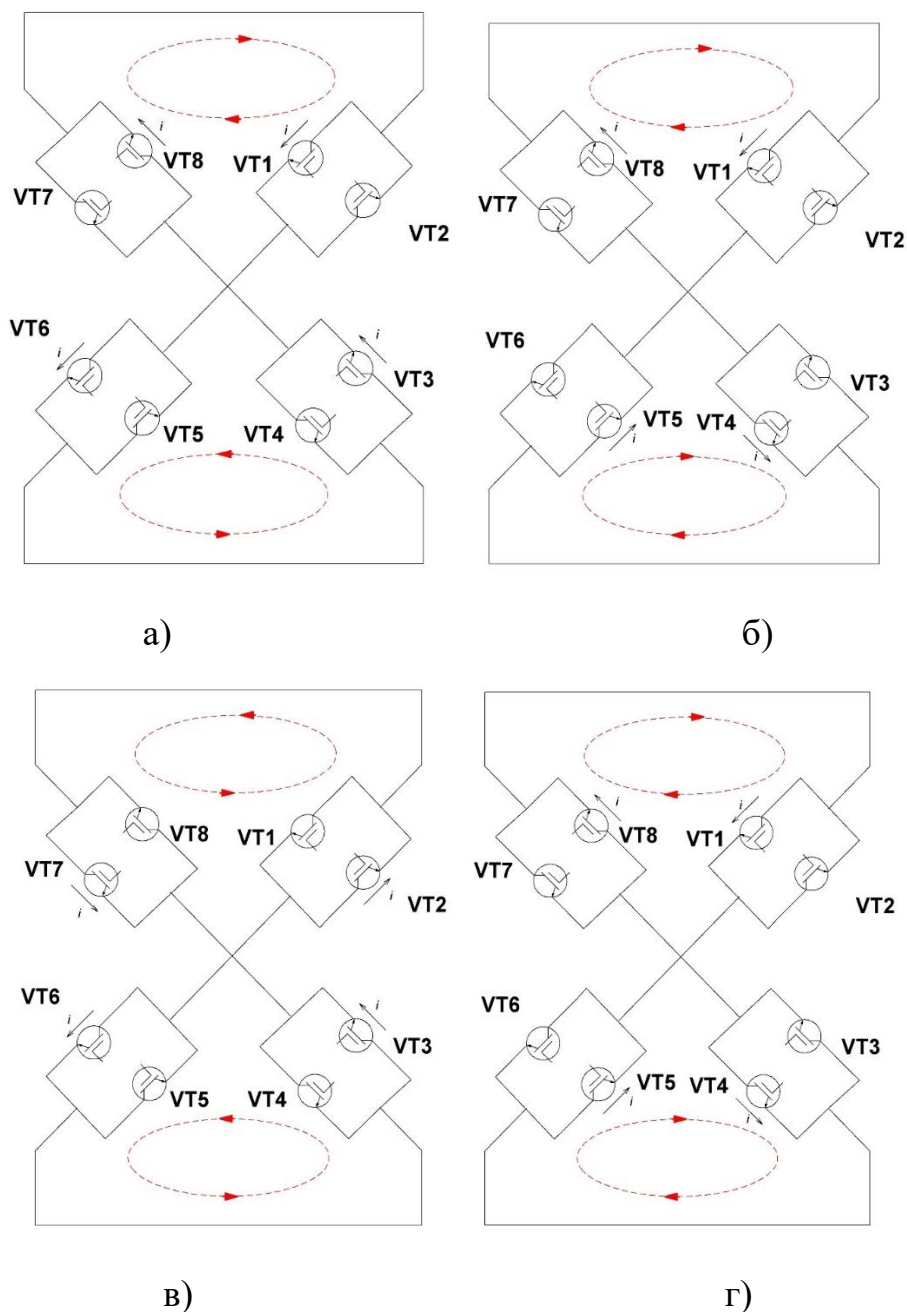


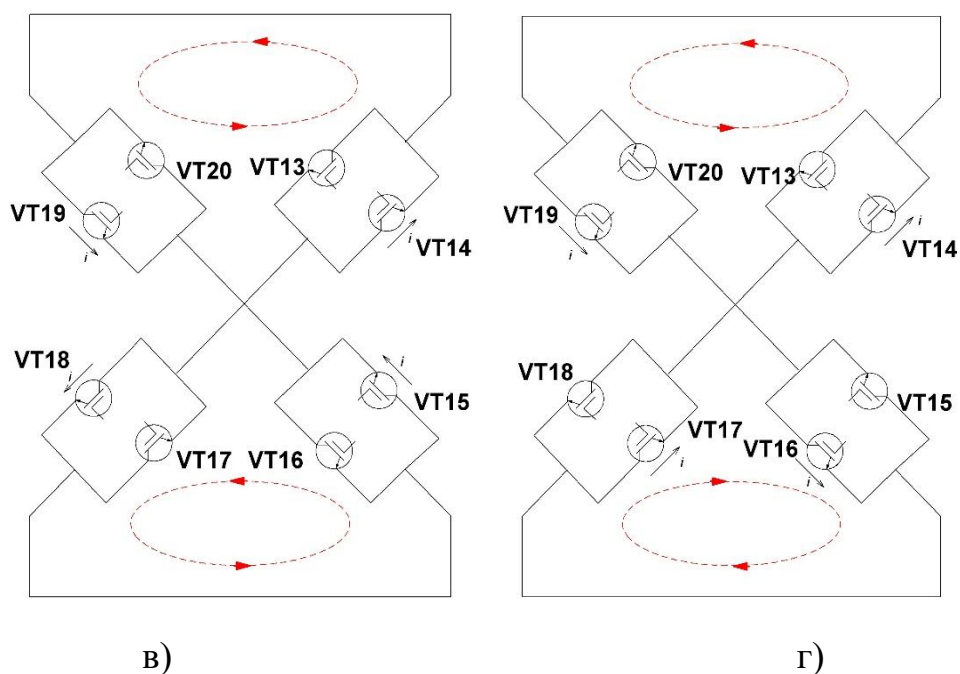
Рис. 16. Варіанти ввімкнення «вісімки»:

а – варіант 1, б – варіант 2, в – варіант 3, г – варіант 4

Розглянемо перші чотири варіації ввімкнення «вісімки» та представимо матрицю ввімкнень у вигляді табл. 1, де 1 – транзистор ввімкнений, 0 – транзистор вимкнений.

Таблиця 2 – Матриця ввімкнення системи для варіантів 1-8

	VT1	VT2	VT3	VT4	VT5	VT6	VT7	VT8	VT9	VT10	VT11	VT12
Варіант 1	1	0	1	0	0	1	0	1	-	-	-	-
Варіант 2	1	0	0	1	1	0	0	1	-	-	-	-
Варіант 3	0	1	1	0	0	1	1	0	-	-	-	-
Варіант 4	0	1	0	1	1	0	1	0	-	-	-	-
Варіант 5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1
Варіант 6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0
Варіант 7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0
Варіант 8	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1



а – варіант 9, б – варіант 10, в – варіант 11, г – варіант 12

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблица 3 – Матриця ввімкнення системи для варіантів 1-12

	VT 1	VT 2	VT 3	VT 4	VT 5	VT 6	VT 7	VT 8	VT 9	VT 10	VT1 1	VT1 2	VT1 3	VT1 4	VT1 5	VT1 6	VT1 7	VT1 8	VT1 9	VT 20
Варіант 1	1	0	1	0	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 2	1	0	0	1	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 3	0	1	1	0	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 4	0	1	0	1	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 8	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	0	1	0	1
Варіант 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	1	0	0	1
Варіант 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	0	1	1	0
Варіант 12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	1	0	1	0

Підсумовуючи всі попередні варіанти, можна скласти загальну схему ввімкнень режимів «вісімка» та «нуль».

Режим «вісімка»: магнітні контури так званої «вісімки» направлені у протилежні сторони.

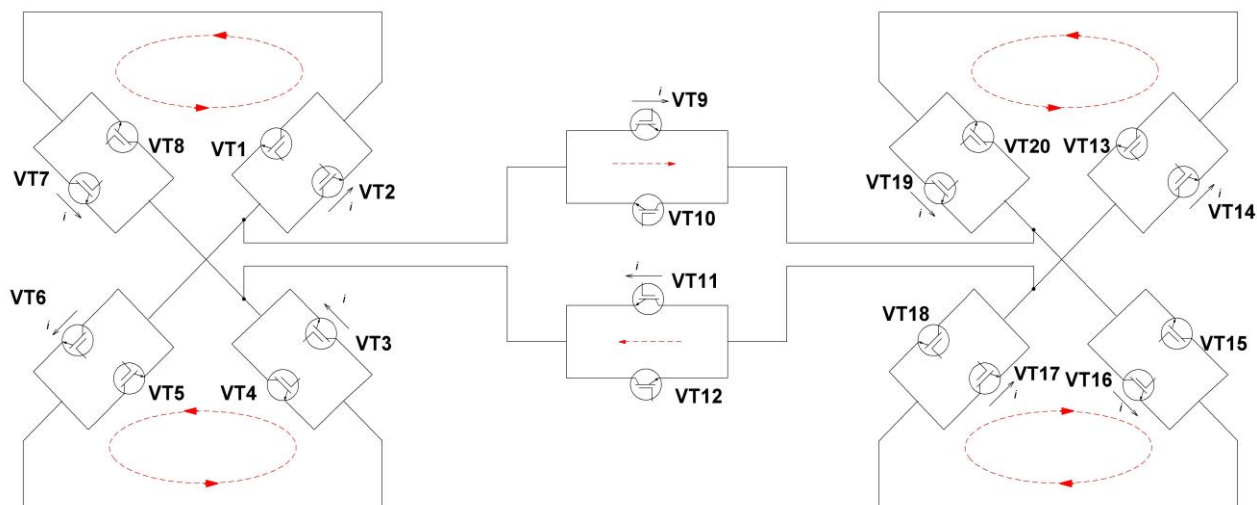


Рис. 19. Загальна схема режиму «вісімка»

Режим «нуль»: магнітні контури схеми направлені у однаковий бік.

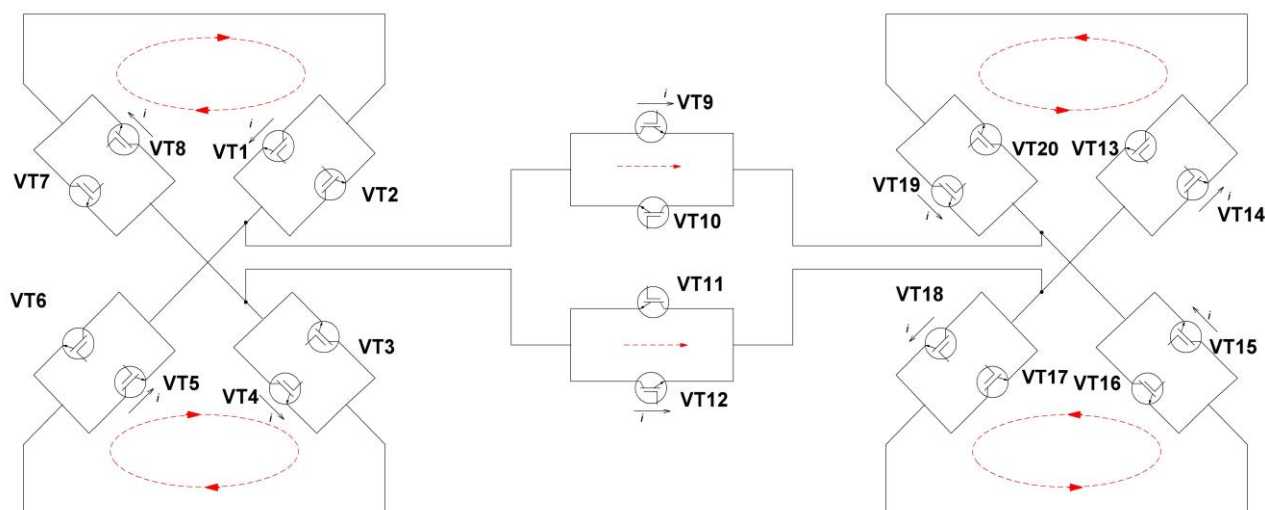


Рис. 20. Загальна схема режиму «нуль»

Представимо загальну топологію ввімкнень у вигляді табл. 4, враховуючи попереднє представлення окремих складових загальної схеми.

Таблиця 4 – Матриця ввімкнення системи для варіантів 1-12, схем «вісімка» та «нуль»

	VT1	VT 2	VT 3	VT 4	VT 5	VT 6	VT 7	VT 8	VT 9	VT 10	VT1 1	VT1 2	VT1 3	VT1 4	VT1 5	VT1 6	VT1 7	VT1 8	VT1 9	VT2 0
Варіант 1	1	0	1	0	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 2	1	0	0	1	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 3	0	1	1	0	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 4	0	1	0	1	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 8	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Варіант 9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	0	1	0	1
Варіант 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	1	0	0	1
Варіант 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	0	1	1	0
Варіант 12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	1	0	1	0
Загальна схема «вісімка»	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
Загальна схема «нуль»	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ПІДВІСУ

3.1 Загальні відомості та особливості електродинамічної системи підвісу

Відомо, що метали являють собою провідник електричного струму. Це означає, що характеристика цього матеріалу може забезпечити низьке значення електричного опору. Щоб створити необхідний струм потрібно забезпечити різницю напруги, а також під час протікання у провіднику струму, провідник має схильність до нагрівання матеріалу. Також відомо, що електричний опір матеріалу буде мати залежність від значення температури. Чим більше температура, тим більше опір та відповідно чим менше температура, тим менше опір.

Дослідження, які були проведені у минулому столітті, показали, що ртуть, температуру якої знизити до абсолютного нуля, втратить весь свій електричний опір [7]. При такому стані матеріалу зникають обмеження для протікання електричного струму, а також це є навіть у випадку, коли наявна відсутність прикладеної напруги. Така властивість матеріалів визначається як надпровідність. Дещо пізніше було виявлено, що керамічні сполуки також виявляють надпровідність. Для досягання цього ефекту потрібно було забезпечити температуру до -145°C . Досягання цього значення температури досить складне з точки зору реалізації такої системи. Досягти таких значень можливо, якщо застосовувати рідкий азот або гелій. У системах маглевів зазвичай застосовують рідкий азот, так як це є дещо дешевше, ніж застосування рідкого гелію.

Завдяки технології виготовлення надпровідних магнітів можливо було реалізувати маглеви з електродинамічною підвіскою. Така система повинна мати багато важливих характеристик, до яких відноситься необхідне значення сили для піднімання у повітря рухомого складу, забезпечення зменшення втрат тепла. Така система спочатку являла собою, що магніти будуть розташовуватись на

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

візку вздовж всього вагону, але через деякий час від такого способу реалізації відмовились через значний вплив магнітних полів на організм людини та стали розміщувати магніти на початку та кінці кожного вагону щоб не ускладнювати цю технологію ще додатковим екрануванням.

Таке розташування магнітів дозволяє зменшити обсяг використовуваних магнітів та дещо раціональніше розподіляти корисне навантаження, зменшити напруженість магнітного поля вздовж рухомого складу.

Сучасні надпровідні магніти розроблюються та вдосконалюються з точки зору більшої компактності, зменшення маси та збільшення відношення можливості підйому [6].

Одночасно з проходженням струму через котушку утворюється магнітне поле. Електричний опір котушки можна визначити за допомогою закону Ома, взявши значення напруги та поділити на значення струму.

Моделювання сил, що діють на надпровідний магніт представляє собою розрахунок основних фізичних величин. При такому моделюванні наявне нехтування додатковими характеристиками системи, що розглядається.

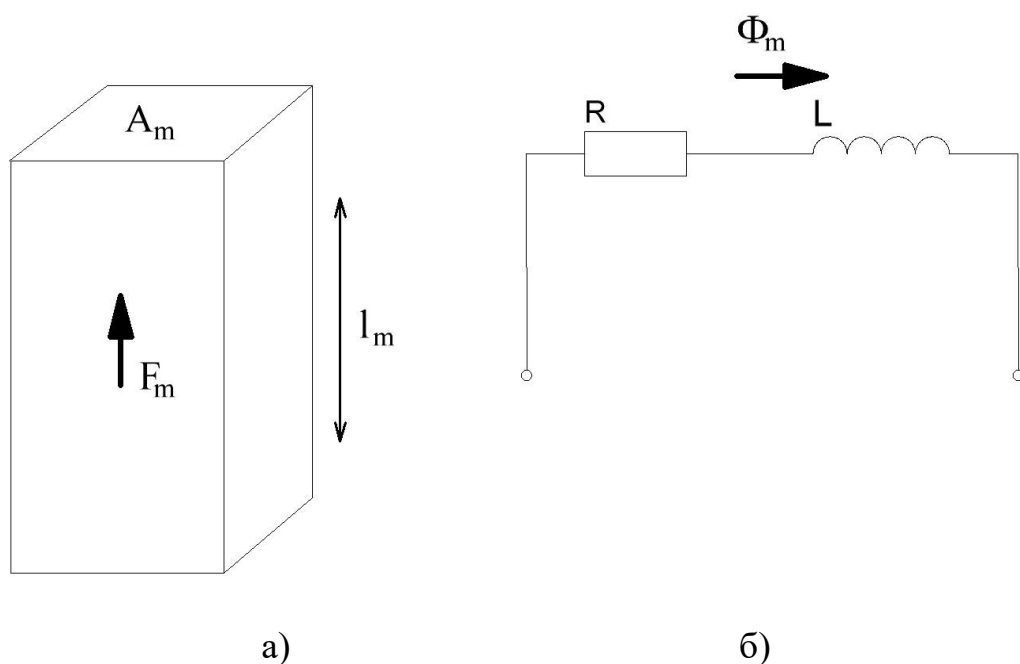


Рис. 21. Умовні системи для моделювання:

а – модель постійного магніту, б – схема магнітних сил

3.2 Розрахунок сил, необхідних для підйому екіпажа

Згідно з [9, 10] сформуємо табл. 5, у якій будуть наведені необхідні числові значення для розрахунку системи підвісу.

Таблиця 5 – Характеристики надпровідного магніту

№	Показник	Величина
1	Довжина секції, м	1,07
2	Ширина секції, м	0,5
3	Струм у стані левітації, кА	700
4	Робочий струм, А	250
5	Число блоків магніту	4
6	Зазор між блоками магнітів збудження, м	0,045
7	Магнітна проникність	1
8	Кількість витків	8
9	Магнітний потік, Тл	5,2
10	Вага рухомого складу, т	40

Визначаємо силу, яку створює надпровідний магніт в межах одного візка при підйомі екіпажу.

$$F = I \cdot w, \quad (1.1)$$

де I – струм в стані левітації,
 w – кількість витків.

$$F = 750 \cdot 10^3 \cdot 8 = 5,6 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Наступним кроком буде визначення сили, яку необхідно подолати для досягнення стану левітації.

$$F = m \cdot g \cdot h, \quad (1.2)$$

де m – вага рухомого складу, кг,
 h – висота підйому, м.
 g – прискорення вільного падіння, м/с.

$$F = 40 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 3,92 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

Визначені числові значення показують силу, яка необхідна для підйому екіпажу та для досягнення стану левітації.

3.3 Визначення площі надпровідного магніта

Для визначення площі одної секції магніта скористасмося даними, що наведені у [9].

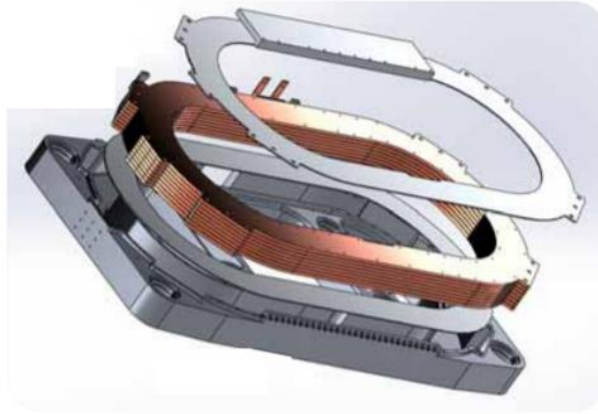


Рис. 22. Зовнішній вигляд обмотки надпровідного магніта

Обчислити площу можливо за наступним виразом

$$S = l \cdot h, \quad (1.3)$$

де l – довжина, м,

h – ширина, м.

$$S = 1,07 \cdot 0,5 = 0,535 \text{ м.}$$

3.4 Розрахунок магнітних сил, що діють у надпровідному магніті

При протіканні струму у котушці наводяться магнітні сили. Завдяки магнітному полю, яке виникає в результаті цього процесу і можливий обмін енергією для наведення електрорухомих сил у обмотках, що встановлені на візку рухомого складу. Одними з основних магнітних сил є: магнітний опір, напруженість магнітного поля, магнітна індукція.

Визначимо магнітний опір:

$$R = \frac{l}{\mu_m \cdot S}, \quad (1.4)$$

де μ_m – магнітна проникність.

$$R = \frac{1,07}{1 \cdot 0,535} = 2 \text{ Ом.}$$

Значення магнітного потоку розраховується наступною формулою:

$$\Phi = \mu_0 \cdot n^2 \cdot S \cdot l \cdot I, \quad (1.5)$$

де $n = w/l$ – число витків на одиницю довжини катушки.

$\mu_0 = 4,7 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ – магнітна постійна.

$$\Phi = 4,7 \pi \cdot 10^{-7} \cdot 7,477^2 \cdot 0,535 \cdot 0,5 \cdot 750 \cdot 10^3 = 15,457 \text{ Вб.}$$

Наступним кроком, після знаходження магнітного потоку, є визначення напруженості магнітного поля, яке визначається наступним чином:

$$H = \frac{\Phi}{\mu_m \cdot S}, \quad (1.6)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$H = \frac{15,457}{1 \cdot 0,535} = 28,892 \text{ А/В.м.}$$

Визначаємо магнітну індукцію за наступною формулою:

$$B = \mu_m \cdot H, \quad (1.7)$$

$$B = 1 \cdot 28,892 = 28,892 \text{ Тл.}$$

Сила магнітного потоку буде дорівнювати :

$$F_M = I \cdot l \cdot \Phi, \quad (1.8)$$

$$F_M = 750 \cdot 10^3 \cdot 1,07 \cdot 0,591 = 1,158 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ПІДВІСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

4.1 Побудова функціональної схеми імітаційної моделі маглева

Побудова функціональної схеми базується на використанні типових блоків системи керування. У кожного блока є свої окремі складові, які виконують необхідні робочі функції.

Функціональна схема складається з наступних блоків:

- 1) блок ефекту інерції;
- 2) блок струму;
- 3) блок задання сигналу;
- 4) блок контролера пропорційно похідного прискорення;
- 5) блок ефекту RL-кола.

Кожен блок складається з вибірки наступних компонентів:

а) блок підсилювача «Gain», який призначений для виконання функції множення вхідного сигналу, що заданий значенням константи;

б) джерело постійного сигналу «Constant», що призначена для завання постійного рівня сигналу. Цифрове визначення константи представляється у вигляді комплексного або дійсного числа, що обчислене відповідним математичним рівнянням, матрицею або вектором;

в) інтегруючий блок «Integrator», за допомогою цього блоку задають початкові визначення інтегрування заданих рівнянь, а також для створення початкового сигналу;

г) обмежуючий блок «Limit», цей блок визначає межу заданих сигнальних величин, що має функціонує через завдання верхньої та нижньої величини сигналу;

д) осцилограф «Score», який призначений для поточної візуалізації отриманих результатів моделювання у вигляді графіків або діаграм.

Функціональна блок-схема імітаційної моделі показана на рис. 23.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

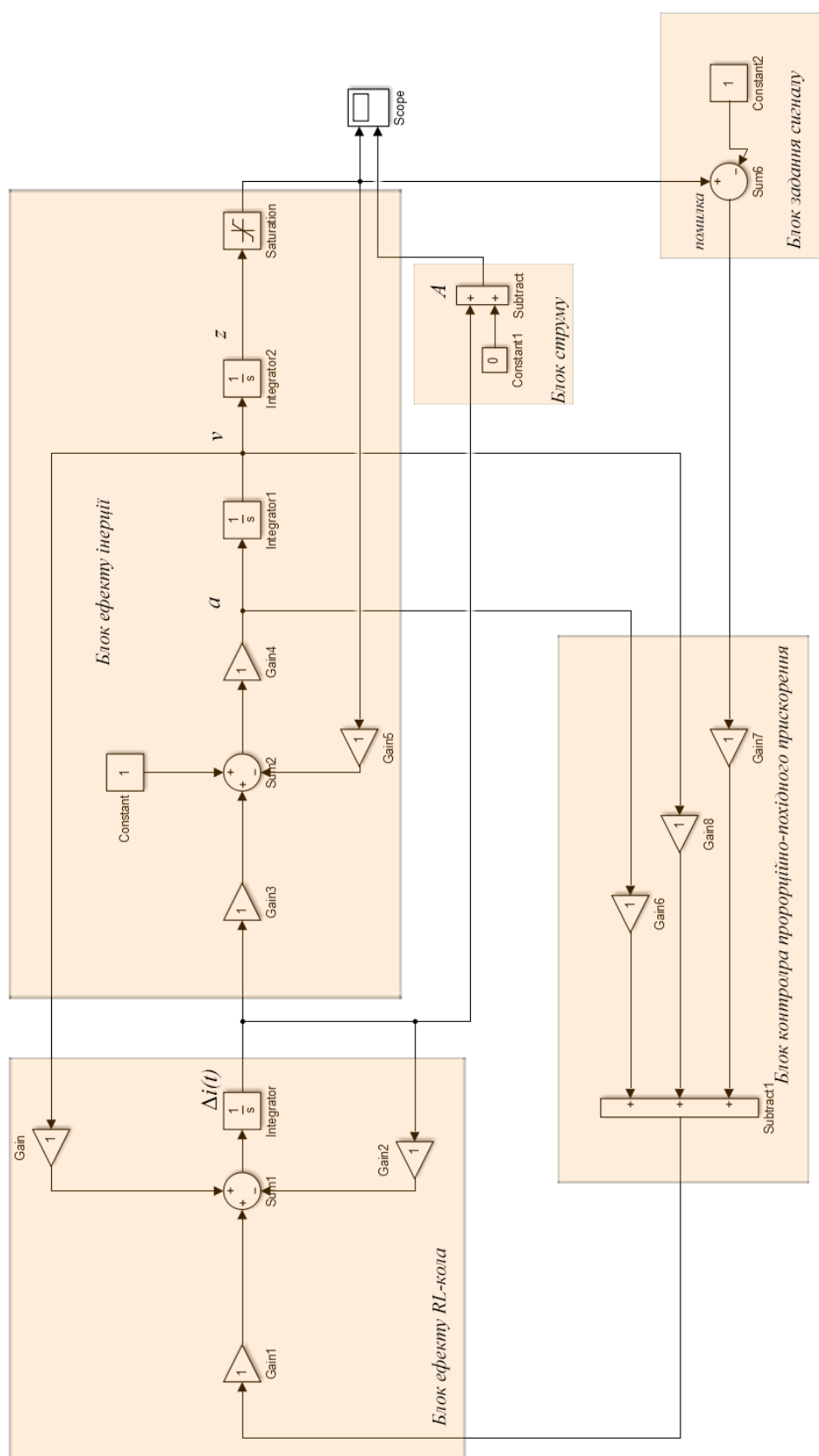


Рис. 23. Функціональна блок-схема імітаційної моделі

Динамічна система імітування режиму роботи системи підвісу була побудована на основі рівнянь (4.1) та (4.2) [9].

Сила магнітної левітації являє собою функцію, яка пов'язує струм та значення магнітного зазору.

$$F_{Lev}(i, z) = \frac{B^2 \cdot A}{\mu_0} = -\frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{4} \left[\frac{i(t)^2}{z(t)} \right]. \quad (4.1)$$

Рівняння руху має наступний вигляд:

$$m(t) = -F_{Lev}(i, z) + f_d(t) + m \cdot g. \quad (4.2)$$

4.2 Визначення та аналіз характеристик імітаційної моделі

Після остаточного складання імітаційної схеми, наступним кроком є її запуск та отримання результатів моделювання системи.

Результати моделювання будуть являти собою дві характеристики для досліджуваних процесів. Перша характеристика буде у вигляді залежності пройденого шляху рухомого складу та визначення точки, у якій відбувається перехід у остаточний стан левітації. Друга характеристика буде визначати значення струму під час подолання маглевом отриманого значення шляху.

Характеристика пройденого шляху наведена на рис. 24.

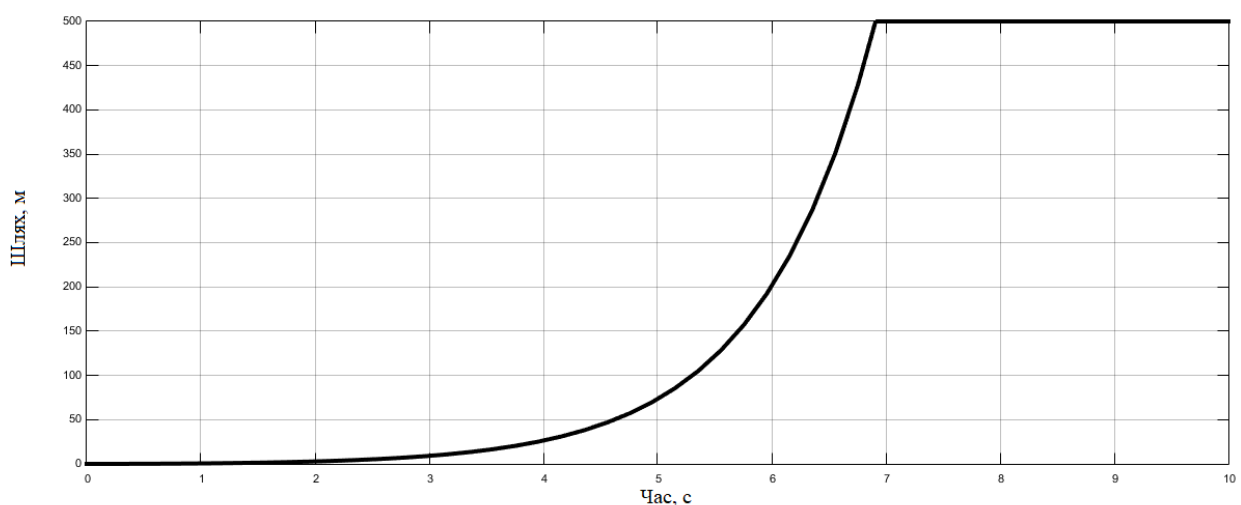


Рис. 24. Графік залежності пройденої відстані від часу

Характеристика значення струму наведена на рис. 25.

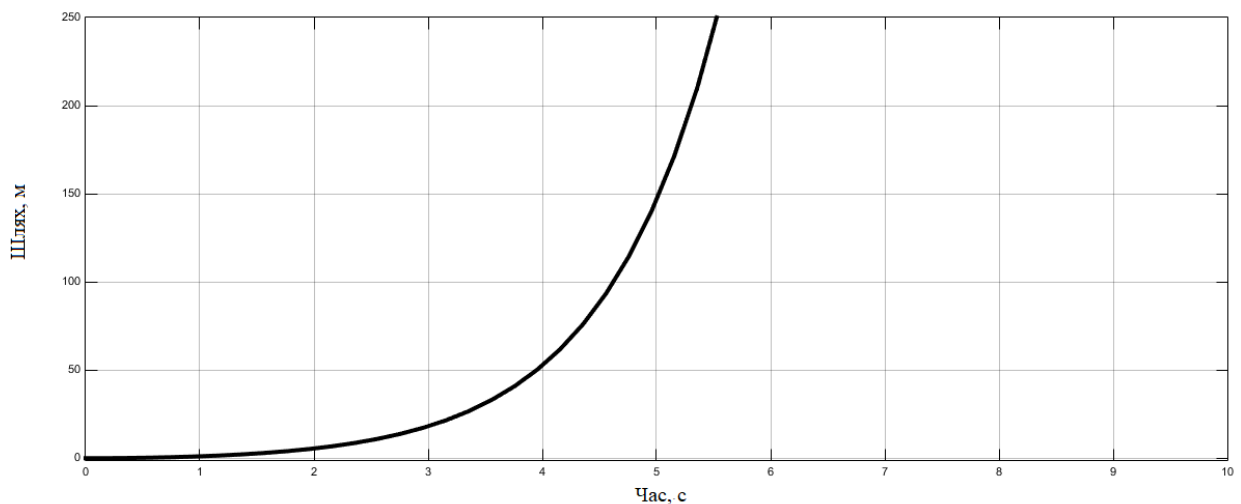


Рис. 25. Графік залежності значення струму від часу

На рис. 24 показано, що при початковому збільшенні струму пройдена відстань буде поступово збільшуватись. При досяганні часу більше ніж 2 с, відбувається рушення рухомого складу з місця та пропорційно збільшується. При досяганні вімітки в 500 м, відбудеться перехід в усталений режим та буде здійснюватись рух.

Для рис. 25 є характерним поступове постійне збільшення значення струму, що при досяганні номінальної відстані для усталеного руху, показує, що струм збільшується постійно у межах робочої схеми.

Отримані графіки показують процес початкового значення зміни струму дають змогу оцінити значення сили тяги маглева.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА ТОПОЛОГІЇ ОБМОТОК СИСТЕМИ ПІДВІСУ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

5.1 Топологія блоків керування

Використовуючи систему 3D-моделювання виконаємо візуалізацію керування інноваційним шляховим елементом. При моделюванні застосовуємо попередні варіації ввімкнень схем, які були наведені у розділі 2.

При моделюванні виконуємо спрощення схеми, представивши окремі групи транзисторів у вигляді блоків керування. Блоки 5 та 12 представляють собою центральні керуючі блоки, що виконують основну функцію – перемикання режиму «вісімка» у режим «нуль».

Топологію блоків керування наведено у табл. 6.

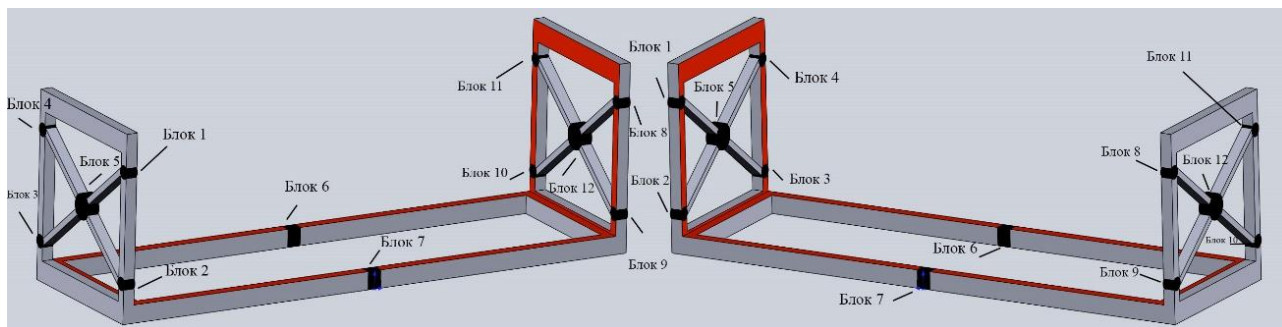
Таблиця 6 – Топологія блоків керування

№	Порядковий номер блоку	Транзистори блоку керування
1	Блок 1	VT1, VT2
2	Блок 2	VT3, VT4
3	Блок 3	VT5, VT6
4	Блок 4	VT7, VT8
5	Блок 5	-
6	Блок 6	VT9, VT10
7	Блок 7	VT11, VT12
8	Блок 8	VT13, VT14
9	Блок 9	VT15, VT16
10	Блок 10	VT17, VT18
11	Блок 11	VT19, VT20
12	Блок 12	-

5.2 Моделювання вмикання модульних елементів у режимі «нуль»

Зобразимо змодельовані обмотки шляхових котушок. При цьому позначимо червоним та синім кольором різні напрями полярностей, а чорним кольором позначимо блоки транзисторів.

Представимо спочатку зображення котушок з двох кутів огляду, різних схем вмикання: «нуль» або «вісімка», та різних полярностей. Полярність 1 – буде мати червоний колір, а полярність 2 – синій.

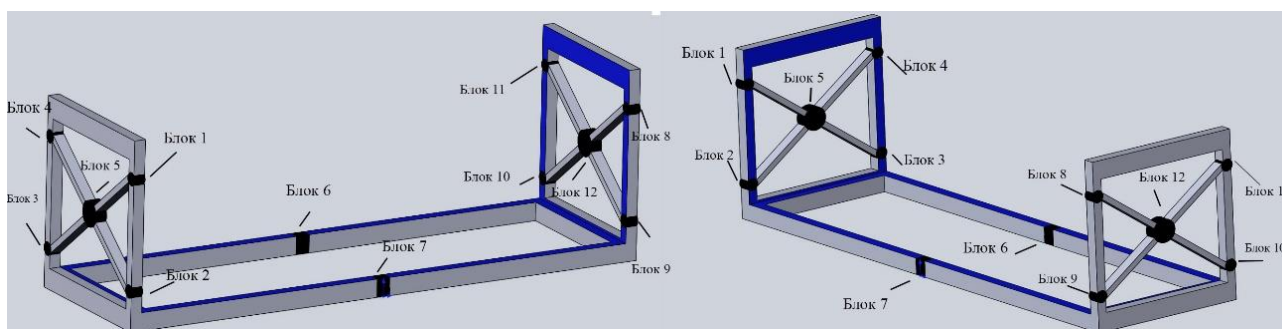


а)

б)

Рис. 26. Модульний елемент у режимі «нуль», полярність 1:

а – вид справа, б – вид зліва



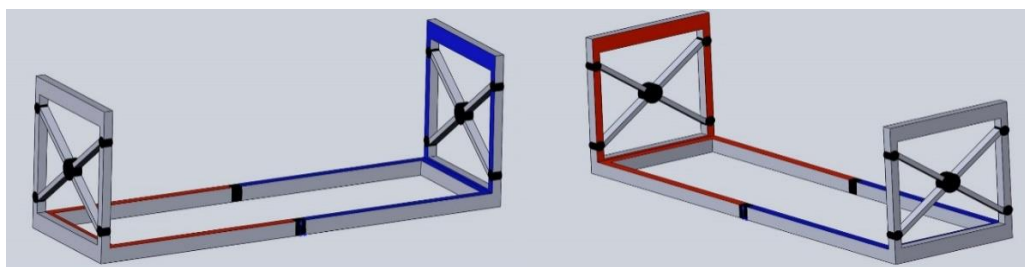
а)

б)

Рис. 27. Модульний елемент у режимі «нуль», полярність 2:

а – вид справа, б – вид зліва

Згідно рис. 27 представимо модульний елемент у режимі «нуль» з вмиканням полярностей 1 та 2 у межах однієї секції, який буде показаний на рис. 28.



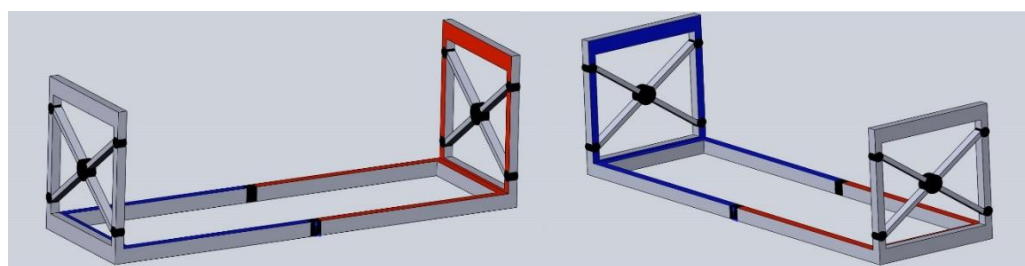
а)

б)

Рис. 28. Модульний елемент у режимі «нуль», полярність 1 та 2 у межах однієї секції:

а – вид справа, б – вид зліва

Згідно рис. 28, представимо зворотню схему вмикання «нуль» з полярностями 1 та 2 у межах однієї секції.



а)

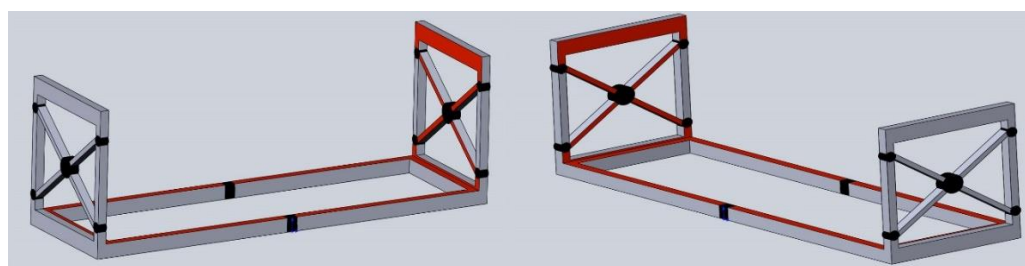
б)

Рис. 29. Модульний елемент у режимі «нуль», полярність 1 та 2 у межах однієї секції:

а – вид справа, б – вид зліва

5.3 Моделювання вмикання модульних елементів у режимі «вісімка»

Представимо візуалізацію вмикання модульних елементів котушок у режимі «вісімка».

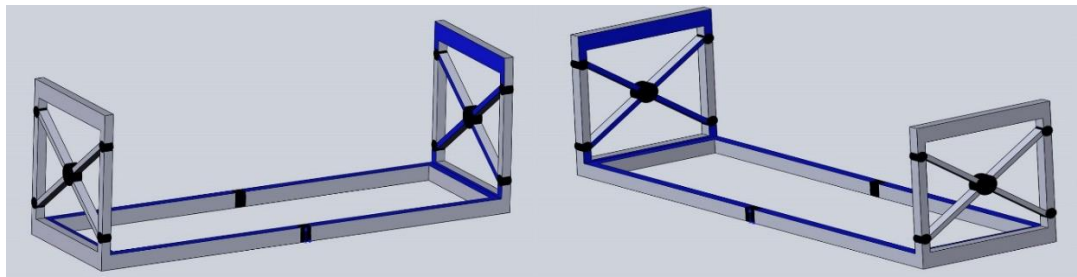


а)

б)

Рис. 30. Модульний елемент у режимі «вісімка», полярність 1:

а – вид справа, б – вид зліва



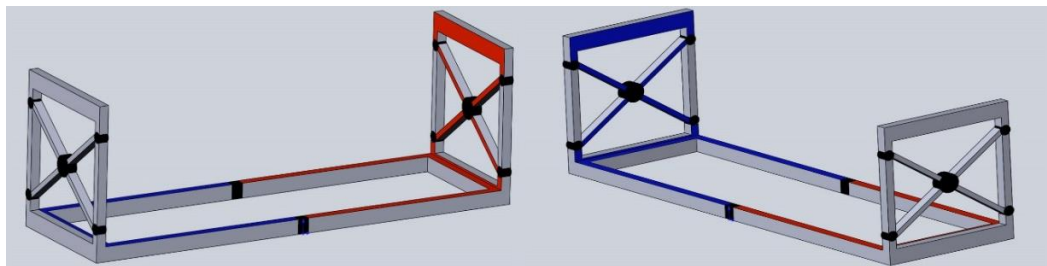
а)

б)

Рис. 31. Модульний елемент у режимі «вісімка», полярність 2:

а – вид справа, б – вид зліва

Згідно рис. 31, представимо зворотню схему вмикання «вісімка» з полярностями 1 та 2 у межах однієї секції.



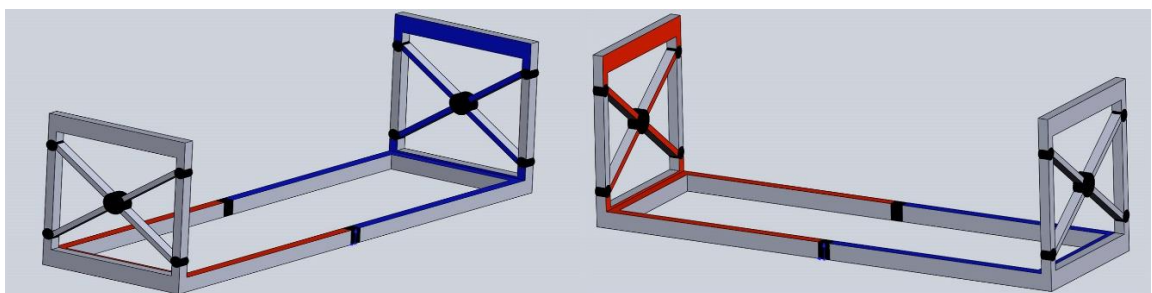
а)

б)

Рис. 32. Модульний елемент у режимі «вісімка», полярність 1 та 2 у межах однієї секції

а – вид справа, б – вид зліва

Згідно рис. 32, представимо зворотню схему вмикання «вісімка» з полярностями 1 та 2 у межах однієї секції



а)

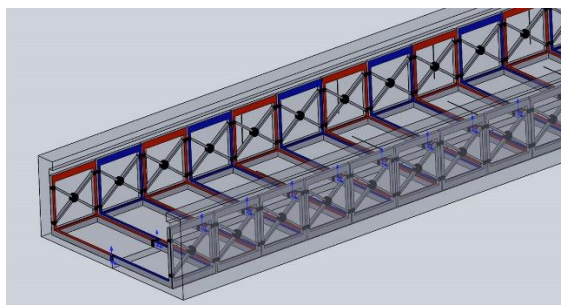
б)

Рис. 33. Модульний елемент у режимі «вісімка», полярність 1 та 2 у межах однієї секції

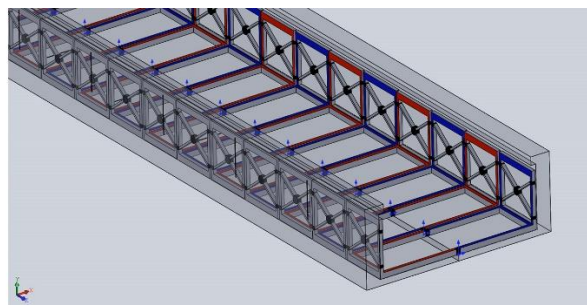
а – вид справа, б – вид зліва

5.5 Моделювання комбінованих модульних елементів на базі шляхової структури

Представимо розташування катушок модульних елементів на базі шляхової структури, використовуючі різні варіації вмикання.



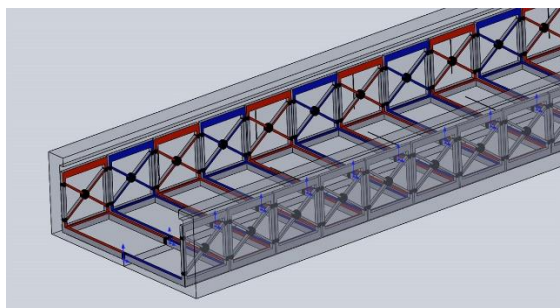
а)



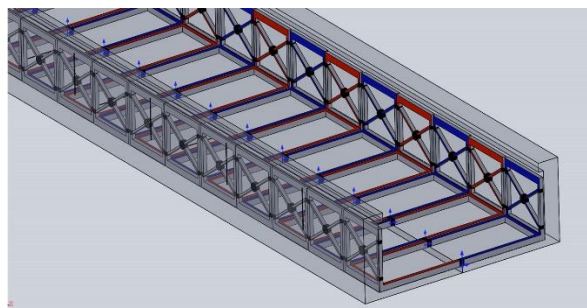
б)

Рис. 36. Розташування катушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «нуль»:

а – вид справа, б – вид зліва



а)



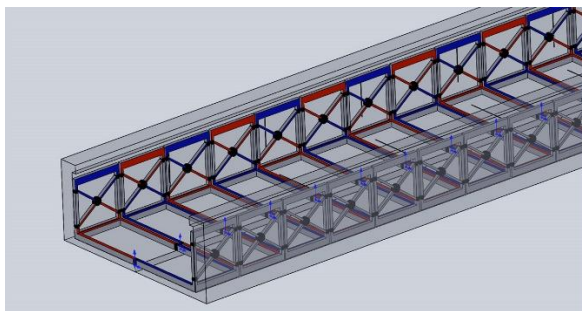
б)

Рис. 37. Розташування катушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка»:

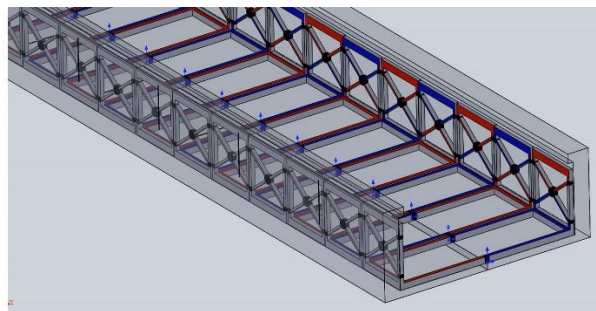
а – вид справа, б – вид зліва

Остаточне моделювання вигляду комбінованих модульних елементів, які розташовані вздовж шляхової структури, зображене на рис. 38. Вигляд цього режиму передбачає візуалізацію структури під час переходу від режиму розгону до режиму усталеного руху.

В шляховій структурі розташовуються комбіновані модульні елементи з рівномірною відстанню.



а)



б)

Рис. 38. Розташування котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», комбіноване вмикання полярностей:

а – вид справа, б – вид зліва

5.6 Моделювання рухомого складу та комбінованих модульних елементів на базі шляхової структури

Остаточна візуалізація представляє собою моделювання рухомого складу, комбінованих модульних елементів, які розташовані вздовж шляхової структури.

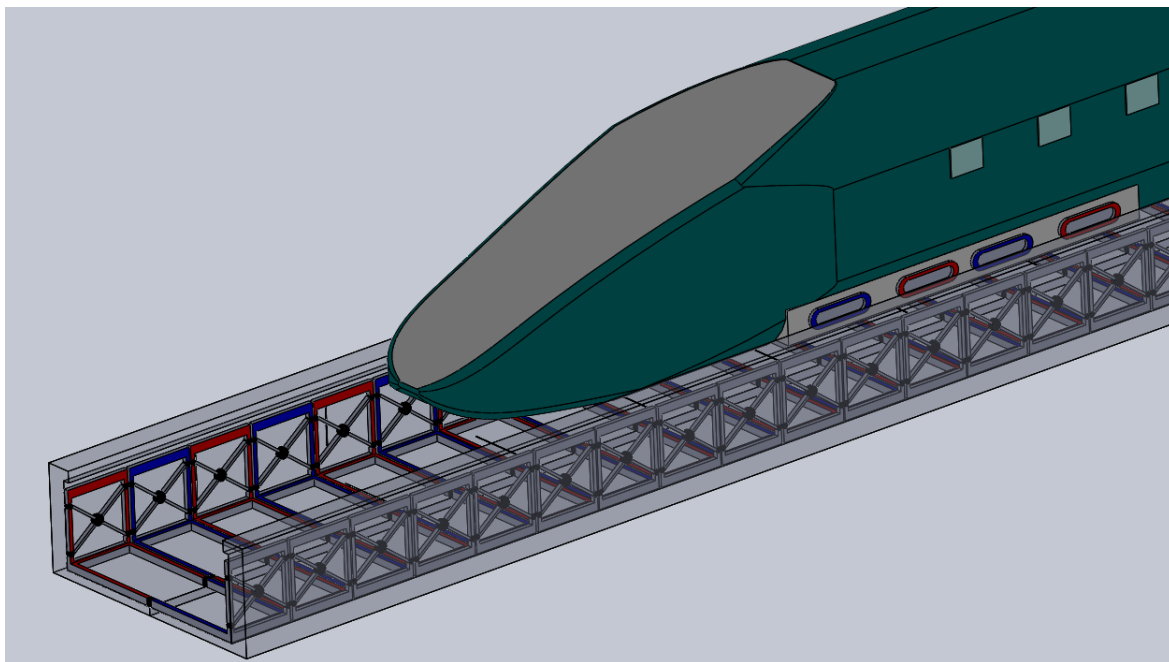


Рис. 39. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «нуль», вид справа

Для отримання більш детальної візуалізації системи, зобразимо її з іншого кута огляду, який буде представлений на рис. 40.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР21.01.ПЗ

Лист

49

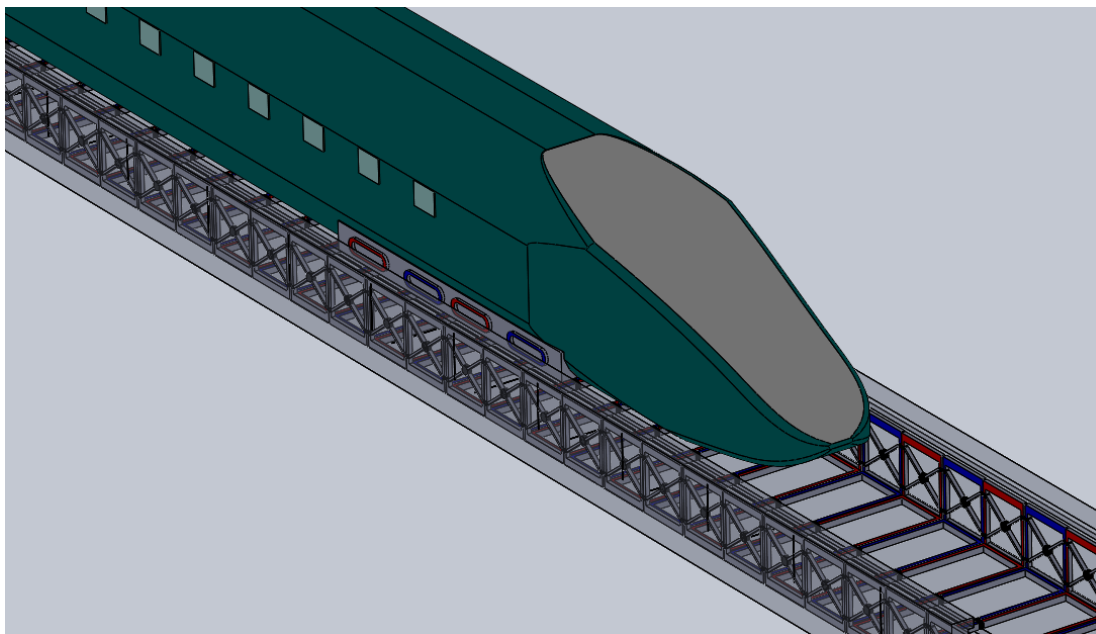


Рис. 40. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «нуль», вид зліва

На рис. 41 показана візуалізація моделі рухомого складу, котушок модульних елементів після перимикання полюсів.

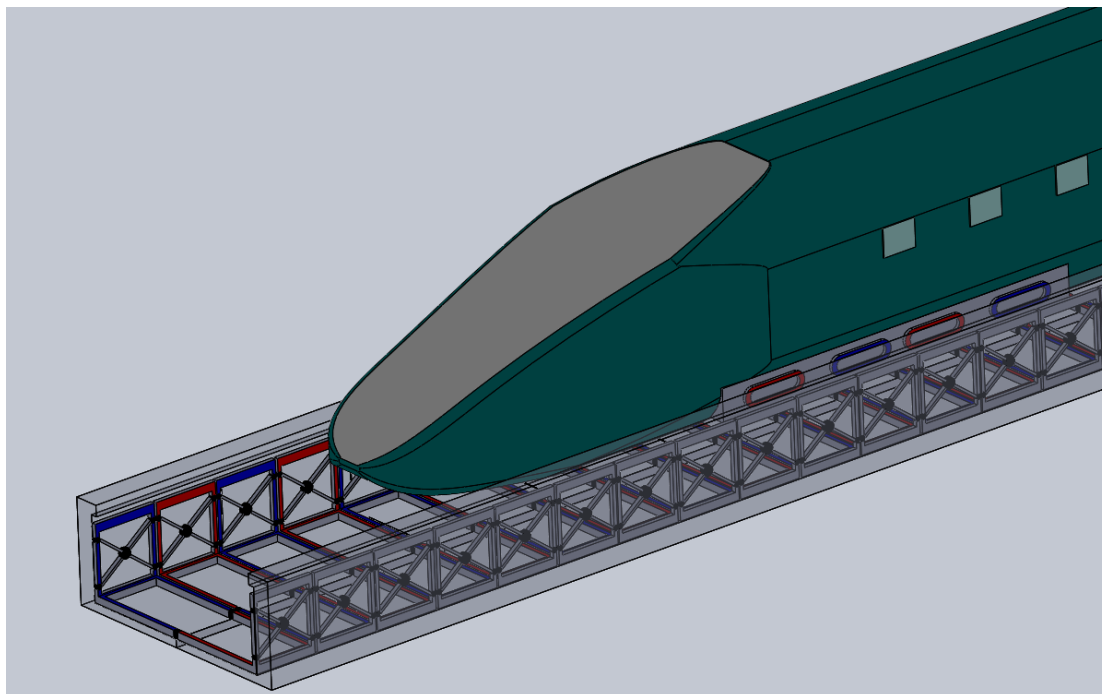


Рис. 41. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «нуль-2», вид справа

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР21.01.ПЗ

Лист

50

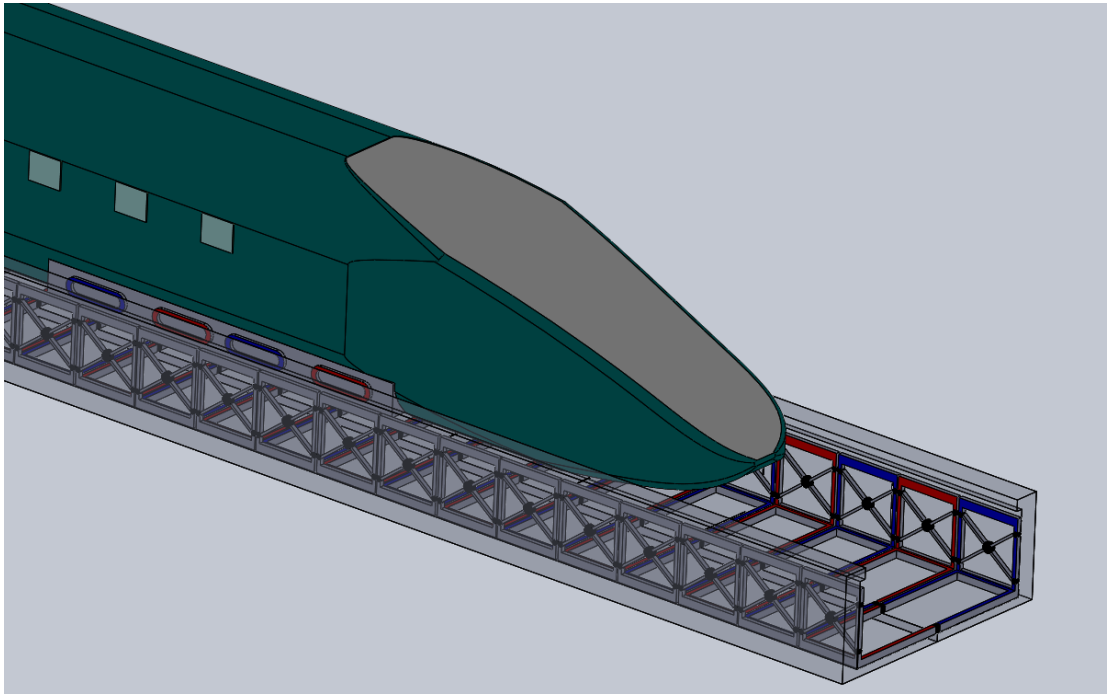


Рис. 42. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «нуль-2, вид зліва

Зобразимо вмикання комбінованих модульних елементів у режимі «вісімка». Вмикання системи при вмиканні котушок за схемою загальної вісімки буде мати вигляд, який показаний на рис. 43.

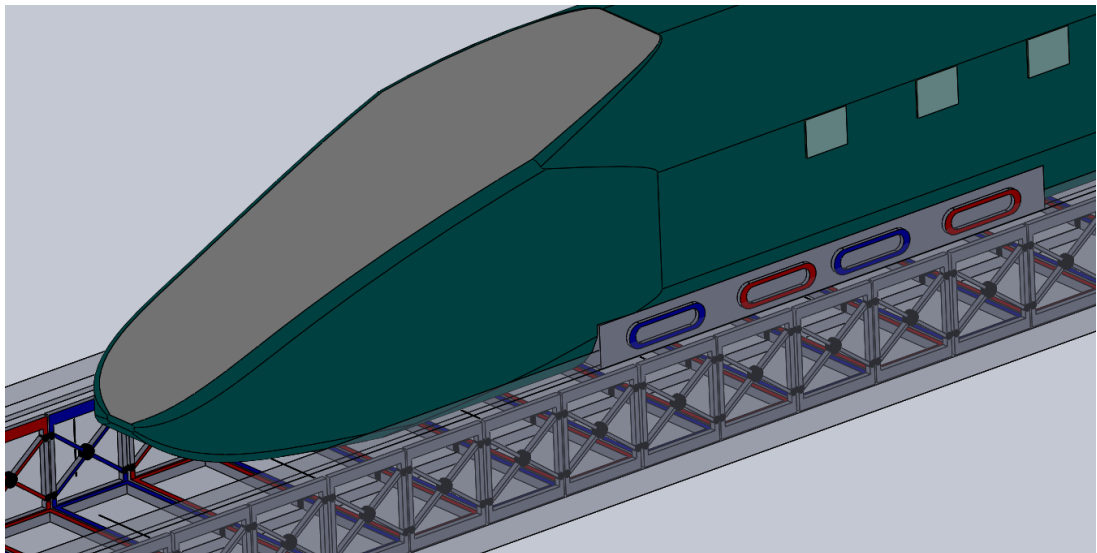


Рис. 43. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», вид справа

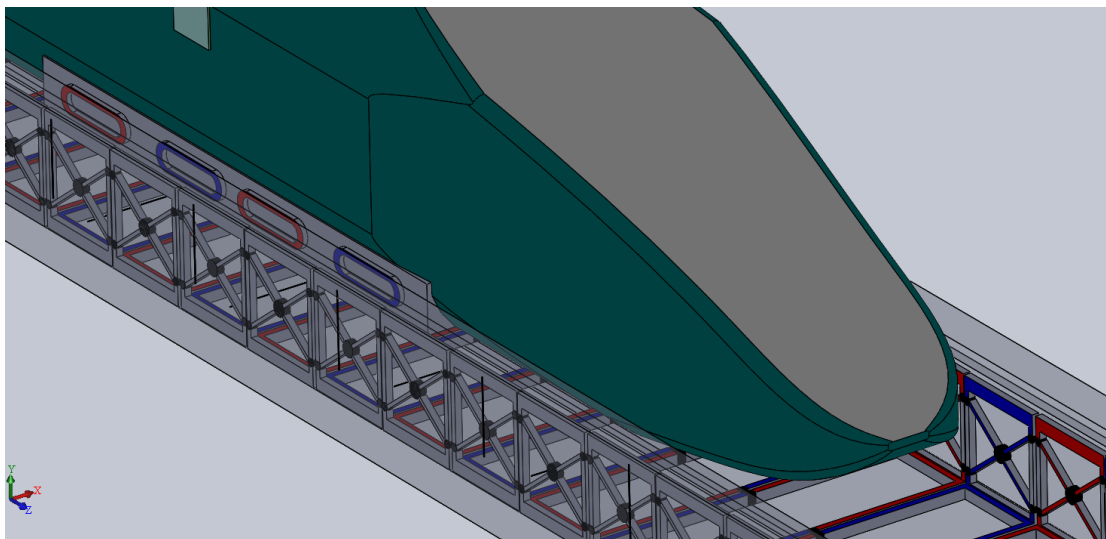


Рис. 44. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», вид зліва

Після перимикання полярностей системи візуалізація буде мати наступний вигляд, який показаний на рис. 45.

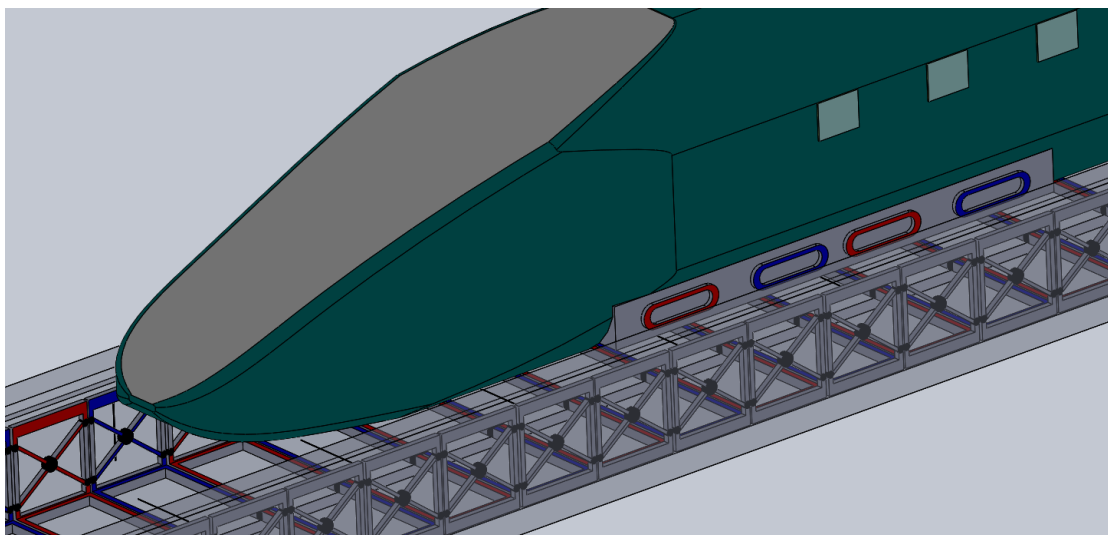


Рис. 45. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», вид справа

Згідно з рис. 45 розглянемо цю ж саму систему, але для отримання більш детальної візуалізації створюваної системи розташування рухомого складу котушок модульних елементів на базі шляхової структури, зобразимо її з іншого кута огляду, який буде представлений на рис. 46.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР21.01.ПЗ

Лист

52

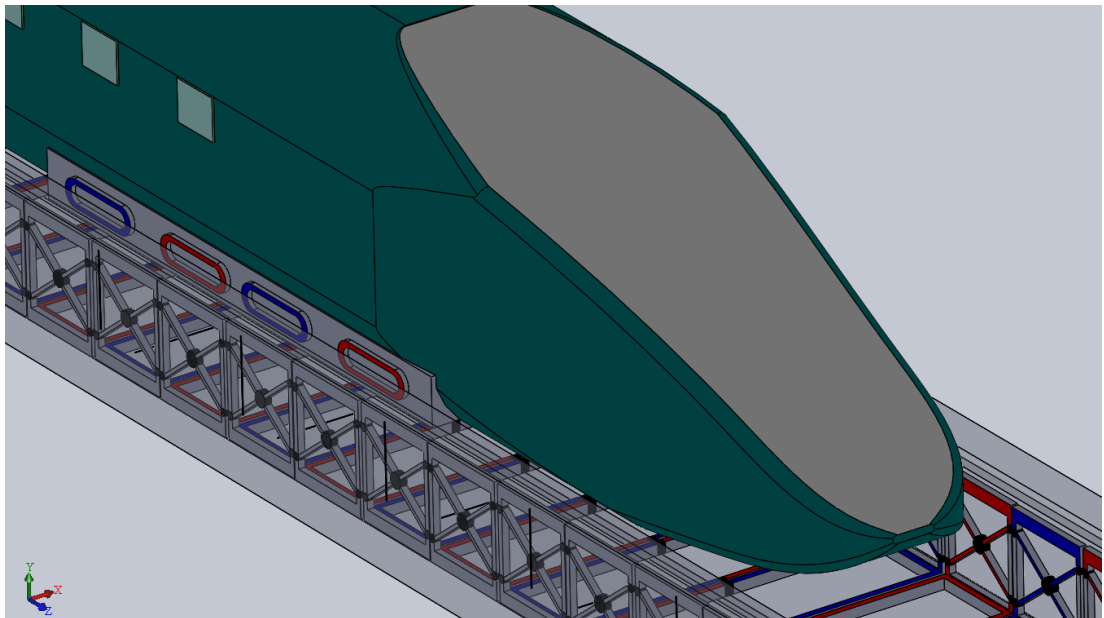


Рис. 46. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», вид зліва

Останнім етапом є побудова моделі у стані комбінованого вмикання режиму «вісімка».

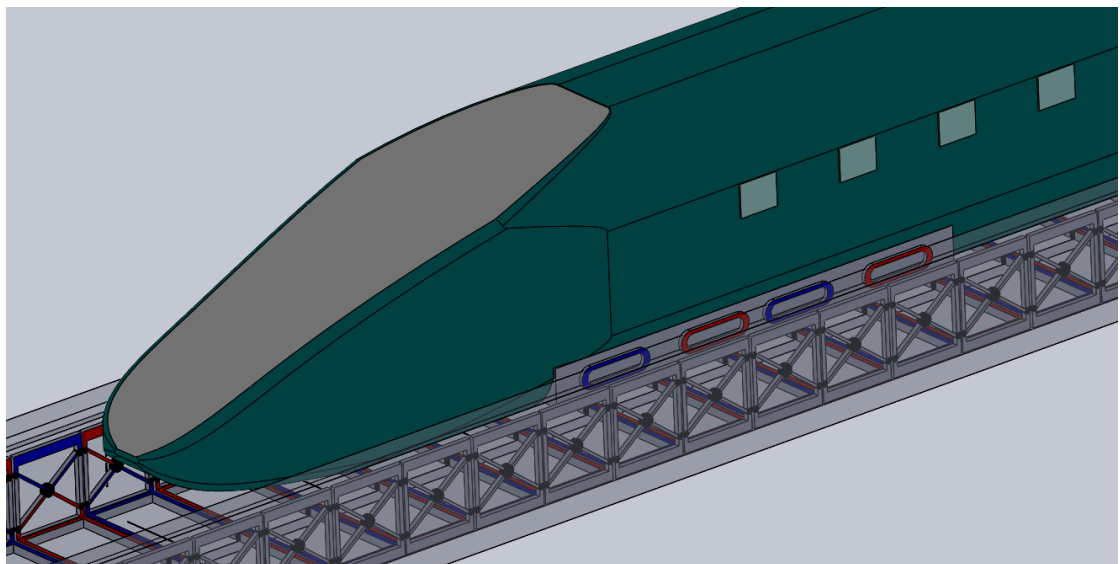


Рис. 47. Розташування рухомого складу, котушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», комбіноване вмикання полярностей, вид справа

Розглянемо систему, яка показана на рис. 47, з іншого кута огляду, який буде представлений на рис. 48.

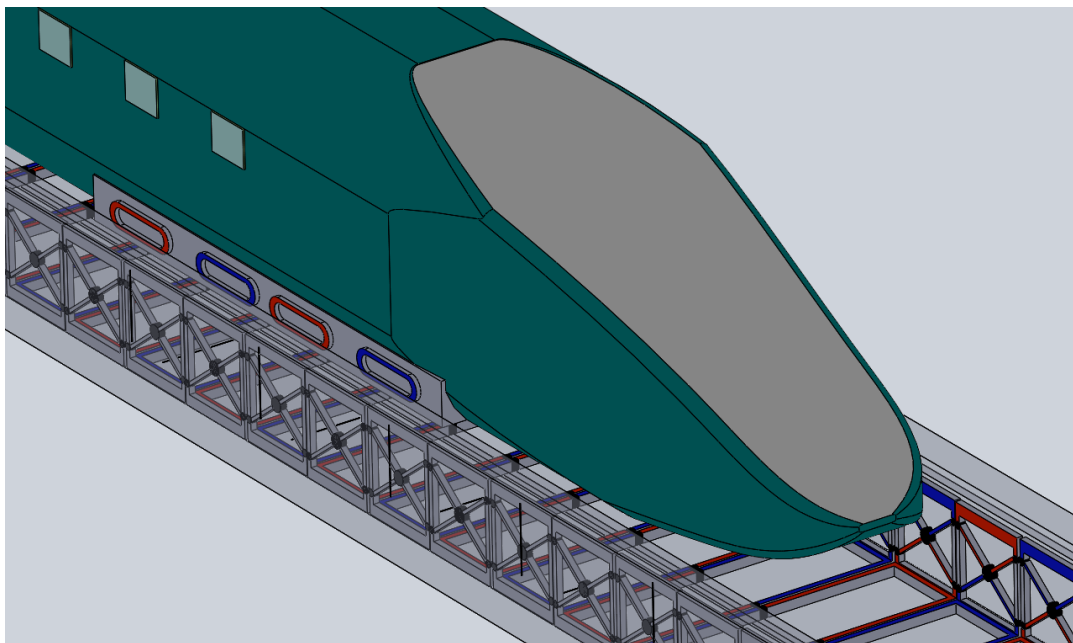


Рис. 48. Розташування рухомого складу, катушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», комбіноване вмикання полярностей, вид зліва

Після перимикання полярностей система буде мати вигляд, який показаний на рис. 49.

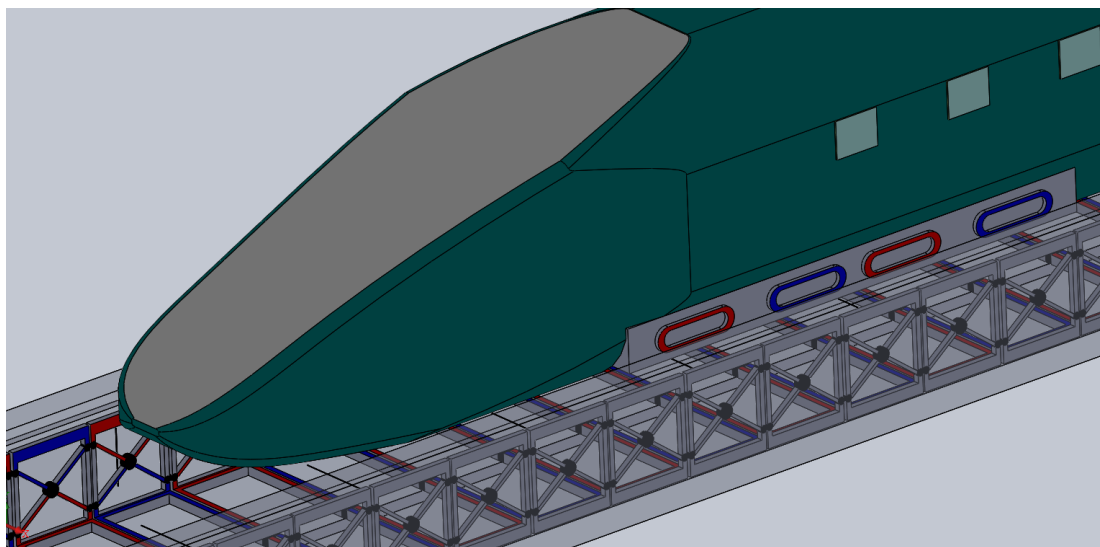


Рис. 49. Розташування рухомого складу, катушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», комбіноване вмикання полярностей, вид справа

Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

0024.ДМР21.01.ПЗ

Лист

54

Остаточний вигляд системи з комбінованим вмиканням модульних елементів показаний на рис. 50.

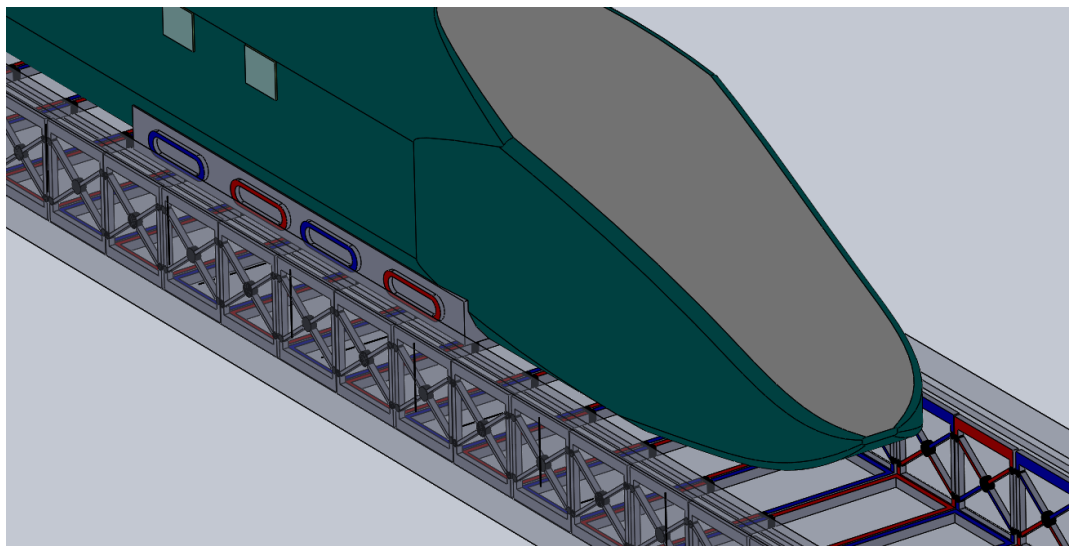


Рис. 50. Розташування рухомого складу, катушок модульних елементів на базі шляхової структури, режим вмикання «вісімка», комбіноване вмикання полярностей, вид зліва

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Вимоги безпеки під час знаходження поблизу ділянок магнітолевітаційного транспорту

Питання охорони праці та безпеки є важливою частиною будь-якої сфери діяльності. Через підвищену небезпеку під час знаходження безпосередньо біля ділянок магнітолевітаційного транспорту потрібно дотримуватись вимог охорони праці. Це обумовлено тим, що цей вид транспорту має високу швидкість. Основними причинами небезпеки на ділянках магнітолевітаційного транспорту може бути пошкодження елементів колії або рухомого складу, негативний вплив на організм людини від електромагнітного поля, контакт з небезпечними матеріалами.

Електромагнітне поле негативно впливає на організм людини, яка знаходиться в середовищі, де наявне високе значення струму. При підвищених частотах найбільш негативних наслідків може завдати саме електрична складова електромагнітного поля. Визначено, що найбільш чутливими до дії електромагнітних полів є нейродинамічні процеси, що протікають у організмі людини. Дія електромагнітного поля на організм людини полягає у тому, що можуть виникати різноманітні гострі або хронічні прояви порушення фізіологічних процесів організму людини. Найбільшої шкоди під час знаходження у зоні дії електромагнітних сил можуть зазнавати: нервова система, структура кори головного та спинного мозку, а також серцево-судинна система.

Під час тривалого знаходження у зоні електромагнітного випромінювання пошкодження нервової та серцево-судинної системи можуть накопичуватись з часом, але при зменшенні впливу електромагнітного випромінювання та зменшенні часу, проведеного під впливом у зоні випромінювань, пошкодження можуть зменшуватись та взагалі зникати.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Магнітолевітаційний транспорт має значну перевагу проти впливу на навколишнє середовище та випадкових людей, адже шляхова мережа будується на окремій трасі, яка має значну висоту. Найбільшу небезпеку електромагнітне випромінювання може завдавати саме пасажиром або екіпажу рухомого складу. У перших прототипах маглевів, які використовують електродинамічну підвіску та мають надпровідні котушки на борту, візки встановлювались вздовж всього вагону. Це призвело до того, що люди були під значним впливом електромагнітного поля. З часом цю технологію вирішили модифікувати та встановити екранування. Така система не показала свою життєздатність, адже вага рухомого складу значно збільшилась. Наступним кроком було вирішення встановлення візків з надпровідними катушками на початку і кінці вагонів. Таке їх розташування зменшило вплив електромагнітного випромінювання на організм людини. Ця система використовується і у наш час.

Вимоги до роботодавців для захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів та безпеки зменшення впливу працівників від електромагнітного впливу затверджені наказом № 99 Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 05.02.2014 [14] та у державних санітарних нормах і правилах захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань (ДСанПіН 3.3.6.096-2002) [15].

Вимоги, які представлені для створення безпечних, задовільних умов праці, що не будуть шкодити людському організму, повинні відповідати провідним європейським стандартам з безпеки та охорони праці. Такі умови можливо створити у випадку належного запезпечення робочих місць та інших приміщень для роботи людей під дією електромагнітного випромінювання.

Згідно державним санітарним нормам і правилам при роботі з джерелами електромагнітних випромінювань [16], роботодавцю потрібно організовувати вимірювання поточного значення напруженості електричної та магнітної складової електромагнітних кіл, забезпечувати належне облаштування виробничих та технічних приміщень, забезпечувати робітників засобами

індивідуального захисту, спеціальним одягом та необхідним оснащенням, яке потрібно для виконуваних робіт або інших операцій на ділянках магніто левітаційного транспорту.

Для виходу на ділянки магнітолевітаційного транспорту повинні допускатися працівники, які мають необхідну кваліфікацію та пройшли відповідні інструктажі з техніки безпеки та охорони праці.

Вимоги щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці шляхом належного облаштування робочих місць і виробничих, санітарно-побутових та інших приміщень повинні відповідати загальним вимогам стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників.

Роботодавець перед початком робіт у разі застосування джерел електромагнітних полів повинен:

- організувати вимірювання напруженості електричної і магнітної складових електромагнітних полів відповідно до ДСанПіН 3.3.6.096-2002;
- з урахуванням результатів гігієнічного оцінювання забезпечити облаштування виробничих приміщень і розташування обладнання відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.6.096-2002;
- забезпечити працівників засобами індивідуального захисту від дії електромагнітних полів та забезпечити спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту

Перед початком роботи та під час проведення робіт роботодавець повинен особливо звернути увагу на:

- рівень, частотний спектр, тривалість та характер впливу електромагнітних полів;
- гранично-допустимий рівень (ГДР) показників електромагнітних полів;
- можливість прямого впливу електромагнітних полів на безпеку і здоров'я працівників;

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

- можливість будь-якого непрямого впливу, зокрема вірогідність створення перешкод у роботі медичного електронного обладнання та електронних приладів, включаючи кардіостимулятори та інші імплантовані пристрої; небезпеки, спричиненої частками, що падають від феромагнітних предметів у магнітних полях з магнітною індукцією вище 3 мТл; ініціалізації електровибухових пристроїв (детонаторів); займання легкозаймистих матеріалів та вибухів, спричинених іскрами, що можуть виникнути завдяки індукованим струмам;
- доцільність заміни обладнання з метою зменшення рівня електромагнітних полів;
- інформацію, отриману під час проходження медичного огляду, щодо стану здоров'я працівників;
- наявність кількох одночасно працюючих джерел електромагнітних полів;
- одночасний вплив електромагнітних полів різної частоти.

Тривалість перебування працівників у робочих зонах не повинна перевищувати значень, наведених у ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

У випадках, коли рівень електромагнітних полів перевищує ГДР, роботодавець повинен вжити заходів, спрямованих на зниження рівня електромагнітного поля, а якщо це неможливо, – зменшення тривалості перебування працівників під його впливом, а також змінити засоби захисту від шкідливого впливу та застосувати відповідні попереджувальні пристрої.

Роботодавець повинен інформувати працівників і провести відповідний інструктаж для них та їх уповноважених представників з питань охорони праці.

При виявленні перевищення ГДР електромагнітних полів працівникам, які піддалися дії цих полів, повинно бути проведено позачергове медичне обстеження. Якщо за результатами цього обстеження виявлено, що здоров'ю працівника було завдано шкоди, мають бути переглянуті ГДР

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

електромагнітного поля у відповідній робочій зоні або тривалість перебування працівника у цій зоні.

Захист від вібрації повинен забезпечуватись згідно Державним санітарним нормам виробничої загальної та локальної вібрації (ДСН 3.3.6.039-99) [17].

За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну вібрацію. Загальна вібрація передається на тіло людини, яка сидить або стоїть, переважно через опорні поверхні. Локальна вібрація передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням. До обладнання, що вібрує, відноситься обладнання, під час роботи з яким виникає вібрація, що становить не менше 20 % від значення допустимих величин віброшвидкості та віброприскорення. До експлуатації повинно допускатися тільки справне обладнання, що відповідає вимогам даних норм. У технічному паспорті на обладнання, що вібрує, повинна бути вказана максимальна сила натискання, яка потрібна для роботи машин у паспортному режимі, та вага машини, що припадає на руки працюючого. Ручні машини, що проектуються та експлуатуються, повинні відповідати вимогам даних Санітарних норм та правил та нормативно-технічних документів, погоджених з органами Держсанепіднагляду. Раціональний режим праці робітників вібронебезпечних професій встановлюється для конкретного робочого місця або виконання конкретних технологічних операцій, якщо вібрація перевищує гранично допустимі рівні не більше ніж на 12 дБ. Основними документами, які регулюють обмеження рівня шуму та контроль за дотриманням тиші в населених пунктах, є Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови [18].

Проведення на захищених об'єктах ремонтних робіт, що супроводжуються шумом, забороняється у робочі дні з двадцять першої до восьмої години, а у

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

святкові та неробочі дні — цілодобово. Власник або орендар приміщень, у яких передбачається проведення ремонтних робіт, зобов'язаний повідомити мешканців прилеглих квартир про початок зазначених робіт. За згодою мешканців усіх прилеглих квартир ремонтні та будівельні роботи можуть проводитися також у святкові та неробочі дні. Шум, що утворюється під час проведення будівельних робіт, не повинен перевищувати санітарних норм цілодобово.

6.2 Дії працівників (персоналу) в аварійних (надзвичайних) ситуаціях

При організації аварійно-рятувальних робіт з ліквідації наслідків транспортних аварій та катастроф необхідно враховувати такі особливості:

- аварії та катастрофи відбуваються в дорозі, як правило, раптово, в більшості випадків за високої швидкості руху транспорту, що призводить до тілесних ушкоджень у постраждалих, часто до виникнення у них шокового стану, нерідко до загибелі;
- несвоєчасне отримання достовірної інформації про те, що сталося, веде до зростання кількості жертв, у тому числі через відсутність навичок виживання у постраждалих; відсутність, як правило, на початковому етапі робіт спеціальної техніки, необхідних засобів гасіння пожеж та труднощі в організації ефективних способів евакуації з аварійних транспортних засобів;
- складність у визначенні кількості постраждалих;
- ускладнення обстановки у разі аварії транспортних засобів, що перевозять небезпечні речовини;
- необхідність організації пошуку останків загиблих та речових доказів катастрофи часто на великих площах;
- необхідність якнайшвидшого відновлення руху з транспортних комунікацій.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

Аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи при ліквідації аварій на залізничному транспорті включають:

- збирання інформації, розвідку та оцінку обстановки;
- визначення меж небезпечної зони, її огороження та оточення;
- проведення аварійно-рятувальних робіт з метою допомоги постраждалим;
- ліквідацію наслідків аварії (локалізація джерела надзвичайної ситуації, гасіння пожежі та ін.);
- аварійно-відновлювальні роботи на електричних мережах та комунікаціях.

При зіткненнях, різкій зупинці поїзда та перевертанні вагонів пасажирського поїзда типовими травмами пасажирів є забиті місця, переломи, струси головного мозку, здавлювання.

У випадках, коли пасажирські поїзди виявляються заблокованими сніговими заметами, обвалами, лавинами, селевими потоками, водою, завдання рятувальників зводиться до виявлення потерпілих, їхнього звільнення та надання їм допомоги.

У разі великих аварій і катастроф на залізничному транспорті доцільно призначати оперативну групу з такими завданнями:

- організація та безпосереднє здійснення у районі катастрофи безперервного моніторингу обстановки, оцінки масштабів та прогнозування подальшого її розвитку;
- вироблення пропозицій та прийняття рішень щодо локалізації та ліквідації наслідків катастрофи, захисту населення та навколишнього середовища у зоні надзвичайної ситуації;
- залучення до робіт усіх наявних сил та засобів, підготовка пропозицій щодо використання всіх видів ресурсів;

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

- організація та контроль оповіщення населення, планування та організація евакуації населення із зони надзвичайної ситуації.

Основними видами аварійно-рятувальних робіт при аваріях на залізничних переїздах є локалізація та ліквідація впливу вторинних факторів ураження, пошук і деблокування людей, надання ураженим першої медичної допомоги та їх евакуація.

При великих обсягах аварійно-рятувальних робіт або пожежах, що виникли, за наказом начальника відділення або начальника залізниці до місця події, направляються відновлювальні та пожежні поїзди, що діють за відповідним планом. Начальник відновного поїзда після прибуття на місце події відповідає за виконання оперативного плану відновлення руху в частині підйому вагонів, відновлення енергомереж та лінії зв'язку. Ці роботи виконуються негайно з однієї або двох сторін полотна, а також поза полотном – тягачами, тракторами та іншими тяговими засобами.

При пожежах вражаючими факторами є: висока температура, відкритий вогонь, що швидко поширюється, і отруйні речовини, що виникають у процесі горіння.

Заходи щодо порятунку постраждалих у таких надзвичайних ситуаціях визначаються характером ураження людей, розміром ушкодження технічних засобів, наявністю вторинних факторів, що вражають.

При порятунку постраждалих в аварії під час перевезення небезпечних вантажів проводяться:

- розвідка та оцінка обстановки, визначення межі небезпечної зони та її огороження;
- локалізація та ліквідація наслідків факторів, що вражають;
- пошук постраждалих, забезпечення їх засобами індивідуального захисту та евакуація із небезпечної зони;
- надання постраждалим першої медичної допомоги;

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

- контроль вмісту небезпечних речовин у повітрі, воді та ґрунті.

Водою, піною і абсорбційними матеріалами гасять гарячу рідину, що розтеклася. Можливе відведення рідини, що розтеклася, по канавах або обвалування землі для направлення рідини в безпечне місце.

Керівник підприємства зобов'язаний забезпечити утримання, експлуатацію і обслуговування електроустановок відповідно до вимог чинних нормативних документів, забезпечити достатню кількість електротехнічних працівників, затвердити Положення про енергетичну службу підприємства, а також посадові інструкції і інструкції з охорони праці, забезпечити перевірку знань працівників у встановлені строки згідно з вимогами правил «Правил технічної експлуатації електроустановок» [19].

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються зі зняттям напруги, належать роботи, що проводяться в електроустановці (або її частині), в якій зі струмовідних частин знято напругу і доступ в електроустановки (або їх частини), що перебувають під напругою, унеможливлено.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах.

В електроустановках напругою понад 1000 В, а також з напругою до 1000 В до цих самих робіт належать роботи, які виконуються на відстанях від струмовідних частин.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Роботою без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмовідних частин на відстань, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Організаційними заходами, якими досягається безпека робіт в електроустановках, є:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи;
- нагляд під час виконання робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

На кожному об'єкті відповідним документом (наказом, інструкцією тощо) повинен бути встановлений протипожежний режим, який включає:

- порядок утримання шляхів евакуації;
- визначення спеціальних місць для куріння;
- порядок застосування відкритого вогню;
- порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт;
- порядок огляду й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- порядок організації експлуатації і обслуговування наявних засобів протипожежного захисту;

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

- порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів та оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;

Працівники об'єкта мають бути ознайомлені з цими вимогами на інструктажах. Для кожного приміщення об'єкта мають бути розроблені та затверджені керівником об'єкта або уповноваженою ним посадовою особою інструкції про заходи пожежної безпеки [20].

У цих інструкціях повинні вказуватися:

- категорія приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки (для виробничих, складських приміщень та лабораторій);
- вимоги щодо утримання евакуаційних шляхів та виходів;
- спеціальні місця для куріння та вимоги до них;
- порядок утримання приміщень, робочих місць;
- порядок зберігання та застосування легкозаймистих рідин, горючих рідин, пожежовибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- порядок утримання та зберігання спецодягу;
- порядок проведення зварювальних та інших вогневих робіт;
- порядок огляду, вимкнення електроустановок, приведення в пожежобезпечний стан приміщень та робочих місць, закриття приміщень після закінчення роботи;
- заходи пожежної безпеки при роботі на технологічних установках та апаратах, які мають підвищену пожежну небезпеку;
- обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі.

Ці інструкції мають вивчатися під час проведення протипожежних інструктажів, проходження навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму, а також в системі виробничого навчання і вивішуватися на видимих місцях.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

Після завершення виконання дипломної магістерської роботи можна виділити наступні результати:

- виконано дослідження котушок живлення шляхової структури, представлено загальну інформацію про магнітолевітаційний транспорт, виконаний аналіз цього виду транспорту, а також основні варіанти реалізації системи підвісу маглевів, визначено їх переваги та недоліки;
- представлено концепцію інноваційної системи керування шляховим елементом на базі системи живлення шляхової структури та розглянуті можливі варіанти реалізації цієї системи, надані функціональні схеми та топологія представленої структури;
- проведено розрахунок параметрів системи підйому маглева з електродинамічним підвісом;
- досліджено функціональну схему та характеристики маглева за допомогою імітаційної моделі;
- розроблено топологію ввімкнень у вигляді схем та таблиць, а також було виконана візуалізація цієї системи за допомогою 3D-моделювання котушок шляхової структури.

На основі виконаної роботи можна зробити висновок, що була запропонована та розроблена початкова ідея концепції для магнітолевітаційного транспорту з електродинамічним підвісом у вигляді інноваційних модульних шляхових елементів, які представляють собою котушки для шляхової структури. Розроблена система потребує більш детального дослідження та вдосконалення.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пассажирский транспорт [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://traffic.od.ua/news/eltransua/1226743>.
2. Review of Magnetic Levitation (MAGLEV): A Technology to Propel Vehicles with Magnets [Текст] / Nivritti Mehta, Aman Gupta, Akshay Chaudhary and Prof. D.V.Mahindru, – (Global Journal Of Research In Engineering) // Global Journals Inc. – 2013. – № 13. – С. 29-42 / Режим доступа: <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/858>.
3. TRANSRAPID DESIGN HISTORY [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://www.maglev.net/transrapid-design-history>.
4. JR-Maglev [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/JR-Maglev>.
5. Survey of foreign maglev systems [Текст] / He J. L., Rote D. M., Coffey H. T., // Center for Transportation Research. – 1992. – 88 с./ Режим доступа: <https://www.osti.gov/servlets/purl/10134413>.
6. Superconductors [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://www.physicscentral.com/explore/action/super.cfm>.
7. MAGLEV – Worldwide Status and Technical Review [Текст] / Cassat A., Bourquin V., // Transportation Engineering System Research. – 2011. – 53 с./ Режимдоступа: [https://www.researchgate.net/publication/236993225_MAG LEV - Worldwide Status and Technical Review](https://www.researchgate.net/publication/236993225_MAG_LEV_-_Worldwide_Status_and_Technical_Review).
8. Review and update on MAGLEV [Електрон. ресурс] : презентація / Ohsaki Hiroyuki; Institut für Technische Physik., 2017. – Режим доступа: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000075557>.
9. Design and Control of Levitation and Guidance Systems for a Semi-High-Speed Maglev Train [Текст] / Kim Min, Jae-Hoon Jeong, Jaewon Lim, Chang-Hyun Kim, Mooncheol Won – (Journal of Electrical Engineering and Technology) // Korean Institute of Electrical Engineers. – 2017. – № 12. –

С.117-125./ Режим доступа: <http://koreascience.or.kr/article/JAKO201709641401416.pdf>.

10. Новиков В. Ф. Определение рациональных параметров тягового линейного двигателя для высокоскоростного электротранспорта [Текст]: дисертація / Новиков В. Ф. – Д. : ИТСТ НАНУ «Трансмаг», 2016. – 114 с.
11. Самоиндукция. Энергия магнитного поля [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <https://physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph21/theory.html#.YZqGk9BBxPb>.
12. Developing a High-Temperature Superconducting Bulk Magnet for the Maglev Train of the Future [Электрон. ресурс] / Hiroyuki Fujimoto; JOM., 1998. – Режим доступа: <https://www.tms.org/pubs/journals/jom/9810/Fujimoto-9810.html>.
13. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией [Текст]: монографія / В. А. Дзензерский, В. И. Омеляненко, С. В. Васильев та ін. – К. : Наукова думка, 2001. – 479с.
14. Наказ про затвердження Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу електромагнітних полів [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0335-14#Text>.
15. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>.
16. Наказ про затвердження Державних санітарних норм та правил при роботі з джерелами електромагнітних полів [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>.
17. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99 [Електрон. ресурс] / Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

18. Дотримання тиші в населених пунктах та захист від шуму (2020)
[Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://dreamdim.ua/uk/dotrymannya-tyshi-v-naselenyh-punktah-2020/>
19. Про затвердження правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ДНАОП 0.00-1.21-98) [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#Text>
20. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

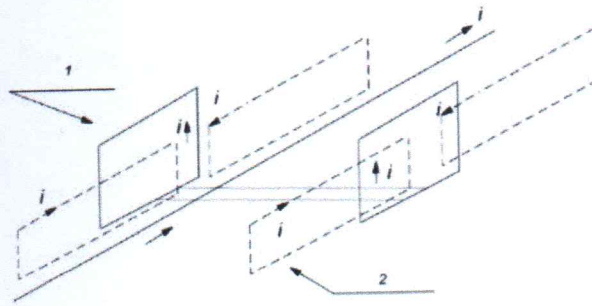
1. Схематичне зображення з'єднання котушок, концепція перемикавання котушок;
2. Графічне зображення концепції перемикачів «нуль» та «вісімка», схеми вмикачів «нуль» та «вісімка»;
3. 3D-моделювання режимів вмикачів модульних елементів та шляхової структури;
4. 3D-моделювання рухомого складу.

					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

ДОДАТОК А

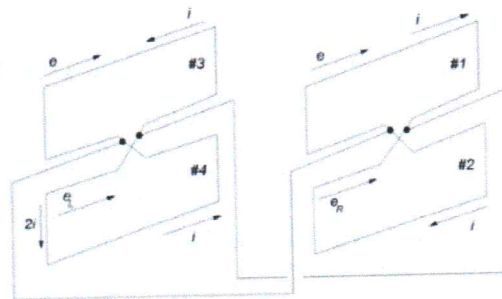
					0024.ДМР21.01.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

Схематичне зображення котушок у межах путьової структури

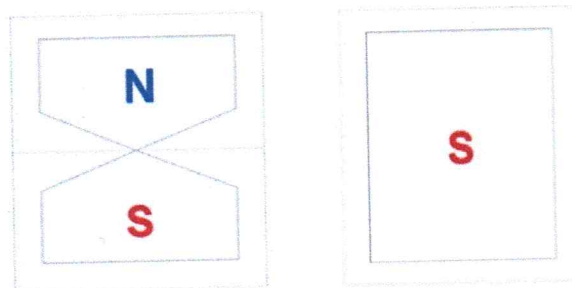


1 – рухомо-навідні котушки, 2 – надпровідні котушки;

Схематичне зображення з'єднання котушок



Концепція перемикання

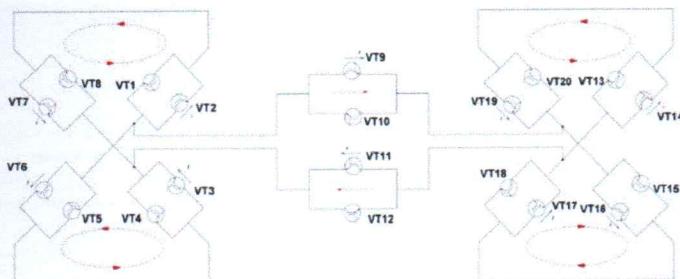


a – режим «вісімка», б – режим «нуль»;

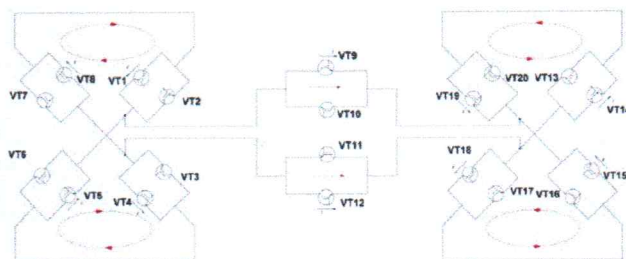
Схематичне зображення з'єднання котушок, концепція перемикання котушок

Змн.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата			
Зав. кафедр.		Муха А.М.		20.12.21	0024.ДМР21.01.ПЗ	Стад.	Аркуш
Н. контр.		Карзова О.О.		20.12.21			73
Осн. керів.		Муха А.М.		20.12.21			76
Розробив		Голота О.О.		20.12.21		УДУНТ, група ЕП2021	

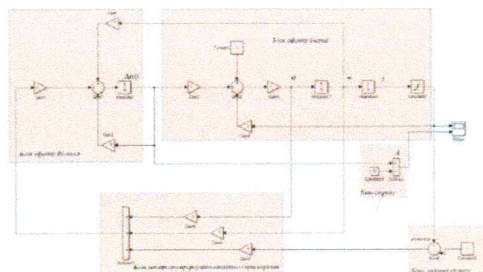
Загальна схема режиму «вісімка»



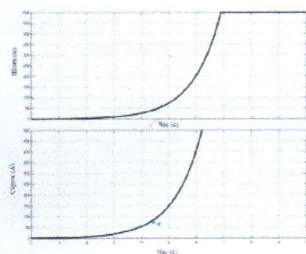
Загальна схема режиму «нуль»



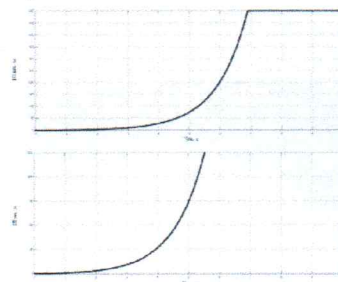
Імітаційна модель



Графіки системи тяги маглев



Графіки системи левітації маглев



					Схеми вмикань «нуль» та «вісімка», імітаційна модель, графіки імітаційної моделі		
Змн.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата			
Зав. кафедр.	Муха А.М.	20-12-21			0024.ДМР21.01.ПЗ	Стад.	Аркуш
Н. контр.	Карзова О.О.	20-12-21					Аркушів
Осн. керів.	Муха А.М.	20-12-21					74
Розробив	Голота О.О.	20-12-21				УДУНТ, група ЕП2021	
							76

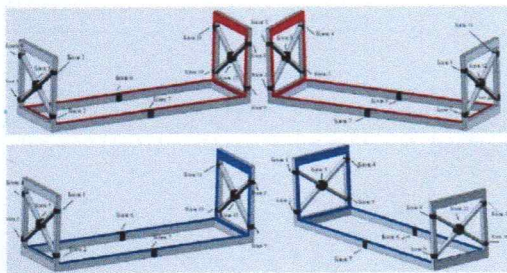
Вихідні дані

№	Показник	Величина
1	Довжина секції, м	1,07
2	Ширина секції, м	0,5
3	Струм у стані левітації, кА	700
4	Робочий струм, А	250
5	Число блоків магніту	4
6	Зазор між блоками магнітів збудження, м	0,045
7	Магнітна проникність	1
8	Кількість витків котушки надпровідного магніту	8
9	Магнітний потік, Тл	5,2
10	Вага рухомого складу, т	40
11	Струм в котушці, А	500
12	Кількість витків котушок живлення	40

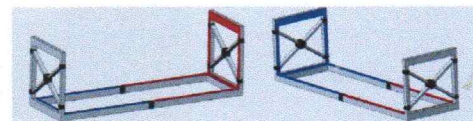
Розраховані дані

№	Показник	Величина
Розраховані значення надпровідного магніту		
1	Сила, яка створюється одним віском магніта, Н	$5,6 \cdot 10^6$
2	Сила, яку необхідно подлати для досягнення стану левітації, Н	$3,92 \cdot 10^4$
3	Магнітний потік надпровідного візка, Вб	15,457
4	Магнітна індукція, Тл	28,892
5	Сила магнітного потоку, Н	$1,158 \cdot 10^7$
Розраховані значення котушок живлення		
6	Сила, однієї секції котушок живлення, Н	30000
7	Сила створена котушкою, Н	61605
8	Магнітний потік котушки живлення, Вб	0,591
9	Магнітна індукція котушок живлення, Тл	0,011
10	Сила магнітного потоку котушок живлення, Н	36997,5

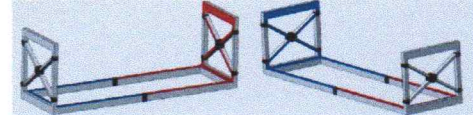
Режим вмикання «нуль» для різних полярностей



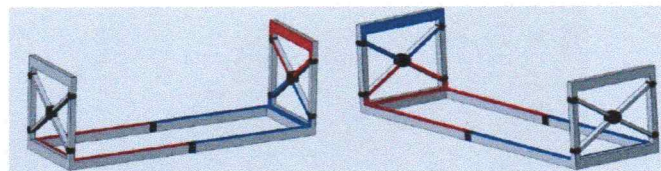
Режим вмикання «нуль» в межах одного модуля шляхового елемента



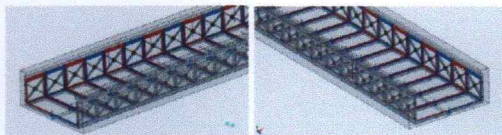
Режим вмикання «вісімка» в межах одного модуля шляхового елемента



Режим вмикання «вісімка» з різними полярностями в межах одного модуля шляхового елемента

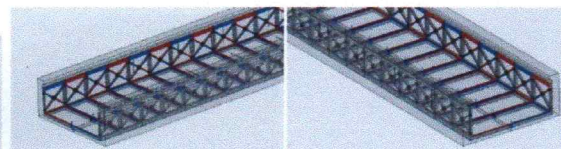


Розташування котушок модульних елементів на базі шляхової структури



режим вмикання «нуль»

Режим вмикання «вісімка»



3D-модельовання режимів вмикання модульних елементів та шляхової структури

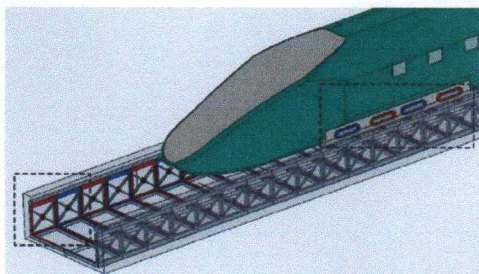
Вмн.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата
Зав. кафедр.		Муха А.М.		20.12.21
Н. контр.		Карзова О.О.		20.12.21
Осн. керів.		Муха А.М.		20.12.21
Розробив		Голота О.О.		20.12.21

0024.ДМР21.01.ПЗ

Стад.	Аркуш	Аркушів
	75	76

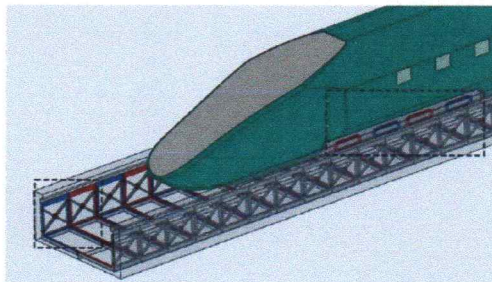
УДУНТ, група ЕП2021

Розташування рухомого складу, котушок
модульних елементів на базі шляхової структури

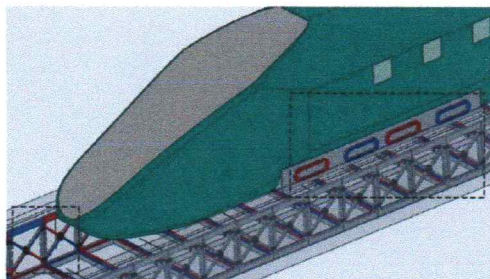


режим вмикання «нуль»

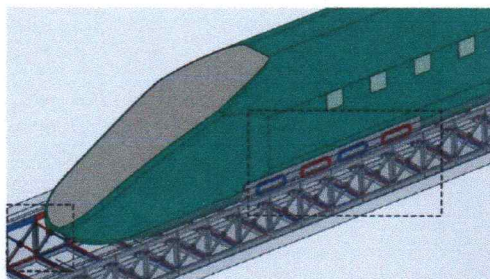
Режим вмикання «нуль», після перемикавання
полярностей



Режим вмикання «вісімка»



Режим вмикання «вісімка», після перемикавання
полярностей



3D-модельовання рухомого складу

					3D-модельовання рухомого складу				
Змн.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата	0024.ДМР21.01.ПЗ	Стад.	Аркуш	Аркушів	
Зав. кафедр.		Муха А.М.		20.12.21			76	76	
Н. контр.		Карзова О.О.		20.12.21		УДУНТ, група ЕП2021			
Осн. керів.		Муха А.М.		20.12.21					
Розробив		Голота О.О.		20.12.21					