

УДК 629.78.064.52
ББК 39.65
О-58

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7107/>

Факультет «Энергомашиностроение»
Кафедра «Плазменные энергетические установки»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Онуфриева, Е. В.
О-58 Физические основы построения и проектирования высокотемпературных систем преобразования тока космических энергодвигательных установок : учебное пособие / Е. В. Онуфриева, В. В. Онуфриев, А. Б. Ивашкин. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — 167, [1] с. : ил.
ISBN 978-5-7038-5542-3

Описаны особенности рабочих процессов и функционирования высокотемпературных систем преобразования тока в энергодвигательных установках космических аппаратов, а также методы определения их основных характеристик. Рассмотрены принципы системного подхода к проектированию элементов высокотемпературных систем преобразования тока, изложены методики проектирования и экспериментального исследования их характеристик. Представлены подходы к решению оптимизационных задач создания бортовой энергоустановки, методология применения основных конструктивных принципов при разработке компоновочных схем энергоустановок с различными источниками энергии. Сформулированы требования к системам преобразования тока на базе высокотемпературных плазменных вентилей с цезиевым и бариевым наполнением и высокотемпературной бортовой кабельной сети.

Для студентов, обучающихся по направлению подготовки 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (специализация 24.05.02_05 «Проектирование электроракетных двигателей»). Может быть полезно для аспирантов, которые занимаются проблемами бортовой энергетики космических аппаратов.

УДК 629.78.064.52
ББК 39.65



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@baumanpress.ru

ISBN 978-5-7038-5542-3

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 3 |
| Список основных обозначений | 5 |
| Список сокращений | 7 |
| Введение | 8 |
| Глава 1. Перспективные энергодвигательные установки для космической транспортировки | 10 |
| 1.1. Состав, назначение, особенности функционирования энергодвигательной установки | 10 |
| 1.2. Обзор космических энергодвигательных установок и энергетических установок | 14 |
| 1.3. Обзор мощных электроракетных двигателей | 21 |
| Контрольные вопросы | 25 |
| Литература | 25 |
| Глава 2. Системы преобразования тока космических энергодвигательных установок | 27 |
| 2.1. Полупроводниковые системы преобразования тока космических энергодвигательных установок | 27 |
| 2.2. Высокотемпературные вентили для систем преобразования тока | 29 |
| 2.3. Теплофизические и электрофизические характеристики термоэмиссионных вентилях с цезиевым и бариевым наполнением | 30 |
| 2.4. Пробойные напряжения высокотемпературных вентилях | 34 |
| 2.5. Применение высокотемпературной системы преобразования тока в космических энергодвигательных установках | 37 |
| Контрольные вопросы | 37 |
| Литература | 38 |
| Глава 3. Энергомассовые и теплоэнергетические характеристики высокотемпературных систем преобразования тока | 39 |
| 3.1. Особенности построения систем преобразования тока космических аппаратов с ядерной энергетической установкой | 39 |
| 3.2. Особенности функционирования систем преобразования тока мощных энергодвигательных установок космических аппаратов ... | 41 |
| 3.3. Основы проектирования высокотемпературного преобразователя тока и расчет его параметров | 48 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4. Учет влияния рабочей температуры вентилях на электрические и энергомассовые характеристики преобразователя тока | 51 |
| 3.5. Основы расчета энергетических характеристик высоко-температурных высоковольтных термоэмиссионных вентилях и массоэнергетических параметров преобразователя тока | 57 |
| 3.6. Расчет оптимального температурного режима преобразователя тока и его рабочего напряжения | 65 |
| 3.7. Проектное обоснование энергомассовых и энергофизических характеристик плазменного преобразователя тока | 67 |
| Контрольные вопросы | 69 |
| Литература | 69 |
| Глава 4. Проектирование шин бортовой кабельной сети космической энергодвигательной установки | 71 |
| 4.1. Расчет оптимальной температуры бортовой кабельной сети | 71 |
| 4.2. Учет влияния тепло- и электрофизических характеристик материала шин на удельную массу бортовой кабельной сети | 75 |
| 4.3. Учет влияния начальной температуры шин на оптимальные параметры системы передачи электрической энергии | 78 |
| 4.4. Проектный расчет геометрических характеристик шин высоко-температурной бортовой кабельной сети | 79 |
| 4.5. Учет влияния частоты питающего напряжения на энергомассовые характеристики бортовой кабельной сети | 81 |
| 4.6. Учет количества промежуточных агрегатов при расчете удельной массы бортовой кабельной сети | 85 |
| 4.7. Расчет энергомассовых характеристик высокотемпературной энергодвигательной установки | 87 |
| Контрольные вопросы | 88 |
| Литература | 89 |
| Глава 5. Расчет характеристик высоковольтного плазменного термоэмиссионного диода | 90 |
| 5.1. Обобщенная вольт-амперная характеристика высоковольтного плазменного термоэмиссионного диода в режимах прямого и обратного токов | 90 |
| 5.2. Вентильные свойства контакта электрод — плазма | 94 |
| 5.3. Расчет условия обеспечения непроводящего состояния межэлектродного зазора | 95 |
| 5.4. Ионный слой как $p-n$ -переход для выпрямления тока | 100 |
| 5.5. Расчетная модель ионного слоя в режиме обратного тока | 103 |
| 5.6. Аналитическое решение модели ионного слоя для расчета напряжения зажигания обратного дугового разряда | 108 |
| 5.7. Расчет напряжения зажигания обратного самостоятельного дугового разряда в межэлектродном зазоре | 115 |
| Контрольные вопросы | 120 |
| Литература | 120 |

| | |
|---|------------|
| Глава 6. Совместная работа цепи источник — клапан — нагрузка | 122 |
| 6.1. Особенности работы термоэмиссионного клапана в цепи с учетом его индуктивности и емкости | 122 |
| 6.2. Аналитический способ расчета силы тока цепи источник — клапан — нагрузка | 127 |
| 6.3. Резонансные свойства и отклик цепи источник — клапан — нагрузка на единичное входное воздействие | 129 |
| 6.4. Влияние формы сигнала напряжения источника на ток в цепи источник — клапан — нагрузка | 137 |
| 6.5. Исследование устойчивости работы цепи и качества переходных процессов | 138 |
| Контрольные вопросы | 145 |
| Литература | 145 |
| Глава 7. Экспериментальное исследование основных характеристик высоковольтных высокотемпературных клапанов | 147 |
| 7.1. Экспериментальная модель высоковольтного клапана | 147 |
| 7.2. Экспериментальная вольт-амперная характеристика высоковольтного термоэмиссионного диода | 149 |
| 7.3. Экспериментальные результаты исследования напряжения зажигания обратного дугового разряда | 155 |
| 7.4. Экспериментальные результаты исследования высоковольтного плазменного термоэмиссионного диода с бариевым наполнением | 161 |
| Контрольные вопросы | 163 |
| Литература | 164 |