

УДК 517.928

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОДНОМОДОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА

Курилова С. В., Щепаккина Е. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Настоящая работа посвящена анализу динамической модели твердотельного одномодового лазера. Одномодовые модели играют особую роль в динамической теории лазеров. Обладая предельно низкой размерностью, они включают в рассмотрение лишь самую фундаментальную и неустранимую нелинейность, сопутствующую процессу взаимодействия поля и активной среды, проявление которой неавуалировано взаимодействием мод, наличием дополнительных нелинейных элементов или внешних управляющих сигналов [1]. Одномодовый твердотельный лазер описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \varepsilon \frac{dx}{dt} = x(y - 1 - z), \\ \frac{dy}{dt} = a - y(1 + x), \\ \varepsilon \mu \frac{dz}{dt} = \frac{b}{\rho} - z \left(\frac{1}{\rho} + \frac{x}{\delta} \right), \end{cases} \quad (1)$$

где x – интенсивность моды; y, z – плотность инверсии в активной среде и поглотителе;

a, b – параметры накачки; $\varepsilon = 1/G$; $\mu = 1/\delta\rho$; $\delta = \frac{\gamma_{\parallel}^b}{\gamma_{\parallel}^a}$; $\rho = \frac{B^b \psi^2(r^b)}{B^a \psi^2(r^a)}$; $G = \frac{2}{\gamma_{\parallel}^a}$; $\gamma_{\parallel}^{a,b}$ –

скорость релаксации поля и разности населенностей; $B^{a,b}$ – коэффициенты Эйнштейна для индуцированного перехода; $\psi(z) = \sqrt{2} \sin(\pi qz/L)$ – собственная функция резонатора; $\pi q/L$ – волновое число; q – большое целое число полуволн моды, укладываемых на длине резонатора L . Параметры ε, μ являются малыми, поэтому система (1) является сингулярно возмущенной и имеет три масштаба скоростей.

В работе с помощью метода интегральных многообразий осуществляется редукция системы [2], при этом установлено, что редуцированная модель полностью сохраняет особенности качественного поведения полной системы, но её анализ в силу пониженной размерности существенно упрощается по сравнению с анализом исходной модели. В основе качественного исследования системы (1) лежит анализ положений равновесия полной и редуцированной систем, построение медленного интегрального многообразия системы (1) и анализ поведения решений системы на этом многообразии.

Показано, что существует тривиальная траектория-утка, так как известно точное решение. Под траекторией-уткой обычно понимается траектория сингулярно возмущенной системы, которая проходит вначале вдоль устойчивого интегрального многообразия, а затем вдоль неустойчивого, причём оба раза расстояния порядка единицы. Сама по себе траектория $x=0$ с физической точки зрения соответствует нулевой амплитуде электрического поля волны. В исследуемой модели эта траектория играет роль организующего начала: другие траектории системы представляют собой спирали, содержащие участки устойчиво-неустойчивого медленного движения, т.е. локальные траектории-утки.

Результаты аналитического исследования модели хорошо согласуются с результатами численного эксперимента.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-01-97018_р.

Библиографический список

1. Ханин Я. И. Основы динамики лазеров. – М.: Наука, 1999. – 368 с.
2. Соболев В. А., Щепкина Е. А. Редукция моделей и критические явления в макрокинетики. – М.: Физматлит, 2010. – 320 с.