

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОГО ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ В СОСТАВЕ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА

М. А. ЕРОФЕЕВ (Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель – Завитаев Александр Сергеевич

(Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Университет ИТМО, г. Санкт-Петербург)

Введение

Квантовый датчик вращения (КДВ), реализованный на основе эффекта ядерного магнитного резонанса (ЯМР), является высокоточным навигационным прибором, чувствительным элементом которого выступает ячейка с ансамблем атомов. Принцип действия КДВ основан на регистрации зависимости частоты прецессии макроскопического магнитного момента ядер в магнитном поле от угловой скорости вращения основания [1, 2]. Для этого процесса крайне важны температура ячейки и мощность лазерного излучения, которая подвержена существенной зависимости от температуры, что обуславливает необходимость эффективной термостабилизации режима работы прибора для обеспечения заданной точности измерений (в частности, минимизации коэффициента углового случайного блуждания — ARW) [3].

В момент запуска КДВ наблюдается тепловой переходный процесс, обусловленный нагревом чувствительного элемента и выходом системы термостабилизации лазера на рабочий режим. Целью работы является определение параметров указанного переходного процесса, возникающего при нагреве чувствительного элемента и включении термостабилизирующего элемента лазерного излучателя, для последующего синтеза системы автоматического регулирования температуры.

Основная часть

Оптическая система КДВ включает лазер накачки и детектирующий (считывающий) лазер. На этапе выхода на режим лазер накачки ориентирует магнитные моменты атомов. Макроскопический момент, формируемый при этом, зависит от мощности излучения лазера. В то же время система термостабилизации поддерживает заданную температуру ячейки с ансамблем атомов посредством управляемого нагревательного элемента [4], что приводит к изменению температуры лазера и, как следствие, его выходу из рабочего режима и изменению мощности излучения накачки. Для проектирования закона управления температурой лазера необходимо знание динамических характеристик объекта на этапах разогрева и стабилизации.

В рамках исследования разработана компьютерная конечно-элементная модель КДВ, позволяющая оценить динамику температурных полей в конструкции прибора. Моделирование выполнено в среде Creo и Comsol с целью анализа поведения лазерного излучателя как объекта управления в условиях теплового переходного процесса. Основное внимание уделено идентификации временных характеристик нагрева, определяющих динамику изменения мощности излучения.

Выводы

В результате моделирования получены количественные оценки параметров теплового переходного процесса лазерного излучателя. Установленные динамические характеристики являются основой для синтеза алгоритмов термостабилизации, обеспечивающих минимизацию времени выхода на режим и повышение точностных характеристик квантового датчика вращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шевченко А.Н., Захарова Е.А.** Исследование зависимости качества резонанса от распределения цезия в ячейке квантового датчика вращения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 4. С. 567–573. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-4-567-573
2. **Литманович Ю.А., Вершовский А.К., Пешехонов В.Г.** Гироскоп на основе явления ядерного магнитного резонанса: прошлое, настоящее, будущее // Материалы пленарного заседания 7-й Российской мультиконференции по проблемам управления ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». – 2014. – С. 35–42.
3. **А.К. Вершовский, Ю.А. Литманович, А.С. Пазгалеv, В.Г. Пешехонов.** Гироскоп на ядерном магнитном резонансе: предельные характеристики // Гироскопия и навигация. 2018. Т. 26. №1. С. 55-80. DOI 10.17285/0869-7035.2018.26.1.055-080
4. **Чжан К., Чжао Н., Ван Я.-Х.** Замкнутая система ядерно-магнитного резонансного гироскопа на основе Rb-Xe // Scientific Reports. – 2020. – Т. 10. – Ст. 2258. – DOI: 10.1038/s41598-020-59088-y.