

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**В. В. Афанасьев, Н. М. Адоньев, В. М. Кибель, И. М.  
Сирота, Б. С. Стогний. Трансформаторы тока**

2-е издание, переработанное и дополненное

Ленинград

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ

Ленинградское отделение

1989

Авторы: В. В. Афанасьев, Н. М. Адоньев, В. М. Кибель, И. М. Сирота, Б. С. Стогний  
Рецензент В. К. Тарасов  
Редактор Ю. В. Цолгополова

**Трансформаторы тока.** В. В. Афанасьев и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989.—416 с.

Приведена методика расчета и проектирования высоковольтных трансформаторов тока. Рассмотрены вопросы погрешностей трансформаторов при нормальных условиях работы и при переходных режимах. Изложены различные методы компенсации погрешностей и рассмотрены конструкции трансформаторов. Уделено внимание перспективам развития трансформаторов тока. Даны примеры расчета. Первое издание вышло в 1980 г., второе издание переработано и дополнено, в частности материалом о современных измерительных преобразователях тока.

Для инженерно-технических работников, занятых проектированием, исследованием и производством трансформаторов тока, их монтажом и эксплуатацией.

## **Оглавление книги Трансформаторы тока**

Предисловие

### **Глава первая. Основные сведения об измерительных преобразователях тока и трансформаторах тока**

- 1-1. Назначение, классификация и основные параметры измерительных преобразователей и трансформаторов тока
- 1-2. Принципиальная схема трансформатора тока
- 1-3. Векторная диаграмма трансформатора тока
- 1-4. Условия работы трансформаторов тока
- 1-5. Удельные величины, физическое моделирование и обобщенные характеристики трансформаторов тока

### **Глава вторая. Работа электромагнитных трансформаторов тока в нормальных режимах**

- 2-1. Токовая и угловая погрешности трансформаторов тока
- 2-2. Классы точности и нормы погрешностей трансформаторов тока

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

- 2-3. Способы уменьшения погрешностей трансформаторов тока
- 2-4. Расчеты токовой и угловой погрешностей
- 2-5. Полная погрешность и кратность первичного тока
- 2-6. Расчет максимальной кратности вторичного тока
- 2-7. Влияние внешних магнитных полей на работу электромагнитных трансформаторов тока

## **Глава третья. Работа электромагнитных трансформаторов тока в переходных режимах**

- 3-1. Общие сведения
- 3-2. Переходный процесс в одноэлементном трансформаторе тока с линейной характеристикой намагничивания
- 3-3. Переходный процесс в каскадном трансформаторе тока с линейными характеристиками намагничивания
- 3-4. Переходный процесс в одноэлементном трансформаторе тока с нелинейной характеристикой намагничивания
- 3-5. Точность работы трансформаторов тока с нелинейными характеристиками намагничивания в переходных режимах

## **Глава четвертая. Электромагнитные трансформаторы тока для измерения токов первичной цепи в переходных режимах**

- 4-1. Принципы выполнения трансформаторов тока с учетом переходных режимов
- 4-2. Основы теории трансформаторов тока с немагнитными зазорами в магнитопроводе
- 4-3. Определение предельной индукции в трансформаторах тока с немагнитными зазорами в магнитопроводе
- 4-4. Проектирование ТТ для измерения токов первичной цепи в переходных режимах
- 4-5. Расчет погрешностей трехступенчатого каскадного трансформатора тока
- 4-6. Общий подход к решению задачи проектирования ТТ

## **Глава пятая. Трансформаторы постоянного тока**

- 5-1. Принцип действия трансформатора постоянного тока
- 5-2. Магнитные характеристики сплавов, применяемых для изготовления магнитопроводов ТПТ
- 5-3. Расчет погрешности ТПТ
- 5-4. Конструкции трансформаторов постоянного тока

## **Глава шестая. Трансформаторы тока внутренней установки**

- 6-1. Общие сведения
- 6-2. Трансформаторы тока на напряжение до 1000 В
- 6-3. Встроенные трансформаторы тока
- 6-4. Трансформаторы тока на напряжение свыше 1000 В
- 6-5. Трансформаторы тока специального назначения

## **Глава седьмая. Трансформаторы тока наружной установки**

- 7-1. Общие сведения
- 7-2. Трансформаторы тока с чисто бумажно-масляной изоляцией и звеньевой первичной обмоткой
- 7-3. Трансформаторы тока с бумажно-масляной изоляцией конденсаторного типа

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

7-4. Новое поколение высоковольтных трансформаторов тока с нормированными характеристиками в переходных режимах

## **Глава восьмая. Основные узлы трансформаторов тока**

8-1. Магнитопроводы

8-2. Первичная и вторичная обмотки

8-3. Маслорасширители и маслоуказатели

8-4. Контактные выводы от первичной и вторичной обмоток

## **Глава девятая. оптоэлектронные трансформаторы тока**

9-1. Новое направление в развитии методов измерения тока

9-2. ОЭТТ с внешней модуляцией светового потока

9-3. ОЭТТ с внутренней модуляцией светового потока

9-4. Оценка метрологических свойств ОЭТТ с различными видами модуляции светового потока

9-5. Некоторые конструкции и элементы ОЭТТ

## **Глава десятая. Современные измерительные преобразователи в высоковольтных установках**

10-1. Дистанционные электромагнитные преобразователи тока

10-2. Преобразователи тока с нагрузкой, управляемой напряжением

10-3. Измерительный преобразователь тока с емкостной связью между цепями высокого и низкого напряжения

## **Глава одиннадцатая. Методы испытаний трансформаторов тока**

11-1. Испытание изоляции трансформаторов тока

11-2. Метрологические испытания трансформаторов тока

11-3. Испытания на стойкость к токам короткого замыкания

11-4. Климатические испытания трансформаторов тока

11-5. Испытания трансформаторов тока при механических воздействиях

11-6. Проверка на соответствие сборочному чертежу и упаковка

Список литературы

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Последние годы характеризуются быстрым развитием энергетики. Повышаются номинальные напряжения и токи электрооборудования, устанавливаемого в энергосистемах. В связи с объединением энергосистем значительно увеличиваются токи короткого замыкания. Все это приводит к необходимости создания нового высоковольтного оборудования, одним из видов которого являются трансформаторы тока (ТТ). Им и посвящена настоящая работа.

Конструкциям и расчету трансформаторов тока высокого напряжения в Советском Союзе, да и за рубежом посвящено очень мало обстоятельных книг. В СССР по трансформаторам тока Энергоатомиздатом (изд-во «Энергия», Госэнергоиздат) были выпущены следующие книги: в 1962 г. [10]; в 1964 г. [14]; в 1966 г. [19] и в 1980 г. [97]. За прошедшее время в области конструирования и расчета трансформаторов тока произошли значительные изменения.

# ЗАВОД НИЗКОВОЛТНОГО И ВЫСОКОВОЛТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

---

Существенное увеличение номинальных напряжений и токов в энергосистемах ведет к повышению требований к трансформаторам тока, особенно при их работе в переходных режимах. В связи с этим в Советском Союзе и за рубежом были проведены обширные исследования работы трансформаторов тока в переходных режимах. В результате этих исследований получены новые интересные решения, которые освещались в ряде статей и сборников. Кроме того, в целях повышения качества и надежности трансформаторов тока Госстандартом было издано много нормативных документов, определяющих новые требования к трансформаторам тока. Утверждена терминология по трансформации тока.

Вышеизложенное привело к необходимости выпуска новой книги по трансформаторам тока, в которой, помимо общих конструктивных сведений и расчетов токовых и угловых погрешностей, были бы подробно рассмотрены расчет полной погрешности в предельных и установившихся режимах, анализ и расчет погрешностей в переходных режимах, новые направления в развитии трансформаторов тока и некоторые другие вопросы. Необходимо было обобщить материалы по трансформаторам тока, приведенные в статьях ряда журналов и в сборниках.

Во второе издание не вошла глава о точности работы трансформаторов тока с нелинейными характеристиками намагничивания в переходных режимах как менее актуальная. Но зато расширена глава о линейных ТТ. Добавлены разделы о трансформаторах постоянного тока, преобразователях тока, управляемых напряжением, преобразователях с емкостной связью и др.

Ограниченный объем настоящей работы не позволил изложить в ней все вопросы, касающиеся трансформаторов тока, в частности рассмотреть лабораторные трансформаторы тока; трансформаторы тока нулевой последовательности; трансформаторы тока, основанные на некоторых новых принципах передачи сигнала от цепи высокого напряжения к устройствам, находящимся под потенциалом земли (с использованием эффекта Холла, радиосигналов и др.). Кратко изложены и некоторые методы расчета переходных режимов работы существующих трансформаторов тока, применяемые при проектировании и эксплуатации релейной защиты, когда допускаются весьма большие погрешности.

Читатель может найти подробные сведения об этих методах в соответствующих статьях и книгах, указанных в списке литературы.

[Скачать книгу](#) В. В. Афанасьев и др. Трансформаторы тока. Ленинград, Издательство ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, Ленинградское отделение, 1989