

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г. В. ГРАБОВЕЦКИЙ,
О. Г. КУКЛИН, С. А. ХАРИТОНОВ

НЕПОСРЕДСТВЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ С ЕСТЕСТВЕННОЙ КОММУТАЦИЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК

2009

УДК 621.314.26(075.8)
Г 751

Рецензенты: проф., д-р техн. наук *Панкратов В.В.*,
доц., канд. техн. наук *Усачев А.П.*

Работа подготовлена на кафедре промышленной электроники
для студентов IV и V курсов РЭФ
(специальность 2004) дневного обучения

Грабовецкий Г.В.

Г 751 Непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией для электромеханических систем : учеб. пособие / Г.В. Грабовецкий, О.Г. Ку克林, С.А. Харитонов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – 320 с.

ISBN 978-5-7782-1260-2

Излагаются элементы теории тиристорных преобразователей частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией, касающиеся изучения их динамических свойств и оптимизации алгоритмов управления ими. Рассмотрены вопросы реализации системы управления преобразователей частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией при работе в режиме источника тока на примере трехфазной мостовой схемы с использованием дискретных аналоговых и цифровых микросхем. Анализируются энергетические характеристики преобразователя частоты и способы их улучшения. Представлены примеры применения тиристорных преобразователей частоты с непосредственной связью и естественной коммутацией в электроприводах переменного тока, в системах генерирования электрической энергии для летательных аппаратов и ветроэнергетических установок.

Пособие предназначено для использования при изучении курсов: «Энергетическая электроника», «Силовая электроника», «Машинно-вентильные системы», «Спецглавы преобразовательной техники», «Электронные системы генерирования электрической энергии нетрадиционной энергетики».

УДК 621.314.26(075.8)

ISBN 978-5-7782-1260-2

© Грабовецкий Г.В., Ку克林 О.Г.,
Харитонов С.А., 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
1. Динамические характеристики ПЧНСЕК.....	6
1.1. Принцип действия.....	6
1.2. Область пропускания.....	11
1.3. Коэффициенты передачи.....	18
1.3.1. Анализ электромагнитных процессов.....	19
1.3.2. Гармонический состав внутренней ЭДС преобразователя...	27
1.3.3. Коэффициент передачи по напряжению.....	38
1.4. Требования к системе управления.....	44
2. Алгоритмы управления ПЧНСЕК.....	45
2.1. Выбор координаты.....	45
2.2. Управление источником напряжения.....	49
2.3. Управление источником тока.....	58
3. Система управления ПЧНСЕК.....	71
3.1. Функциональная блок-схема системы управления.....	71
3.2. Датчики.....	74
3.2.1. Датчик сетевого напряжения (ДСН).....	74
3.2.2. Датчик тока нагрузки (ДТ).....	77
3.2.3. Датчик напряжения нагрузки (ДН).....	80
3.2.4. Датчик противоЭДС нагрузки (ДЕ).....	81
3.2.4.1. Первый вариант дифференцирующего звена.....	82
3.2.4.2. Второй вариант дифференцирующего звена.....	83
3.2.4.3. Оценка граничной частоты.....	84
3.2.4.4. Способ повышения качества выделения противоЭДС на- грузки.....	85
3.2.5. Датчик состояния тиристоров (ДСТ).....	86
3.3. Блоки системы импульсно-фазового управления (СИФУ).....	91

3.3.1. Устройство формирования опорного напряжения в непрерывном режиме	91
3.3.1.1. Реализация элементов функциональной схемы на аналоговых элементах.....	96
3.3.2. Устройство формирования опорного напряжения в прерывистом режиме	101
3.3.3. Устройство ограничения инверторного режима	106
3.3.4. Регулятор среднего тока (РСТ) и формирователь управляющего напряжения (ФУН).....	110
3.3.5. Устройство раздельного управления (УРУ).....	118
3.3.6. Модулятор фазы (МФ).....	122
3.3.7. Устройство распределения импульсов управления и ходные каскады (РИУ).....	125
3.4. Задающий генератор (ЗГ)	127
3.4.1. Описание структурной схемы ЗГ	129
3.4.2. Описание принципиальных схем, реализующих блоки ЗГ...	133
3.4.2.1. Генератор (Г).....	133
3.4.2.2. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ).....	135
3.4.2.3. Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП).....	136
3.4.2.4. Реверсор (P_A , P_{A90})	137
3.5. Источник питания (ИП)	137
4. Энергетические показатели качества преобразования электрической энергии в ПЧНСЕК.....	141
4.1. Основные определения	141
4.2. Анализ энергетических характеристик и способы их улучшения..	145
4.2.1. Методы расчета энергетических показателей качества	145
4.2.2. Расчет и анализ энергетических показателей качества	150
4.3. Способы повышения входного коэффициента мощности	186
4.3.1. Построения многофазных по выходу преобразователей частоты	186
4.3.2. Влияние закона управления на входной коэффициент мощности	186
4.3.3. Применение емкостных компенсаторов неактивной мощности на входе преобразователя.....	194
4.3.4. Применение силовых активных фильтров	209
5. Применение ПЧНСЕК.....	215
5.1. Частотно-регулируемый электропривод на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.....	215

5.2. Частотно-регулируемый электропривод на базе асинхронных двигателей с фазным ротором	241
5.3. Частотно-регулируемый электропривод на базе синхронных двигателей	254
5.4. Системы генерирования переменного тока для летательных аппаратов	262
5.5. Системы генерирования переменного тока для ветроэнергетических установок	284
Приложение 1	305
Библиографический список	308