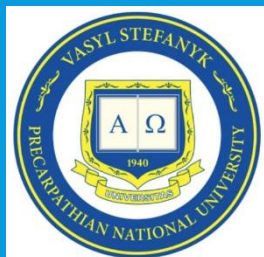


Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки



Використання гнучких комутаційних структур у складі апаратної частини мобільного робота

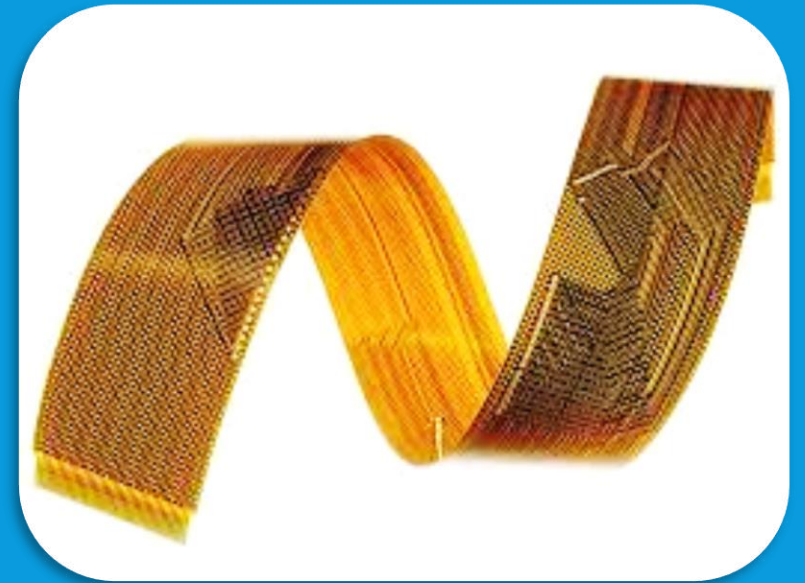
Автори: Ігор Невлюдов, Ірина Жарікова, Артем Бронніков



2nd International Conference on Innovative Solutions
in Software Engineering (ICISSE) Nov 29-30, 2023, Ivano-Frankivsk, Ukraine

Об'єкт дослідження

- ❖ **Об'єкт дослідження** – комутаційні процеси в апаратній частині мобільних робототехнічних платформ.
- ❖ **Предмет дослідження** – комутаційна система мобільної робототехнічної платформи на основі гнучких комутаційних структур (ГКС).



Матеріал ГКС – полімід марки ПМ-А
товщиною 100 мкм

ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ГКС

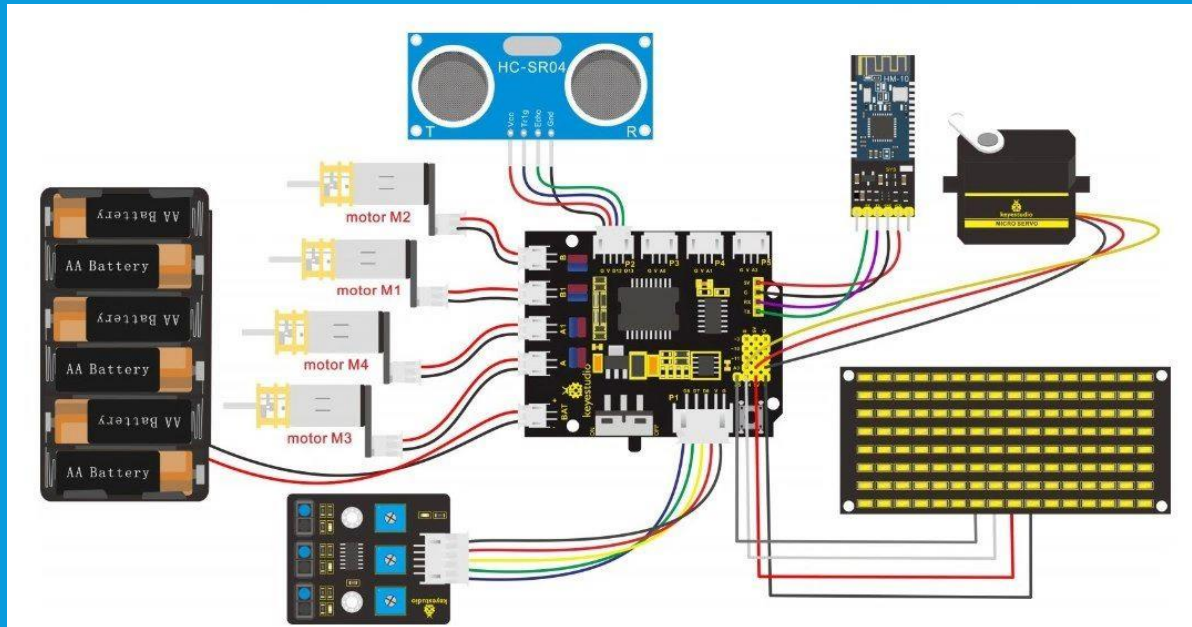
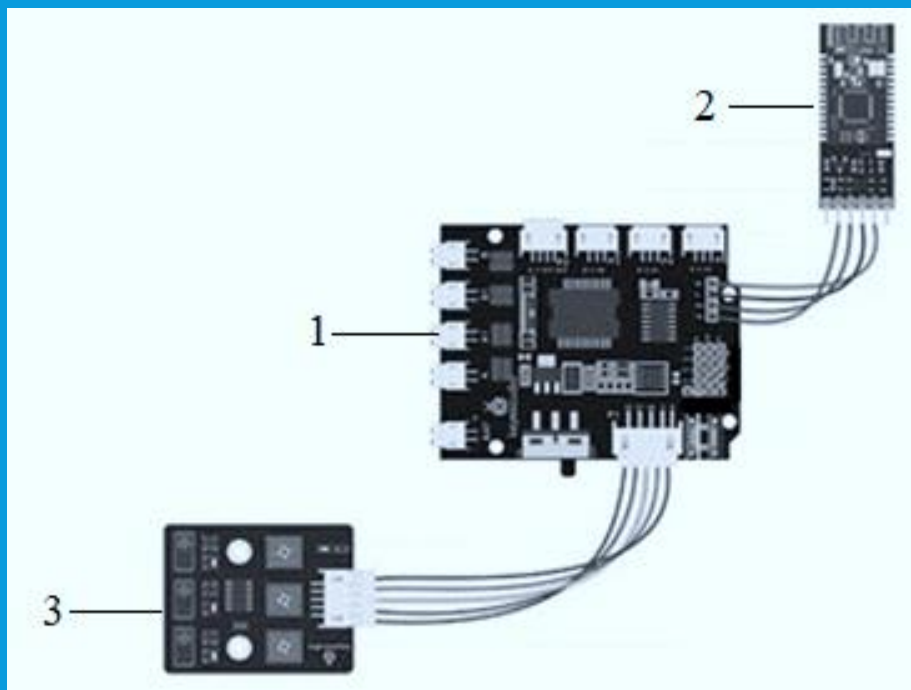


Схема комутаційних зв'язків мобільного робота

- У роботі розглядається модернізація комутаційної системи для мобільної платформи Keystudio 4WD BT Robot car V2.0.
- Мобільний робот з Bluetooth управлінням від компанії Keystudio – це система розробки навчальних програм на базі контролера Arduino на мікроконтролері ATmega-328 у якості ядра.
- Він має функції відстеження лінії, запобігання зіткнення та об'їзду перешкод, ІЧ-пульса дистанційного керування, дистанційного керування Bluetooth та вимірювання та відстеження відстані до перешкоди.

ВИБІР КОМУТАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ

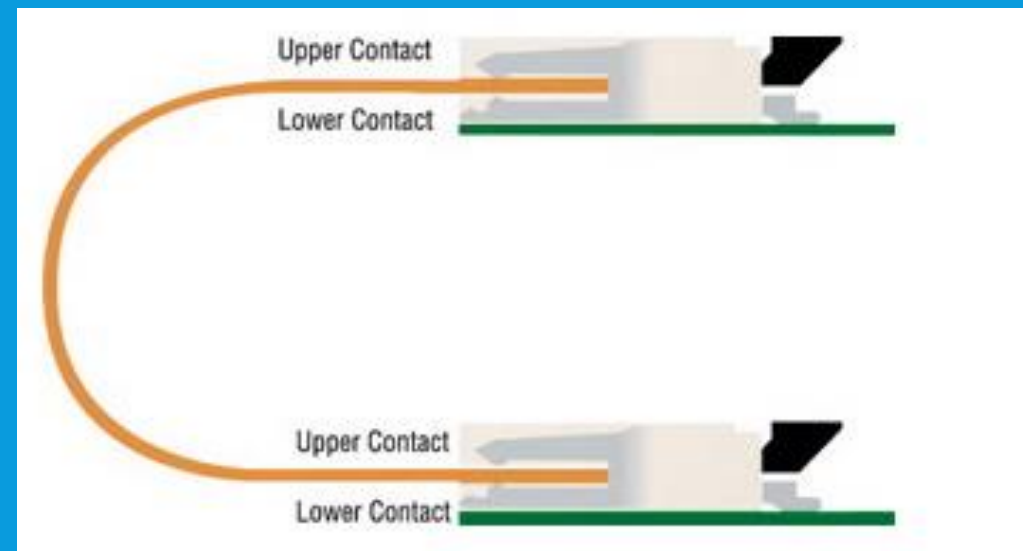


Вузол комутаційних зв'язків мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0:

- 1) модуль Keystudio Motor Driver Shield;
- 2) модуль Keystudio HM-10 Bluetooth-4.0;
- 3) модуль Keystudio Line Tracking Sensor

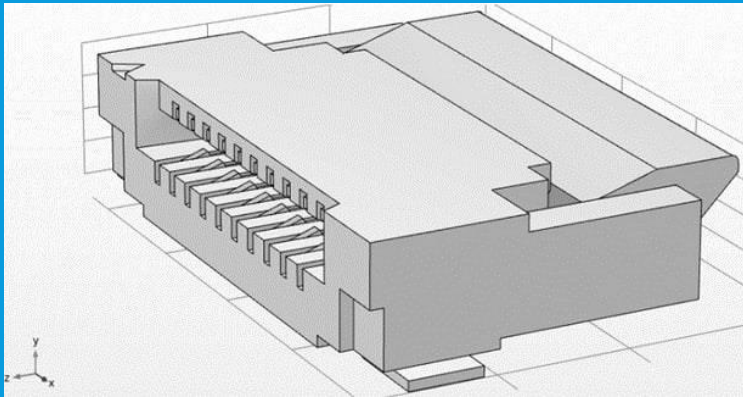
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМУТАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

- У роботі використовується FPC – шлейф та XF2M – серію роз'ємів виробництва OMRON для FPC-шлейфу.
- З'єднувачі FPC легко згинаються, що дозволяє проводити монтаж у важкодоступних місцях та збільшити щільність друкованих плат.
- FPC-конектори XF2M мають задню рухливу клямку, яка забезпечує більш високу надійність та ефективність у порівнянні з іншими роз'ємами, у яких блоктор розташований спереду з боку введення шлейфу.

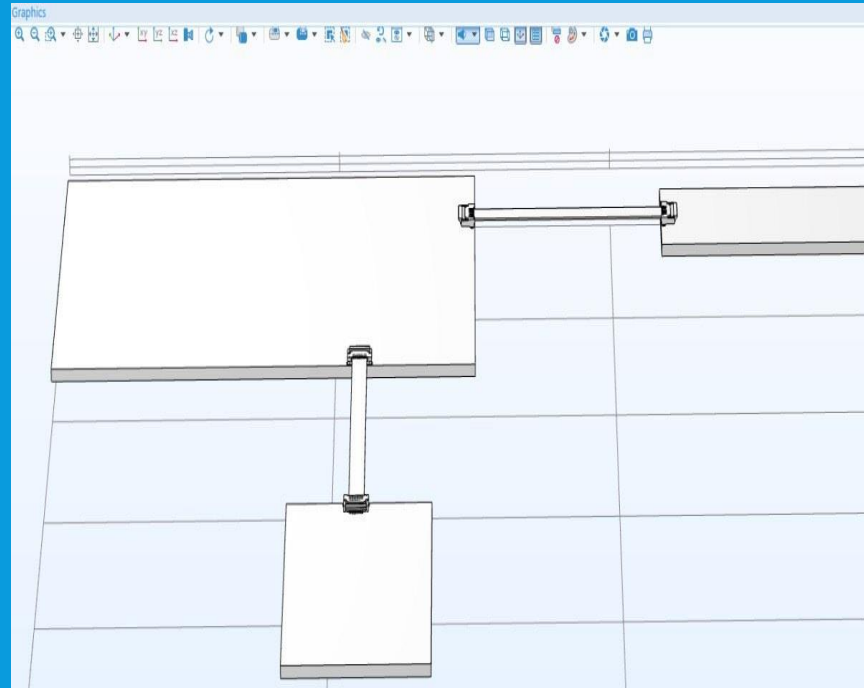


Комутація за допомогою з'єднувача FPC-шлейфа

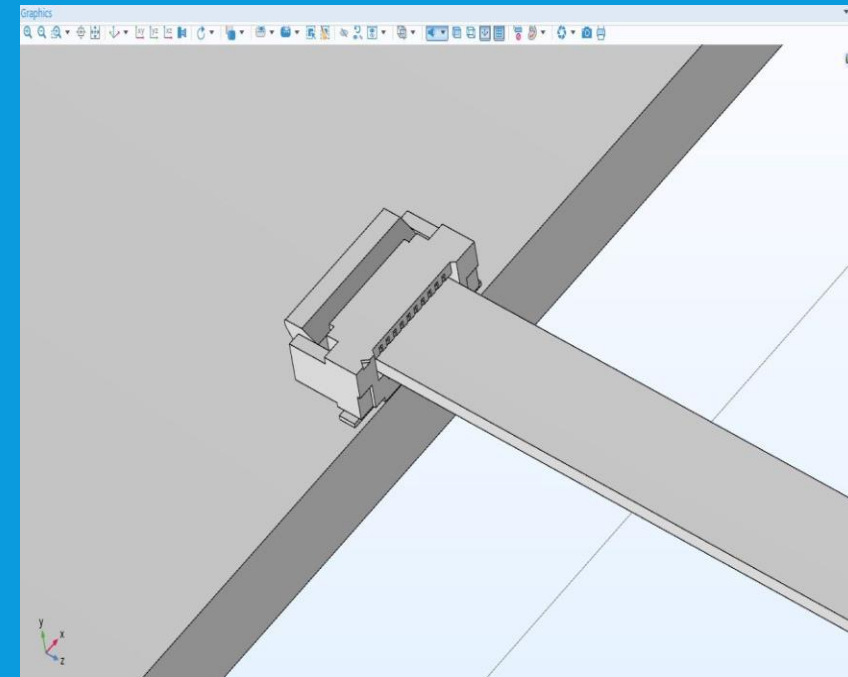
Розробка імітаційної моделі комутаційної системи мобільної робототехнічної платформи



З'єднувач XF2M



Загальний вигляд комутаційної системи



Шлейф зі з'єднувачем XF2M

У середовищі COMSOL Multiphysics побудована модель вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота Keystudio 4WD BT Robot car V2.0, модернізованого із застосуванням поліімідних ГКС.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ КОНТАКТІВ

У місцях зіткнення провідників лінії струму стягуються до ділянок з малим перетином, які становлять великий опір струму. Цей опір називається опором стягування та визначається за такою формулою

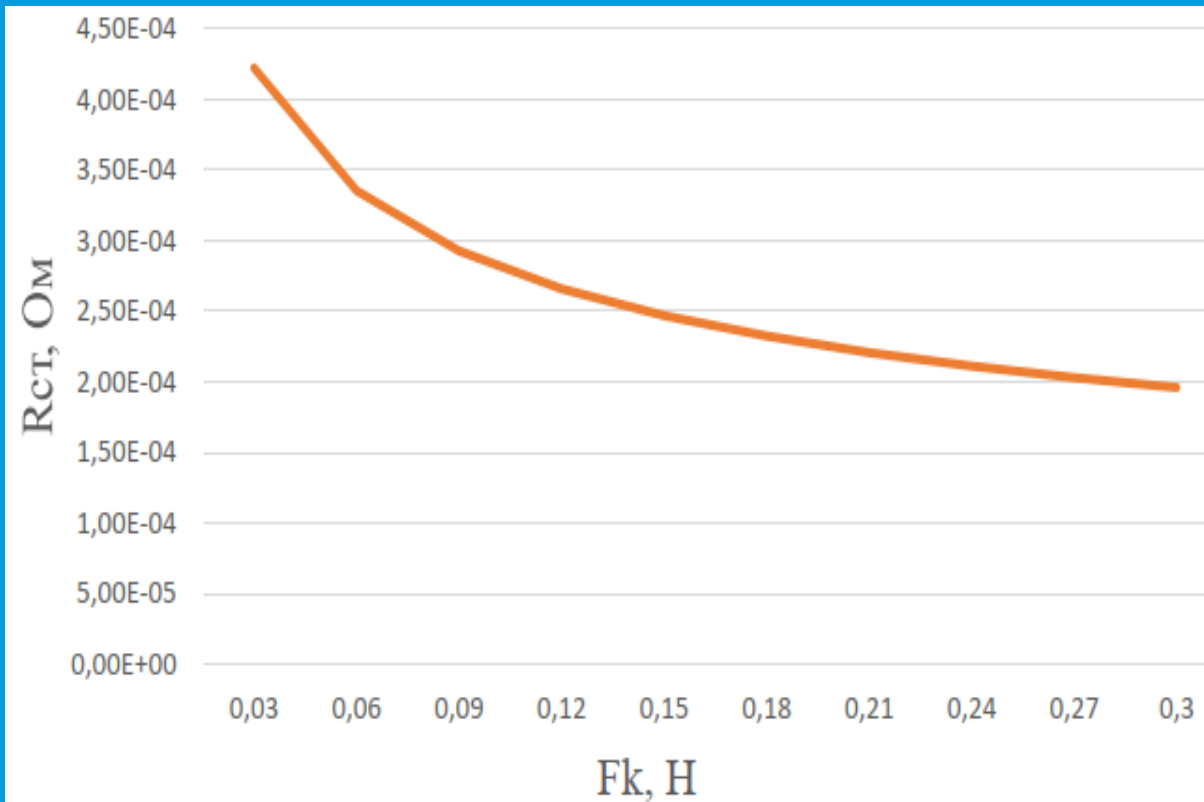
$$R_{ст} = \frac{\rho}{2an},$$

де ρ – питомий опір матеріалу контактів (мідь), Ом·м;

a – радіус майданчика фактичного торкання;

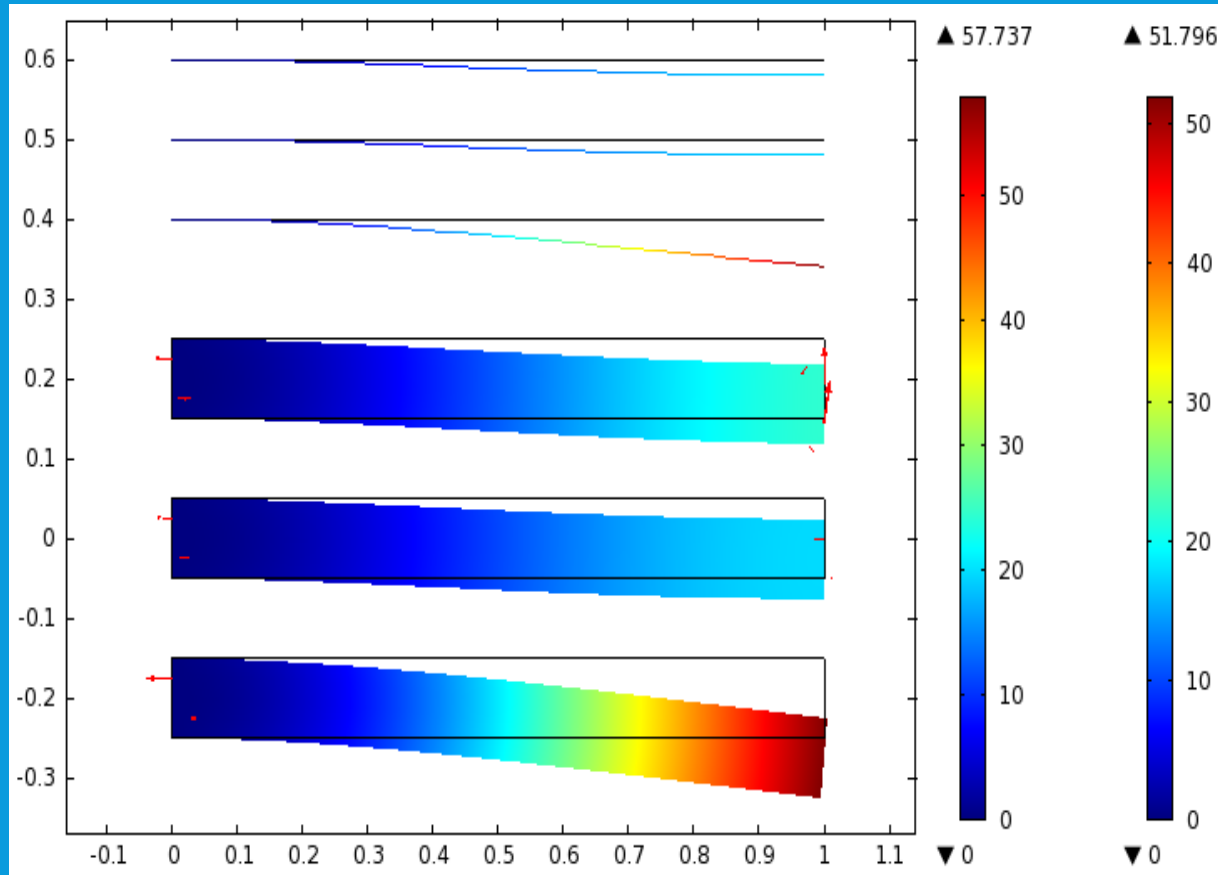
n – кількість точок торкання.

Зміна опору стягування у контактах ГКС зі збільшенням сили натискання



- Для визначення характеру залежності контактне натискання змінювалося у діапазоні **0,03...0,3 Н.**
- Радіус площі контактної зони — **40 мкм.**
- Отримані значення опору свідчать про припустиму якість комутаційного з'єднання у зоні контакту ГКС зі з'єднувачем.

Результат моделювання сили викривлення на гнучкий шлейф

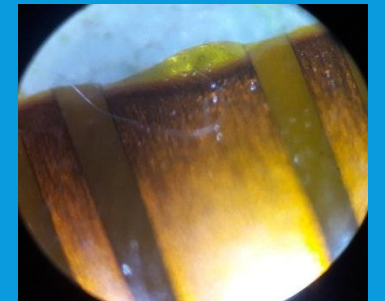
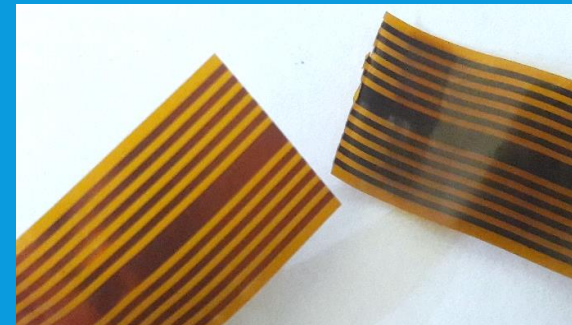


- Для моделювання механічних впливів на ГКС використовувався програмний комплекс **COMSOL Multiphysics 4.2**.
- Результат моделювання механічного впливу у **15 Н** на викривлення ГКС показано на рисунку.
- Отримані результати також підтверджують можливість використання ГКС у складі апаратної частини досліджуваного мобільного робота.

Дослідження критичних механічних навантажень на ГКС



- Проведені на розривній машині дослідження показали, що розрив ГКС з фольгованого міддю полііміду відбувся при навантаженні **130 кгс** та після подовження його на **14 мм**.
- Досліджений зразок витримує не критичні навантаження до **40 кгс** без суттєвих деформацій структури ізоляційного та провідникового шарів.



ВИСНОВКИ

- Таким чином, за результатами аналізу сучасних конструктивних рішень для мобільних роботів різного призначення було виконано модернізацію комутаційної системи для робототехнічної платформи Keyestudio 4WD BT Robot car V2.0 на основі використання поліімідних структур.
- Зокрема, здійснено підбір компонентів і розроблено схему комутаційних зв'язків. Проведено моделювання комутаційної системи, а саме виконано дослідження конструкції вузла комутаційних зв'язків для мобільного робота за допомогою середовища COMSOL Multiphysics.
- Подальші дослідження будуть ґрунтуватися на виготовленні зразків ГКС і проведенні експериментального вивчення напружено-деформованого стану поліімиду та провідникової системи з різних матеріалів – міді чи алюмінію – за різних зовнішніх механічних навантажень.
- Результати таких досліджень будуть спрямовані на підбір оптимальної топології ГКС і шляху її прокладання у конструкції мобільної роботизованої платформи.