

ДИНАМІКА РУХУ В ТРИВИМІРНІЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІЙ ХВИЛІ

Антоненко А. І., к.т.н., с.н.с.;

*Київський національний університет технологій та дизайну,
м. Київ, Україна*

Класична теорія електромагнітного поля оперує виключно показниками, притаманними лише цьому природному явищу, без використання показників його матеріальності. При цьому розглядаються рішення рівнянь Максвелла, які ґрунтуються на постулаті постійності швидкості розповсюдження електромагнітного поля, однакової для всіх точок простору, заповненого **лише** електромагнітним полем, як матеріальним середовищем. Тим самим безпідставно виключаються рішення, які можуть явно описати коливальний або обертальний рух електромагнітного поля, як матеріального середовища, у вакуумі [1].

Для однозначного сприйняття електромагнітного поля як матеріальної субстанції з відповідними значеннями параметрів в точках простору і часу прийємо наступні визначення понять «хвиля» та «електромагнітна хвиля».

Хвиля – це просторово-часове описання не матеріального фізичного параметру, яке характеризується періодичною зміною його значення в залежності від координат для заданого моменту часу та періодичною зміною його значення в точках із заданими координатами з плином часу. Хвиля, що біжить – описує поступальний рух, стояча хвиля – коливальний.

Електромагнітна хвиля – це описання матеріального електромагнітного середовища множиною хвиль взаємопов'язаних параметрів, які характеризують це середовище.

Розглянемо електромагнітне середовище як сукупність магнітної та електричної компонент, які можуть миттєво змінювати свій вид – з магнітного на електричний і навпаки (при їх русі) без будь-яких зовнішніх впливів (у вакуумі). Зміна виду відбувається у відповідності із законами збереження матерії і кількості руху матерії в кожній точці простору [2]. Виходячи із вказаних законів та закону збереження енергії, показано, що швидкості компонент при зміні їх виду збігаються за напрямком і можуть відрізнятися за величиною. Значення швидкості руху кожної компоненти залежить від співвідношення їх щільності.

Введення допоміжних векторних полів швидкості руху магнітної та електричної компонент електромагнітного поля дають змогу звести систему рівнянь Максвелла до енергодинамічної системи рівнянь [3]. Ця система рівнянь дозволяє отримати нові рішення, одне з яких описує електромагнітну хвилю з плоско-паралельним магнітним полем при обмеженій відстані до зони зміни напрямку магнітного потоку [4].

Така електромагнітна хвиля являє собою тривимірну систему пучностей і впадин компонент поля. Отримані вирази для складових векторів магнітної і електричної напруженості повністю задовольняють систему рівнянь Максвелла [4, 5]. По їх значеннях розраховано силові та топографічні лінії (лінії з однаковим значенням напруженості) полів (рис. 1). Вони дають наочне уявлення про структуру тривимірної електромагнітної хвилі.

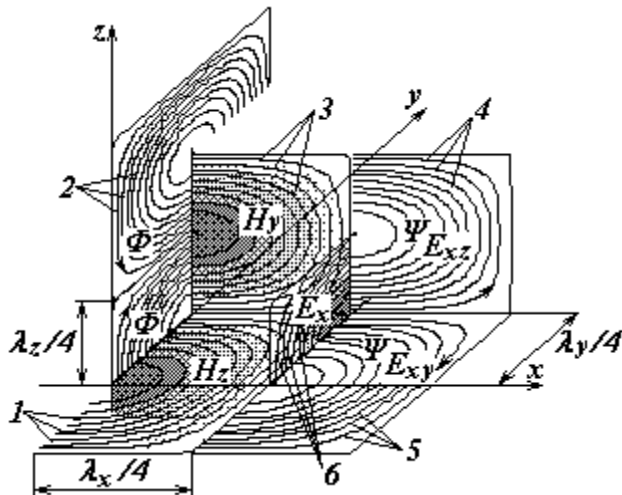


Рис. 1. Структура тривимірної електромагнітної хвилі

На рисунку показано: 1, 3 – топографічні лінії магнітної напруженості; 2 – лінії магнітного потоку; 4, 5 – лінії потоку електричної напруженості; 6 – топографічні лінії електричної напруженості.

Аналіз структури показує, що в розглянутій тривимірній електромагнітній хвилі існує електрична компонента з вектором напруженості, що збігається з напрямком руху хвилі. Виявлено факт існування

електричної компоненти без присутності магнітної. Це означає, що окрім поступального руху хвилі в ній спостерігається рух в ортогональному напрямку. Для перевірки цього припущення проведені розрахунки групової швидкості електромагнітного середовища в кожній точці простору. Результати відображено на рис. 2.

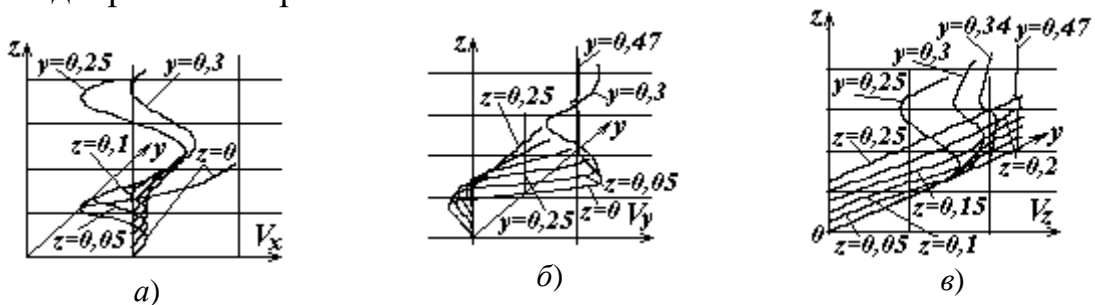


Рис. 2. Залежність складових вектора швидкості від координат при $x = 1/8\lambda_x$

На рис.2 показано графіки залежності складових вектора швидкості в точках площини $x = 1/8\lambda_x$, рівновіддаленої від гребеня і вузла хвилі напруженості магнітного поля, де λ_x - довжина хвилі по координаті x , $V_x > 0$.

Висновки. На поступальний рух в тривимірній хвилі накладається вихровий рух поля в межах частини довжини хвилі. Миттєва групова швидкість руху в усіх точках хвилі не перевищує швидкість світла.

В деяких точках простору електрична компонента існує без присутності

магнітної компоненти і виявляється нерухомою в цих точках.

Розглянуту тривимірну хвилю можна виразити сумою 4-х плоско-паралельних електромагнітних хвиль, які рухаються зі швидкістю світла.

Перелік посилань

1. Антоненко А.И. Обобщенный закон электромагнитной индукции. [Текст] / А.И. Антоненко // Техническая электродинамика ISSN 0204-3599 – 1993. - № 5. – с. 43 – 47.
2. Антоненко А. И. Колебательное движение электромагнитного поля как материальной двухкомпонентной среды. [Текст] / PROCEEDINGS V International scientific and technical conference 31 mai – 3 iune 2017, "ENGINEERING. TECHNOLOGIES. EDUCATION. SECURITY. 2017", ISSN 2535-0315 (Print), ISSN 2535-0323 (Online) – , Volume 2 с. 214 – 216. Рус.
3. Антоненко А. І. Енергодинамічна система рівнянь електромагнітного поля. [Текст] / М 55 Мехатронні системи: інновації та інжиніринг. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 15 червня 2017 р. с. 217 – 218. / відп. за вип. М.А. Зенкін. – Київ : КНУТД, 2017. – 245 с. ISBN 978-966-7972-83-7
4. Антоненко А. И Трехмерная электромагнитная волна. [Текст]: с. 9-10 *матеріалів XVI Міжнародної науково-технічної конференції ["Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів"], (Кременчук, 3–5 лист. 2017 р.).*/М-во освіти і науки, Кременчуцький нац. ун-т ім.М. Остроградського; відп. за вип.В. В. Гладкий. – Кременчук.: Кременчуцький нац. ун-т ім.М. Остроградського, 2017. – 173 с.
5. Антоненко А. І. Структура тривимірної електромагнітної хвилі. [Текст]. *Тези в цьому збірнику.*

Анотація

Приведено результати аналізу одного із рішень системи рівнянь Максвелла для електромагнітного поля, вільного від зовнішніх впливів. Рішення враховує умову обмеженої відстані до зони зміни напрямку магнітного потоку. Показано, що в такій хвилі окрім поступального руху спостерігається вихровий рух поля, як матеріального середовища.

Ключові слова: електромагнітна хвиля, щільність поля, кількість руху, енергія.

Аннотация

Приведены результаты анализа одного из решений системы уравнений Максвелла для электромагнитного поля, свободного от внешних воздействий. Решение учитывает условие ограниченного расстояния до зоны изменения направления магнитного потока. Показано, что в такой волне наряду с поступательным движением наблюдается вихревое движение поля, как материальной среды.

Ключевые слова: электромагнитная волна, плотность поля, количество движения, энергия.

Abstract

The results of an analysis of one of the solutions of the system of Maxwell's equations for an electromagnetic field free from external influences are given. The solution takes into account the condition of a limited distance to the zone of change in the direction of the magnetic flux.. It is shown that in such a wave, along with the translational motion, a vortex motion of the field is observed, as a material medium

Keywords: electromagnetic wave, field density, quantity of movement, energy.