

## ТЕОРІЯ ДВОПОТОКОВИХ ЛАЗЕРІВ НА ВІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОНАХ ЯК ФОРМУВАЧІВ КЛАСТЕРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Однією з актуальних задач електроніки надвисоких потужностей є отримання надкоротких (фемтосекундних) імпульсів електромагнітного поля, здатних без затухання поширюватися в середовищі. Традиційно розглядають радіоімпульси, що є імпульсами огинаючої, заповненої хвилею несучої частоти. Дана особливість обмежує можливість досягнення надвисоких рівнів середньої потужності (десятки – сотні кіловат в оптичному діапазоні). Було запропоновано інший тип імпульсів – електромагнітні кластери [1]. Кластери є згустками електромагнітного поля, не пов'язаного з якоюсь несучою частотою. Тому вони, на відміну від радіоімпульсів, не мають жорстких обмежень щодо середньої потужності при збереженні можливості отримання сигналів з фемтосекундною тривалістю [1].

Для формування кластерів електромагнітного поля було запропоновано метод гармонічного синтезу. Він полягає в складанні багатьох гармонік для досягнення ефекту мультигармонічної інтерференції. Було знайдено [1], що системи формування кластерів поля найбільш раціонально будувати на базі сильнострумкових лазерів на вільних електронів (ЛВЕ). Особливо перспективними в даному випадку виглядають двопотокові мультигармонічні ЛВЕ. Саме фізичним процесам, що протікають в такого типу ЛВЕ, і присвячена дана робота. Тут, в тому числі, розглянуто найпростіший варіант конструкції кластерного двопотокового ЛВЕ, область взаємодії якого включає в себе дві системи накачки (моно-гармонічну та мультигармонічну), просторово розділені пролітною секцією.

В першій, моно-гармонічній, системі накачки відбувається модуляція двошвидкісного пучка електронів за щільністю – вхідний електромагнітний сигнал трансформується в поздовжню мульти-гармонічну хвилю просторового заряду (ХПЗ). В пролітній секції електромагнітний сигнал поглинається, а ХПЗ підсилюється завдяки двопотоковій нестійкості. Підсилена мультигармонічна ХПЗ подається на вхід другої, мультигармонічної, системи накачки, де реалізуються механізми множинних параметричних резонансів та мультигармонічна ХПЗ трансформується в мультигармонічну електромагнітну хвилю. Для формування кластерів гармоніки вихідного сигналу мають мати приблизно однакову амплітуду. Налаштування спектру можна виконувати в пролітній секції.

Для побудови кубічно-нелінійної теорії використано ієрархічні асимптотичні методи. Показано отримання вищих гармонік ХПЗ з амплітудами більшими, ніж амплітуди нижчих гармонік. Отже, в роботі доведено перспективність формування кластерів електромагнітного поля в системах на базі клістронних версій дво-потокових ЛВЕ, що розглядалися.

### Список літератури

1. *Kulish V.V. Hierarchic Electrodynamics and Free Electron Lasers. CRC Press, Taylor&Francis Group, 2011.*

*Наукові керівники – В.В.Кулиш, д.ф.-м.н., проф.; А.В.Лисенко, к.ф.-м.н., доц.*