Квиткова Ирина Геннадьевна. Разработка и исследование моделей надежности волоконно-оптических линий сетей доступа;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»], 2023

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций

Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и

информатики»

На правах рукописи

Квиткова Ирина Г еннадьевна

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ

НАДЕЖНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СЕТЕЙ ДОСТУПА

Специальность 2.2.15 - «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук Шувалов Вячеслав Петрович

Новосибирск - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4

ГЛАВА 1 Вопросы метрологического обеспечения надежности оптического

кабеля в процессе его производства и эксплуатации 13

1.1 Основы метрологического обеспечения продукции и услуг 14

1.2 Методика выбора номенклатуры измеряемых параметров в процессе

производства оптического кабеля 17

1.3 Оптимизация требований к точности измерений 26

1.4 Выводы по первой главе 38

ГЛАВА 2 Обеспечение надежности оптоволоконной линии в процессе

эксплуатации 40

2.1 Общие вопросы обеспечения показателей надежности 42

2.2 Резервирование с возвращением. Активный режим 51

2.3 Резервирование с возвращением. Пассивный режим 57

2.3.1 Марковская модель непрерывного времени для вычисления показателя

конкурентоспособности 57

2.3.2 Пример расчета коэффициента неготовности для фидерной части

пассивной оптической сети доступа 61

2.4 Выводы по второй главе 64

ГЛАВА 3 Модели надежности технического обслуживания оптоволоконной

линии связи в условиях непрерывного и периодического контроля .... 66

3.1 Стратегии технического обслуживания и ремонта 66

3.2 Модель надежности оптоволоконной линии при недостоверном

прогнозирующем контроле 74

3.2.1 Особенности модели 75

3.2.2 Методика оценки параметров модели 77

3.2.3 Исследование модели с постепенными отказами в условиях отсутствия

ошибок контроля 82

3.2.4 Исследование модели в условиях внезапных отказов и ошибок контроля 87

3.3 Модель надежности при периодическом контроле и фиксации предотказов 89

3.3.1 Определение коэффициента неготовности при периодическом контроле и

фиксации предотказов 89

3.3.2 Оптимизация интервалов тестирования в условиях периодического

прогнозирующего контроля оптоволокна 103

3.4 Оценка коэффициента неготовности оптоволоконной линии при

периодическом контроле в условиях учета времени наступления внезапного отказа и начала проверки 110

3.5 Выводы по третьей главе 115

ГЛАВА 4 Модель надежности оптического кабеля в условиях его деградации . 118

4.1 Деградация оптического волокна 118

4.2 Оценка влияния замены участков оптического кабеля на деградационный

отказ 127

4.3 Модель надежности оптоволокна в условиях его деградации с учетом отказов

и предотказов 133

4.4 Оценка влияния внезапных отказов на параметры надежности

деградирующего участка оптического кабеля 139

4.5 Учет влияния ошибок контроля первого рода на цикл деградации участка

оптического кабеля 146

4.6 Выводы по четвертой главе 161

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 164

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 166

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 168

ПРИЛОЖЕНИЕ А Акты внедрения результатов работы 184

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Разработана методика оптимизации требований к точности измерений на основе учета комплекса погрешностей в математической модели измерений, позволяющая определить зависимость вероятностей ошибок первого и второго рода от составляющих погрешностей, и обеспечить снижение затрат на контроль измеряемых параметров. Показано, что функция затрат имеет минимум в зависимости от среднеквадратического отклонения погрешности измерения.

2. На основе имеющихся в работах Zhang J., Zhu K. и др. моделей надежности сети с резервированием и возвращением при активном и пассивном режимах разработана методика расчета коэффициента неготовности.

3. Проведен обзор видов технического обслуживания и ремонта оптоволоконной линии, рассмотрены способы восстановления оптического волокна вследствие его разрыва.

4. Разработана модель надежности оптоволоконной линии при применении прогнозирующей стратегии обслуживания с учетом внезапных отказов и ошибок контроля II рода при непрерывном контроле и учете соотношения периода контроля и времени проверки при периодическом контроле. В результате моделирования установлено, что фиксация предотказов позволяет получить выигрыш в коэффициенте неготовности до 2 раз, однако наличие внезапных отказов и ошибок контроля второго рода приводят к снижению эффекта от выигрыша. При этом возможно найти минимальное значение коэффициента неготовности при определенном соотношении периода контроля и времени проверки.

5. Показано, что учет времени между наступлением отказа и началом проверки при периодическом контроле в условиях внезапных отказов позволяет уточнить значение коэффициента готовности.

6. Разработана методика оценки коэффициента неготовности участка оптического кабеля в условиях его деградации с учетом влияния внезапных и постепенных отказов, а также ошибок контроля I рода на надежность при различных стратегиях технического обслуживания и ремонта оптоволокна. В рамках методики введено понятие цикла деградации, который определяет время эксплуатации оптического кабеля до наступления деградационного отказа. На цикл деградации оптического кабеля оказывает влияние время восстановления после внезапного отказа и ошибок контроля. Увеличение среднего времени восстановления приводит к увеличению длительности цикла деградации.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Опираясь на результаты данного исследования, возможны варианты следующего развития темы по обеспечению надежности волоконно-оптических линий сетей доступа:

- исследование возможности использования энтропийного подхода для оценки времени жизни оптического кабеля;

- разработка методики определения необходимости замены оптического кабеля сети доступа на основе технико-экономических показателей;

- разработка требований к измерительным системам, предназначенным для вынесения решения о целесообразности замены оптического кабеля сети доступа;

- технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения в РФ технологии LR-PON (пассивных оптических сетей большого радиуса действия).