

РОЗДІЛ II. МЕХАНОХІМІЯ

УДК 621.3.05

А.Л. Приступа, канд. техн. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТИ РОЗРАХУНКУ ЧАСТКОВИХ ЄМНОСТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕСЛІВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ БЕЗДРОТОВІЙ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ

А.Л. Приступа, канд. техн. наук

Черниговский государственный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ЧАСТИЧНЫХ ЕМКОСТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕСЛОВСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧЕ ЭНЕРГИИ

A.L. Prystupa, Candidate of Technical Sciences

Chernihiv State Technological University, Chernihiv, Ukraine

FEATURES OF CALCULATING THE PARTIAL CAPACITANCES FOR SIMULATION OF TESLA'S PROCESSES AT WIRELESS POWER TRANSMISSION

Представлено математичну модель для розрахунку енергетичних параметрів теслівських процесів при бездротовій передачі енергії. Вказано на особливості розрахунку часткових ємностей системи провідників. Показано доцільність розрахунку часткових ємностей для системи циліндричних провідників модернізованим методом Хоу.

Ключові слова: бездротова передача енергії; рівняння Максвелла, часткові ємності.

Представлена математическая модель для расчета энергетических параметров тесловских процессов при беспроводной передаче энергии. Указано на особенности расчета частичных емкостей системы проводников. Показана целесообразность расчета частичных емкостей для системы цилиндрических проводников модернизированным методом Хоу.

Ключевые слова: беспроводная передача энергии; уравнение Максвелла, частичные емкости.

Developed a mathematical model for calculating the energy parameters of Tesla's processes at wireless energy transmission. Is specified on features of calculating the partial capacitances of conductors. Is shown the expediency of calculating the partial capacitances of cylindrical conductors by the modernized method How.

Key words: wireless transmission of energy, Maxwell's equations, partial capacities.

Останнім часом із розвитком передових технологій відкривається багато сфер життєдіяльності людини, де необхідна передача енергії без проводів на порівняно невеликій відстані: для безконтактної підзарядки акумуляторів побутових електроприладів (мобільних телефонів, електробритов і т. п.), для безконтактної підзарядки акумуляторів різних пристроїв сучасної медицини (кардіостимулятори, пристрої для схуднення) тощо.

Існують різні способи здійснення бездротової передачі енергії: шляхом електромагнітної індукції, електромагнітного випромінювання, передача по спеціально створеному провідному каналі, резонансні методи тощо.

Бездротовий спосіб передачі енергії має такі основні переваги в порівнянні з провідним:

- відсутність елементів, які з'єднують джерело й приймач електричної енергії, а також конструкцій для їхнього кріплення та з'єднання;
- можливість передачі енергії герметичним об'єктам та у важкодоступні місця;
- можливість передачі енергії мобільним об'єктам.

У [1] було сформульоване суть терміна "теслівські процеси": це процеси, пов'язані з високими напругами та струмами високої частоти, при яких основну роль відіграють струми зсуву, розподілені у всьому навколишньому просторі. Для ефективного протікання теслівських процесів частота генератора повинна перебувати в межах від 20 кГц до 1 МГц. При більше низьких частотах ефективність передачі енергії невелика, а при збільшенні частоти вище 1 МГц збільшуються втрати на випромінювання, зменшуючи тим самим ККД теслівського процесу [1; 2].

Теслівські процеси характеризуються високими електричними й порівняно слабкими магнітними полями, що дає можливість використовувати такі системи там, де значна величина магнітної складової електромагнітного поля є неприпустимою, наприклад, у медицині. При резонансах їх інтенсивність різко зростає [2-3].

Слід зазначити, що термін "антена" при розгляді теслівських процесів відрізняється за змістом від прийнятого в радіотехніці. У теслівських процесах передача енергії здійснюється не за рахунок випромінювання радіохвиль. Тому передавальною (приймальною) антеною в теслівському колі виступає провідник будь-якої форми, що утворює часткові ємності з аналогічними провідниками-антенами приймача (передавача).

Розрахунок енергетичних параметрів схеми передачі енергії за допомогою теслівських процесів можна проводити методами теорії поля, однак це значно ускладнює розрахунок. Для спрощення розрахунку можна скористатися методом часткових ємностей.

Базова схема бездротової передачі енергії за допомогою теслівських процесів представлена на рис. 1.

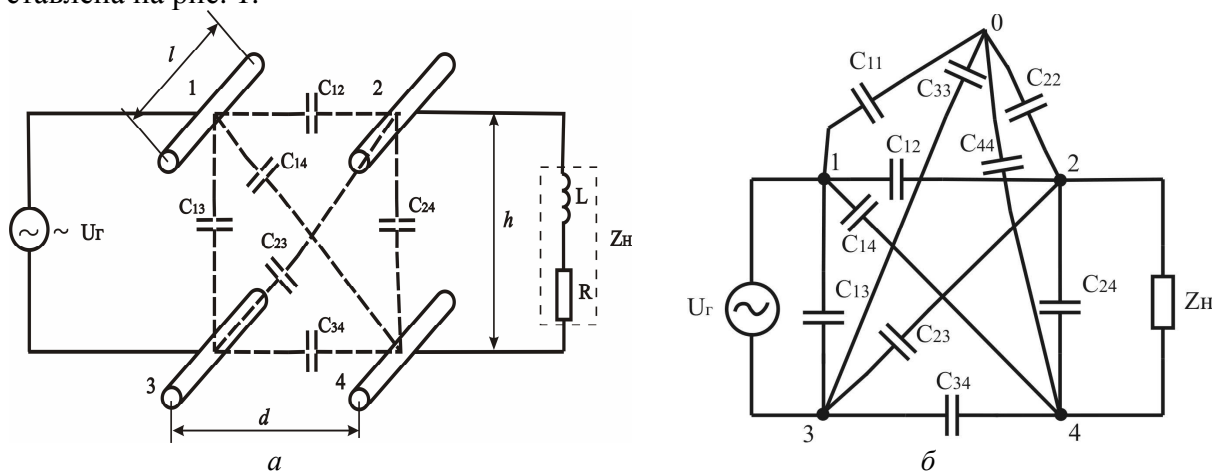


Рис. 1. Схема бездротової передачі енергії за допомогою теслівських процесів: а – базова схема бездротової передачі; б – еквівалентна схема заміщення

Для цієї схеми розрахунок енергетичних параметрів схеми передачі енергії можна проводити методом вузлових потенціалів.

$$\begin{cases} \phi_1 = 0 \\ \phi_2 (y_{23} + y_{24} + y_{12} + y_{22}) - \phi_3 \cdot y_{23} - \phi_4 \cdot y_{24} - \phi_0 \cdot y_{22} = 0 \\ \phi_3 = U_{Г} \\ \phi_4 (y_{14} + y_{24} + y_{34} + y_{44}) - \phi_2 \cdot y_{24} - \phi_3 \cdot y_{34} - \phi_0 \cdot y_{44} = 0 \\ \phi_0 (y_{11} + y_{22} + y_{33} + y_{44}) - \phi_2 \cdot y_{22} - \phi_3 \cdot y_{33} - \phi_4 \cdot y_{44} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де

$$\begin{aligned} y_{11} &= j\omega \cdot C_{11}, & y_{22} &= j\omega \cdot C_{22}, & y_{33} &= j\omega \cdot C_{33}, & y_{44} &= j\omega \cdot C_{44}, \\ y_{12} &= j\omega \cdot C_{12}, & y_{13} &= j\omega \cdot C_{13}, & y_{14} &= j\omega \cdot C_{14}, & y_{23} &= j\omega \cdot C_{23}, \\ y_{34} &= j\omega \cdot C_{34}, & y_{24} &= j\omega \cdot C_{24} + \frac{1}{R + j\omega \cdot L}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $C_{11}, C_{22}, C_{33}, C_{44}, C_{12}, C_{34}, C_{13}, C_{24}, C_{14}, C_{23}$ – часткові ємності середовища між антенами; $R + j\omega \cdot L$ – параметри навантаження.

При передачі енергії на порівняно невеликі відстані між антенами впливом землі можна знехтувати й при розрахунку не враховувати.

Струм у навантаженні та активна потужність, що виділяється в навантаженні, відповідно дорівнюють

$$I_H = \frac{\varphi_2 - \varphi_4}{R + j\omega \cdot L}, \quad P_H = R \cdot |I_H|^2. \quad (3)$$

У [2-3] приведено результати досліджень впливу параметрів навантаження, джерела та навколишнього середовища на перебіг телівського процесу бездротової передачі енергії. Зокрема було встановлено, що процес передачі є ефективним лише за наявності в колі навантаження резонансної індуктивності, а робочим режимом має бути режим близький до резонансу. На параметри резонансу впливає багато факторів: частота джерела; індуктивність навантаження; значення часткових ємностей між провідниками.

Часто змінювати параметри навантаження, зокрема значення індуктивності, складно, наприклад, при імплантації приймального блоку. Виконання джерела з можливістю регулювання частоти в широкому діапазоні призводить до зменшення його надійності та збільшення вартості. Тому задача точного визначення часткових ємностей на етапі проектування системи бездротової передачі енергії є дуже важливою.

Часткові ємності між антенами дуже сильно залежать від діелектричної проникності середовища, геометричних розмірів і форми антен, а також їхнього взаємного розташування.

Задача розрахунку часткових ємностей у системі провідників може бути вирішена на основі розрахунку електростатичного поля розглянутої системи. Для розрахунку електростатичного поля, використовуючи групи формул Максвелла, необхідно знати розподіл потенціалу та заряду провідників, що не завжди можливо. Тому в тих випадках, коли розрахунок електростатичного поля не може бути виконано, використовуються спеціальні методи розрахунку ємності, засновані на встановленні точного або наближеного зв'язку заряду провідника безпосередньо з потенціалом його поверхні, серед яких виділяють методи безпосереднього визначення ємності та допоміжні методи та оцінки [4].

Для провідників простої форми (циліндричні проводи, сферичні антени тощо) розрахунок часткових ємностей доцільно виконувати модифікованим методом середніх потенціалів (метод Хоу), що заснований на завданні фіктивного розподілу заряду по поверхні або в об'ємі тіл, що замінюють провідники. При цьому поверхні кожного з тіл приписується постійний потенціал, рівний середньому арифметичному значень потенціалу у всіх точках поверхні тіла ($U=U_{CP}$) [5].

У традиційному методі Хоу є допущення про те, що заряд розподілений по поверхні тіла рівномірно. Реальний розподіл заряду уздовж провідника буде відрізнятися від рівномірного, що вносить додаткову похибку в розрахунок часткових ємностей. З розвитком обчислювальної техніки питання складності математичних розрахунків стоять не так гостро, тому в [5] для збільшення точності запропоновано задатися більше складним законом розподілу заряду.

Так, для провідників циліндричної форми можна використовувати закон розподілу заряду вздовж поверхні провідника, що визначається рівнянням

$$\tau(x) = \tau_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x^{2i}, \quad (4)$$

де τ_0 – лінійна густина заряду в центрі провідника; b_i – коефіцієнти апроксимації; n – кількість членів ряду.

Оскільки розподіл заряду симетричний щодо центру провідника, то при виборі функції розподілу враховуються тільки парні ступені x .

Для знаходження коефіцієнтів апроксимації для закону розподілу заряду необхідно скористатися умовою рівності потенціалу в будь-яких точках на поверхні провідника.

Описано математичну модель для розрахунку енергетичних параметрів при бездротовій передачі. Вказано на особливості розрахунку часткових ємностей системи провідників.

Список використаних джерел

1. *Пентегов И. В.* К теории тесловских процессов зарядки емкостных накопителей энергии / И. В. Пентегов // *Электричество*. – 1996. – № 6. – С. 42-47.
2. *Пентегов И. В.* Применение тесловских процессов для бесконтактного заряда аккумуляторов бытовых электрических устройств / И. В. Пентегов, И. В. Волков, А. Л. Приступа // *Технічна електродинаміка. Тем. вип. „Проблеми сучасної електротехніки”*. – 2006. – Ч. 2. – С. 16-21.
3. *Пентегов И. В.* О возможности осуществления бесконтактной подзарядки аккумуляторов имплантированных электростимуляторов / И. В. Пентегов, И. В. Волков, А. Л. Приступа // *Технічна електродинаміка. Тем. вип. „Проблеми сучасної електротехніки”*. – 2008. – Ч. 5. – С. 109-113.
4. *Иоссель Ю. Я.* Расчет электрической ёмкости / Ю. Я. Иоссель, Э. С. Кочанов, М. Г. Струнский. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 288 с.
5. *Пентегов И. В.* Усовершенствование метода Хоу для расчета частичных емкостей системы проводников / И. В. Пентегов, А. Л. Приступа // *Електротехніка і Електромеханіка*. – 2012. – № 1. – С. 57-60.
6. *Шимони К.* Теоретическая электротехника / К. Шимони. – М. : Мир, 1964. – 775 с.

УДК 532.528

В.В. Анісімов, аспірант

П.П. Єрмаков, д-р техн. наук

ДВНЗ “Український державний хіміко-технологічний університет”, м. Дніпропетровськ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КАВІТАЦІЇ В ЗАНУРЕНОМУ СОПЛІ

В.В. Анисимов, аспирант

П.П. Ермаков, д-р техн. наук

ГВУЗ “Украинский государственный химико-технологический университет”, г. Днепропетровск, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАВИТАЦИИ В ПОГРУЖЕННОМ СОПЛЕ

V.V. Anisimov, post-graduate student

P.P. Yermakov, Doctor of Technical Sciences

SHED USUCT, Dnipropetrovsk, Ukraine

INVESTIGATION OF CAVITATION PROCESS IN SUBMERGED NOZZLE

Розглянуто вплив геометричних параметрів кавітаційного сопла зануреного типу на інтенсивність кавітації в ньому. Представлено результати експериментальних досліджень взаємозв'язку між довжиною, діаметром вузької частини сопла та інтенсивністю кавітації. Результати досліджень підтверджено за допомогою аналізу дисперсності емульсії, отриманої з використанням досліджуваних сопел.

Ключові слова: кавітація, кавітаційне сопло, геометричні параметри, інтенсивність кавітації, емульгування.

Рассмотрено влияние геометрических параметров кавитационного сопла погруженного типа на интенсивность кавитации в нем. Представлены результаты экспериментальных исследований взаимосвязи между длиной, диаметром узкой части сопла и интенсивностью кавитации. Результаты исследований подтверждены путем анализа дисперсности эмульсии, полученной с использованием исследуемых сопел.

Ключевые слова: кавитация, кавитационное сопло, геометрические параметры, интенсивность кавитации, эмульгирование.

The influence of the geometric parameters of the submerged cavitation nozzle on cavitation intensity in it is considered. Results of experimental studies of the relationship between the length, diameter of the nozzle narrow part and the cavitation intensity are presented. Studies are confirmed by analyzing the dispersion of the emulsion prepared using the investigated nozzles.

Key words: cavitation, cavitation nozzle, the geometrical parameters, the intensity of cavitation, emulsification.

Постановка проблеми. Кавітація – явище виникнення в рідині парових, газових або парогазових бульбашок із зародків під дією локальних низьких тисків з можливим наступним їх схлопуванням.

Вперше явище кавітації було теоретично передбачене Рейнольдсом. На практиці ж людство вперше зіткнулося з кавітацією в кінці XIX століття при випробуваннях швид-