

ДОДАТОК А ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



Магістерська робота на тему:

«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБОРУ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ВІД РІЗНИХ
ДЖЕРЕЛ ДЛЯ БЕЗПРОВІДНОГО
ЖИВЛЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ»

Магістр: ст.гр. РТм– 20–1 Сахаров І.А.

Науковий керівник: доц. каф. КРІСТЗІ Лихограй В.Г.

1

Актуальність роботи



Одним з напрямків розвитку сучасних систем бездротової передачі інформації є *створення інтелектуальних бездротових середовищ (мереж) сенсорів (WSN - Wireless Sensor Networks)*, де безліч пристроїв або датчиків (сенсорів), взаємодіючи між собою, здійснюють передачу великого масиву різної інформації.

Стрімкий розвиток WSN сприяє успішному практичному впровадженню актуальних і затребуваних комунікаційних технологій для підтримки нової якості обміну інформацією, послуг, сервісів і додатків.

2

2

Актуальність роботи



Важливим при реалізації WSN з низьким рівнем енергоспоживання є їх енергоефективні автономні недорогі рішення живлення.

Видобування енергії з навколишнього середовища за рахунок бездротового енергопостачання малопотужних радіо пристроїв шляхом видобування енергії ЕМ поля з допомогою ректенн з подальшим перетворенням її в постійний струм є найбільш перспективною і вже має багато прикладів практичного застосування.

3

3

Цілі і задачі



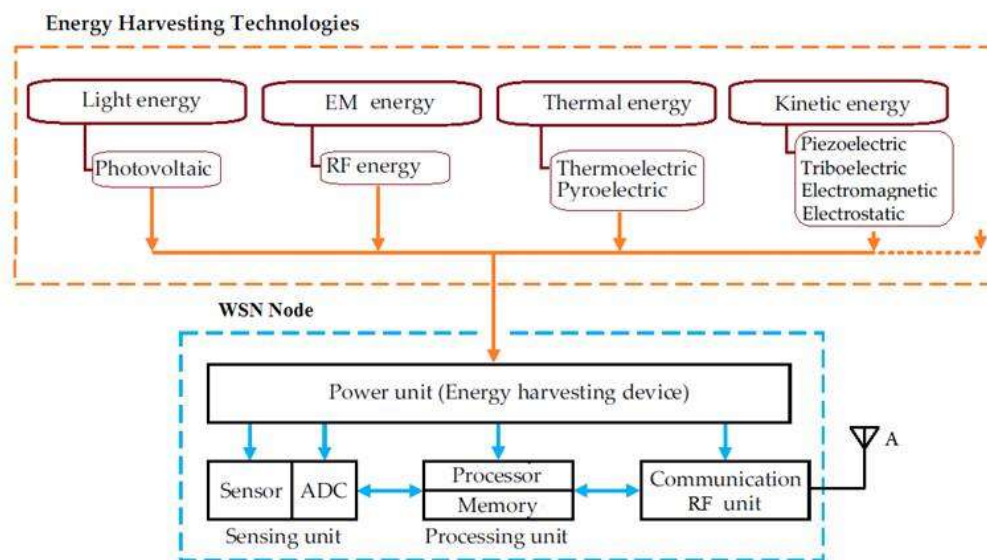
Мета роботи – розробка бездротової бортової системи контролю підвіски автомобіля та проектування антен у складі систем альтернативного живлення радіоелектронних засобів різного призначення.

Положення, які виносяться до захисту:

1. Огляд альтернативних джерел живлення радіоелектронних засобів
 - видобування RF енергії з навколишнього середовища (RF EH - RF Energy Harvesting) та
 - радіочастотна (бездротова) передача енергії (WPT - Wireless Power Transmission)).
2. Бездротова бортова система контролю підвіски автомобіля.
3. Огляд сучасних ректенних систем та антен у їх складі.
4. Дослідження характеристик макетів антен для роботи у складі ректен.

4

Бездротовий сенсорний вузол WSN і його можливі способи живлення



Можна виокремити такі методи радіопеленгування:

5

Порівняльні характеристики технологій бездротових мереж



Протокол	ZigBee	Thread	Bluetooth LE	Wi-Fi (IEEE 802.11n)
Діапазон частот	ISM 2.4 ГГц	ISM 2.4 ГГц	ISM 2.4 ГГц	ISM 2.4 ГГц
Пропускна здатність	250 кбіт/с	250 кбіт/с	до 2 Мбіт/с	до 600 Мбіт/с
Дальність зв'язку	<100 м	<100 м	<300 м	<1000 м
Споживана потужність:				
- режим очікування:	4 мкВт		8 мкВт	300 мкВт
- режим передачі:	84 мВт		60 мВт	350 мВт
- режим прийому:	72 мВт		53 мВт	270 мВт

Для побудови автономних комунікаційних засобів WSN актуальними є такі бездротові технології: Wi-Fi (IEEE 802.11xx), Bluetooth (IEEE 802.15.1), Bluetooth Low Energy (Bluetooth LE, BLE), ZigBee, Thread (IEEE 802.15.4) і ін.

6

Порівняльні характеристики деяких технологій видобування енергії з навколишнього середовища (ЕН)



Технології/ параметри ЕН	Густина потоку видобутої потужності від джерела ЕН	Видобута густина потужності при перетворенні ЕН	ККД перетворення ЕН, %	Технології, пристрої ЕН
Світлова енергія (Light)	0.1 мВт/см ² (в помещ.)	10 мкВт/см ² (в помещ.)	10–24	Photovoltaic
	100 мВт/см ² (вне помещ.)	10 мВт/см ² (вне помещ.)		
Радіочастотна енергія (RF)	0.3 мкВт/см ² (900 МГц)	0.1 мкВт/см ²	50	Electromagnetic (EM), Radio Frequency (RF)
	0.1 мкВт/см ² (1800 МГц)			
Теплова енергія (Thermal)	100 мВт/см ²	1–10 мВт/см ²	3	Thermoelectric, Pyroelectric
Механічна енергія (Mechanical)	немає даних	100 мкВт/см ²	залежить від виду ЕН	Piezoelectric, Trieboelectric, Electrostatic, EM

7

Бездротове живлення за рахунок RF енергії (RF Energy Consumption)



Можливості видобування RF енергії з навколишнього середовища завдяки покриттю смуг частот таких популярних RF технологій і стандартів як:

- цифрове телебачення (DTV) (470 - 950 МГц),
- систем стільникового мобільного радіозв'язку другого (2G) (GSM 900, GSM1800), третього (3G) (2,1 ГГц), четвертого (4G) (2,4 ГГц) поколінь (850 МГц – 2600 МГц);
- систем абонентського радіодоступу персонального, локального (перш за все Wi-Fi) і міського рівня охоплення користувачів (ISM 2,4 і UNII 5 ГГц).

Бездротове живлення за рахунок RF енергії (RF Energy Consumption)

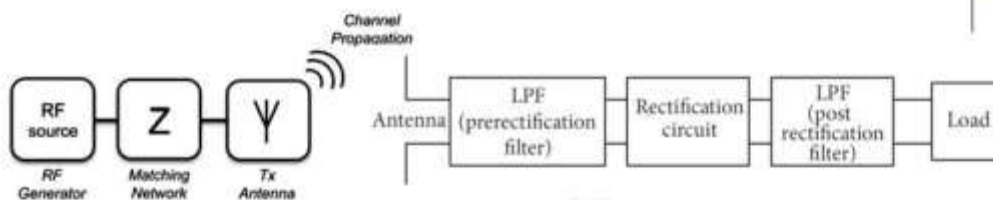


Для бездротового живлення пристроїв WSN різного призначення за рахунок RF енергії можна виділити такі підходи:

- видобування RF енергії з навколишнього середовища (RF EH - RF Energy Harvesting);
- радіочастотна (бездротова) цілеспрямована передача енергії (WPT - Wireless Power Transmission).

9

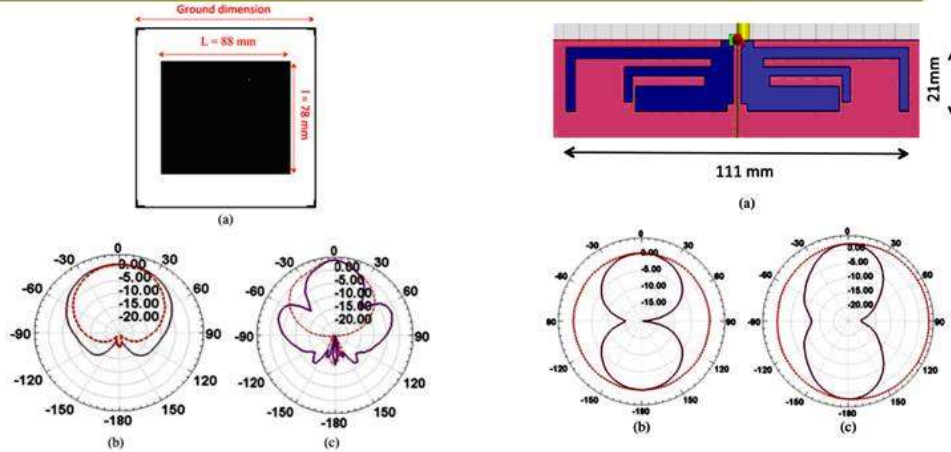
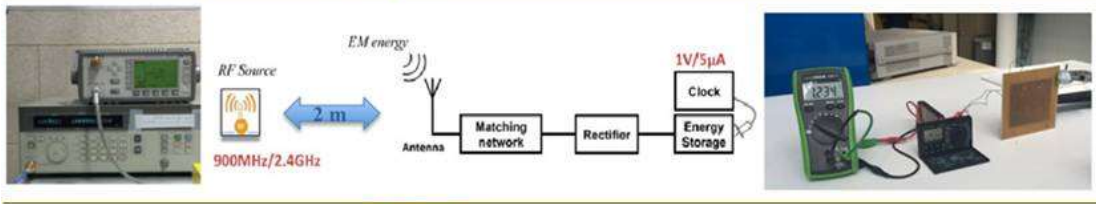
Схема системи бездротової передачі радіочастотної енергії



Основні компоненти типової ректенни :

- власне антена;
- фільтр попереднього випрямлення, (LPF - low-pass prerectification filter);
- схеми випрямлення (rectifying circuit);
- прохідного фільтра постійного струму або фільтра послідуного випрямлення (DC pass filter або postrectification filter).

Експеримент живлення бездротового сенсорного вузла

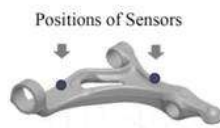
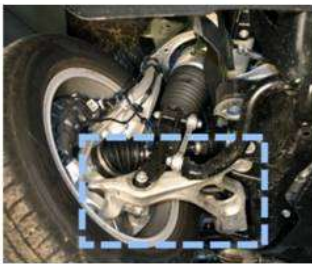


ККД схеми збору RF енергії на основі патч антени становила 12,5%, що відповідає вихідній потужності постійного струму 2,7 мкВт / 1 В.

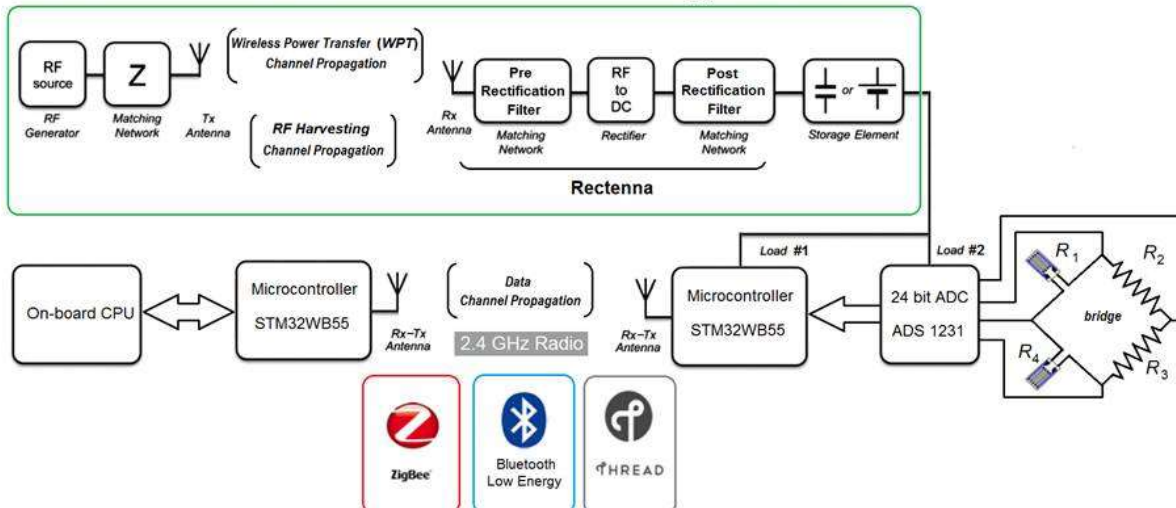
ККД схеми збору RF енергії на основі дипольної антени становила 11,5%, що відповідає вихідній потужності постійного струму 3,8 мкВт / 1,15 В.

11

Система контролю технічного стану підвіски автомобіля

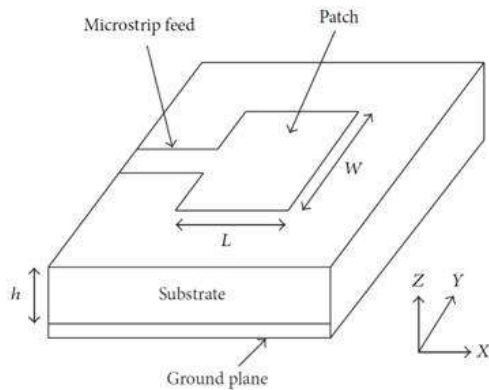


Зовнішній вигляд підвіски автомобіля та розміщення датчиків

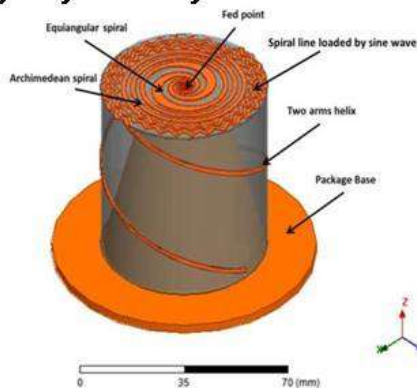


12

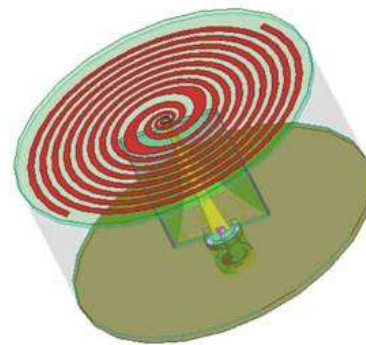
Анени у складі ректен



Мікросмуужкова патч антена у смужковому виконанні



Спіральна антена



Надширокосмугові спіральні антени



13

Моделювання та експериментальні дослідження характеристик антен

В розділі 3 наведено результати моделювання та експериментальні дослідження характеристик направленості (ДН), частотних залежностей модуля коефіцієнта відбиття спроектованих антен, які можна використовувати у складі систем видобування RF енергії діапазону ISM 2400 МГц, а саме:

- двозахідної спіральної антени;
- мікросмуужкової патч антени квадратної форми.

Побудовано ДН експериментальних зразків:

- двозахідної спіральної антени;
- мікросмуужкової патч антени.

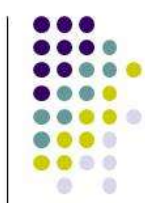
З використанням векторного аналізатора Rohde&Schwarz ZVR 9 kHz-6 GHz досліджено частотні залежності модуля коефіцієнта відбиття та коефіцієнта стоячої хвилі (КСХН) експериментальних зразків антен:

- двозахідної спіральної антени;
- мікросмуужкової патч антени.

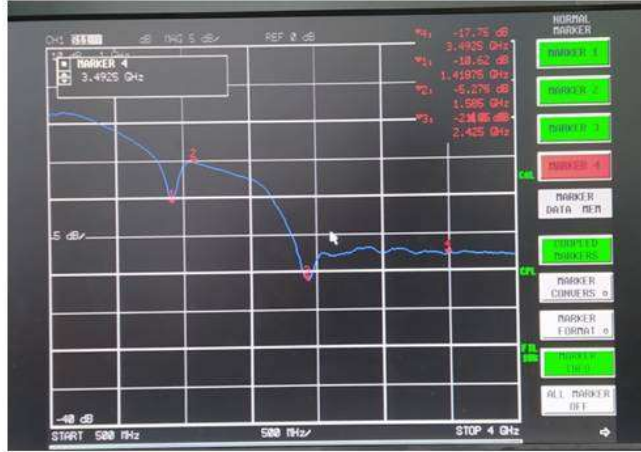
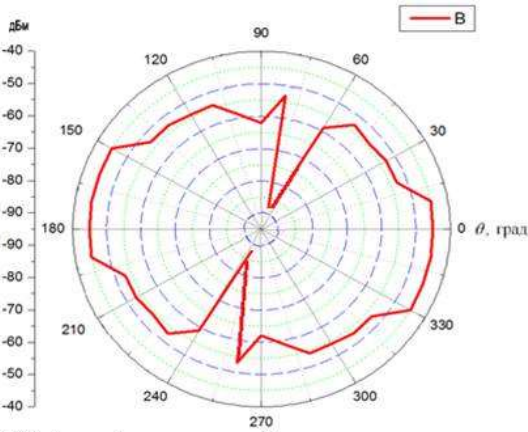


14

Експериментальне дослідження двозахідної спіральної антени

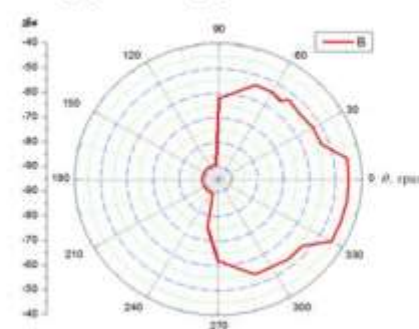
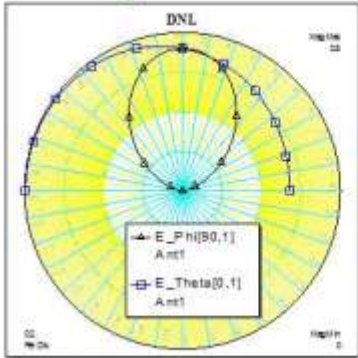


Структурна схема вимірювальної установки ДН

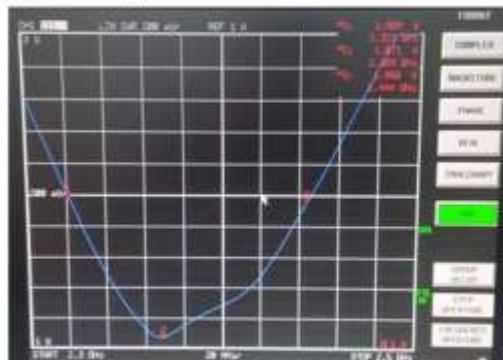
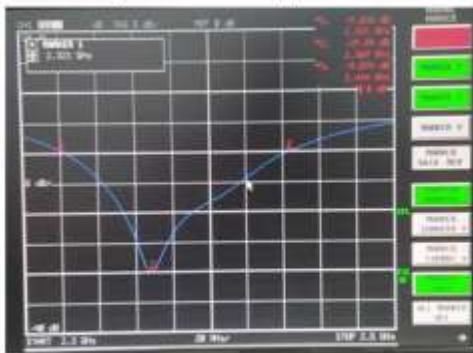


ДН спіральної антени Частотна залежність коефіцієнта відбиття $|S_{11}|$

Експериментальне дослідження патч антени



Результати моделювання та вимірювання ДН



Частотна залежність модуля коефіцієнта відбиття $|S_{11}|$

Частотна залежність КСХН

Висновки по роботі:



1. Альтернативні джерела енергії можуть стати ефективним рішенням в умовах, коли заміна батарей живлення бездротових сенсорних вузлів (WSN) є незручною або навіть неможливою. Ідея бездротового енергопостачання малопотужних радіо пристроїв шляхом видобування енергії ЕМ поля з допомогою ректен з подальшим перетворенням її в постійний струм є перспективною і вже має багато прикладів практичного застосування.
2. Поширеним видом антен у складі систем збору РЧ енергії є низькопрофільні мікросмужкові антени, копланарні (антена розташована в одній площині) пластини (накладка, патч, patch) або мікрострічкові патч (patch) антени (квадратної, прямокутної, круглої, дипольна форми) через простоту їх виготовлення, а також завдяки прийнятним характеристикам випромінювання і особливо низькому рівню крос-поляризаційного випромінювання.
Також важливим є те, що у мікросмужковому низькопрофільному варіантах реалізації можуть бути реалізовані частотно-незалежні лог-періодичні структури, зокрема двозахіді спіральні антени. Для реалізації ДН тільки в основному напрямку в спіральних антенах потрібно застосувати додаткові заходи, щоб позбутися випромінювання в напрямку тилу (позбутися двонаправленої ДН).
3. В магістерській роботі засобами CAD були спроектовані
 - двозахіді спіральна антена та
 - патч (patch) або мікросстрічкова патч антена майже квадратної форми.
 для роботи у смузі частот 2400-2500 МГц у складі систем альтернативного RF живлення радіоелектронних засобів різного призначення, в тому числі у складі бездротової бортової системи контролю підвіски автомобіля.
Результати комп'ютерного моделювання засобами CAD двозахіді спіральна та патч для роботи у смузі частот 2400-2500 МГц демонструють добре узгодження з результатами вимірювань ДН та коефіцієнта відбиття $|S_{11}|$ експериментальних зразків антен.

