

УДК 621.315

ББК 31.279

Г67

Рецензенты:

Нейман В. Ю., д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО
«Новосибирский государственный технический университет»,
заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники».
Овсянников А. Г., д-р техн. наук, профессор, первый замдиректора
Филиала ОАО «Электросетьсервис ЕНЭС» НПСБ.
Лизалек Н. Н., д-р техн. наук, профессор, главный сотрудник
ЗАО «Институт автоматики энергетических систем».

Горелов, В. П.

Г67 Композиционные электросетевые конструкции
для энергоснабжения: монография / В. П. Горелов,
С. В. Горелов, В. С. Горелов, Е. А. Григорьев ; под ред.
В. П. Горелова. – 5-е изд. стер. – М. ; Берлин : Директ-
Медиа, 2019. – 443 с.

ISBN 978-5-4499-0359-4

В монографии рассмотрены вопросы производства ряда конструктивных материалов, выполняющих несущие и электротехнические функции. Излагаются основы строения и физики явлений, происходящих в композиционных материалах, резисторах и электронагревателях на их основе. Приводится классификация их электрофизических, теплофизических и физико-механических параметров.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, специализирующихся в области производства и эксплуатации резисторов, электронагревателей и других электросетевых конструкций, для аспирантов, докторантов и преподавателей ВУЗов, а также слушателей курсов системы повышения квалификации и подготовки кадров.

Она представляет интерес как для студентов электротехнических специальностей при изучении курсов «Технология конструктивных материалов», «Электроснабжение промышленных предприятий, городов и сельского хозяйства», «Перенапряжения и молниезащита», «Электротехника с основами электроники», так и для студентов неэлектротехнических специальностей».

Текст приводится в авторской редакции

УДК 621.315

ББК 31.279

ISBN 978-5-4499-0359-4 © Коллектив авторов, текст, 2019

© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2019

Оглавление

От авторов	3
Введение	5
Глава 1 Системный подход к решению вопроса электротеплоснабжения потребителей агропромышленного комплекса.....	8
1.1 Существующие методы и технические средства электротеплообогрева производственных и бытовых объектов	13
1.2 Системно-аналитический обзор по изделиям из резистивных композиционных материалов	24
1.2.1 Системные методы при решении задач повышения эффективности электротеплоснабжения потребителей	24
1.2.2 Методы аккумулирования энергии	30
1.2.3 Систематизация электромагнитных помех, воздействующих на сельскохозяйственные потребителей электротеплоэнергии	35
1.2.4 Обоснование использования резистивных композиционных материалов в схемах электротеплоснабжения потребителей	43
Глава 2 Методология и модели расчёта параметров и структуры резистивных композиционных материалов и изделий на их основе.....	51
2.1 Моделирование структуры резистивных композиционных материалов.....	53
2.1.1 Разработка моделей структуры резистивных композиционных материалов	54
2.1.2 Механизм прохождения тока через композиционные материалы	60
2.1.3 Электропроводность гетерогенных систем в сильных электрических полях	67
2.1.4 Применение теории протекания для сильно неоднородных систем.....	74
2.1.5 Решение уравнения полного тока контактирующих полупроводниковых частиц	78
2.2 Моделирование параметров изделий из резистивных композиционных материалов.....	91
2.2.1 Применение компьютерного моделирования при подборе составов композиций.....	91

2.2.2 Экспериментальное определение основных характеристик изделий из резистивных композиционных материалов.....	98
2.2.3 Распределение электрического поля в приконтактных областях резисторов	109
2.2.4 Распределение электрического потенциала в объёме и по поверхности резистивных дисков	114
2.2.5 Методика расчёта напряжённости электрического поля в зазорах между резистивными дисками.....	118
2.3 Влияние температуры на параметры прижимных контактов композиционных изделий.....	124
2.4 Нелинейность вольт-амперных характеристик материалов контактирующих элементов	126
2.5 Статистическая обработка экспериментальных данных	131
2.5.1 Планирование и математическая обработка результатов экспериментов.....	131
2.5.2 Применение диалоговой системы «Stadia» для систематизации результатов экспериментов	136
Глава 3 Методы и технологические регламенты производства изделий из резистивных композиционных материалов	146
3.1 Обоснование составов резистивных композиционных материалов.....	146
3.1.1 Применение цемента и силиката натрия в качестве связующих.....	146
3.1.2 Полимерные материалы в резистивных композициях	152
3.1.3 Диэлектрические наполнители для композиций	161
3.1.4 Использование технической воды в резистивных композициях.....	168
3.1.5 Выбор электропроводных наполнителей композиционных материалов.....	168
3.2 Технологические правила изготовления резисторов и электронагревателей из резистивных композиционных материалов	179
3.3 Технологические правила изготовления изделий из фторопласта.....	192
Глава 4 Применение ультразвука на агропромышленных объектах	202

4.1 Технологический процесс защиты поверхности резисторов и электронагревателей с использованием ультразвука	204
4.2 Процессы, возникающие при ультразвуковой очистке и пропитке изоляции электротехнических изделий	208
4.3 Волновые процессы в среде диэлектрической жидкости, предназначенной для отчистки и пропитки изделий из резистивных композиций и деталей механизмов	215
4.4 Акустические свойства ультразвуковых систем	219
4.5 Техническое обеспечение ультразвуковых технологий	239

Глава 5 Методы повышения энергетических параметров изделий из резистивных композиционных материалов251

5.1 Разработка мероприятий, повышающих энергетические параметры резистивных композиционных материалов	251
5.2 Конструирование контактных узлов изделий из резистивных композиционных материалов	257
5.3 Разработка системы изоляции прижимных контактов резисторов и электронагревателей объёмного типа	265
5.4 Композиционные резисторы в схемах, повышающих электромагнитную помехозащищённость электрооборудования агропромышленных комплексов	272
5.5 Контроль технологических параметров изделий из резистивных композиционных материалов для мобильных и стационарных объектов агропромышленного комплекса	279

Глава 6 Применение композиционных резисторов и электронагревателей на сельскохозяйственных объектах и их технико-экономическое обоснование.....283

6.1 Применение магнитобетэла в реакторах на напряжения от 6 до 35 кВ сельских электрических сетей	283
6.2 Импульсный температурный режим в технологии резистивных композиционных материалов	291
6.3 Применение нагревательных устройств на объектах агропромышленного комплекса и в быту сельского населения	293

6.4 Экономическая эффективность применения электронагревателей из резистивных композиционных материалов в сельском хозяйстве	305
6.4.1 Применение бетэловых электронагревателей в тепличном хозяйстве	305
6.4.2 Техничко-экономическое обоснование применения электронагреваемых полов	310
Глава 7 Разработка электросетевых конструкций.....	324
7.1 Вопросы надёжности элетроэнергетических объектов	324
7.2 Системный подход к надёжности элементов систем электроснабжения	330
7.3 Варисторы и нелинейные ограничители перенапряжений на их основе	339
7.4 Высокоомные резисторы, заземляющие нейтрал сетей среднего напряжения	349
7.5 Эффективность использования опор воздушных линий электропередачи напряжением выше 1 кВ	361
Глава 8 Технология повышения качества функционирования линий электропередачи.....	365
8.1 Концепция финансовых расходов, обеспечивающих качественное функционирование линий электропередачи	365
8.2 Тариф на электроэнергию как параметр в задаче ввода в допустимый режим работы региональной электроэнергетической системы	372
8.3 Алгоритм расчёта штрафной функции при появлении в сети кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по отклонению частоты	378
8.4 Алгоритм расчёта штрафных функций при кондуктивных низкочастотных электромагнитных помехах, обусловленных различными видами искажений напряжения	380
8.5 Отличительные особенности изложенной технологии повышения качества функционирования линий электропередачи	382
Основные выводы по результатам научных исследований	383
Список литературы	387