

## ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БЕЗПРОВІДНИХ ЗАРЯДНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Є. О. Желязков, Ю. В. Кожушко, Т. О. Карбівська, к. т. н. О. Ф. Бондаренко

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Україна, м. Київ  
bondarenkoaf@gmail.com

Показано актуальність досліджень з покращення характеристик безпроводних зарядних пристроїв для медичних застосувань. Виокремлені характеристики, одночасне підвищення яких здатне забезпечити суттєве вдосконалення зарядних пристроїв даного типу. Запропоновано рішення для реалізації такого вдосконалення. Надано рекомендації щодо принципів роботи та схемної побудови безпроводних зарядних пристроїв для медичних приладів з імплантатами.

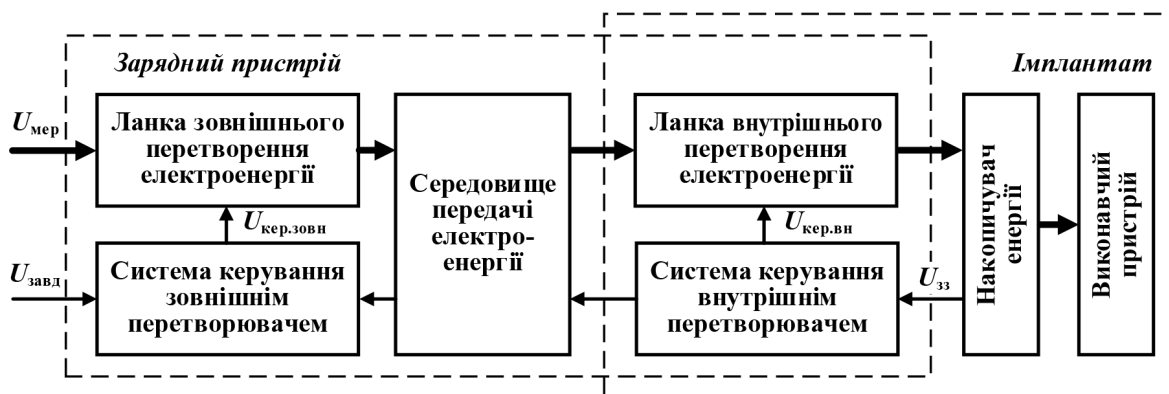
Ключові слова: безпроводний зарядний пристрій, перетворювач, медичний прилад, імплантат.

Розвиток технологій зробив можливим застосування безпроводних імплантатів із вбудованим акумуляторним накопичувачем енергії у приладах критично важливого призначення, таких як кардіостимулятор, нейростимулятор, шлунковий стимулятор, слуховий апарат, інсулінова помпа тощо. Це усунуло необхідність живлення імплантатів за допомогою трансдермальних проводів, використання яких вносило жорсткі обмеження в життя пацієнтів, оскільки супроводжувалось небезпекою обриву дроту або потрапляння інфекції крізь отвір. Проте, незважаючи на успішне впровадження безпроводних імплантатів, залишаються актуальними питання їхнього вдосконалення, зокрема поліпшення характеристик зарядних пристроїв для них [1, 2], яке здатне істотно покращити рівень життя пацієнтів.

Серед найважливіших характеристик зарядних пристроїв для медичних імплантатів можна виділити наступні: час роботи без підзарядки внутрішнього накопичувача енергії, швидкість заряджання, безпека використання, надійність, довговічність та масогабарити. При цьому слід звернути увагу, що традиційні рішення з покращення цих характеристик вступають у протиріччя. Так, наприклад, збільшення швидкості заряджання зазвичай досягається підвищенням зарядного струму, а воно може становити небезпеку для пацієнта, оскільки здатне викликати перегрів живих тканин.

Мета даної роботи — запропонувати рішення, які забезпечать одночасне покращення основних характеристик зарядних пристроїв для медичних імплантатів і, відповідно, сприятимуть поліпшенню рівня життя пацієнтів. Для досягнення означеної мети планується застосувати комбіновані та модульні схемні рішення при побудові найбільш відповідальних вузлів.

На рисунку наведено структуру медичного приладу з імплантатом, яка є загальною для таких приладів, незалежно від їх функціонального призначення (кардіостимулятор, інсулінова помпа тощо).



Загальна структура медичного приладу з імплантатом

На рисунку передача енергії показана потовщеними стрілками, передача інформаційних сигналів — тонкими, а також застосовано наступні позначення:  $U_{\text{мер}}$  — напруга мережі,  $U_{\text{завд}}$  — сигнал завантаження,  $U_{\text{кер.зовн}}$  — сигнал керування перетворювачем зовнішньої частини приладу,  $U_{\text{кер.вн}}$  — сигнал керування перетворювачем внутрішньої частини приладу,  $U_{33}$  — сигнал зворотного зв'язку.

Як видно з рисунку, зарядний пристрій такого приладу включає зовнішню та внутрішню частини, зв'язок між якими може здійснюватися ємнісним або індуктивним методом через середовище передачі електроенергії, що включає повітря та живі тканини. Оскільки з точки зору безпеки індуктивний метод передачі енергії має певні переваги, його можна розглядати як пріоритетний. Робота зарядного пристрою в цьому випадку є аналогічною роботі повітряного трансформатора. Однак варто зазначити, що розміщення вторинної котушки індуктивності всередині імплантату накладає дуже жорсткі обмеження на її розміри та конструкцію. Задля мінімізації розмірів котушку виконують у планарному вигляді. Така конструкція, а також відсутність магнітопроводу зменшують швидкість заряджання накопичувача енергії, тому доцільно розглянути можливості використання магнітопроводу у вигляді пластини, яке також дозволить зменшити розміри котушки.

Слід зауважити, що схемотехніка ключових вузлів як зовнішньої, так і внутрішньої частини зарядного пристрою, а також характеристики приладу загалом значною мірою визначаються типом накопичувача енергії, від якого живиться імплантат. Використання комбінованого типу накопичувача, який поєднує акумуляторну батарею та суперконденсатор, може надати суттєві переваги у вигляді збільшення часу роботи приладу без підзарядки та подовження строку служби батареї. А додавання до такого комбінованого накопичувача транзисторного вузла для регулювання перерозподілу зарядних струмів здатне забезпечити вищу швидкість заряду та більшу безпеку для пацієнта.

Окремої уваги потребує ланка внутрішнього перетворення енергії, яка має демонструвати високу надійність і ефективність та мати малі габарити. Задовольнити всі означені вимоги здатна модульна побудова силової частини перетворювача, яка дозволить виконати резервування, зменшити розміри силових ключів та покращити форму струму.

Таким чином, запропоновано комплексний підхід до вдосконалення ключових вузлів безпровідного зарядного пристрою для медичних приладів з імплантатами, що поєднує ефективні рішення, впровадження яких має забезпечити одночасне покращення основних параметрів зарядного пристрою та накопичувача енергії, підвищити характеристики таких приладів в цілому і, відповідно, сприяти покращенню рівня життя пацієнтів. Пристрій знаходиться на етапі теоретичної проробки схемотехніки основних складових. Практичні результати очікуються після реалізації запропонованих рішень.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Assawaworrarit S., Fan S. Robust and efficient wireless power transfer using a switch-mode implementation of a nonlinear parity-time symmetric circuit // Nature Electronics.— 2020. doi:10.1038/s41928-020-0399-7
2. Шевченко В., Пахалюк Б., Гусев О. Огляд основних технологій бездротової зарядки накопичувачів енергії для малопотужних систем // Технічні науки та технології.— 2017.— № 4(10).— С. 133–146. doi:10.25140/2411-5363-2017-4(10)-133-146

---

Ye. Zheliazkov, Yu. Kozhushko, T. Karbivska, O. Bondarenko

#### **Improving characteristics of wireless chargers for medical applications**

*Demonstrating the relevance of studies on improving the characteristics of wireless chargers for medical applications, the paper highlights the most important parameters, a simultaneous increase of which is able to essentially improve the chargers of this type. The authors suggest solutions for such improvement and give recommendations as to operation principles and circuit construction of wireless chargers for medical devices with implants.*

*Keywords: wireless charger, converter, medical device, implant.*

---