Этап 1

Электрический пробой

Содержание

Список иллюстраций

Список таблиц

# 1 Этап 1

## 1.1 Докладчики

* Амуничников Антон Игоревич
* Леснухин Даниил Дмитриевич
* Майзингер Эллина Сергеевна
* Дымченко Дмитрий Юрьевич
* Матюхин Павел Андреевич
* Понамарев Алексей Михайлович

## 1.2 Содержание

1. Введение
2. Теоретическое описание задачи
   * Газовый пробой
   * Твердотельный пробой
   * Вакуумный пробой
3. Экспериментальные методы исследования
4. Применение и практическое значение
5. Выводы
6. Список литературы

## 1.3 1. Введение

### 1.3.1 Актуальность

Электрический пробой – это явление, при котором диэлектрик теряет свои изолирующие свойства под воздействием сильного электрического поля. Оно играет ключевую роль в высоковольтной технике, электронике и молниезащите.

**Примеры электрического пробоя в технике и природе:**  
- **Молнии** – атмосферный пробой воздуха.  
- **Газовый разряд** – используется в лампах, разрядниках и плазменных генераторах.  
- **Разрушение изоляции** в кабелях и электрооборудовании.

### 1.3.2 Объект и предмет исследования

* Физические механизмы электрического пробоя.
* Влияние внешних факторов (температура, давление, влажность) на напряжение пробоя.
* Методы измерения пробивного напряжения.

### 1.3.3 Цель работы

Изучение механизмов электрического пробоя и определение факторов, влияющих на его возникновение.

### 1.3.4 Задачи

1. Рассмотреть основные типы пробоя: газовый, твердотельный, вакуумный.
2. Изучить их физические механизмы.
3. Определить ключевые параметры, влияющие на напряжение пробоя.
4. Описать методы экспериментального изучения пробоя.

## 1.4 2. Теоретическое описание задачи

### 1.4.1 Газовый пробой

Газовый пробой возникает, когда электрическое поле ускоряет свободные электроны до энергии, достаточной для ионизации молекул газа. Этот процесс приводит к лавинообразному увеличению числа заряженных частиц и формированию проводящего канала.

#### 1.4.1.1 **Закономерности газового пробоя**

Основной закон, описывающий газовый пробой, – **закон Пашена**:

где:  
- ( V\_b ) – напряжение пробоя,  
- ( p ) – давление газа,  
- ( d ) – расстояние между электродами,  
- ( A, B ) – эмпирические коэффициенты,  
- ( gamma ) – коэффициент вторичной эмиссии.

#### 1.4.1.2 **Виды газового пробоя**

1. **Тлеющий разряд** – маломощный разряд, используемый в неоновых лампах.
2. **Искровой разряд** – кратковременный процесс, например, молния.
3. **Дуговой разряд** – устойчивый пробой, используемый в сварке и разрядных трубках.

### 1.4.2 Твердотельный пробой

Твердотельный пробой – это процесс, при котором разрушается структура диэлектрика, превращая его в проводник.

#### 1.4.2.1 **Виды твердотельного пробоя:**

1. **Электронный пробой**
   * Происходит при высокой напряжённости электрического поля.
   * Заряженные частицы разрушают кристаллическую решётку.
2. **Тепловой пробой**
   * Высокое поле вызывает разогрев материала.
   * При достижении критической температуры структура разрушается.
3. **Механический пробой**
   * Электростатические силы вызывают напряжения в диэлектрике.
   * Это приводит к его механическому разрушению.

Значение пробивного напряжения ( V\_b ) для твёрдых диэлектриков можно выразить через:

где:  
- ( E\_b ) – критическая напряжённость пробоя,  
- ( d ) – толщина диэлектрика.

### 1.4.3 Вакуумный пробой

Вакуумный пробой происходит при сильном электрическом поле, когда эмиссия электронов приводит к лавинному увеличению заряженных частиц.

**Основные механизмы вакуумного пробоя:**  
1. **Автоэлектронная эмиссия** – эмиссия электронов с поверхности катода.  
2. **Ионная бомбардировка** – выбивание атомов под действием ионных потоков.  
3. **Тепловой эффект** – локальный нагрев поверхности приводит к её разрушению.

Формула критического напряжения пробоя в вакууме:

V\_b​=A⋅d^B

где:  
- ( A и B) — эмпирические коэффициенты, определяемые экспериментально

* ( d ) – расстояние между электродами.

## 1.5 3. Экспериментальные методы исследования

Для изучения электрического пробоя используют несколько методов:

1. **Метод пробивного напряжения**
   * Измерение напряжения, при котором происходит пробой.
   * Используется для оценки прочности изоляционных материалов.
2. **Импульсные испытания**
   * Применяются для анализа коротких высоковольтных разрядов.
   * Позволяют исследовать динамику пробоя.
3. **Оптические методы**
   * Используются для визуального анализа плазменных разрядов.
   * Включают в себя лазерную интерферометрию и скоростную съёмку.

## 1.6 4. Применение и практическое значение

Электрический пробой применяется в различных сферах:

* **Высоковольтные технологии** – изоляторы, молниеотводы, разрядники.
* **Плазменные технологии** – резка и сварка металлов.
* **Электроника** – защитные диоды и стабилизаторы напряжения.
* **Аэрокосмическая отрасль** – изучение разрядов в условиях вакуума.

## 1.7 5. Выводы

В ходе работы были рассмотрены основные механизмы электрического пробоя, определены ключевые параметры, влияющие на его критическое напряжение. Полученные знания позволяют разрабатывать более эффективные электроизоляционные материалы и защитные системы.

## 1.8 6. Список литературы

1. Пашен Ф. “Электрические разряды в газах”, Москва, 1985.
2. Fridman A., Kennedy L. “Plasma Physics and Engineering”, CRC Press, 2011.
3. Кумпан В.О. “Диэлектрики и их применение”, СПб, 2002.