

УДК 625.032.86
ББК 39.217.1в615.2-056.7
318

Рецензенты:

Суворов И. Ф., д-р техн. наук, проф. кафедры «Энергетика» Забайкальского государственного университета;
Арсентьев О. В., канд. техн. наук, заведующий кафедрой электропривода и электрического транспорта
Иркутского национального исследовательского технического университета

Закарюкин, В. П.

- 318 Моделирование систем тягового электроснабжения постоянного тока на основе фазных координат : монография / В. П. Закарюкин, А. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Директ-Медиа, 2023. — 156 с.

ISBN 978-5-4499-3848-0

Монография посвящена вопросам моделирования режимов систем тягового электроснабжения железных дорог постоянного тока с учетом несимметрии питающей сети на основе фазных координат. Разработанные алгоритмы моделирования систем и определения режимов, реализованные в программном комплексе Fazopord, позволяют рассчитывать режимы высших гармоник, генерируемых преобразователями тяговых подстанций, электромагнитные поля тяговых сетей и режимы плавления гололеда на проводах контактной сети постоянного тока.

Монография предназначена научным сотрудникам и инженерам, работающим в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения железных дорог. Кроме того, она может быть полезна студентам старших курсов, магистрантам и аспирантам технических вузов, обучающимися по направлениям подготовки «Системы обеспечения движения поездов» и «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 625.032.86
ББК 39.217.1в615.2-056.7

ISBN 978-5-4499-3848-0

© Закарюкин В. П., Крюков А. В., текст, 2023
© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений	5
Введение	6
1. Основные положения моделирования СЭЖД постоянного тока с неуправляемыми выпрямителями	9
1.1. Исходные положения моделирования	9
1.2. Основные соотношения для выпрямителя при симметричной системе напряжений	11
1.3. Углы коммутации при несимметричной системе синусоидальных питающих напряжений	15
1.4. Входные токи выпрямителя при несимметричной системе напряжений	22
1.5. Гармонический состав входного тока выпрямителя	23
1.6. Гармонический состав выходного напряжения выпрямителя	29
1.7. Сопротивление рельсов на постоянном токе	35
Выводы	38
2. Трехфазный мостовой управляемый выпрямитель	40
2.1. Основные положения моделирования	40
2.2. Характерные моменты времени и входные токи управляемого выпрямителя	42
2.3. Гармоники входных токов управляемого выпрямителя	45
2.4. Гармоники выходного напряжения управляемого выпрямителя	49
Выводы	54
3. Инверторный режим шестипульсовой трехфазной мостовой схемы	56
3.1. Основные положения моделирования	56
3.2. Углы начала импульсов тока, углы коммутации и входные токи инвертора	58
3.3. Гармоники входных токов инвертора	63
3.4. Гармоники выходного напряжения инвертора	67
Выводы	72
4. Алгоритм расчета режима с применением метода варьирования ЭДС постоянного тока	74
4.1. Замечания по модели преобразователя	74
4.2. Входная информация для моделирования	75
4.3. Алгоритм расчета режима мгновенной схемы СЭЖД с тяговой нагрузкой	75
4.4. Алгоритм расчета режима СЭЖД на высших гармониках	76
Выводы	78
5. Метод расчета режима СЭЖД постоянного тока с фиксированными ЭДС	80
5.1. Основные положения метода	80
5.2. Сопоставление методов расчетов режимов тяги постоянного тока варьированием эквивалентных ЭДС и фиксированных ЭДС	83
Выводы	86
6. Примеры моделирования работы СЭЖД постоянного тока	87
6.1. Описание модели	87
6.2. Результаты моделирования работы выпрямителя на основной частоте	88

6.3. Моделирование двенадцатипульсового преобразователя	96
6.4. Результаты моделирования выпрямителя на гармониках	98
6.5. Моделирование работы системы электроснабжения железной дороги с двенадцатипульсовыми выпрямителями.....	102
6.6. Моделирование работы СТЭ реального участка железной дороги постоянного тока.....	107
6.7. Сопоставление моделирования тяги постоянного тока ПК Fazonord и ПК Кортэс.....	114
Выводы.....	127
7. Электромагнитное поле тяговой сети постоянного тока.....	128
7.1. Особенности ЭМП тяговой сети постоянного тока.....	128
7.2. Алгоритм расчета напряженностей ЭМП тяговой сети	128
7.3. Пример расчета параметров ЭМП тяговой сети	130
Выводы.....	134
8. Расчеты плавки гололеда на проводах контактной сети постоянного тока.....	135
8.1. Вводные замечания	135
8.2. Основные допущения расчета процесса плавки	135
8.3. Алгоритм расчета процесса плавки гололеда	136
8.4. Пример расчета процесса плавки гололеда.....	140
Выводы.....	142
Заключение.....	143
Список использованных источников	145
<i>Приложение А. Методика моделирования режимов систем электроснабжения железных дорог</i>	<i>147</i>
А.1. Общие принципы моделирования	147
А.2. Моделирование в фазных координатах.....	148
А.3. Программный комплекс моделирования Fazonord	151