## ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.372.632

Бальян Р. Х., Обрусник В. П. Оптимальное проектирование силовых высокочастотных ферромагнитных устройств. — Томск. Издательство Томского университета, 1987. — 168 с— 1 р. 30 к. 1000 экз.

В книге обобщены современные достижения науки и практики по проектированию высокочастотных ферромагнитных устройств (СВЧ ФМУ), к. которым относятся трансформаторы, дроссели насыщения, умножители числа фаз и т. д. Дается полная схема инженерного проектирования СВЧ ФМУ, базирующаяся на небольшом количестве простых выражений, предложенных и доказанных в книге. Приведены примеры оптимального расчета высокочастотных трансформаторов и дросселей до 200 кВА на фазу. Гарантируется высокая точность конечных результатов проектирования СВЧ ФМУ для диапазона частот  $0.4+100~\rm k\Gamma q$ .

Для специалистов, занимающихся вопросами проектирования электронных и преобразовательных систем, а также для студентов вузов электротехнического и радиотехнического профилей.

Рецензент — А. В. Кобзев 94 — 85 2402020000 177 (0Г2) — 87

#### ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. Базовые выражения для оптимизации ферромагнитных устройств 5

Габаритная мощность и сечение магнитопровода . . 5

Показатели потерь и теплового режима .... 7

Математическое отражение геометрических показателей. 10

Плотность тока и влияющие на нее параметры ... 16

Рабочая индукция и способы ее выражения . . . 18

Удельно-экономические показатели и их формализация. 21

2. Оптимизация геометрии ферромагнитных устройств . . 23

Влияние геометрии ФМУ на их объемные показатели . 23

Определение геометрии ФМУ методом независимой оптимизации 28

Влияние на геометрию плотности тока и индукции . . 32

Определение параметров оптимальной геометрии  $\Phi M Y$  при ограничениях по перегреву . . 40

Оптимизация геометрии тороидальных ФМУ . . .43

Ферромагнитные устройства кабельного исполнения . . 46

Обобщенные геометрические показатели типовых конструкций ФМУ ........... 52

3. Расчет основных физических величин СВЧ ФМУ . . 55

Отличительные свойства СВЧ ФМУ ..... 55

Типовые режимы работы СВЧ ФМУ и их характеристики 58

Физические параметры и выбор их значений к расчету. 65

Возможные исполнения СВЧ ФМУ и их показатели в сравнительной оценке 76

Выбор конструкции СВЧ ФМУ 86

### ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

СВЧ ФМУ в звене промежуточного преобразования частоты 90

4. Основные положения инженерного проектирования СВЧ ФМУ 94

Исходные данные для расчетов в проектирования, . 95

Выбор параметров, не зависящих от конструктивного исполнения . . .96

Определение геометрических параметров .... 106

Расчет электромагнитных величин СВЧ  $\Phi$ МУ и линейных размеров его магнитопровода ... 107

Конструктивный расчет обмоток. 110

5. Примеры расчетов СВЧ ФМУ 1Г2

Проектирование силовых высокочастотных трансформатора и дросселя насыщения для высоковольтных емкостных накопителей энергии (ЕНЭ) 112

Расчет СВЧ ФМУ по заданным параметрам магнитопровода 139

Пример проектирования мощных СВЧ ФМУ с большими сечениями магинитопроводов 144 Расчет тороидального СВЧТ 151

5.5. Расчет СВЧТ кабельного исполнения 155

Литература 164

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Вопросы оптимального проектирования высокочастотных трансформаторов и дросселей насыщения, равно как и других подобных им ферромагнитных устройств (автотрансформаторов, умножителей частоты, преобразователей числа фаз и др.), не являются в.теории и практике новыми, но остаются актуальными. Наиболее полно изученными считаются вопросы проектирования высокочастотных ферромагнитных устройств (ФМУ) малой мощности — до нескольких киловольт-ампер [1, 4, 5, 8, 9, 15], но продолжающиеся исследования [2, 16, 21 и др.] показывают, что Даже в этом диапазоне мощностей приходится корректировать результаты и положения, не вызывавшие ранее сомнений. Силовые высокочастотные ферромагнитные устройства (СВЧ ФМУ) занимают в теории и практике особое положение. Практическая электротехника, включающая радиотехнические устройства, преобразователи параметров электроэнергии, электронные системы различного назначения и т. д., не испытывала в предыдущие годы необходимости широкомасштабного применения СВЧ ФМУ. Возникавшие частные проблемы решались успешно [13, 27 и др.], но для обстоятельных исследований СВЧ ФМУ конкретных требований практика четко не выдвигала.

Современный научно-технический прогресс выдвинул новые задачи в области применения СВЧ ФМУ. К сожалению, известные научно-практические разработки оказались недостаточными для того, чтобы высокоэффективное применение СВЧ ФМУ не вызывало затруднений.

В настоящее время СВЧ ФМУ на мощности более ,10 кВА и частоты более 1 кГц не стандартизованы и массово не выпускаются. Успехи отдельных разработок и внедрений СВЧ ФМУ, например в системах высокочастотного нагрева, не решают общей проблемы научно обоснованного проектирования этих устройств, поскольку области их применения быстро расширяются. Современная преобразовательная техника требует массового производства трансформаторов и дросселей насыщения на мощности от десятков до тысяч киловольт-ампер при частотах 2-100 кГц. Требуются СВЧ ФМУ и более высокого частотного

# ЗАВОД НИЗКОВОЛЬТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

диапазона при мощностях в десятки киловатт [3].

Вполне очевидно, что высокоэффективное применение СВЧ ФМУ без отработанных для них приемов инженерного проектирования невозможно. Использование здесь хорошо развитых теории и методов проектирования маломощных высокочастотных ФМУ требует существенных поправок. Обобщенных в единую систему приемов оптимального проектирования именно СВЧ ФМУ в известной литературе не излагалось, и авторы взяли на себя ответственность решить такую задачу в данной работе. Предложенная методика инженерного расчета параметров СВЧ ФМУ и приведенные примеры ее применения базируются на теоретических положениях данной работы. Большинство из этих положений являются результатом целенаправленной систематизации работ авторов и имеющейся в литературе информации о СВЧ ФМУ с переработкой и дополнениями, обеспечивающими в совокупности решение конкретной задачи — оптимального проектирования силовых высокочастотных ферромагнитных устройств с обеспечением для них максимальной проходной мощности на единицу объема при заданной допустимой температуре перегрева обмоток и сердечников и заданных энергетических характеристиках.

<u>Скачать книгу</u> Бальян Р. Х., Обрусник В. П. Оптимальное проектирование силовых высокочастотных ферромагнитных устройств. Томск, Издательство Томского университета, 1987