**Давыдочкин Вячеслав Михайлович Методы и алгоритмы прецизионного измерения уровня жидкости ЧМ-радиолокаторами при действии комплекса мешающих факторов**

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Давыдочкин Вячеслав Михайлович

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СИГНАЛОВ ПРЕЦИЗИОННОГО

ЧАСТОТНОГО ДАЛЬНОМЕРА В СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

1.1. Факторы, оказывающие наибольшее влияние на погрешность уровнемера

1.2. Основные расчётные соотношения и исходные положения

1.3. Источники погрешности измерения расстояния дальномером

с частотной модуляцией

1.4. Зависимость от времени мгновенной разностной частоты сигнала

1.5. Математические модели сигнала разностной частоты, учитывающие частотную дисперсию при распространении электромагнитных волн

1.6. Математическая модель сигнала разностной частоты, учитывающая влияние эхо волн на модуляционную характеристику генератора частотного дальномера

1.7. Математическая модель эхо сигнала с учётом зеркальных отражений

от стен резервуара

1.8. Математическая модель эхо сигнала от отражателя конечного

размера

1.9. Учёт попутного потока волн и комбинационных помех

в математической модели сигнала частотного дальномера

1.10. Математическая модель импульсных помех

1.11. Модели шума

1.12. Нормированные частоты и расстояния

1.13. Выводы по Главе

Глава 2. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ

РАССТОЯНИЯ

2.1. Обзор эффективных методов измерения разностной частоты и расстояния

2.2. Аналитическая оценка погрешности измерения частоты отрезка гармонического сигнала по частоте максимума спектральной плотности амплитуд

2.3. Сравнительный анализ известного и скорректированного решений

2.4. Аналитическая оценка погрешности измерения расстояния на фоне помех при использовании метода весовой оценки разностной частоты

2.5. Сравнительный анализ помехоустойчивости методов измерения расстояния частотным дальномером

2.6. Аналитическая оценка погрешности измерения расстояния на фоне помех при использовании сигнальной функции

2.7. Минимизация методической погрешности спектральной оценки разностной частоты на основе оптимизации параметров весовых

функций Кайзера-Бесселя и Дольфа-Чебышева

2.8. Влияние шума на погрешность оценки частоты по максимуму

спектра сигнала с алгоритмами минимизации погрешности

2.9. Выводы по Главе2

Глава 3. АДАПТИРУЕМЫЕ ВЕСОВЫЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЧАСТОТНОЙ И

ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ И ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

3.1. Формулировка требований к весовым функциям, используемым в ЧМ-радиолокации

3.2. Аналитические выражения для континуальных адаптируемых

весовых функций в виде тригонометрических рядов

3.3. Аналитические выражения для дискретных адаптируемых весовых функций в виде тригонометрических рядов

3.4. Система параметров для анализа спектральных свойств весовых функций

3.5. Спектральные свойства адаптируемых весовых функций

3.6. Весовые функции, оптимальные по уровню боковых лепестков спектра, при заданной ширине основного лепестка и заданной скорости уменьшения боковых лепестков

3.7. Примеры оптимизации распределения нулей спектральной плотности амплитуд адаптируемых весовых функций по другим законам

3.8. Сравнительный анализ спектральных свойств адаптируемых

и известных весовых функций

3.9. Дискретные адаптируемые весовые функции для антенной решётки

3.10. Выводы по Главе

Глава 4. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕШАЮЩИХ ФАКТОРОВ В СИСТЕМАХ

ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ С ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

4.1. Особенности анализа влияния мешающих факторов на погрешность измерения уровня жидкости

4.2. Погрешность, вызванная одиночным мешающим слагаемым сигнала разностной частоты при оценке расстояния по положению максимума спектра сигнала разностной частоты

4.3. Влияние скорости уменьшения боковых лепестков спектра весовой функции на погрешность измерения уровня жидкости на фоне отражений

от антенны и помех в пространстве резервуара

4.4. Погрешность, вызванная мешающим отражением импульсного характера от неоднородностей антенно-волноводного тракта

4.5. Погрешность, вызванная отражением сигнала от угла, образованного вертикальной стеной резервуара и поверхностью жидкости

4.6. Влияние краевых волн, вызванных ограниченными размерами зондируемого объекта на погрешность измерения расстояния

до его поверхности

4.7. Влияние комбинационных составляющих в балансном

смесителе частотного дальномера на погрешность измерений

4.8. Погрешность измерения расстояния из-за влияния частотной дисперсии в антенно-волноводном тракте

4.8.1. Оценка погрешности при весовой обработке сигнала

разностной частоты волноводного уровнемера

4.8.2. Оценка разностной частоты волноводного уровнемера полиномиальной аппроксимацией зависимости разностной частоты

от времени

4.8.3. Влияние частотной дисперсии на величину погрешности спектральной оценки частоты волноводного уровнемера

4.8.4. Влияние частотной дисперсии на величину погрешности измерения частотным дальномером с волноводным удлинением

4.9. Влияние эхо сигналов, проникших в генератор, на погрешность измерения расстояния

4.9.1. Влияние эхо сигналов, отражённых от полезного и мешающего отражателей, на погрешность измерения расстояния

4.9.2. Влияние отражённых сигналов, прошедших в генератор,

на погрешность измерения расстояния при весовой оценке разностной частоты

4.9.3. Связь огибающих погрешности весовой оценки разностной частоты

со спектральными свойствами весовых функций

4.9.4. Аналитическая оценка погрешности измерения расстояния

в спектральной области при искажении сигнала разностной частоты паразитной частотной модуляцией

4.9.5. Связь огибающих погрешности спектральной оценки частоты сигнала, искажённого паразитной частотной модуляцией,

со спектральными свойствами адаптируемых весовых функций

4.10. Выводы по Главе

Глава 5. СНИЖЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ И ПАРАЗИТНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ ИЗ-ЗА ЭХО СИГНАЛОВ, ПРОНИКАЮЩИХ В ЧМ ГЕНЕРАТОР 5.1. Обоснование направлений исследования возможности снижения

влияния мешающих факторов

5.2. Минимизация методической и шумовой погрешностей оценки разностной частоты с использованием адаптируемых весовых функций

5.3. Минимизация погрешности оценки частоты путём оптимизации параметров весовой функции

5.4. Сравнительный анализ помехоустойчивости методов измерения расстояния частотным дальномером

5.5. Минимизация погрешности оценки частоты и амплитуды слабого сигнала на фоне разрешаемой одиночной помехи

5.5.1. Вводные замечания

5.5.2. Минимизация погрешности измерения расстояния на фоне интенсивного мешающего отражения от узла герметизации антенно-волноводного тракта

5.5.3. Минимизация погрешности измерения расстояния на фоне

отражения от антенны, дна резервуара и шума

5.6. Снижение погрешности оценки разностной частоты сигнала, принятого на фоне неразрешаемых помех, при вариации параметров адаптируемой весовой функции

5.7. Результаты экспериментальных исследований и сравнение

с известными алгоритмами обработки сигналов

5.8. Снижение погрешности оценки разностной частоты сигнала, искажённого помехами из-за «виртуальных отражателей»

5.9. Снижение погрешности оценки разностной частоты сигнала, искажённого паразитной частотной модуляцией

5.10. Рекомендации по выполнению элементов антенно-волноводного

тракта

5.11. Выводы по Главе

Глава 6. ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЯ ЧАСТОТНЫМ ДАЛЬНОМЕРОМ С

УЧЁТОМ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ В АНТЕННО-ВОЛНОВОДНОМ

ТРАКТЕ

6.1. Необходимость учёта частотной дисперсии при использовании

длинных волноводных трактов в промышленных уровнемерах

6.2. Адаптивная минимизация погрешности измерения расстояния, вызванной дисперсией, в частотных уровнемерах с весовой оценкой разностной частоты

6.3. Снижение погрешности оценки разностной частоты по положению максимума спектра в волноводном уровнемере коррекцией закона частотной модуляции

6.4. Адаптивная компенсация паразитной частотной модуляции

в уровнемерах с волноводным удлинением

6.5. Модифицированное преобразование Фурье в задаче измерения

уровня волноводным уровнемером

6.6. Модифицированные преобразования Фурье в задаче измерения расстояния в уровнемере с волноводным удлинением

6.7. Модифицированные сигнальные функции в задаче повышения точности измерения расстояния частотным дальномером с учётом частотной дисперсии в антенно-волноводном тракте

6.8. Измерение уровня заполнения резервуара волноводным уровнемером

при разреженных отсчётах сигнала разностной частоты

6.8.1. Определение возможности оценки средней разностной частоты сигнала без учёта влияния затухания и помех

6.8.2. Определение возможности оценки средней разностной частоты на

фоне помех с учётом затухания сигнала в волноводе

6.9. Методы повышения точности измерения уровня волноводным уровнемером при изменении скорости распространения

электромагнитных волн

6.9.1. Определение критической частоты волновода и диапазона частотной модуляции для обеспечения стабильной средней разностной частоты сигнала при изменении диэлектрической проницаемости заполнения волновода

6.9.2. Снижение погрешности измерения при изменении диэлектрической проницаемости заполнения волновода на основе анализа зависимости мгновенной разностной частоты сигнала

6.9.3. Снижение погрешности измерения при изменении диэлектрической проницаемости заполнения волновода методом сравнения расстояния до контролируемой жидкости с расстоянием до эталонных отражателей .. 229 6.10 Выводы по Главе

Глава 7. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И СЕРТИФИКАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАЛЬНОМЕРОВ

7.1. Анализ недостатков существующих технических средств для

испытания и сертификации радиолокационных дальномеров,

основанных на имитации измерения уровня

7.2. Синтез радиолокационных отражателей для прецизионных

измерений

7.3. Синтез отражателей с заданными свойствами подавления поля помех

на основе адаптируемых весовых функций

7.4. Помехообразующие свойства плоских отражателей

7.5. Увеличение помехозащищённости радиолокационных дальномеров экранированием рассеянных и отражённых полей

7.6. Установка поверочная для испытания и сертификации частотных дальномеров

7.7. Методы снижения габаритов испытательных и поверочных установок, используемых при испытаниях и сертификации

радиолокационных дальномеров

7.8. Выводы по Главе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ