

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Факультет інформаційних технологій
Кафедра інформаційних систем та технологій



1-а Міжнародна науково-практична конференція

«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ:
РЕЗУЛЬТАТИ І ПЕРСПЕКТИВИ»
(IST 2024)



6 березня 2024 р.

СИСТЕМА БЕЗПРОВІДНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ ІЗ МЕРЕЖЕЮ ПОСЛІДОВНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ

Олександр Горчиця¹, Юлій Бойко²

¹Здобувач освіти, кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна

ORCID:0000-0003-0603-7827

E-mail: boiko_julius@ukr.net

²Професор, кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна

ORCID:0000-0003-0603-7827

E-mail: boykoym@khnmu.edu.ua

***Анотація.** Розглянута проблематика у провадженні технології бездротової передачі електроенергії. З'ясовано перспективи застосування комбінованого режиму безперервної провідності і режим переривчастої провідності при функціонуванні на понижувальному перетворювачі при реалізації мережі бездротової передачі енергії. Висвітлено аспекти реалізації, експлуатації, стандартів і питань безпеки в контексті бездротової передачі енергії. Описано запропоновану бездротову систему передачі електроенергії.*

Ключові слова: бездротова передача, канал зв'язку, компенсаційна мережа

I. ВСТУП

Бездротова передача електроенергії стала важливим та зручним рішенням для зарядки пристроїв без потреби в фізичних з'єднаннях [1]. Такі рішення реалізуються для передачі потужності в широкому діапазоні від міліват до мегават на відстані від міліметрів до кілометрів. Зокрема, актуальною є проблематика використання хвильових концепцій від кілогерц до терагерц. Такий підхід є привабливим для різноманітних застосувань та відкриває нові можливості. Основні виклики включають досягнення максимальної ефективності та визначення радіусу передачі. Передачу енергії бездротовим способом можна широко класифікувати на два типи: радіаційні та безрадіаційні методи як показано на рисунку 1.

Структуру бездротової передачі електроенергії (WPT) згідно з технологічними категоріями можна класифікувати як: передача енергії на основі електромагнітних та акустичних хвиль, відома як акустична передача енергії (acoustic power transfer – APT). Системи можуть бути як зв'язаними, так і незв'язаними, і використовувати принципи електромагнітних полів.



Рисунок 1. Класифікація методів бездротової передачі енергії

II. ДАНІ ТА МЕТОДИ

Методи організації бездротової передачі електроенергії за допомогою індуктивного ємнісного зв'язку представлено на рисунку 2.

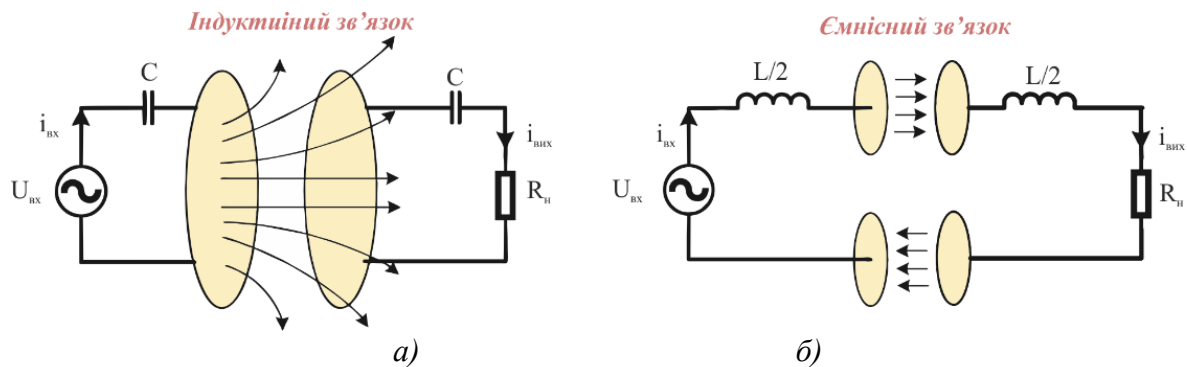


Рисунок 2. Бездротова передача електроенергії за допомогою (а) індуктивного зв'язку та (б) ємнісного зв'язку

Зв'язані системи, які використовують магнітні або електричні поля, класифікуються як індуктивна передача потужності (inductive power transfer – IPT) і ємнісна передача потужності (capacitive power transfer – CPT) [2, 3]. Зв'язані системи передачі енергії базуються на ефективному використанні магнітних або електричних полів для передачі потужності від передавача до приймача.

Незв'язані системи включають радіочастотну передачу потужності (radio frequency power transfer – RFPT), що передбачає бездротовий обмін енергії через радіочастотні хвилі, а також лазерну передачу потужності (laser power transfer – LPT), яка використовує світлові промені для передачі енергії. Одна з ключових відмінностей між зв'язаними та незв'язаними

системами є використання фізичного з'єднання для передачі енергії у зв'язаних системах та відсутність такого з'єднання у незв'язаних системах.

У бездротових системах передачі енергії, які ґрунтуються на індукції та ємнісному зв'язку, передавач (Tx) та приймач (Rx) знаходяться у тісному взаємозв'язку один з одним. Ефективність цього зв'язку в значній мірі залежить від кількох конструктивних параметрів, зокрема, від коефіцієнта зв'язку між Tx та Rx. Концепція технології бездротової передачі енергії може бути окреслена спільною структурою, яка представлена на рисунку 3.

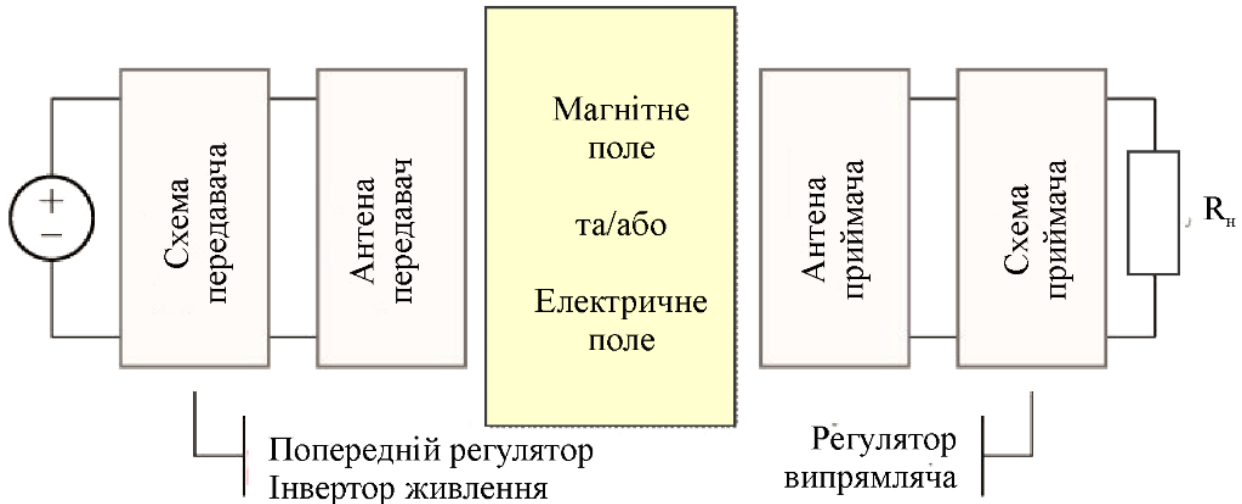


Рисунок 3. Структура бездротової системи передачі електроенергії

III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ

Схема узгодження необхідна для досягнення максимально високої ефективності зв'язку. Ефективність зв'язку виражається як потужність, отримана антеною приймача, відносно потужності, переданої антеною передачі. Узгоджувальна мережа складається з індуктивного та ємнісного опорів, з'єднаних паралельно та послідовно. В цьому контексті терміни первинний і вторинний резервуар будемо розглядати як комбінацію компенсаційної мережі та антени. Змінна напруга, що надходить від антени і компенсаційної мережі, перетворюється в постійну за допомогою випрямляча і згладжуючих конденсаторів [4, 5] як показано на рисунку 3. Вимірювання вторинної напруги та струму в реальному часі та передача їх через канал зворотного зв'язку дозволяє передавачу змінювати амплітуду та частоту для досягнення вищої ефективності зв'язку.

На рисунку 4 представлено принципові схеми бездротової системи передачі енергії з індуктивним та ємнісним зв'язком.

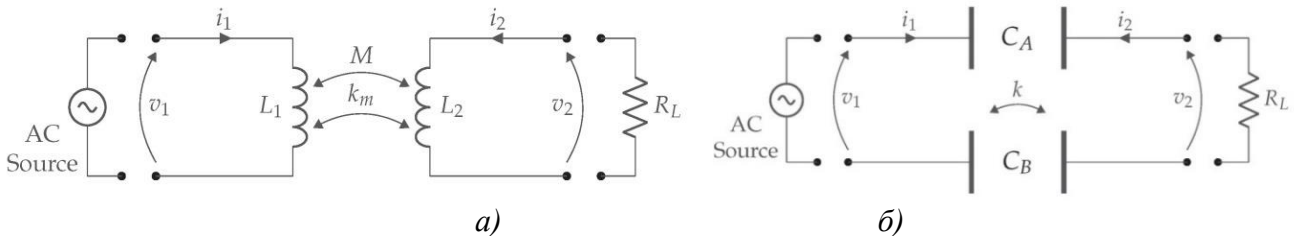


Рисунок 4. Принципові схеми системи бездротової передачі енергії: а – індуктивна; б – ємнісна

Під час бездротової передачі передавач потужності може регулювати частоту або амплітуду залежно від того, потрібна більша чи менша потужність. Обидва підходи

призводять до сигналу амплітудно-зсувної маніпуляції (ASK), який демодулюється на стороні передавача. Передавач зчитує сигнал і може регулювати потужність передачі, змінюючи частоту або амплітуду [6].

IV. ОБГОВОРЕННЯ ТА ВИСНОВКИ

Ефективність як ємнісної, так і індуктивної передачі енергії можна підвищити, використовуючи системи бездротової передачі енергії в мегагерцевому діапазоні. Оскільки ємнісна передача потужності не викликає вихрових струмів та не потребує феритових компонентів, це дозволяє зменшити розмір і вагу системи. Однією з переваг використання магнітних полів є різниця у проникності та діелектричній проникності вільного простору, що забезпечує більшу ефективність індуктивної передачі потужності. Для забезпечення оптимальної ефективності системи безпровідної передачі енергії проведено зміну конфігурації випрямляча вторинної обмотки для підвищення ефективності роботи системи.

ДЖЕРЕЛА

1. Ullah, M.A., Keshavarz, R., Abolhasan, M., Lipman, J., Esselle, K.P., Shariati, N. A (2022). Review on Antenna Technologies for Ambient RF Energy Harvesting and Wireless Power Transfer: Designs, Challenges and Applications. *IEEE Access*, 10, 17231–17267.
2. Mai, R., Liu, Y., Li, Y., Yue, P., Cao, G., He Z. (2018). An Active-Rectifier-Based Maximum Efficiency Tracking Method Using an Additional Measurement Coil for Wireless Power Transfer. *IEEE Trans. Power Electron.*, 33, 716–728.
3. Cochran S., Costinett D. (2018, June). Frequency Synchronization and Control for a 6.78 MHz WPT Active Rectifier. In: *Proceedings of the 2018 IEEE 19th Workshop on COMPEL* (pp. 1–7). IEEE Press.
4. Boiko, J., Kałaczyński, T. (2021). Diagnostics, measurement and control of electrical parameters supercapacitors. *MATEC Web of Conferences*, 351, 01031.
5. Martynyuk, V. V., Voynarenko, M. P., Boiko, J. M., Svistunov, O. (2021). Simulation of photovoltaic system as a tool of a state's energy security. *International Journal of Engineering*, 34(2), 487-492.
6. Colak, K., Asa, E., Bojarski, M., Czarkowski, D., Onar, O.C. (2015). A Novel Phase-Shift Control of Semibridgeless Active Rectifier for Wireless Power Transfer. *IEEE Trans. Power Electron.*, 30, 6288–6297.



ОЛЕКСАНДР ГОРЧИЦЯ здобувач ступеню бакалавра з телекомунікацій та радіотехніки, група TP2c-21-1, у Хмельницькому національному університеті (Хмельницький, Україна). Нині автор працює над здобуттям ступеня бакалавра з телекомунікацій та радіотехніки в Хмельницькому національному університеті (Хмельницький, Україна), працює над кваліфікаційною роботою за темою «Система бездротової передачі енергії». Серед наукових інтересів — системи бездротової передачі енергії, методики збільшення постійної потужності бездротових зарядних пристроїв для портативних пристроїв.



ЮЛІЙ БОЙКО отримав ступінь доктора технічних наук за спеціальністю радіотехнічні пристрої та засоби телекомунікацій у Державному університеті телекомунікацій (Київ, Україна) в 2015 році та вчене звання професора кафедри телекомунікацій та радіотехніки у Хмельницькому національному університеті (Хмельницький, Україна) в 2018 році. Нині автор працює професором кафедри телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій, факультету інформаційних технологій (Хмельницький національний університет, Хмельницький, Україна). Серед наукових інтересів — обробка сигналів, синхронізація, телекомунікації, кодування, електронні компоненти, діагностика.