

МУЛЬТИГАРМОНІЧНА ТЕОРІЯ ЕФЕКТУ ВИБУХОВОЇ НЕСТІЙКОСТІ В ДВОПОТОКОВОМУ СУПЕРГЕТЕРОДИННОМУ ЛАЗЕРІ НА ВІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОНАХ ДОПЛЕРТРОННОГО ТИПУ НАКАЧКОЮ

Проф. Куліш В.В., доц. Лисенко О.В., асп. Пушнін Д.Ю.

В роботі проведено теоретичне дослідження двопотокового супергетеродинного лазера на вільних електронах (ДСЛВЕ) з доплертронною накачкою. В якості робочої хвилі тут виступає зростаюча хвиля просторового заряду (ХПЗ), що створюється у двошвидкісному релятивістському електронному пучку (РЕП) з частотою, що дорівнює комбінаційній частоті електромагнітного сигналу та електромагнітної накачки. ХПЗ утворюється за в результаті параметричного механізму взаємодії РЕП з доплертронною хвилею накачки та хвилею сигналу. При взаємодії хвилі ХПЗ (хвиля з від'ємною енергією) з хвилею накачки (хвиля з додатною енергією) та сигналом (хвиля з додатною енергією), у випадку, коли групові швидкості усіх хвиль співпадають, в системі у рамках квадратично-нелінійної теорії має місце ефект вибухової нестійкості [1,2]. Суть його полягає в тому, що амплітуди усіх хвиль в такій системі будуть збільшуватись за законом $A_j \sim (z_\infty - z)^{-1}$. Зрозуміло, що при врахуванні кубічних нелінійних доданків цей ефект перестає існувати. З іншого боку у разі ізохронізації взаємодії (наприклад, за допомогою повздовжнього електричного поля), що з математичної точки зору означає компенсацію кубічних доданків, ми знову повертаємось до системи, в якій амплітуди будуть збільшуватись за законом $A_j \sim (z_\infty - z)^{-1}$. Таким чином дослідження режиму вибухової нестійкості є задачею досить актуальною.

В роботі побудована квадратично-нелінійна теорія ДСЛВЕ з доплертронною накачкою. Особливість процесів, які тут відбуваються, полягає у тому, що в плазмі двошвидкісного РЕП збуджується велика кількість гармонік, які мають сумірну амплітуду. Тому в рамках нелінійної теорії було враховано мультигармонічність хвилі сигналу, електромагнітної хвилі накачки та хвилі ХПЗ.

Для розв'язку задачі використали метод усередненого квазігідродинамічного рівняння та метод повільно змінних амплітуд [3]. В результаті їх застосування отримали нелінійні вкороченні рівняння для повільно змінних амплітуд електромагнітних хвиль.

Проведено дослідження поведінки гармонік хвиль, що приймають участь у нелінійній взаємодії. З'ясовано умови, коли найбільш ефективно збуджуються високочастотні складові компоненти відповідних хвиль. Отримані результати описують процеси в ізохронних двопотокових супергетеродинних лазерах на вільних електронах доплертронного типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kulish V.V. Methods of averaging in nonlinear problems of relativistic electrodynamics. Word Scientific Publishers, Inc, Atlanta, USA, 1998.
2. Вильхельмсон Х., Вейланд Я. Когерентное нелинейное взаимодействие волн в плазме. – 1981. – М.: Мир, 1981.
3. Kulish V.V. Hierarchical methods: Vol. I. Hierarchy and Hierarchic Asymptotic Methods in Electrodynamics, Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2002.