

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертацию Д.М. Спиридонова «Моделирование и подавление шумов в выходном сигнале измерительной интерферометрической системы», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 - радиофизика

Диссертация Д.М. Спиридонова посвящена актуальной проблеме радиофизики, состоящей в исследовании влияния различных источников шума на точность работы измерительных приборов, описании источников шума и разработке способов подавления шумов и улучшения точности измерений. В работе рассматриваются шумы в интерференционных измерительных приборах волоконно-оптического гироскопа (ВОГ) - прибора, измеряющего угловую скорость, и входящего в его состав волоконно-кольцевого интерферометра Саньяка. Детально анализируются источники шума, влияющие на работу прибора без учета шумоподавления и с учетом одного из основных методов шумоподавления, основанного на выделении шума источника оптического излучения в отдельный измерительный канал с последующей цифровой обработкой и вычитанием шума из полезного сигнала. Проводится анализ шумов и эффективности шумоподавления на основе выражения, связывающего спектральную плотность флуктуаций измеряемой величины угловой скорости с характеристиками различных источников шума, влияющими на работу ВОГ и сопоставление полученных данных с данными натурального эксперимента на специально изготовленном макете ВОГ и численного моделирования. При численном моделировании используется разработанная автором симуляционная модель, непосредственно имитирующая работу ВОГ. Рассматривается влияние различных параметров ВОГ на ошибку измерения, вызванную действием шума.

Поскольку в работе Д.М. Спиридонова исследуются источники шума в измерительном устройстве, осуществляющем определенные преобразования случайных воздействий, в том числе радиотехническими методами, то согласно классификации ВАК, данная работа может быть отнесена к специальности 1.3.4 – радиофизика.

В диссертационной работе Д.М. Спиридонова получен ряд новых важных результатов:

- Предложено обобщение выражения для спектральной плотности шума выходного сигнала ВОГ с системой снижения шума источника оптического излучения, справедливость которого подтверждена в натурном эксперименте. Обобщение состоит во введении в выражение источников шума второго измерительного канала, с учетом зависимости их величины от глубины фазовой модуляции в интерферометре Саньяка и зависимости величины шума источника оптического излучения от величины коэффициента согласованности сигналов измерительных каналов по ряду параметров.
- Создана симуляционная компьютерная модель волоконно-оптического гироскопа с замкнутым контуром компенсирующей обратной связи, учитывающая шумы оптического источника, приемника и модулятора оптического излучения. Так же в модели реализована система снижения шума на основе формирования опорного измерительного канала со своими источниками шума. Результаты, демонстрируемые моделью, хорошо согласуются с экспериментальными данными полученными как при анализе статистических данных выборки образцов ВОГ так и при исследовании специально разработанного и изготовленного макета с системой снижения шума.
- Выявлен и описан не учитываемый ранее источник шума, оказывающий заметное влияние на точность измерений ВОГ, который связан с формированием сигнала фазовой модуляции. Влияние данного

источника косвенно подтверждается при экспериментальных проверках.

- Определены зависимости спектральной плотности шума выходного сигнала ВОГ с системой снижения шума от разного вида рассогласований сигналов измерительных каналов: рассогласования по времени, по дисперсии, по полосе пропускания и по поляризации оптических сигналов.
- Показано, что зависимость коэффициента шумоподавления от времени рассогласования сигналов измерительных каналов в ВОГ с замкнутым контуром компенсирующей обратной связи определяется корреляцией этих сигналов, описываемой автокорреляционной функцией содержащегося в сигналах обоих измерительных каналов шума источника оптического излучения.
- Показано, что зависимость коэффициента шумоподавления от рассогласования сигналов измерительных каналов по величине дисперсии определяется величиной отклонения средней мощности оптического излучения, падающего на фотоприемники измерительных каналов и разницей коэффициентов усиления сигналов до их вычитания в схеме снижения шума.

Полученные результаты вносят вклад в понимание влияния различных источников шума на точность измерений определенного класса измерительных устройств. Они могут быть использованы в практических целях при создании малошумящих ВОГ и выбора оптимальных параметров, обеспечивающих наименьшие ошибки измерений, вызванные влиянием источников шума. Созданная диссертантом симуляционная модель ВОГ с каналом шумоподавления может дать хороший прогноз уровня ошибок на этапе разработки и в реально используемых ВОГ. Нарботанный теоретический и практический материал может быть положен в основу

постановки лабораторных работ специализированного практикума в области смежных задач оптики и радиофизики.

Д.М. Спиридонов в течение ряда лет, активно занимался научными исследованиями, первоначально на кафедре общей физики СГУ под руководством доктора физико-математических наук, профессора А.А. Игнатьева, затем на кафедре радиофизики и нелинейной динамики СГУ. В связи со смертью в 2022 году научного руководителя, А.А. Игнатьева, и переходом на кафедру радиофизики и нелинейной динамики СГУ, тема диссертационной работы была скорректирована. В процессе работы над диссертацией Д.М. Спиридонов тесно сотрудничал с производственным предприятием ООО НПК «Оптолинк», занимающимся разработкой и изготовлением волоконно-оптических гироскопов и бесплатформенных инерциальных навигационных систем на их основе. За время обучения в аспирантуре Д.М. Спиридонов проявил полную самостоятельность и целеустремленность в решении стоящей перед ним научной задачи и продемонстрировал высокий уровень теоретической подготовки. Он также проявил себя как способный программист, разработав компьютерную симуляционную модель исследуемого устройства и как квалифицированный экспериментатор, осуществив адаптацию алгоритма метода шумоподавления, разработку оптической и электрической схем и контроль изготовления макета установки для экспериментальных исследований и проведение этих исследований.

В диссертации Д.М. Спиридонова полно и последовательно изложены поставленные задачи и полученные результаты исследований. Результаты работы отражены в 3 статьях, опубликованных в изданиях, входящих в перечень изданий, и рекомендованных ВАК РФ для опубликования научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Имеется также свидетельство о государственной регистрации компьютерной программы, предназначенной для симуляции работы ВОГ в присутствии

различных источников шума. Основные результаты работы докладывались на четырех научных конференциях (включая две международные, и две всероссийские), а также на научных семинарах кафедры радиофизики и нелинейной динамики СГУ.

Существенных замечаний по диссертации с моей стороны не имеется.

Диссертация Д.М. Спиридонова является законченным серьезным научным исследованием, свидетельствующим о высокой квалификации автора. Полученные результаты вносят значимый вклад в развитие радиофизики и теории нелинейных колебаний и волн. Работа полностью соответствует специальности 1.3.4 – «радиофизика» и удовлетворяет всем требованиям пп. 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Считаю, что автор диссертации, Д.М. Спиридонов достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – радиофизика

Профессор кафедры радиофизики
и нелинейной динамики СГУ,
доктор физ.-мат. наук, профессор

Вадивасова Т.Е.

