

УДК 621.398.694,4

ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ САМОГЕНЕРАЦИИ КВАНТОВОГО ДАТЧИКА ВРАЩЕНИЯ

Чалков В.В. (АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»,
Университет ИТМО, С.-Петербург),

Научный консультант – Шевченко А.Н.
(АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Научный руководитель – кандидат технических наук Безмен Г.В.
(АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»)

Приводятся описание и результаты, основываясь на которых, проводится верификация разрабатываемой модели квантового датчика вращения

Для создания малогабаритных систем навигации для высокодинамичных объектов в настоящее время существует потребность в малогабаритных и виброустойчивых датчиках вращения. Ещё с 60-х годов прошлого века начались активные исследования различных новых физических принципов, на основе которых возможно построение датчиков навигационного класса точности, альтернативных механическим. Были изготовлены лабораторные прототипы гироскопов на эффектах сверхпроводимости, Джозефсона, ядерного магнитного резонанса.

В настоящее время, в связи с развитием компонентной базы, значительный интерес для исследователей представляет изучение квантовых датчиков вращения. Такое внимание обусловлено появлением возможности создания малогабаритного квантового датчика вращения. Тем не менее, всё ещё существует необходимость решения ряда важных практических задач, например таких, как: снижение влияния внешних магнитных полей на значение индукции магнитного поля внутри его чувствительного элемента (ЧЭ), регулировка коэффициентов фильтров системы самогенерации и другие.

Известно, что для стабильной работы квантового датчика вращения (КДВ) необходимо: наличие возбуждающего поля на Ларморовской частоте рабочего вещества для фиксации частоты автоколебаний и наличие независимости значения индукции магнитного поля внутри его чувствительного элемента (ЧЭ) от внешнего магнитного поля.

Одной из важных проблем, возникающих при создании возбуждающего поля на Ларморовской частоте рабочего вещества – это необходимость в разработке эффективной обратной связи так называемой “цепи самогенерации”. Для её реализации необходимо произвести точный расчёт коэффициентов синхронных фильтров, полосовых фильтров и фазовращателей, а также учесть возможность влияния остаточного значения индукции внешнего магнитного поля.

Настоящая работа посвящена решению задачи разработки модели КДВ, в частности, системы самогенерации (СГ) на частотах рабочего вещества в ЧЭ, а также проверке адекватности модели, путём верификации модели и экспериментальных данных.

Объектом исследования является модель КДВ, разрабатываемая для регулировки коэффициентов фильтров и других звеньев обратной связи для реального макета, который применяется для решения задач навигации и ориентации. Принцип действия такого датчика заключается в определении скорости вращения основания по данным о значениях гиромангнитного отношения, индукции магнитного поля и наблюдаемой Ларморовской частоты прецессии применяемого вещества.

Квантовый датчик вращения содержит в себе схему обработки выходного сигнала из газонаполненной ячейки, разделённую на два взаимно перпендикулярных пути для подачи на соответствующие катушки, создающих магнитные поля на Ларморовской частоте прецессии рабочего вещества.

Задача моделирования заключается в разработке адекватной модели ЧЭ КДВ, а именно его основных частей, таких как газонаполненная ячейка, магнитные катушки и система и СГ.

Основной элемент модели – это газонаполненная ячейка, описываемая уравнениями Блоха. Такие уравнения, способна описывать поведение спиновой намагниченности с учётом воздействия на неё магнитных полей и релаксационных процессов. В основе системы которых положены следующие уравнения.

Разработанная модель состоит из нескольких элементов, имитирующих реальный макет квантового датчика вращения.

Изложенный алгоритм был реализован в качестве компьютерной программы в среде MATLAB Simulink. Программа предусматривает возможность изменение параметров фильтров, уравнения Блоха и вывод графиков

Путём изучения графика воздействия на систему $\Pi/2$ импульса, длительностью 0.152 секунды, проводится анализ адекватности модели и её верификация. Было установлено, что график воздействия на модель, $\Pi/2$ импульса имеет схожий по числовым значениям и другими параметрами с теоретическими рассчитанными значениями и экспериментальными данными, из чего следует корректность имитирования СГ КДВ.

В результате разработки модели самогенерации квантового датчика вращения было приведено её описание и представлены результаты моделирования, основываясь на которых, проводится верификация разрабатываемой модели квантового датчика вращения