

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на кандидатскую диссертацию аспиранта Аль Рубеи Мохаммед Абдалаббас Тавфик по теме “Разработка и исследование интерполяционных алгоритмов оценки отклонения частоты гармонического сигнала”, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности “2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций”

Общие сведения о соискателе

Аль Рубеи Мохаммед Абдалаббас Тавфик, гражданин Ирака, 1983 года рождения, окончил в 2007 г. "Технический колледж - Наджаф" и получил степень бакалавра в сфере коммуникационных технологий. Затем обучался в "Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А.Н. ТУПОЛЕВА-КАИ" (Казанский авиационный институт) и получил степень магистра по направлению “210700 Инфокоммуникационные технологии и системы связи”. Срок обучения в аспирантуре "Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)" с 01.10.2020 г. по 30.09.2024 г.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Аль Рубеи Мохаммед Абдалаббас Тавфик посвящена актуальным вопросам создания и развития алгоритмической базы для встраиваемых средств контроля частоты гармонического напряжения на основе цифровой обработки массива дискретных отсчетов с равномерным шагом, получаемых путем аналого-цифрового преобразования сигнала.

Гармонические колебания различной длительности широко используются во многих областях науки и техники, в том числе в радиосвязи и телеметрии, в радиолокации и радионавигации, в автоматике и экспериментальной физике. Во многих случаях нужно оценить отклонение частоты от номинального или выделенного значения. Разнообразие требований привело к разработкам различных методов, методик и алгоритмов измерения частоты. Растут требования к быстродействию и к точности оценки, к алгоритмам и допустимой методической погрешности измерения частоты и допустимому отклонению от номинального значения.

Современные телекоммуникационные устройства и системы содержат в своей структуре встроенные цифровые средства обработки и управления, представляющие собой одноплатные компьютеры с широким спектром задач, включая самотестирование и самоконтроль. В последнем случае решается задача комплексного измерения совокупности параметров сигналов в частотной и временной области. Универсальным является подход создания комплекса виртуальных приборов, которые по первичным параметрам - частотам и

амплитудам спектральных линий, вычисляют вторичные параметры: мощность, дальность, чувствительность и т.д.

К первичным параметрам можно отнести гармонический состав сигналов и, в первую очередь, частоту.

Это могут быть многофункциональные микропроцессорные системы, выполняющие функции управления

Автором выбран метод оценки частоты по спектру сигнала, который хорошо подходит к задачам построения интегрированных аппаратно-программных модулей встроенного контроля, обеспечивающих по ограниченной выборке дискретных отсчетов комплексный анализ совокупности параметров сигнала.

Активно в данной области работает ряд зарубежных фирм, таких как *Agilent Technologies, National Instruments, Tektronix* и др.

Значительный вклад в разработку методов определения параметров сигнала внесли: Harris, Fredric J., Quinn B. G., Luo Jiufei, Shen Ting-ao, Ding K., Eric Jacobsen, Daniel Belega, Jain Vijay K., Гришин В. Ю., Рукосуев А. С., Чудников В. В. Пономарева О. В., Ильченко А. В., Розенберг В.Я, Мелентьев В.С., С.А., Попов В.С., Желбаков И.Н., Глинченко А. С., Гнездилов Д.С..

Целью исследования является разработка методических рекомендаций и алгоритмов определения отклонения частоты сигнала во встроенных системах контроля путем нахождения центра тяжести спектра на основе спектрально-весового метода начальных моментов случайной величины при оптимизированном соотношении точности и числа дискретных отсчетов.

В работе использованы методы спектрального анализа и интерполяции, имитационного и натурального моделирования, цифровой обработки сигналов, применения оконных функций и численные методы решения задач. Личный вклад соискателя неоспорим на всех стадиях исследований. Участие научного руководителя, являющегося соавтором ряда публикаций, состояло в оказании методической помощи на этапах постановки задачи, выбора направлений и методов исследований, обсуждения полученных научных и практических результатов.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке алгоритмов определения отклонения частоты гармонического в системах встроенного контроля:

1. Предложено и доказано, что методику оценки начального момента случайной величины с выбором его порядка можно использовать для определения центра тяжести спектра в задаче нахождения отклонения частоты гармонического сигнала по дискретным отсчетам.

2. Созданы программные средства оценки методической погрешности определения частоты по дискретным отсчетам методом моментов и показаны достоинства оптимизированного выбора вида оконной функции; числа учитываемых линий спектра; числа дискретных отсчетов; порядка начального момента; отношения частот сигнала и дискретизации.
3. Разработан алгоритм определения положения центра спектра «Спектрально-весовым методом» по двум наибольшим составляющим спектра для окна Кайзера ($\beta=2$), вносящий меньшие методические погрешности, чем известные алгоритмы Ли и Джайна.
4. Разработан алгоритм определения положения центра спектра путем интерполяции по трем компонентам (Алгоритм Предлагаемый) для окна Блекман-Харриса, вносящий меньшие методические погрешности, чем известные алгоритмы Якобсена, Динга, Воглеведе.

Практическая значимость работы включает библиотеку возможностей и рекомендаций по применению метода моментов для оценки отклонения частоты гармонического сигнала в различных устройствах и системах телекоммуникаций.

1. Моделирование позволило сравнить методические погрешности различных интерполяций для двух и трех спектральных линий. Лучшие значения получены для адаптированного «Спектрально-весового метода» и модернизированного «Предлагаемого».
2. Создана программа полунатурного моделирования, позволяющая на этапе проектирования выбрать параметры виртуального измерителя отклонения частоты: вида окна (в работе рассмотрено 18 окон), числа учитываемых спектральных линий (от 1 до 11), числа отсчетов (8, 16, 32, 64 8192), допустимого отношения С/Ш (0....50 дБ), алгоритма интерполяции, отношения частоты сигнала к частоте дискретизации, число циклов измерения с усреднением для фильтрации шумов.
3. Моделирование показало, что универсальным является окно Кайзера ($\beta=4$):
 - вносящее минимальные значения МСП (от $1E-1$ до $1E-13$) в широком диапазоне требований в рамках различных задач,
 - при ОСШ 30 (дБ) для 16 отсчетов и 3-х компонент возникает МСП на уровне 10^{-3} , а для 512 отсчетов и 5-и компонент - МСП на уровне 10^{-7} .
 - графики МСП имеют пологие близкие к нулевому уровню зоны рабочих частот сигнала, в которых можно на порядок снизить МСП.

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена публикациями и выступлением на научных конференциях, а также результатами компьютерного моделирования, демонстрирующими эффективность

предложенных алгоритмов и методик определения отклонения частоты гармонического сигнала

Результаты работы внедрены на кафедре Радиотехники и радиосистем ВлГУ в учебный процесс по дисциплине «Встраиваемые системы контроля РЭС», а также в учебный процесс Технического университета Аль-Фурат Аль-Аусат и будут использоваться студентами Технического института Наджафа, факультета коммуникационных технологий Ирака.

Апробация

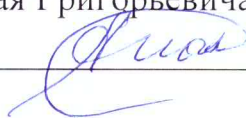
Результаты работы автором докладывались на конференциях в городах: Багдад (Ирак), Новосибирск, Владимир, Казань, Уфа.

По материалам диссертаций опубликовано 25 работ, в том числе 6 докладов на международных конференциях (три доклада в журнале AIP Conf., индексируемом SCOPUS) и 11 статей в журналах, рекомендованных ВАК; получены четыре свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Заключение

Диссертация аспиранта Аль Рубеи Мохаммед Абдалаббас Тавфик по теме «Разработка и исследование интерполяционных алгоритмов оценки отклонения частоты гармонического сигнала», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук удовлетворяет требованиям ВАК по специальности 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций» (пп. 1, 2 и 20), а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности – 2.2.15 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Доктор технических наук, профессор кафедры радиотехники и радиосистем "Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)"



А.Д. Поздняков

25.04.2024

Подпись А.Д. Позднякова заверяю

Ученый секретарь ученого совета "Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)"



Т.Г. Коннова