

РЕКТЕНА З ТРИФАЗНОЮ СХЕМОЮ ВИПРЯМЛЕННЯ ДЛЯ ІоТ ДОДАТКІВ

аспірант Алексеев В.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки,
кафедра КРiСТЗi, м. Харків, Україна
e-mail: vasy1.alieksieiev@nure.ua

Abstract. The given paper presents research of the energetic characteristics of three-phase rectenna's element which receives and transforms custom electromagnetic fields to the direct current. Rectenna's element is formed from a system of three emitters, symmetrical vibrators which are interchanged. Input filters were connected to internal terminals of vibrators the first, second and third single-phase rectifier circuits respectively. Obtained simulation results of the three-phase rectenna's element showed the advantage of its energy characteristics in comparison with single-phase rectification schemes.

Вступ. В останні кілька років активно провадяться дослідження технології збору та перетворення енергії електромагнітного поля (ЕМП) в навколишньому середовищі (рис. 1) в корисну енергію постійного струму за

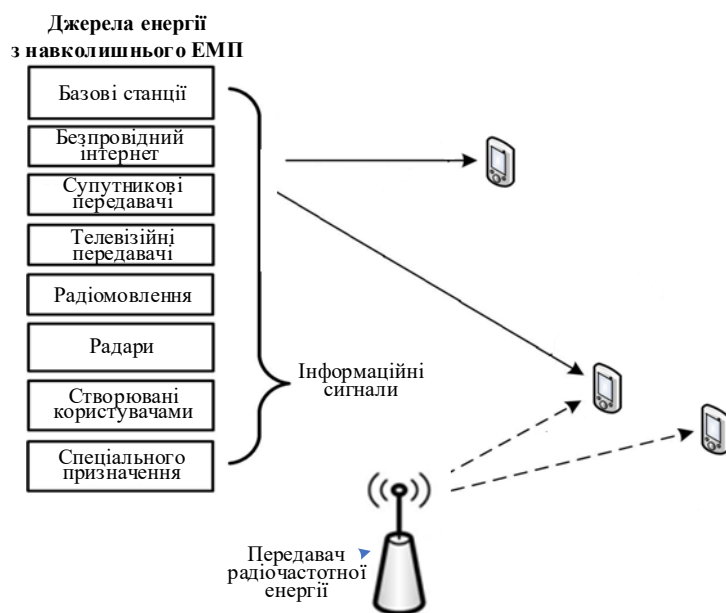


Рисунок 1 – Енергопостачання малопотужних пристроїв за рахунок видобування енергії з навколишнього ЕМП

допомогою ректен [1, 2]. Ця енергія може використовуватися безпосередньо або накопичуватися і зберігатися для подальшого використання, що дозволяє реалізувати альтернативні джерела енергії для тих місць, де немає енергетичних систем, або виникають труднощі енергоживлення різного характеру. Актуальність вирішення завдань збору енергії пов'язана з тим, що більшість електронних

пристроїв IoT, наприклад, таких як датчики в промислових, комерційних і медичних додатках (наприклад, моніторингу забруднення повітря, лісових пожеж, контролю стану різних механізмів, устаткування та будівельних споруд і т.п.), безпроводові пристрої та інші схеми з низьким енергоспоживанням, живляться від батарей. Однак, навіть дуже якісні батареї мають обмежений термін використання. Заміна батарей стає

"дорогим задоволенням", коли у віддалених місцях знаходяться сотні датчиків. Крім цього виникають нагальні екологічні проблеми, пов'язані з утилізацією відпрацьованих батарей. Застосування ж технологій збору електромагнітної енергії, що створюється радіоелектронними системами різного класу та призначення, практично не потребує технічного обслуговування цього устаткування, є економічно ефективним і привабливим з точки зору екологічної безпеки.

На рис. 2 наведена архітектура вузла IoT з безпроводним живленням. Для реалізації перетворення енергії ЕМП в постійний струм в світі широкого поширення набули ректени [3], які в загальному випадку будуються за відомою класичною схемою, наведеною на рис. 3.

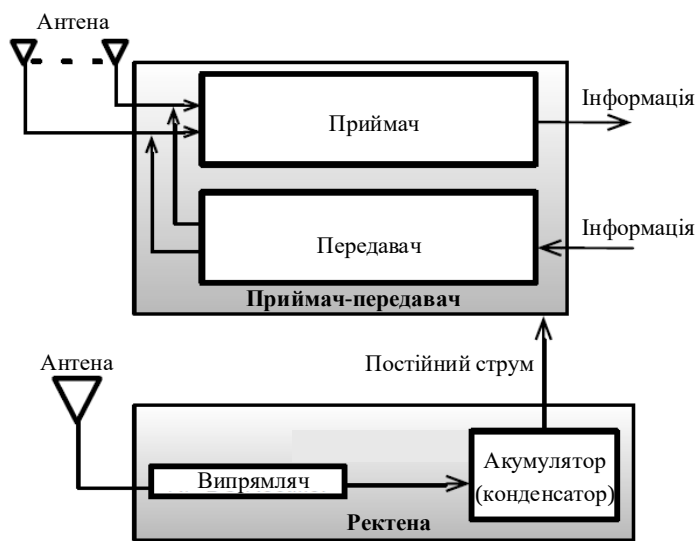


Рисунок 2 – Архітектура вузла IoT з безпроводним живленням

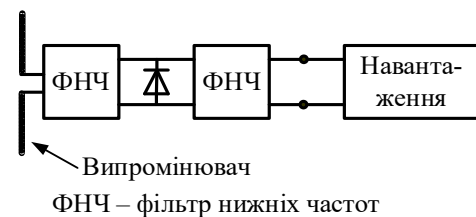


Рисунок 3 – Структурна схема ректени

На відміну від систем БПЕ сфокусованим мікрохвильовим променем [3], в яких ректени працюють на фіксованій частоті і на апертурі яких формуються оптимальні амплітудно-фазові розподіли при проектуванні ректен для збору енергії з навколишнього ЕМП, у зв'язку з іншими умовами їх функціонування, необхідно вирішувати ряд нових завдань, пов'язаних з розробкою та удосконаленням математичних моделей ширококутових, багаточастотних ректен, які опромінюються малопотужними ЕМП із довільною поляризацією. Вирішення цих задач, безумовно, є актуальним, а успішне їх розв'язання дозволить приступити до розробки різних електронних пристроїв IoT з безпроводним живленням. В даній роботі вирішена одна із зазначених вище задач, яка пов'язана з дослідженням енергетичних характеристик багатофазної ректени, що перетворює ЕМП довільної поляризації у постійний струм.

Основна частина. Ректенний елемент з багатофазною схемою випрямлення являє собою M ідентичних ректенних елементів з однофазними схемами випрямлення, що працюють на загальне

навантаження й збуджувані друг відносно друга з певним фазовим зсувом (рис. 4). Збуджуються однофазні ректенні елементи рівноамплітудно із частотою ω_0 та фазовим зсувом $\Delta\varphi = 2\pi/M$, тобто розглядається так називана симетрична багатofазна система випрямлення [4].

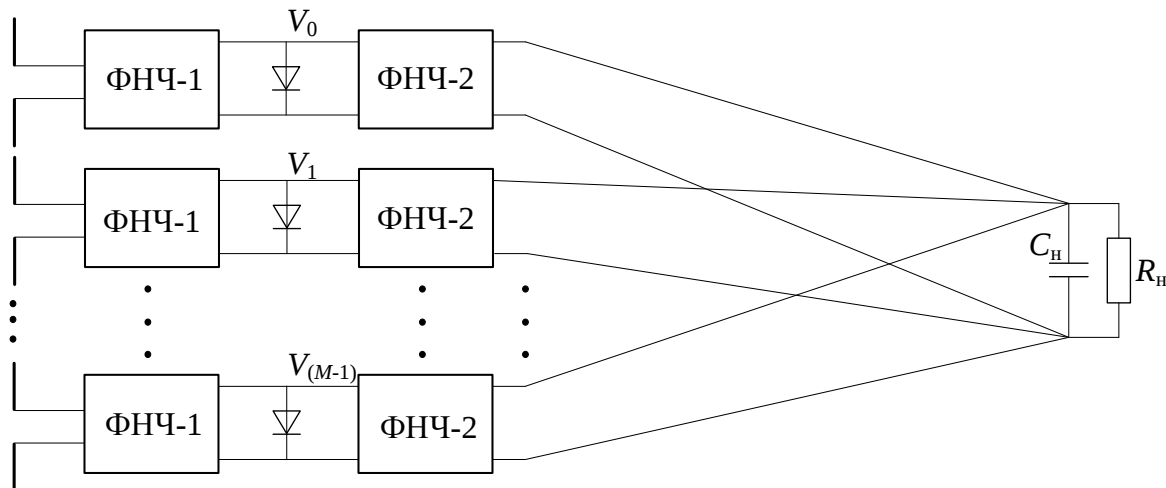


Рисунок 4 – Структурна схема багатofазного ректенного елемента

Наведемо результати дослідження трифазного ректенного елемента з використанням в якості системи випромінювання трьох пересічних

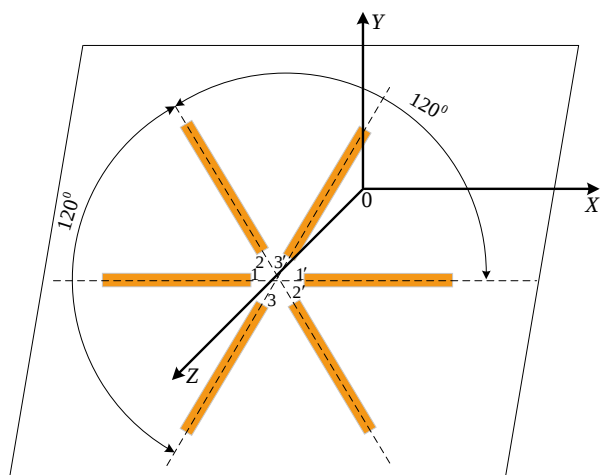


Рисунок 5 – Випромінювальна структура трифазного ректенного елемента

симетричних вібраторів до входніх клем яких (клемы 1–1', 2–2', 3–3' рис. 5) підключені входні фільтри, відповідно, першої, другої і третьої однофазних випрямних схем (рис. 3). Вібратори розташовані на висоті $\lambda_0/4$ над ідеально провідним екраном. Якщо параметри входніх у схему однофазних ректенних елементів ідентичні, а збудливою є електромагнітна хвиля кругової поляризації, то даний ректенний

елемент буде симетричним трифазним ректенним елементом.

Результати розрахунку енергетичних характеристик трифазного ректенного елемента наведені на рис. 6. На рис. 6,а показана залежність коефіцієнта корисної дії від опору навантаження, що розрахована при $P_{ex} = 200$ мВт. При такому рівні входньої потужності амплітуда напруги основної частоти, що прикладена до діодів трифазної схеми буде такою же, як й амплітуда напруги основної частоти, що прикладена до діода однофазного однопівперіодного ректенного елемента, який працює при

рівні вхідної потужності $P_{\text{вх}} = 100$ мВт. Це дозволяє дати порівняльну оцінку даних схем побудови ректенних елементів з погляду вимог до параметрів застосовуваних в них випрямних діодів.

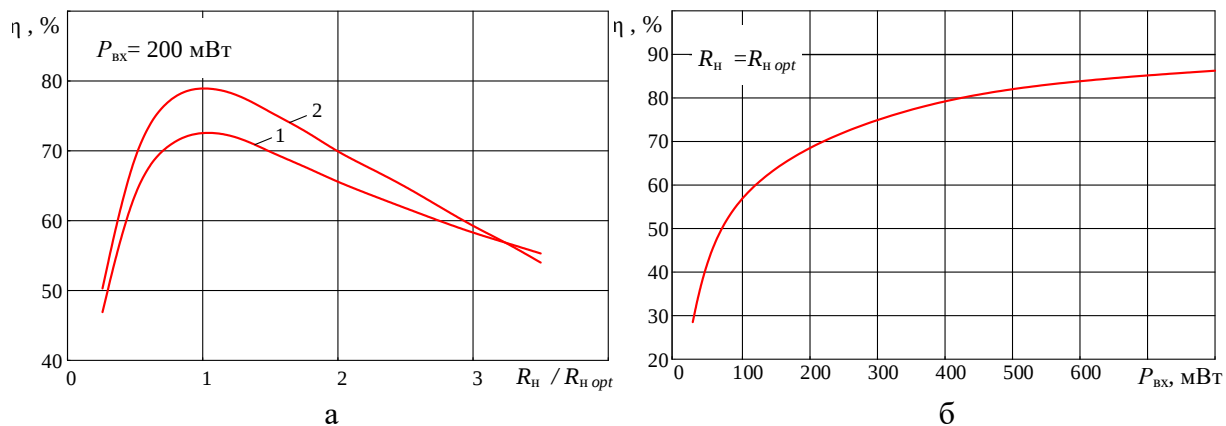


Рисунок 6 – Залежність ККД трифазного елемента ректени від опору навантаження та рівня вхідної потужності

Висновки. Порівняння кривих для трифазного ректенного елемента (рис. 6,а) з аналогічними кривими для однофазного ректенного елемента [3] показує, що трифазний та однофазний елементи ректен при будь-якому опорі навантаження мають різні значення ККД для ректенних елементів без вхідних фільтрів (рис. 6,а, крива 1) і якщо вхідні ФНЧ – фільтри з ідеальними характеристиками (рис. 6,а крива 2). Аналогічним чином поводитьься й залежність коефіцієнта корисної дії від рівня вхідної потужності (див. рис. 6,б). З порівняння результатів моделювання з результатами [3], видно, що трифазний елемент ректени може прийняти потужність у два рази більшу, ніж однофазний ректенний елемент при однакових вимогах до таких параметрів застосовуваних в них випрямних діодів.

Список використаних джерел.

1. Husnain H., Sherazi R., Zorbas D., O'Flynn B. A comprehensive survey on RF energy harvesting: applications and performance determinants / Sensors 2022. N 22(8). p. 1–36.
2. Chen Y-S., Chiu C-W. Maximum achievable power conversion efficiency obtained through an optimized rectenna structure for RF energy harvesting / Transactions on Antennas and propagation. 2017. Vol. 65. Issue 5. p. 2305–2317.
3. Крупноапертурные антенны-выпрямители систем беспроводной передачи энергии микроволновым лучом / В.М. Шокало, А.И. Лучанинов, А.М. Рыбалко, Д.В. Грецих. – Харьков: Коллегиум, 2006. – 308 с.
4. Борисов П.А., Томасов В.С. Расчет и моделирование выпрямителей. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2009 – 169 с.