

Ляпуновские схемы динамических режимов волоконного кольцевого резонатора

В.А. Разуков^{1*}, Л.А. Мельников¹, П.В. Купцов^{1,2}

¹Институт электронной техники и приборостроения, Саратовский государственный
технический университет имени Ю.А. Гагарина

²Саратовский филиал ИРЭ РАН

*E-mail: razukov.vad@gmail.com

DOI:10.31868/RFL.2024.47-48

В нашей предыдущей работе [1] мы применили численный метод Кабаре [2] для лазерных систем, в которых время прохождения одного резонатора туда и обратно значительно превышает длительность импульса в нем. В рамках такой задачи классические методы и приближения неприменимы, и результаты часто оказываются неоднозначными.

Эту проблему разрешения неоднозначности можно обойти, используя показатели Ляпунова [3-5]. Получив диапазон показателей и определив максимальный из них по абсолютной величине, можно, зная его знак, различать устойчивые, хаотические и периодические колебания. Этот метод позволяет как значительно сократить время расчета, так и построить наглядные карты режимов работы системы для последующего описания и прогнозирования возможных изменений. По сути, наша система переводится на решение задачи динамики возмущений. Соответствующие уравнения переноса для возмущений δF , δB имеют вид:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \delta F_j}{\partial t} + V_g \frac{\partial \delta F_j}{\partial z} &= D \frac{\partial^2 \delta F_j}{\partial z^2} + A_{FF} \delta B_j + B_{FB} \delta B_j + r(z) \delta B_j - \gamma \delta F_j, \\ \frac{\partial \delta B_j}{\partial t} - V_g \frac{\partial \delta B_j}{\partial z} &= D \frac{\partial^2 \delta B_j}{\partial z^2} + A_{BF} \delta F_j + B_{BB} \delta B_j + r(z) \delta F_j - \gamma \delta B_j.\end{aligned}$$

Здесь A_{FF} , A_{BF} , B_{FB} , B_{BB} - производные нелинейных частей по возмущениям, $j=1,2,...,n-l,n$ - количество показателей. Чтобы решить нашу задачу, мы случайным образом задаем начальные условия для групп приведенных уравнений и решаем их вместе с исходной системой ДУ в ЧП в [1], используя те же методы "Кабаре" для основного шага, Крэнка-Николсона, методы прогонки и Эйлера для учета дисперсии и потерь, которые мы использовали в наших предыдущих работах.

Чтобы протестировать используемый метод и убедиться в адекватности полученных результатов, мы проанализировали ранее полученные режимы, используя спектр показателей Ляпунова [1]. Примеры полученных карт режимов, которые представлены в фазовом пространстве значений коэффициента отражения и коэффициента потерь, показаны на Рис. 1 и Рис. 2. Дальнейшая работа будет сосредоточена на тестировании нашего метода на реальной лазерной системе.

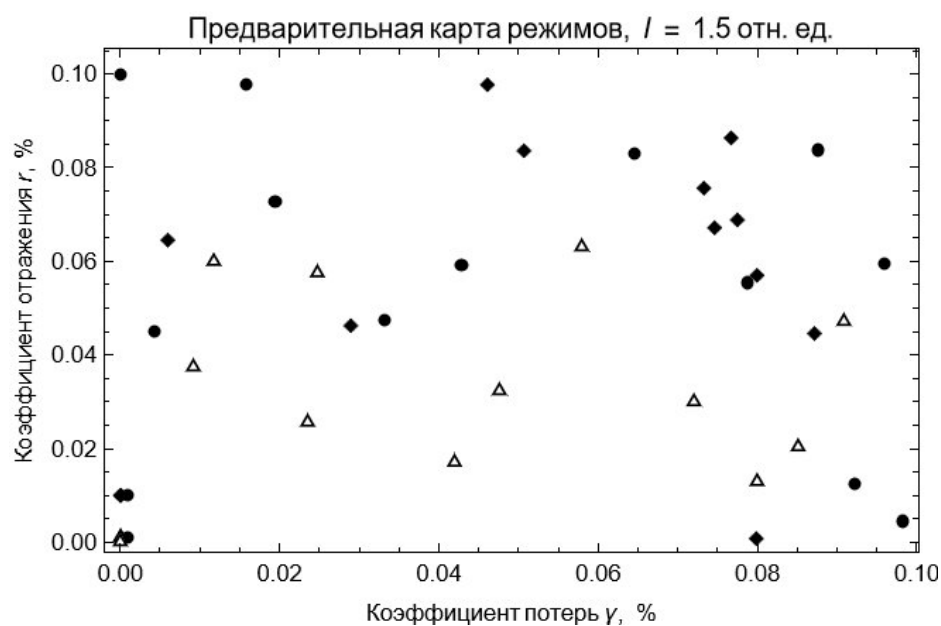


Рис. 1. Предварительная схема режима для постоянной интенсивности накачки в 1,5 относительных единицы. Круг - стабильный режим, треугольник - хаос, ромб - периодические колебания.

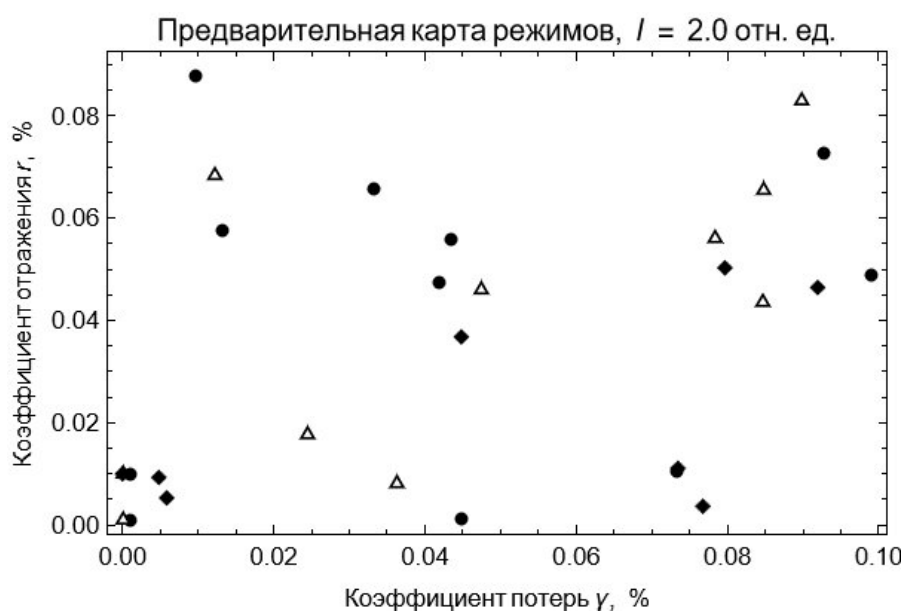


Рис. 2. Предварительная схема режима для постоянной интенсивности накачки в 2,0 относительных единицы. Круг - стабильный режим, треугольник - хаос, ромб - периодические колебания.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-12-00396, <https://rscf.ru/project/22-12-00396/>

Литература

- [1] V.A. Razukov, L.A. Melnikov et al, *Laser Physics* **33**, 025004 (2023)
- [2] V. Goloviznin, A. Samarskii, *Matem. Mod.* **10**, 86-100 (1998)
- [3] P.V. Kuptsov, *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics* **18**, 91-110 (2010)
- [4] A.A. Balyakin, E.V. Blohina, , *Izvestiya VUZ. Applied Nonlinear Dynamics* **16**, 87-110 (2008)
- [5] A.D. Koloskova, O.I. Moskalenko, A.A. Koronovskii, *Technical Physics Letters* **44**, 374-377 (2018)