

УДК 621.331  
ББК 31.271  
Б18

*Рецензенты:*

*Дунаев М. П.* — доктор технических наук, профессор кафедры  
«Электропривод и электрический транспорт» Иркутского  
национального исследовательского технического университета;

*Буякова Н. В.* — кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Электроснабжение промышленных предприятий»  
Ангарского государственного технического университета

**Булатов, Ю. Н.**

Б18      Распределенная генерация и энергетические роутеры  
в системах электроснабжения железных дорог : монография /  
Ю. Н. Булатов, А. В. Крюков, Г. О. Арсентьев — 2-е изд.,  
перераб. и доп. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2020. —  
171 с.

ISBN 978-5-4499-0083-8

Монография посвящена вопросам применения установок распределенной генерации и энергетических роутеров в системах электроснабжения железных дорог переменного тока. Проанализированы показатели, характеризующие качество электроэнергии в электрических сетях, примыкающих к тяговому подстанциям, рассмотрены вопросы влияния несимметрии и гармонических искажений на работу генераторов малой мощности. Также представлены результаты моделирования режимов систем электроснабжения, оснащенных установками распределенной генерации, реализованными на базе синхронных и асинхронных машин, рассмотрен вопрос об устранении фликера в сетях с генераторами малой мощности. Представлены результаты моделирования систем электроснабжения, построенных с использованием энергетических роутеров.

Предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами проектирования и эксплуатации систем электроснабжения, а также для аспирантов и студентов электроэнергетических специальностей.

*Текст приводится в авторской редакции.*

УДК 621.331  
ББК 31.271

ISBN 978-5-4499-0083-8    © Булатов Ю. Н., Крюков А. В., Арсентьев Г. О., 2020  
© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений .....	5
Введение .....	7
1. Качество электроэнергии в сетях, примыкающих к тяговым подстанциям .....	11
1.1. Отклонения напряжения .....	12
1.2. Несимметрия напряжения .....	18
1.3. Амплитудно-фазовые характеристики несимметрии напряжений .....	21
1.4. Гармонические искажения .....	34
1.5. Провалы напряжения .....	38
Выводы .....	40
2. Влияние несимметрии и гармонических искажений на работу генераторов малой мощности .....	41
2.1. Влияние несимметрии .....	41
2.2. Влияние высших гармоник .....	54
2.3. Совместное воздействие несимметрии и гармонических искажений .....	61
Выводы .....	73
3. Микросети для питания нетяговых потребителей .....	75
3.1. Микрогрид, наногрид и пикогрид .....	75
3.2. Режимы микрогрид с синхронными генераторами .....	83
3.3. Имитационное моделирование режимов СЭЖД с асинхронными генераторами .....	95
3.4. Фликер в сетях с установками РГ и способы его устранения .....	106
Выводы .....	117

4. Энергетические роутеры для питания нетяговых потребителей.....	119
4.1. Структура энергетического роутера.....	119
4.2. Твердотельные трансформаторы.....	126
4.3. Установившиеся и переходные режимы сетей с энергетическими роутерами.....	131
4.4. Аварийные режимы в СЭС с энергетическими роутерами.....	139
Выводы .....	143
Заключение .....	144
Библиографический список.....	149
Приложение А. Амплитудно-фазовые характеристики несимметрии напряжений СТЭ 94 кВ.....	163