

УДК 621.314.2:621.319.4
3-882

Рецензенты:

Заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук,
профессор *В.Ф. Дмитриков*
академик РАЕН, д-р техн. наук *Б.Ф. Симонов*
д-р техн. наук, профессор *С.П. Халютин*
д-р техн. наук, профессор *С.А. Харитонов*

Зотов Л.Г.

3-882 Энергоэффективные устройства и системы силовой электроники на основе структур с переключаемыми конденсаторами : монография / Л.Г. Зотов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – 403 с. – (Монографии НГТУ).

ISBN 978-5-7782-4243-2

В монографии изложены принципы построения и алгоритмы управления нового класса энергоэффективных устройств и систем силовой электроники на основе резонансных структур с переключаемыми конденсаторами. Снижение их массы и объема объясняется более чем на два порядка лучшими удельными энергетическими показателями современных многослойных керамических конденсаторов по сравнению с аналогичными показателями трансформаторов и дросселей. Предложенная концепция их совершенствования, обеспечивающая дополнительное улучшение энергетических и массогабаритных показателей, базируется на фундаментальных принципах временной и пространственной симметрии. Проведен детальный анализ электрических процессов, протекающих в силовой цепи, разработанных устройств и систем, позволяющий осуществить инженерный расчет и оптимизацию параметров их реактивных элементов. Монография предназначена для специалистов, научных работников и аспирантов, специализирующихся в области создания малогабаритных автономных устройств и систем силовой электроники.

УДК 621.314.2:621.319.4

ISBN 978-5-7782-4243-2

© Зотов Л.Г., 2020
© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Глава 1. Принципы построения полупроводниковых преобразователей постоянного напряжения на основе СПК	11
1.1. Преобразователи с переключаемыми конденсаторами.....	11
1.2. Преобразователи с переключающимися конденсаторами	19
1.3. Преобразователи с мягкой коммутацией.....	21
Выводы	37
Глава 2. Нерегулируемые полупроводниковые преобразователи постоянного напряжения на основе резонансных СПК.....	39
2.1. Концепция построения полупроводниковых ППН (РСПК)	39
2.2. Многотактные повышающие ППН (РСПК).....	45
2.2.1. Принципы построения и анализ функционирования	45
2.2.2. Анализ электрических процессов в многотактных повышающих ППН (РСПК).....	50
2.2.3. Анализ влияния числа тактов преобразования повышающего ППН (РСПК) на его массогабаритные показатели	73
2.3. Квазирезонансные повышающие ППН (СПК).....	78
2.4. Понижающие ППН (РСПК).....	87
2.4.1. Принцип построения и анализ функционирования понижающих ППН (РСПК)	87
2.4.2. Анализ электрических процессов в многотактных понижающих ППН (РСПК).....	92
2.5. Двухнаправленные ППН (РСПК).....	100
2.6. Многотактные ППН (РСПК) с выходным напряжением отрицательной полярности.....	103
2.7. Повышающие каскадные ППН (РСПК).....	106
2.8. Понижающие каскадные ППН (РСПК).....	122
2.9. Частотный метод КФС спектрального анализа входных и выходных токов многотактных ППН (РСПК).....	130
2.9.1. Спектральный анализ входного и выходного тока многотактного повышающего ППН (РСПК)	130
2.9.2. Спектральный анализ входного и выходного тока многотактного понижающего ППН (РСПК).....	139
Выводы	143



Глава 3. Многоуровневые регуляторы постоянного напряжения на основе СПК	145
3.1. Введение. Концепция построения МРПН	145
3.2. Ступенчатые МРПН (СПК)	148
3.3. Повышающие квазирезонансные МРПН (СПК)	153
3.3.1. Повышающие одноктактные квазирезонансные МРПН (СПК)	153
3.3.2. Повышающие двухтактные квазирезонансные МРПН (СПК)	161
3.4. Двухнаправленные квазирезонансные МРПН (СПК)	165
3.5. Каскадные квазирезонансные РПН (СПК)	175
3.6. МРПН (РСПК) с секционированным источником	180
3.6.1. Двухнаправленные двухуровневые РПН (СИ)	184
3.6.2. Двухнаправленные трехуровневые РПН (СИ)	190
3.6.3. Минимизация коэффициентов гармоник входного и выходного тока трехуровневого РПН (СИ)	194
3.6.4. Работа трехуровневого РПН (СИ) в режиме рекуперации	201
3.6.5. Трехуровневые РПН (СИ) со средней точкой	205
3.7. Понижающие МРПН (РСПК) с секционированным источником	208
Выводы	215
Глава 4. Многоуровневые системы электроснабжения постоянного тока на основе управляемых РСПК	217
4.1. Введение. Концепция построения и функционирования МСЭПТ	217
4.2. Повышающие двухуровневые СЭПТ	219
4.3. Повышающие трехуровневые СЭПТ	224
4.4. Минимизация коэффициента гармоник входного и выходного тока повышающей двухуровневой СЭПТ	235
4.5. Минимизация коэффициента гармоник входного тока трехуровневой СЭПТ	242
4.6. Понижающие МСЭПТ	250
Выводы	251
Глава 5. Многоуровневые системы обмена электрической энергией постоянного тока на основе РСПК	253
Введение	253
5.1. Двухуровневые СОЭ	254
5.2. Анализ электрических процессов в силовой цепи ДПМ двухуровневой СОЭ	258



5.3. Многотактные двухуровневые СОЭ.....	278
5.4. Трехуровневые СОЭ.....	283
5.5. Инженерный метод расчета входных и выходных токов СОЭ	285
5.6. Регулируемые СОЭ	291
5.6.1. Регулируемые СОЭ на основе АИМ.....	293
5.6.2. Регулируемые СОЭ на основе ШИМ.....	298
Выводы	303
Глава 6. Многоуровневые автономные инверторы напряжения и усилители звуковых сигналов на основе управляемых СПК.....	305
6.1. Принципы построения АИН с ШИМ управлением.....	305
6.2. АИН-усилитель мощности класса D и DG	309
6.3. Трехуровневый АИН-усилитель мощности класса DG с вольтодобавкой.....	313
6.4. Инверторные системы энергоснабжения автономных объектов с распределенной нагрузкой	327
6.5. Трехуровневый УЗС класса DG с вольтодобавкой	332
Выводы	341
Глава 7. Электронные трансформаторы на основе СПК.....	343
Введение.....	343
7.1. Нерегулируемые резонансные ЭСТ.....	345
7.1.1. Нерегулируемые одноктактные ЭСТ.....	345
7.1.2. Нерегулируемые многотактные ЭСТ.....	348
7.1.3. Нерегулируемые каскадные ЭСТ.....	352
7.2. Регулируемые квазирезонансные ЭСТ	356
7.2.1. Одноктактные регулируемые ЭСТ.....	356
7.2.2. Многотактные регулируемые ЭСТ	367
7.3. Регулируемые каскадные ЭСТ	372
7.3.1. Регулируемые одноктактные каскадные ЭСТ	372
7.3.2. Регулируемые многотактные каскадные ЭСТ	375
Выводы	377
Заключение.....	378
Список сокращений	380
Библиографический список	382