Мисбахов Ринат Шаукатович Радиофотонные адресные сенсорные системы на трехкомпонентных волоконных брэгговских структурах и их применение для решения задач интеллектуальной энергетики

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Мисбахов Ринат Шаукатович

Введение

Глава 1. РАДИОФОТОННЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ СТРУКТУР. СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

1.1 Анализ современного состояния электроэнергетических сетей России

и основные концепции их развития

1.1.1 Технологические нарушения и аварии в электроэнергетике России

1.1.2 Основные концепции развития электроэнергетических сетей

1.1.3 Концепция Smart Grid Plus

1.1.4 Основные направления реализации концепции SGP

1.2 Волоконные брэгговские решетки и структуры в радиофотонных адресных сенсорных системах

1.3 Радиофотонные сенсорные системы. Мультиплексирование

и идентификация волоконных брэгговских структур в сенсорной сети

1.3.1 Обзор РФСС с квазиадресными ВБС

1.3.2 Радиофотонные адресные сенсорные системы на ДАВБС

1.3.3 Обсуждение результатов анализа

1.4 Концепция радиофотонных адресных сенсорных систем на основе трехкомпонентных волоконных брэгговских структур

1.5 Комбинированные системы сбора и передачи технологической

и диагностической информации АСУТП электроустановок

1.6 Цель и основная научная задача диссертации, направления дальнейших исследований

Глава 2. ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ АДРЕСНЫЕ ВОЛОКОННЫЕ БРЭГГОВСКИЕ СТРУКТУРЫ

2.1 Трехкомпонентные адресные волоконные брэгговские структуры. Классификация

2.2 Математические модели ТАВБС

2.2.1 Общие подходы к моделированию Зтс-ВБР ТАВБС. Симметричная двухадресная ТАВБС

2.2.2 Общие подходы к моделированию Зтс-ВБР ТАВБС. Несимметричная трехадресная ТАВБС

2.2.3 Модель Зтс-ВБР ТАВБС на основе аппроксимации окон прозрачности функцией Лоренца

2.2.4 Общие подходы к моделированию ЗА,-ВБР ТАВБС. Симметричная двухадресная и несимметричная трехадресная ТАВБС

2.2.5 Модель ЗА,-ВБР ТАВБС на основе аппроксимации адресных компонент гауссовой функцией

2.3 Голографические методы записи трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур

2.3.1 Структура пропускающих ТАВБС

2.3.2 Голографические методы записи неэквидистантных пропускающих ТАВБС со сверхузкими окнами прозрачности

2.3.3 Голографические методы записи несимметричных отражающих ТАВБС со сверхузкими окнами прозрачности

2.3.4 Выводы по разделу

2.4 Оптические векторные анализаторы симметричного типа

для калибровки ТАВБС

2.4.1 Оптические векторные анализаторы симметричного типа, раз-балансированные по частоте, для калибровки трехадресных ВБС

2.4.2 Оценка зависимости ВБРФС от характеристик ОВА

на основе О ДМ с ПН

2.4.3 Экспериментальное макетирование ОВА на основе О ДМ

с ПН и ВБР с фазовым сдвигом

2.4.4 Влияние ширины полосы пропускания окна прозрачности ВБРФС на точность измерения

2.5 Оптические векторные анализаторы симметричного типа

для калибровки двухадресных ТАВБС трехчастотным излучением

2.6 Оптические векторные анализаторы симметричного типа

для калибровки двухадресных ТАВБС двухчастотным излучением

2.7 Метод калибровки элементов ЗА,-ВБР с применением комбинированной линейной аппроксимации совместно с притягивающей кривой

2.7.1 Притягивающий алгоритм

2.7.2 Результаты моделирования

2.8 Выводы по главе

Глава 3. РАДИОФОТОННЫЕ АДРЕСНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ. ОДНО-, МАЛО- И МНОГОСЕНСОРНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ АДРЕСНЫХ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ СТРУКТУР

3.1 Система опроса адресного сенсора на основе трехкомпонентной

волоконной брэгговской структуры

3.1.1 Оптико-электронная схема

3.1.2 Задача измерений

3.1.3 Результаты численного моделирования

3.2 Малосенсорная адресная система на основе двух одинаковых

трехкомпонентных волоконных брэгговских структур

3.2.1 Вариант совмещенного датчика на двух ДАВБС

3.2.2 Решение коллизий для варианта совпадения адресных компонент

3.2.3 Решение коллизий методом восстановления одной центральной адресной компоненты

3.2.4 Решение коллизий методом восстановления двух центральных адресных компонент

3.2.5 Выводы по разделу

3.3 Алгоритм поиска адресных частот ТАВБС на основе метода

аналогий с решением задач измерения множества мгновенных частот

3.3.1 Измерение мгновенных и центральных частот сдвоенного сенсора на двух одинаковых ТАВБС

3.3.2 Математическая модель измерительного преобразования «частота-амплитуда» для нескольких ТАВБС и оценка его погрешностей

3.4 Система опроса адресного массива сенсоров на основе трехкомпо-

нентной волоконной брэгговской структуры

3.5 Выводы по главе

Глава 4. КОНЦЕПЦИЯ SMART GRID PLUS. ТОЧЕЧНЫЕ ТРЕХКОМПО-НЕНТНЫЕ АДРЕСНЫЕ ВОЛОКОННЫЕ БРЭГГОВСКИЕ СТРУКТУРЫ КАК ЭЛЕМЕНТЫ ГИБРИДНЫХ РАДИОФОТОННЫХ СЕНСОРНЫХ

СЕТЕЙ И ОБЪЕКТОВЫХ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СБОРА

И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

4.1 Иерархическая структура электросетей с позиций концепции Smart Grid Plus и основные задачи диагностического мониторинга

4.2 Методы и средства измерения температуры на основе трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур

4.2.1 Моделирование измерительной характеристики ТАВБС

4.2.2 Экспериментальные исследования измерительных характеристик ТАВБС

4.2.3 РФАСС на основе ТАВБС для многоточечного контроля температуры (древовидная топология)

4.2.4 РФАСС на основе ТАВБС для многоточечного контроля температуры (квазираспределенная топология шины)

4.2.5 Адресная емкость РФАСС на основе ТАВБС для измерения температуры

4.3 Методы и средства измерения влажности на основе трехкомпо-нентных адресных волоконных брэгговских структур

4.3.1 Выбор гигроскопичного материала

4.3.2 Математическая модель ВОД ОВ с частично протравленной оболочкой и восстановленным полиимидным покрытием

4.3.3 Конструкция адресного ВОД ОВ

4.3.4 Модельный эксперимент

4.3.5 Оценка влияния толщины восстановленного полиимидного покрытия

4.4 Методы и средства измерения интенсивности частичных разрядов на основе трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур

4.4.1 Принцип работы адресного ВОД АО ЧР

4.4.2 Принципы опроса и калибровки ВОД АО ЧР

4.4.3 Модельный эксперимент

4.5 Пассивные волоконно-оптические сети на основе радиофотонных

технологий

4.5.1 Двухчастотные методы инициализации лазеров восходящего

потока, передающих информацию с ТАВБС

4.5.2 Определение центральной длины волны детерминированной спектральной характеристики AWG, заданной аналитически

4.5.3 Определение центральной длины волны детерминированной спектральной характеристики AWG, заданной дискретно

4.5.4 Определение центральной длины волны детерминированной спектральной характеристики AWG при наличии осцилляций

ее спектральной характеристики

4.5.5 Численный эксперимент

4.6 Выводы по главе

Глава 5. КОНЦЕПЦИЯ SMART GRID PLUS. РАДИОФОТОННЫЕ АДРЕСНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ТРЕХКОМПОНЕНТ-НЫХ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ СТРУКТУР В ПРАКТИКЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

5.1 Методики и элементная база распределенных измерений в системах

диагностического мониторинга В Л и КЛ

5.1.1 Технологии распределенного зондирования оптического волокна

5.1.2 Калибровка и технологии DTS, DTSS измерений с уточняющими методами, реализуемыми на основе волоконных брэгговских структур

5.2 Комбинированная система контроля температуры ЛЭП на основе

DTS/IOFDR и ТАВБС

5.3 Комбинированная система контроля температуры и натяжения ЛЭП

на основе DTSS/BOFDA и ТАВБС

5.4 Методы и средства измерения вибраций на основе трехкомпо-

ентных адресных волоконных брэгговских структур

5.5 Рефлектометрические методы настройки длины волны лазера восходящего канала в транспортном WDM-PON домене ГИИТ платформы объекта энергетики

5.6 Выводы по главе

Глава 6. КОНЦЕПЦИЯ SMART GRID PLUS. РАДИОФОТОННЫЕ АДРЕСНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ И МАГИСТРАЛЬНЫЕ ПАССИВНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СЕТИ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

6.1 Автономная и распределенная генерация как современный тренд развития российской электроэнергетики с позиций концепции Smart Grid Plus и основные задачи ее диагностического

мониторинга

6.2 Методы и средства измерения напряжения на основе трехкомпо-ентных адресных волоконных брэгговских структур

6.2.1 Сравнительный анализ интегрально- и волоконно-оптических измерительных трансформаторов напряжения

6.2.2 Датчики напряжения на основе волоконных брэгговских решеток

6.2.3 Брэгговский ОИТН на основе ТАВБС

6.2.4 Имитационное моделирование и макетирование отдельных узлов и системы в целом

6.3 Методы и средства измерения вибраций на основании ГТУ с использованием включенных по акселерометрической схеме трехкомпонентных адресных волоконных брэгговских структур

6.3.1 Обоснование необходимости применения ТАВБС

6.3.2 Требования к процессу измерительного преобразования

6.3.3 Функциональная оптико-электронная схема виброметра

6.3.4 Компьютерное моделирование и результаты экспериментальных

исследований

6.4 РФАСС на основе ТАВБС для мониторинга теплового, деформа-ионного и химического анализа процессов, проходящих в литий-онных накопителях энергии АСЭС

6.4.1 РФАСС мониторинга ЛИНЭ. Постановка задачи

6.4.2 ТАВБС мониторинга температуры и деформаций пакетированных ЛИНЭ

6.4.3 РФАСС мониторинга показателя преломления ЛИБ

6.5 Гибридные магистральные ПОС с передачей информации

по радиофотонным технологиям

6.5.1 Принципы построения комбинированных РФАСС

и беспроводных многосенсорных сетей мини-ТЭЦ

6.5.2 Общие вопросы увеличения радиуса действия ПОС

6.5.3 Принципы ЗИ - ре-усиление, реформинг и ретайминг

6.5.4 Оптические усилители в ПОС

6.5.5 Рекомендации по построению ССПИ РЗА на основе ПОС

6.5.6 Резервирование ПОС ССПИ и создание специального канала

для ВОМСС

6.6 Выводы по главе

Глава 7. РАДИОФОТОННЫЕ АДРЕСНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

НА ОСНОВЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ СТРУКТУР. РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

7.1 Радиофотонный интеррогатор и оптико-электронный интерфейс

связи КВОД на основе ТАВБС для ГИИТ платформы

7.1.1 Радиофотонный интеррогатор

7.1.2 Оптико-электронный интерфейс подключения КВОД на основе ТАВБС к внутриобъектовой ГИИТ платформе

7.2 Многоканальная система многофункционального мониторинга элементов КРУ СН

7.3 Система мониторинга КЛ

7.4 Объектовая ГИИТ платформа децентрализованной мини-ТЭЦ

на основе ГПД

7.5 РФАСС и ГИИТ платформа на основе ОРРС/ОРСШ/ОГСРС, как перспективное направление развития интеллектуальной энергетики

7.6 Выводы по главе

Заключение

Список сокращений

Список литературы

Приложение