Касимов Василь Амирович Метод локационного мониторинга гололедообразования и повреждений на воздушных линиях электропередачи и программно-аппаратные комплексы для его реализации

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

доктор наук Касимов Василь Амирович

ВВЕДЕНИЕ

ГЛАВА 1 МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

.1. Особенности воздушных линий электропередачи

.2. Аварийность воздушных линий электропередачи

.3. Причины, влияющие на повреждаемость воздушных линий электропередачи .. 31 .4. Влияние гололедных отложений на надежность воздушных линий электропередачи

.5. Влияние повреждений на надежность воздушных линий электропередачи . 45 .6. Методы обнаружения и устранения гололеда на проводах воздушных линий

электропередачи

.6.1. Методы прогнозирования появления гололедных отложений

.6.2. Контактные (аппаратурные) методы обнаружения гололедных отложений

.6.2.1. Методы взвешивания проводов

.6.2.2. Локационные методы

.6.3. Методы устранения гололеда на проводах

.7. Методы определения места повреждения на воздушных линиях электропередачи

.7.1. Топографические методы

.7.2. Дистанционные методы

.7.2.1. Низкочастотные методы

.7.2.2. Высокочастотные методы

.7.3. Устройства дистанционного определения расстояния до места повреждения

.7.3.1. Аппаратура волновых методов

.7.3.2. Аппаратура локационных методов

.8. Выводы по главе

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МОДЕЛЬНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬ-НЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

2.1. Общие сведения

2.2. Теоретические аспекты распространения электромагнитных волн по многопроводным линиям вблизи поверхности земли

2.2. Высокочастотный тракт линии электропередачи

2.3. Затухание высокочастотных сигналов в линиях электропередачи

2.3.1. Затухание в проводах линии

2.3.2. Затухание в элементах высокочастотной обработки

2.3.2.1. Затухание в высокочастотном заградителе

2.3.2.2. Затухание в фильтре присоединения

2.3.2.3. Затухание в высокочастотном кабеле

2.3.3. Затухание, вызванное высокочастотным обходом

2.3.4. Затухание, вызванное ответвлением

2.3.5. Затухания в высокочастотных трактах линий электропередачи 35-330 кВ

2.3.6. Определение искажений формы отраженных импульсов

2.4. Имитационное моделирование распространения зондирующих импульсов через высокочастотный тракт линии электропередачи

2.4.1. Искажения формы импульсов

2.4.2. Искажения импульсов с разной формой

2.4.3. Искажения импульсов с разной длительностью

2.4.4. Экспериментальная проверка имитационной модели

2.5. Помеховая обстановка на линиях электропередачи, контролируемых локационным комплексом

2.5.1. Виды помех в высокочастотных трактах линий электропередачи

2.5.2. Анализ частотной загрузки линий, контролируемых локационными комплексами

2.5.3. Выделение локационных сигналов на фоне помех

2.5.3.1. Метод цифрового накопления рефлектограмм

2.5.3.2. Метод спектрального анализа

2.6. Оценка влияния локационной аппаратуры на работу систем технологической связи

2.6.1. Особенности сигналов систем технологической связи и локационной аппаратуры

2.6.2. Сравнение мощности локационных сигналов и сигналов технологической связи

2.6.3. Влияние локационного импульса как помехи аппаратуре технологической связи

2.6.4. Шунтирующее влияние локационной аппаратуры

2.7. Выводы по главе

ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ И ПОВРЕЖДЕНИЙ

3.1. Влияние гололедных отложений на распространение локационных сигналов по высокочастотным трактам линий электропередачи

3.1.1. Механическое влияние гололедных отложений на распространение сигналов по линиям электропередачи

3.1.2. Электромагнитное влияние гололедных отложений на распространение сигналов по линиям электропередачи

3.1.3. Влияние типа гололедно-изморозевых отложений на локационные сигналы

3.1.4. Влияние диэлектрической проницаемости типов гололедно-изморозевых отложений на параметры локационных сигналов

3.2. Имитационная модель распространения локационных сигналов по линиям

электропередачи при наличии повреждений

3.2.1. Модельно-экспериментальные исследования влияния повреждений на локационные сигналы

3.3. Предельные возможности локационного метода мониторинга линий электропередачи

3.3.1. Предельные возможности локационного метода по обнаружению повреждений

3.3.2. Предельные возможности локационного метода по обнаружению гололедных отложений на проводах

3.3.2.1. Размеры минимально обнаруживаемых гололедных отложений

3.3.2.2. Затухание сигналов при нормативной толщине стенки гололеда

3.4. Выводы по главе

ГЛАВА 4 ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕФЛЕКТОГРАММ ЛОКАЦИОН-

НОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

4.1. Цифровая обработка рефлектограмм

4.1.1. Обнаружение гармонических помех

4.1.2. Подавление гармонических помех

4.2. Обработка рефлектограмм в условия обнаружения гололеда

4.2.1. Анализ отраженных локационных сигналов

4.2.1.1. Частотное и временное распределения мощности отраженных локационных сигналов

4.2.1.2. Частотно-временное распределение мощности отраженных локационных сигналов

4.2.2. Выделение узкополосных составляющих широкополосных отраженных сигналов

4.2.3. Кросс-корреляционный анализ отраженных сигналов

4.2.3.1. Методика регистрации запаздывания отраженного импульса при появлении гололедно-изморозевых отложений

4.2.4. Методика расчета толщины стенки голодных отложений

4.2.4.1. Методика расчета толщины стенки голодных отложений по параметрам узкополосных составляющих широкополосных отраженных сигналов

4.2.4.2. Согласованная фильтрация широкополосных отраженных сигналов

4.2.5. Определение участка появления гололедных отложений на проводах линии электропередачи

4.2.6. Методика дифференциации гололедных отложений по длине линии

4.3. Обработка рефлектограмм в условия обнаружения повреждений

4.3.1. Исследование распределений помех и шумов

4.3.2. Допустимые отклонения точек рефлектограммы

4.3.3. Уровень порогового обнаружения повреждений

4.4. Выводы по главе

ГЛАВА 5 ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ ЛОКАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

5.1. Конструктивные особенности воздушных линий электропередачи

5.2. Действующие комплексы локационного мониторинга воздушных линий электропередачи

5.3. Техническое оснащение подстанции Бугульма-110

5.4. Базовая функциональная схема локационных комплексов

5.5. Аппаратное обеспечение локационных комплексов

5.6. Программное обеспечение локационных комплексов

5.6.1. Алгоритм метода локационного мониторинга воздушных линий электропередачи

5.6.2. Программное обеспечение аппаратуры локационного комплекса

5.6.2.1. Программный модуль измерения рефлектограмм

5.6.2.2. Программный модуль обработки рефлектограмм

5.6.2.3. Программный модуль оповещения диспетчера

5.7. Управление локационными комплексами через систему удаленного доступа

5.8. Пуско/наладка системы локационного мониторинга

5.8.1. Регистрация контрольно-эталонных рефлектограмм

5.8.2. Регистрация амплитудно-частотных характеристик

5.8.3. Регистрация панорамы частот

5.9. Стенд для диагностики работоспособности локационных комплексов

5.10. Методика эксплуатация локационных комплексов на действующих линиях электропередачи

5.11. Выводы по главе

ГЛАВА 6 ИСПЫТАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И МЕТОДА ЛОКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИССЛЕДОВАНИЕМ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ОТРАЖЕННЫХ СИГНАЛОВ

6.1. Испытания локационных программно-аппаратных комплексов

6.2. Годовые вариации случаев появления гололедных отложений на проводах линий электропередачи

6.3. Месячно-суточные вариации появления гололедных отложений

6.4. Часовые вариации рефлектограмм при появлении гололедных отложений

6.5. Погрешности локационных измерений в высокочастотном тракте линий электропередачи и их стабильность

6.6. Контроль изменения длины проводов под влиянием температуры окружающей среды

6.7. Локационный контроль процесса плавки гололедных отложений

6.8. Сравнение показаний аппаратуры локационного зондирования и весовых датчиков при обнаружении гололедных отложений на линиях электропередачи

6.9. Реализация и преимущества локационного мониторинга воздушных линий электропередачи

6.10. Оценка технико-экономического эффекта

6.11. Выводы по главе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ