

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Факультет безопасности информационных технологий**

**Дисциплина:**

«Основы теории надежности»

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2**

«Анализ дерева неисправностей (FTA)»

**Выполнили:**

Чу Ван Доан, студент группы N3347



---

(подпись)

**Проверил:**

Мухамеджанов Санжар

---

(отметка о выполнении)

---

(подпись)

Санкт-Петербург

2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Содержание.....</b>	<b>2</b>
<b>Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>Задание.....</b>	<b>4</b>
<b>Ход работы.....</b>	<b>5</b>
1. Введение и назначение FTA.....	5
2. Область применения.....	5
3. Основные элементы FTA.....	6
4. Преимущества метода FTA.....	7
5. Ограничения метода.....	7
6. Схема FTA.....	8
6.1. Общий обзор схемы.....	8
6.2. Детальный разбор каждой ветви.....	9
6.2.1. G1 - ОТКАЗ ИСТОЧНИКА (Power Supply Failure).....	9
6.2.2. G2 - ОТКАЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (Converter / Switch Failure).....	9
6.2.3. G3 ОТКАЗ ПРОВОДКИ (Wiring Failure).....	10
6.2.4. G4 ОТКАЗ САМОЙ ЛАМПЫ (Lamp Failure).....	10
<b>Заключение.....</b>	<b>12</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Цель работы – изучить метод анализа дерева неисправностей (FTA), ознакомиться с принципами построения дерева неисправностей и выявления причин возникновения опасных событий. В ходе работы необходимо определить конечное событие, установить возможные причины его возникновения и проанализировать их влияние на безопасность системы.

### **Задание**

Для выполнения этой лабораторной работы можно ознакомиться и пользоваться ГОСТ 51901-5, прим. страница 13 (Анализ дерева неисправностей). В дереве неисправностей конечным событием будет являться опасность.

## Ход работы

### 1. Введение и назначение FTA

Анализ дерева неисправностей (FTA) — это метод «сверху вниз» (top-down) в анализе надёжности. Его главная задача:

- Определить и проанализировать условия и факторы, которые приводят или способствуют сбоям/отказам системы.
- Изучить и оценить факторы, влияющие на безопасность, эффективность, стоимость и другие характеристики системы.
- Предоставить логическую (качественную или количественную) модель причин отказов для прогноза надёжности либо для сравнения вариантов при проектировании.

Если говорить кратко, FTA помогает «пройти обратным путём» от нежелательного события на верхнем уровне (когда система выходит из строя) к совокупности событий/механизмов отказа на более низких уровнях, которые приводят к этому результату.

### 2. Область применения

FTA обычно используют, когда:

1. Необходимо понять, по каким причинам (либо комбинациям причин) может возникнуть конкретный отказ на верхнем уровне.
2. Нужно оценить или вычислить вероятность (или частоту) возникновения системной неисправности, используя данные о надёжности и вероятностях отказа отдельных компонентов.
3. Система включает сложные взаимодействия компонентов (аппаратных, программных), а также факторов, связанных с человеком или организацией; FTA позволяет описать все эти факторы в единой логической диаграмме.
4. Требуется применить результаты анализа, чтобы скорректировать проект, оптимизировать стратегию технического обслуживания или ввести меры по предотвращению отказов на раннем этапе.

Метод FTA может применяться к системам с механическими, электрическими и электронными частями, охватывать как аппаратное, так и программное обеспечение, а при необходимости — учитывать человеческий фактор (ошибки персонала).

### 3. Основные элементы FTA

Диаграмма «дерева неисправностей» обычно включает:

- Верхнее событие (Top Event)
  - Отказ или сбой на самом высоком уровне, который мы хотим проанализировать (например, «Система не функционирует»).
  - Именно от этого события «спускаются» вниз, выясняя первопричины.
- Логические ворота (Gate) и промежуточные события (Intermediate Event)
  - Ворота AND (часто обозначаются «&» или «•»): событие на выходе возникает, если все входные события произошли.
  - Ворота OR (обозначаются « $\geq 1$ » или « $\geq 1/2$ »): событие на выходе возникает, если хотя бы одно из входных событий произошло.
  - Промежуточные события: отказы или сбои на промежуточном уровне, которые формируются сочетанием нескольких основных событий.
- Основные события (Basic Event)
  - Отказы элементарных составных частей, для которых уже известны или доступны данные по надёжности (например, выход из строя электронного компонента, ошибка в программе, повреждение механического узла).
  - Это «листовые» узлы дерева, не разлагающиеся дальше в данном анализе.
- Незаработанные события (Undeveloped Event)
  - Компоненты или события, которые не рассматриваются детально из-за отсутствия данных или выхода за рамки анализа, но о них следует помнить.
- Множество «cut set» (Точка среза) и минимальное множество «Minimal Cut Set»
  - «Cut set» — это совокупность основных событий, которые при одновременном возникновении приводят к отказу верхнего уровня.
  - «Minimal Cut Set» — это минимальное по составу множество таких событий, при исключении хотя бы одного из них верхнее событие уже не произойдет. Определение минимальных «cut sets» даёт понимание наиболее критичных комбинаций событий.

#### **4. Преимущества метода FTA**

- Ясная логическая модель. Даёт систематическое представление о том, каким путём отказ может достичь верхнего события, и как отдельные компоненты связаны между собой в плане отказов.
- Возможность количественного анализа. На основе логических связей FTA позволяет применять булеву алгебру, методы вычисления вероятностей, интенсивностей отказов и т. д.
- Подходит для сложных систем. Позволяет включать в модель как аппаратные, так и программные средства, а при необходимости и человеческий фактор, обеспечивая целостное и комплексное видение.
- Определение «узких мест». На основании анализа «Minimal Cut Sets» легко увидеть, какие компоненты наиболее уязвимы и вносят наибольший вклад в общую вероятность отказа, и где нужно принимать меры в первую очередь.

#### **5. Ограничения метода**

- Сложность учёта последовательности или временных зависимостей. Базовый подход FTA предполагает независимость событий или отсутствует жёсткая привязка к порядку возникновения. Если важна именно последовательность (или временные факторы), то обычно добавляют модель Маркова или анализ дерева событий (ETA).
- Высокая детализация. В больших проектах дерево неисправностей может иметь очень сложную структуру, что затрудняет построение и дальнейшее сопровождение. В таких случаях необходимы специальные программные инструменты.
- Необходимость достоверных данных. Для точного количественного результата требуются достоверные оценки вероятностей (или интенсивностей отказов) для основных событий. При отсутствии таких данных возможны ошибки.
- Рассматривает только событие, заданное «сверху». Метод FTA фокусируется на конкретной «вершине» отказов. Другие отказы, не связанные с верхним событием, могут остаться вне поля зрения, если целенаправленно не учитывать их.

## 6. Схема FTA

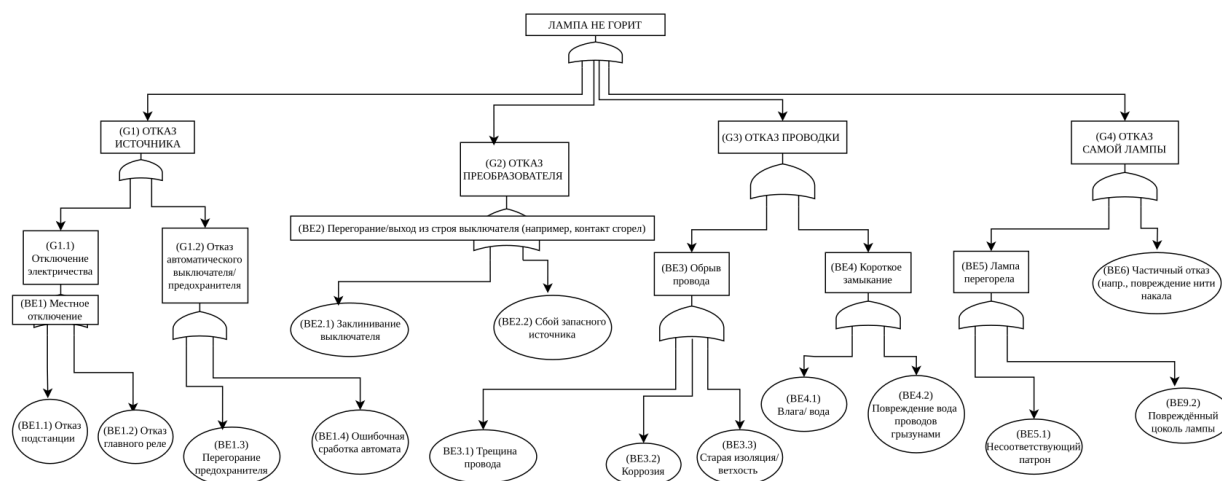


Рисунок 1 - Схема FTA

### 6.1. Общий обзор схемы

- На схеме FTA четыре основных ветви (G1, G2, G3, G4), исходящих из Верхнего события «ЛАМПА НЕ ГОРИТ». Каждая ветвь использует логический элемент (обычно OR), указывая, что достаточно одного из перечисленных отказов, чтобы привести к Верхнему событию.
  - (G1) ОТКАЗ ИСТОЧНИКА (Отказ основного питания / Power Supply Failure)
  - (G2) ОТКАЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (Отказ преобразователя / Switch/Converter Failure)
  - (G3) ОТКАЗ ПРОВОДКИ (Отказ проводки / Wiring Failure)
  - (G4) ОТКАЗ САМОЙ ЛАМПЫ (Отказ самой лампы / Lamp Failure)
- Помимо этого, имеются промежуточные события (G1.1, G1.2 и т. п.) и базовые события (Basic Events — BE) вроде BE1, BE1.1, BE2, BE3 и т. д. Каждое базовое событие трактуется как первопричина (неисправность), которая непосредственно может привести к тому, что лампа не горит, и в дальнейшем обычно не разбирается глубже.



## **6.2. Детальный разбор каждой ветви**

### **6.2.1. G1 - ОТКАЗ ИСТОЧНИКА (Power Supply Failure)**

Эта ветвь G1 делится на два крупных блока:

- (G1.1) Отключение электричества
  - (BE1) Местное отключение
    - (BE1.1) Отказ подстанции
    - (BE1.2) Отказ главного реле

Здесь (G1.1) можно рассматривать как «Отключение сети по разным причинам, связанным с электроснабжением или трансформаторной подстанцией». Любое из событий (BE1.1) или (BE1.2) само по себе приводит к отключению электричества и, как следствие, лампа не получит питание.

- G1.2 - Отказ автоматического выключателя/предохранителя
  - (BE1.3) Перегорание предохранителя
  - (BE1.4) Ошибочная сработка автомата

Это подчеркивает, что даже при наличии сети, если предохранитель перегорел или автоматический выключатель (СВ) «выбивает» ошибочно, то питание на лампу отсутствует. Таким образом, G1 охватывает две категории отказов: (1) проблемы в сети/подстанции, (2) отказы защитных устройств (предохранитель, автомат).

**Смысл ветви G1:** Достаточно потери электропитания либо срабатывания устройств защиты (даже ошибочно), чтобы лампа перестала гореть. Это проблемы, не связанные непосредственно с лампой или проводкой, но внешние по отношению к конечному потребителю.

### **6.2.2. G2 - ОТКАЗ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ (Converter / Switch Failure)**

Под (G2) у нас выделено промежуточное событие:

- (BE2) Перегорание / выход из строя выключателя (например, контакт сгорел)

Сюда же относятся:

- (BE2.1) Заклинивание выключателя
- (BE2.2) Сбой запасного источника (UPS / инвертор)
- (В некоторых схемах также встречается «Ошибочная сработка автомата», если этот узел логически отнесли к преобразователю.)

Главная идея — «Отказ преобразователя» говорит о проблемах в выключателе, коммутаторе, трансформаторе или другом промежуточном устройстве, которое регулирует/передаёт питание на лампу. Если контакты повреждены, заклинили или элементы перегорели, то лампа перестаёт получать энергию.

Смысл ветви G2: Любая неисправность на пути переключения или преобразования питания (логический элемент OR) ведёт к отсутствию напряжения для лампы.

### **6.2.3. G3 ОТКАЗ ПРОВОДКИ (Wiring Failure)**

- Ветвь G3 описывает проблемы с проводкой:
  - (BE3) Обрыв провода
    - (BE3.1) Трещина провода
    - (BE3.2) Коррозия
    - (BE3.3) Старая изоляция / ветхость
- (BE4) Короткое замыкание
  - (BE4.1) Влага / вода
  - (BE4.2) Повреждение проводов грызунами

Смысл ветви G3: Проблема с целостностью цепи питания — обрыв (нет контакта) или замыкание (приводит к отключению). Всё это непосредственно делает лампу обесточенной.

### **6.2.4. G4 ОТКАЗ САМОЙ ЛАМПЫ (Lamp Failure)**

- (BE5) Лампа перегорела
  - (BE5.1) Несоответствующий патрон (неправильный контакт лампы с патроном; либо несовместимость цоколя).
- (BE6) Частичный отказ (например, частично повреждена нить накала, вызывая мерцание или полное не свечение)

Смысл ветви G4: Лампа сама по себе неисправна (перегорела, неправильно установлена и т. д.), независимо от того, исправны ли остальные элементы питания и проводки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторной работы был проведён анализ дерева неисправностей (FTA) для системы освещения, где верхним событием являлся отказ «Лампа не горит». На основании построенной логической схемы выявлены четыре основные ветви отказов: (1) проблемы с источником питания, (2) сбои в преобразователе или выключателе, (3) нарушение целостности проводки и (4) непосредственный отказ самой лампы. Каждая ветвь включает набор базовых событий (BE), которые приводят к отсутствию освещения — от банального перегорания предохранителя или обрыва провода до ошибочного срабатывания автоматики и физической деформации цоколя лампы.

Проведённый анализ позволил наглядно показать, что для отказа освещения достаточно одного события из перечисленных ветвей (логический элемент «ИЛИ»), а наиболее уязвимые участки — это связки «источник питания – автоматические выключатели – проводка – патрон лампы». При наличии статистических данных о надёжности можно было бы количественно оценить вероятность отказа «Лампа не горит» и определить наиболее критичные базовые события для целенаправленной профилактики и повышения надёжности системы.

Таким образом, FTA показал свою эффективность как метод систематического выявления потенциальных отказов и их причин, а также дал возможность предложить мероприятия по улучшению, включая регулярный контроль состояния проводки, испытание защитных устройств, выбор качественных компонентов и своевременную замену ламп. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации системы освещения и снижения вероятности возникновения нежелательного отказа «Лампа не горит».