

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов. Учеб. пособие для вузов

П. М. ТИХОМИРОВ
**РАСЧЕТ
ТРАНСФОРМАТОРОВ**

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Электрические машины»

«ЭНЕРГИЯ» МОСКВА 1976

6П2.1.081 Т46

УДК 621.314.21.001.24(075.8)

Тихомиров П. М.

Т 46 Расчет трансформаторов. Учеб. пособие для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976., 544 с. с ил.

В книге приведены основные сведения по теории расчета трансформаторов, подробно изложена методика проектирования силовых трансформаторов с плоскими и пространственными магнитными системами из холоднокатаной электротехнической стали, с обмотками из медного и алюминиевого провода и даны практические примеры расчета. Книга содержит необходимые для расчета сведения по конструкции магнитных систем, обмоток, систем охлаждения современных силовых трансформаторов и справочные материалы.

Книга предназначена для студентов энергетических и электротехнических вузов в качестве учебного пособия при курсовом и дипломном проектировании и при изучении курса «Проектирование электрических машин», а также может быть полезна инженерам и техникам, работающим в области проектирования, производства, эксплуатации и ремонта трансформаторов.

ОГЛАВЛЕНИЕ книги Расчет трансформаторов

Предисловие

Глава первая. **Общие вопросы проектирования трансформаторов**

1-1. Современные тенденции в производстве трансформаторов в СССР

1-2. Стандартизация в трансформаторостроении

1-3. Основные материалы, применяемые в трансформаторостроении

1-4. Экономическая оценка рассчитанного трансформатора

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Глава вторая. **Конструкции основных частей трансформатора**

- 2-1. Общая конструктивная схема трансформатора
- 2-2. Конструкции магнитных систем силовых трансформаторов
- 2-3. Выбор марки стали и вида изоляции пластин

Глава третья. **Расчет основных размеров трансформатора**

- 3-1. Задание на проект и схема расчета трансформатора
- 3-2. Расчет основных электрических величин трансформаторов и автотрансформаторов
- 3-3. Основные размеры трансформатора
- 3-4. Методы расчета трансформаторов. Основы обобщенного метода
- 3-5. Проектирование отдельного трансформатора по обобщенному методу
- 3-6. Анализ изменения некоторых параметров трансформатора с изменением p (пример расчета)
- 3-7. Определение основных размеров трансформатора

Глава четвертая. **Изоляция в трансформаторах**

- 4-1. Классификация изоляции в трансформаторах
- 4-2. Общие требования, предъявляемые к изоляции трансформатора
- 4-3. Электроизоляционные материалы, применяемые в трансформаторостроении
- 4-4. Основные типы изоляционных конструкций
- 4-5. Определение минимально допустимых изоляционных расстояний для некоторых частных случаев (масляные трансформаторы)
- 4-6. Определение минимально допустимых изоляционных расстояний в сухих трансформаторах

Глава пятая. **Выбор конструкции обмоток трансформаторов**

- 5-1. Общие требования, предъявляемые к обмоткам трансформатора
- 5-2. Конструктивные детали обмоток и их изоляции
- 5-3. Цилиндрические обмотки из прямоугольного провода
- 5-4. Многослойные цилиндрические обмотки из круглого провода
- 5-5. Винтовые обмотки
- 5-6. Катушечные обмотки
- 5-7. Выбор конструкции обмоток

Глава шестая. **Расчет обмоток**

- 6-1. Расчет обмоток НН
- 6-2. Регулирование напряжения обмоток ВН
- 6-3. Расчет обмоток ВН
- 6-4. Примеры расчета. Расчет обмоток

Глава седьмая. **Расчет параметров, короткого замыкания**

- 7-1. Определение потерь короткого замыкания
- 7-2. Расчет напряжения короткого замыкания
- 7-3. Определение механических сил в обмотках и нагрева обмоток при коротком замыкании
- 7-4. Расчет индукции поля рассеяния
- 7-5. Примеры расчета. Расчет параметров короткого замыкания

Глава восьмая. **Расчет магнитной системы трансформатора**

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 8-1. Определение размеров магнитной системы
- 8-2. Определение потерь холостого хода трансформатора
- 8-3. Определение тока холостого хода трансформатора
- 8-4. Примеры расчета. Расчет магнитной системы трансформатора

Глава девятая. **Тепловой расчет трансформатора**

- 9-1. Процесс теплопередачи в трансформаторе
- 9-2. Краткий обзор систем охлаждения трансформаторов
- 9-3. Нормы предельных превышений температуры
- 9-4. Порядок теплового расчета трансформатора
- 9-5. Поверочный тепловой расчет обмоток
- 9-6. Тепловой расчет бака
- 9-7. Окончательный расчет превышений температуры обмоток и масла трансформатора
- 9-8. Приближенное определение массы конструктивных материалов и масла трансформатора
- 9-10. Примеры расчета. Тепловом расчет трансформатора типа ТМ-1600/35

Глава десятая. **Примеры расчета трансформаторов**

- 10-1. Пример расчета трехфазного трансформатора типа ТСЗ-250/10, 250 кВ-А с естественным воздушным охлаждением
- 10-2. Пример расчета трехфазного двухобмоточного трансформатора типа ТРДН-25000/110, 2*5 000 кВ-А, РПН, с масляным охлаждением и дутьем
- 10-3. Пример расчета обмоток трансформатора типа ТМ-630/35

Глава одиннадцатая. **Анализ влияния исходных данных расчета на параметры трансформатора**

- 11-1. Влияние индукции на массы активных материалов и некоторые параметры трансформатора
- 11-2 Влияние потерь короткого замыкания, коэффициента заполнения кс и изоляционных расстояний на массу и стоимость активных материалов трансформатора

Глава двенадцатая. **Проектирование серий трансформаторов**

- 12-1. Выбор исходных данных при проектировании серии
- 12-2. Применение обобщенного метода к расчету серии трансформаторов
- 12-3. Выбор оптимального варианта при расчете серии трансформаторов
- 12-4. Пример расчета трансформатора новой серии

Список литературы

Предметный указатель

ПРЕДИСЛОВИЕ

Четвертое издание книги «Расчет трансформаторов», переработанное и дополненное, выходит в свет через 7 лет после выхода третьего издания. За эти годы советское трансформаторостроение продолжало увеличивать выпуск силовых трансформаторов с одновременным расширением шкал мощностей и напряжений. Мощность трехфазного трансформатора в одной единице достигла 1000 МВ-А, высшее напряжение трансформатора 1150 кВ. Проектируются и выпускаются заводами серии трансформаторов с новыми конструкциями магнитных систем, обмоток и систем охлаждения. Совершенствуется технология производства трансформаторов. Развиваются работы по исследованию полей

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

рассеяния, добавочных потерь в трансформаторах, механических сил при коротких замыканиях, систем охлаждения и др. Разрабатываются новые методы расчета различных параметров трансформаторов с широким использованием находящихся в распоряжении научных учреждений и заводов средств вычислительной техники.

При переработке книги для нового издания автор стремился дать читателю методику и материалы для рационального расчета силовых трансформаторов с учетом современных конструктивных решений отдельных частей и всего трансформатора в целом и новой прогрессивной технологии изготовления некоторых узлов трансформатора. Соответствующие краткие сведения о новых конструкциях магнитных систем и обмоток и отдельных технологических операциях в объеме, необходимом для расчета, приведены в некоторых главах книги.

В последние годы в Советском Союзе и за рубежом ведутся работы по исследованию магнитного поля рассеяния и электрического поля трансформатора. В результате этих исследований разрабатываются методы расчета добавочных потерь в обмотках и конструктивных Деталей трансформатора и методы расчета механических сил на основе расчета Поля рассеяния, а также расчета изоляции трансформатора на основе расчета электрического поля. Расчетные методики для этих чрезвычайно сложных явлений отличаются большой сложностью, как правило, требуют применения средств вычислительной техники, и их описание не может быть изложено в ограниченном объеме книги. Поэтому автор стремился дать в новом издании лишь некоторые наиболее простые методы учета этих явлений и сообщить рекомендации по конструкциям магнитных систем и обмоток, позволяющие ограничить отрицательное влияние поля рассеяния на параметры трансформатора.

Вопросы расчета основных размеров трансформатора выделены в особую главу (гл. 3). Материал ее позволяет подойти к выбору основных размеров с учетом конструкции магнитной системы (плоской или пространственной) и марки электротехнической стали; конструкции и материала обмоток (медных или алюминиевых); получения заданных параметров холостого хода и короткого замыкания и некоторых других.

Методика расчета трансформатора, изложенная в гл. 3 и последующих главах, и справочные материалы, приведенные в книге, позволяют вести электрический, магнитный и тепловой расчеты силовых масляных и сухих трансформаторов общего назначения двух- и трехобмоточных различных мощностей от 4—10 кВ- до 63—80 Тис. кВ-А классов напряжения до 110 кВ включительно.

Основное назначение книги — служить пособием студентам энергетических и электротехнических высших учебных заведений при курсовом и дипломном проектировании, а также при изучении курса проектирования электрических машин. Она может быть использована также студентами техникумов. Автор надеется, что книга окажется полезной и инженерам, работающим в области проектирования, исследования, производства, эксплуатации и ремонта трансформаторов.

Для удобства пользования книгой все необходимые практические указания и справочные материалы расположены в тексте по мере изложения теории и методики расчета. Книга иллюстрируется примерами расчета. По отдельным существенным вопросам, которые ввиду ограниченного объема книги не могли быть освещены с достаточной полнотой, в частности, по расчету поля рассеяния и механических сил в обмотках при коротком замыкании, в списке литературы приведены наименования нескольких статей.

ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

При составлении книги автор использовал опыт преподавания проектирования трансформаторов в Московском энергетическом институте, а также опыт Московского электрозавода, Запорожского трансформаторного завода, Армэлектрозавода, Всесоюзного электротехнического института имени В. И. Ленина, Всесоюзного института трансформаторостроения. Автор пользуется случаем выразить свою признательность работникам этих предприятий, оказавшим содействие в подборе материала для книги, докт. техн. наук, проф. Б. Б. Гельперину, выполнившему большую работу по рецензированию рукописи, а также инж. Н. А. Акимовой, выполнившей часть расчетов.

Автор

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Основная литература*
1. Петров Г. Н. Трансформаторы. М., ОНТИ, 1934. 446 с.
 2. Петров Г. Н. Электрические машины. Ч. I, М., «Энергия», 1974 240 с.
 3. Сапожников А. В. Конструирование трансформаторов. М.—Л., Госэнергоиздат, 1959. 360 с.
 4. Герасимова Л. С, Дейнега И. А. Технология и оборудование производства трансформаторов. М., «Энергия», 1972. 264 с.
 5. Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов. М., «Энергия»; 1968. 456 с.
 6. Басютинский С. Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов. Л., «Энергия», 1970. 432 с.
 7. Голунов А. М. Охлаждающие устройства масляных трансформаторов. М., «Энергия», 1964. 152 с.

Литература по расчету механических сил

8. Лурье С. И. Осевые усилия в обмотках трансформаторов. — «Электричество», 1972, № 4, с. 23—31.
9. Лурье С. И., Левицкая Е. И. Электродинамическая прочность трансформаторов I — II габаритов со слоевыми цилиндрическими обмотками. — «Электротехника», 1967, № 4, с. 14—18.
10. Лурье С. И., Мильмаи Л. И. Механические свойства трансформаторного электрокартона. — «Вестник электропромышленности», 1963, № 1, с. 46—50.
11. Зенова В. П., Иванова Н. С, Лурье С. И., Мильман Л. И. Электродинамическая устойчивость наружных обмоток трансформаторов больших мощностей. — «Электричество», 1971, № 10, с. I—6..
12. Мильман Л. И. и Лурье С. И. Проводниковые материалы при динамическом изгибе. — «Электротехника», 1966, № 9, с. 47—49.
13. Мильман Л. И. и Лурье С. И. Расчет прочности внутренних обмоток трансформаторов при действии радиальных усилия короткого замыкания. — «Электричество», 1965, № 8, с. 77—83.

Литература по расчету поля рассеяния

14. Лурье С. И., Савельев М. П., Хубларов Н. Н. Подготовка и контроль исходных данных и представление результатов в новой программе расчета поля рассеяния трансформаторов на ЭЦВМ «Минск-22». — «Электротехническая промышленность», 1971, вып. 6, с. 22—26.

[Скачать книгу](#) Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов. Учеб. пособие для вузов. Москва, Издательство «Энергия», 1976