

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Рассмотрены методы расчета электромагнитных процессов в **силовых трансформаторах и реакторах**. Основное внимание уделено методологии расчетов и исследований, в частности систематизации путей создания научно обоснованных методов, необходимых для практики. Приведены сведения по электромагнитному полю трансформаторов и реакторов, методы расчета параметров в рабочем режиме, опытах холостого хода и короткого замыкания, классификация, способы измерения в способы снижения добавочных потерь. Некоторые из описанных методов могут быть применены к другим электрическим машинам, аппаратам и приборам.

Для научных работников и инженеров, связанных с трансформаторостроением.

**Леонид Вениаминович Лейтес**

## **Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов**

Редактор А. Г. К Р а й з

Редактор издательства Н. Б. Ф о м и ч е в а

Переплет художника Н. А. Х а р а ш

Технический редактор А. С. Д а в ы д о в а

Корректор Н. А. В о й т е н к о

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Московская типография № 10 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113114, Москва, М-114. Шлюзовая наб., 10

© «Энергия», 1981 **ОГЛАВЛЕНИЕ книги "Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов"**

Предисловие

### **Глава первая. Введение**

- 1-1. Трансформаторы и реакторы
- 1-2. Содержание и цели электромагнитных расчетов
- 1-3. Основные параметры трансформатора
- 1-4. Особенности реакторов
- 1-5. Техничко-экономические оценки и оптимизация

### **Глава вторая. Методы расчета электромагнитного поля**

- 2-1. Основные уравнения
- 2-2. Энергия, индуктивность и механические усилия
- 2-3. Классификация методов решения задач
- 2-4. Метод моделирования полем токов проводимости

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- 2-5. Методы расчета поля с учетом поверхностного эффекта
- 2-6. Метод применения принципа наложения

## **Глава третья. Подобие и физическое моделирование**

- 3-1. Физическое подобие и моделирование электромагнитных процессов
- 3-2. Упрощенное моделирование
- 3-3. Законы роста трансформаторов и реакторов

## **Глава четвертая. Электромагнитные процессы в реакторе и трансформаторе**

- 4-1. Основные процессы
- 4-2. Потоки мощности
- 4-3. Уравнения трансформатора
- 4-4. Методы измерения параметров

## **Глава пятая. Схемы замещения трансформаторов**

- 5-1. Назначение схем замещения
- 5-2. Способы построения схемы замещения
- 5-3. Построение схемы замещения по схеме магнитной цепи
- 5-4. Схемы без учета намагничивающего тока

## **Глава шестая. Свойства электротехнической стали**

- 6-1. Общие замечания
- 6-2. Кривая намагничивания
- 6-3. Удельные потери и намагничивающая мощность
- 6-4. Вихревые токи в стали
- 6-5. Потери при несинусоидальной индукции
- 6-6. Анизотропия, магнитострикция, удельное сопротивление

## **Глава седьмая. Расчет параметров магнитных систем**

- 7-1. Классификация
- 7-2. Расчет магнитных потоков и индукции
- 7-3. Расчет потерь и намагничивающего тока
- 7-4. Влияние соединенной в треугольник обмотки и заземленной нейтрали
- 7-5. Влияние «полувитков»
- 7-6. Перевозбуждение
- 7-7. Токи включения
- 7-8. Токи в магнитопроводе
- 7-9. Шум и вибрации

## **Глава восьмая. Расчет магнитного поля вне стали**

- 8-1. Общие замечания
- 8-2. Основные допущения
- 8-3. Плоскопараллельное двумерное поле
- 8-4. Поле пространственно-периодического тока
- 8-5. Поле прямолинейной шины и пары шин
- 8-6. Поле обмотки без стали
- 8-7. Расчет поля с фиксированной длиной силовых линий
- 8-8. Измерение параметров магнитного поля

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

## **Глава девятая. Расчет индуктивностей**

- 9-1. Общие сведения
- 9-2. Метод средних геометрических расстояний
- 9-3. Метод плотности энергии магнитного поля
- 9-4. Метод мощностей
- 9-5. Зависимость индуктивности от частоты
- 9-6. Способы расчета для некоторых простых случаев
- 9-7. Порядок расчета сопротивления КЗ при сложных схемах

## **Глава десятая. Общие вопросы добавочных потерь**

- 10-1. Классификация потерь
- 10-2. Потери от основных, циркулирующих и вихревых токов
- 10-3. Влияние параметров контура на потери в нем
- 10-4. Методы снижения добавочных потерь
- 10-5. Зависимость потерь от тока, температуры и частоты
- 10-6. Измерение потерь

## **Глава одиннадцатая. Потери в обмотках от вихревых токов**

- 11-1. Потери в отдельных проводе и пластине
- 11-2. Потери при слабом поверхностном эффекте
- 11-3. Влияние вытеснения поля на потери
- 11-4. Потери при сильном поверхностном эффекте
- 11-5. Оценка потерь в обмотках из фольги
- 11-6. Потери при несинусоидальном токе

## **Глава двенадцатая. Потери от циркулирующих токов**

- 12-1. Общие замечания по потерям от циркулирующих токов
- 12-2. Оценка распределения тока по схемам замещения
- 12-3. Метод циркулирующих токов
- 12-4. Потери от несовершенства транспозиции в винтовых и катушечных обмотках
- 12-5. Особенности экспериментального исследования токораспределения

## **Глава тринадцатая. Потери в массивных элементах конструкции**

- 13-1. Общие замечания по потерям в массивных элементах конструкции
- 13-2. Потери в стенке бака
- 13-3. Потери в прессующем кольце
- 13-4. Потери в стальных деталях при несинусоидальном токе

Список литературы

Приложения

1. Указатель основных формул и расчетных графиков
2. Основные обозначения

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ВВЕДЕНИЕ

## **1-1. ТРАНСФОРМАТОРЫ И РЕАКТОРЫ**

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

При передаче и распределении электроэнергии, а также в устройствах управления, автоматике и связи широко применяются статические электромагнитные устройства, работа которых основана на использовании явления электромагнитной индукции. Основными элементами таких устройств являются обмотки — важнейшая часть контуров, в которых индуцируется напряжение (иногда одновитковой обмоткой служит элемент другого устройства, например шина токопровода или, вывода, или даже сам потребитель энергии, например отжигаемая проволока или шнур плазмы в физической установке). Часто для локализации магнитного поля рассматриваемые устройства выполняют с магнитными системами (магнитопроводами).

Если рассматриваемое устройство предназначено для использования в электрической цепи собственной индуктивности его основных обмоток, то его называют индуктивной катушкой [1-1], а для силовой цепи — реактором [1-2]. В литературе и стандартах встречается также ряд других названий (в частности, катушка индуктивности, реактивная катушка, дроссель, дроссельная катушка) и названий для отдельных видов устройств, например: магнитный усилитель, индуктивный датчик, делитель тока. Если устройство содержит две или более индуктивно связанные обмотки и предназначено для преобразования одной или нескольких систем переменного тока в одну или несколько других систем переменного тока, то его называют трансформатором [1-3].

[Скачать книгу](#) Электромагнитные расчеты трансформаторов и реакторов Москва, Издательство Энергия, 1981