

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	9
ПРЕДИСЛОВИЕ.....	12
Глава 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ.....	21
1.1. Первый судовой электропривод и развитие судовых электроприводов до конца XIX века.....	21
1.2. Развитие судовых электроприводов в XX веке.....	37
1.3. Судовые электроприводы в XXI веке.....	55
Вопросы и задания по первой главе.....	58
Литература.....	59
Глава 2. СУДОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ....	61
2.1. Определение понятий.....	61
2.2. Классификация судовых электроприводов.....	63
2.2.1. Общая классификация судовых электроприводов.....	63
2.2.2. Специальная классификация судовых электроприводов....	68
2.3. Эксплуатационные особенности судовых электроприводов.....	73
2.4. Основные требования, предъявляемые к судовым электроприводам.....	74
Вопросы и задания по второй главе.....	78
Литература.....	79
Глава 3. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ КАК ОСНОВНЫЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	81
3.1. Законы электромеханического преобразования энергии.....	81
3.2. Судовые электродвигатели. Общие сведения.....	84
3.3. Электродвигатели постоянного тока.....	85
3.3.1. Конструкции электродвигателей постоянного тока.....	85
3.3.2. Мощность и момент электродвигателей постоянного тока. –	90
3.3.3. Механические характеристики электродвигателей постоянного тока.....	92
3.3.4. Пуск электродвигателей постоянного тока.....	95
3.3.5. Регулирование угловой скорости электродвигателей постоянного тока.....	96
3.3.6. Тормозные режимы работы электродвигателей постоянного тока.....	98
3.4. Электродвигатели трехфазного переменного тока.....	104
3.4.1. Конструкция электродвигателей трехфазного переменного тока.....	104
3.4.2. Мощность и момент трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.....	111
3.4.3. Уравнение статической механической характеристики трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.....	113

3.4.4. Пуск трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.....	118
3.4.5. Регулирование угловой скорости трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.....	120
3.4.6. Тормозные режимы работы трехфазных асинхронных электродвигателей переменного тока.....	128
Вопросы и задания по третьей главе.....	134
Литература.....	135
Глава 4. РУЛЕВЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ.....	137
4.1. Общая характеристика рулевых электроприводов.....	137
4.1.1. Классификация рулевых электроприводов.....	137
4.1.2. Основные требования и рекомендации, предъявляемые к рулевым электроприводам.....	141
4.2. Силы и моменты, действующие на руль и судно.....	142
4.2.1. Гидродинамические силы, действующие на руль.....	142
4.2.2. Силы изолированного руля.....	142
4.2.3. Учет характеристик реального руля.....	144
4.2.4. Моменты на баллере руля.....	145
4.2.5. Силы и моменты, действующие на судно при отклонении пера руля.....	147
4.3. Передаточные устройства рулевых электроприводов.....	149
4.3.1. Типы механических рулевых передаточных устройств... ..	149
4.3.2. Типы гидравлических рулевых передаточных устройств... ..	151
4.4. Нагрузочные характеристики рулевых электроприводов.....	157
4.4.1. Нагрузочные характеристики рулевых электромеханических приводов.....	158
4.4.2. Нагрузочные характеристики рулевых электрогидравлических приводов.....	161
4.5. Методы расчета и выбора двигателей судовых электроприводов.....	165
4.6. Расчет и выбор исполнительных двигателей рулевых электромеханических приводов.....	166
4.6.1. Типы двигателей, применяемых в рулевых электромеханических приводах.....	166
4.6.2. Расчет и выбор исполнительных двигателей рулевых электромеханических приводов аналитическим (упрощенным) методом.....	167
4.7. Расчет и выбор приводных двигателей рулевых электрогидравлических приводов.....	170
4.7.1. Типы двигателей, применяемых в рулевых электрогидравлических приводах.....	170
4.7.2. Расчет и выбор приводных двигателей рулевых электрогидравлических приводов методом последовательных приближений.....	170

Вопросы и задания по четвертой главе.....	176
Литература.....	177
Глава 5. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЯКОРНО-ШВАРТОВНЫХ УСТРОЙСТВ.	179
5.1. Общая характеристика электроприводов якорно- швартовных устройств.....	179
5.1.1. Классификация электроприводов якорно-швартовных устройств.....	183
5.1.2. Основные требования и рекомендации, предъявляемые к электроприводам якорно-швартовных устройств.....	185
5.2. Тяговое усилие у клюза судна.....	186
5.2.1. Основные характеристики якорных цепей и якорей.....	186
5.2.2. Внешние силы, действующие на судно при стоянке на якорях. Условия якорной стоянки судна.....	187
5.2.3. Сила натяжения якорной цепи у грунта и тяговое усилие у клюза судна.....	190
5.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов якорных устройств без учета динамических процессов.....	194
5.3.1. Типы двигателей, применяемых в электроприводах якорных устройств.....	194
5.3.2. Момент сопротивления на валу исполнительного двигателя.....	195
5.3.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов якорных устройств методом последовательных приближений без учета динамических процессов.....	195
5.4. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов якорных устройств с учетом динамических процессов.....	203
5.4.1. Математическое описание динамических процессов при снятии судна с якоря.....	203
5.4.2. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов якорных устройств методом последовательных приближений с учетом динамических процессов.....	204
5.5. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов швартовных шпилей и швартовных лебедок.....	215
Вопросы и задания по пятой главе.....	216
Литература.....	217
Глава 6. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ СУДОВЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ УСТРОЙСТВ.	219
6.1. Общая характеристика электроприводов грузоподъемных устройств.....	219

6.1.1. Классификация электроприводов грузоподъемных устройств.....	220
6.1.2. Основные требования и рекомендации, предъявляемые к электроприводам грузоподъемных устройств.....	222
6.2. Силы и моменты, действующие в механизмах подъема.....	223
6.2.1. Статические силы и моменты, действующие в механизмах подъема.....	223
6.2.2. Динамические моменты, действующие в механизмах подъема.....	228
6.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов механизмов подъема грузоподъемных устройств.....	230
6.3.1. Типы двигателей, применяемых в электроприводах механизмов подъема грузоподъемных устройств.....	230
6.3.2. Расчет и выбор исполнительных двигателей механизмов подъема кратковременных режимов.....	231
6.3.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей механизмов подъема повторно-кратковременных и иных режимов работы методом последовательных приближений.....	232
6.4. Силы и моменты, действующие в механизмах поворота судовых кранов.....	239
6.4.1. Статические силы и моменты, действующие в механизмах поворота кранов.....	240
6.4.2. Динамические моменты, действующие в механизмах поворота кранов.....	245
6.5. Нагрузочные характеристики электроприводов механизмов поворота судовых кранов.....	245
6.5.1. Характеристики моментов на баллере крана.....	245
6.5.2. Нагрузочные характеристики электроприводов механизмов поворота судовых кранов.....	247
6.6. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов механизмов поворота грузоподъемных устройств.....	248
6.6.1. Типы двигателей, применяемых в механизмах поворота грузоподъемных устройств (кранов).....	248
6.6.2. Расчет и выбор исполнительных двигателей механизмов поворота методом последовательных приближений.....	248
Вопросы и задания по шестой главе.....	252
Литература.....	253
Глава 7. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ СУДОВЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ.....	255
7.1. Общая характеристика электроприводов судовых нагнетателей.....	255

7.1.1. Классификация электроприводов судовых нагнетателей.....	255
7.1.2. Основные требования и рекомендации, предъявляемые к электроприводам судовых нагнетателей.....	258
7.2. Характеристики сопротивления нагнетательных систем.....	258
7.3. Электроприводы центробежных нагнетателей.....	261
7.3.1. Особенности центробежных нагнетателей.....	261
7.3.2. Рабочие характеристики центробежных нагнетателей....	262
7.3.3. Основные режимы работы центробежных нагнетателей.	265
7.3.4. Типы двигателей, применяемых в электроприводах центробежных нагнетателей.....	269
7.3.5. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов центробежных нагнетателей.....	270
7.4. Электроприводы пропеллерных нагнетателей.....	271
7.4.1. Особенности пропеллерных нагнетателей.....	271
7.4.2. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов пропеллерных нагнетателей.....	272
7.5. Электроприводы поршневых нагнетателей.....	273
7.5.1. Особенности поршневых нагнетателей.....	273
7.5.2. Рабочие характеристики поршневых нагнетателей.....	275
7.5.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов поршневых нагнетателей.....	277
7.6. Электроприводы компрессоров.....	278
7.6.1. Общая характеристика компрессоров.....	278
7.6.2. Принцип действия компрессора.....	279
7.6.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей электроприводов компрессоров.....	282
Вопросы и задания по седьмой главе.....	283
Литература.....	284
Глава 8. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ СУДОВЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ УСТРОЙСТВ.....	286
8.1. Общая характеристика электроприводов судовых промысловых устройств.....	286
8.1.1. Классификация электроприводов судовых промысловых устройств.....	290
8.1.2. Основные требования и рекомендации, предъявляемые к электроприводам судовых промысловых устройств.....	295
8.2. Тяговое усилие траловых лебедок.....	295
8.2.1. Основные характеристики составных частей траловых рыболовных систем.....	295
8.2.2. Внешние силы, действующие на судно при тралении....	298
8.2.3. Тяговые усилия у ваерных блоков.....	299

8.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей	
электроприводов траловых рыболовных систем.....	– 301
8.3.1. Типы двигателей, применяемых в электроприводах	
траловых лебедок.....	– 301
8.3.2. Момент сопротивления на валу исполнительного	
двигателя электропривода траловой лебедки.....	– 301
8.3.3. Расчет и выбор исполнительных двигателей	
электроприводов траловых лебедок методом	
последовательных приближений.....	– 302
Вопросы и задания по восьмой главе.....	– 304
Литература.....	– 305
Глава 9. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДОВЫХ	
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	– 307
9.1. Общая характеристика систем управления.....	– 307
9.2. Системы управления рулевых электроприводов.....	– 308
9.2.1. Структурные схемы рулевых электроприводов	
и режимы управления ими.....	– 308
9.2.2. Законы управления, реализуемые авторулевыми.....	– 309
9.2.3. Краткий обзор систем управления рулевых	
электроприводов.....	– 312
9.3. Системы управления судовых многоскоростных	
регулируемых электроприводов.....	– 313
9.3.1. Типовая электрическая схема судового	
многоскоростного электропривода, включающего	
систему «генератор – двигатель».....	– 313
9.3.2. Судовой многоскоростной электропривод системы	
«управляемый выпрямитель – двигатель постоянного	
тока».....	– 319
9.3.3. Типовая электрическая схема судового	
многоскоростного электропривода с релейно-	
контакторной системой управления.....	– 321
9.3.4. Пример технической реализации комбинированных	
систем управления судовых многоскоростных	
электроприводов.....	– 336
9.3.5. Судовой многоскоростной электропривод системы	
«инверторный преобразователь частоты – асинхронный	
двигатель».....	– 343
9.3.6. Судовой многоскоростной электропривод системы	
«непосредственный преобразователь частоты –	
асинхронный двигатель».....	– 346
Вопросы и задания по девятой главе.....	– 348
Литература.....	– 349
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	– 351
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	– 358

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АВВ	– автоматический воздушный выключатель
АРЩ	– аварийный распределительный щит
АД	– асинхронный двигатель
АО	– акционерное общество
АР	– авторулевой
АШЛ	– автоматическая швартовная лебедка
БКА	– бесконтактный коммутационный аппарат
БПО	– буксируемый подводный объект
ВНИПТИ	– Всесоюзный научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт кранового и тягового электрооборудования
ВРК	– винторулевая колонка
ВРШ	– винт регулируемого шага
ГД	– главный двигатель
ГДР	– Германская Демократическая Республика (до октября 1990 г.)
Г–Д	– «генератор – двигатель» (система)
ГОСТ	– Государственный отраслевой стандарт
ГПУ	– грузоподъемное устройство
ГРЩ	– главный распределительный щит
ДП	– диаметральной плоскость (судна)
ДПТ	– двигатель постоянного тока
ИД	– исполнительный двигатель
ИО	– исполнительный орган
ИПЧ	– инверторный преобразователь частоты
ИПЧ–АД	– «инверторный преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (система)
ИУ	– информационное устройство
КК	– командоконтроллер
ККА	– контактный коммутационный аппарат
КПД, η	– коэффициент полезного действия
МО	– машинное отделение
МП	– механический преобразователь (механическая передача)
МПс	– магнитный пускатель
МТК	– Морской технический комитет
МЭК	– Международная электротехническая комиссия
НПО	– научно-производственное объединение
НПЧ	– непосредственный преобразователь частоты
НПЧ–АД	– «непосредственный преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (система)

ОВ	– обмотка возбуждения
ОС	– обратная связь
П	– пропорциональный (закон управления)
ПВ	– продолжительность включения
ПД	– приводной двигатель
П-Д	– пропорционально-дифференциальный (закон управления)
П-Д-Ф	– пропорционально-дифференциально-фильтрованный (закон управления)
П-И-Д	– пропорционально-интегрально-дифференциальный (закон управления)
ПКО	– противокомпаундная обмотка
ПН	– поршневой нагнетатель
ПНР	– Польская Народная Республика (до декабря 1990 г.)
ПрН	– пропеллерный нагнетатель
ПЧ	– преобразователь частоты
ПЭЭ	– преобразователь электрической энергии
Регистр	– Российский морской регистр судоходства
Р-К	– релейно-контакторная (схема)
РМ	– рабочая машина
РЭГ	– рулевой электрогидравлический (привод)
РЭМ	– рулевой электромеханический (привод)
САУКС	– система автоматического управления курсом судна
СК	– судовой компрессор
СН	– судовой нагнетатель
СПП	– силовой полупроводниковый прибор
СПУ	– судовое промысловое устройство
СРК	– счетно-решающий комплекс
СУ	– система управления
СФРЮ	– Социалистическая Федеративная Республика Югославия (до апреля 1992 г.)
ТК	– тиристорный коммутатор
ТП–Д	– «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (система)
ТРН	– тиристорный регулятор напряжения
ТРН–АД	– «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель» (система)
ТРС	– траловая рыболовная система
УВ–Д	– «управляемый выпрямитель – двигатель постоянного тока» (система)
УУ	– управляющее устройство
ФРГ	– Федеративная Республика Германия (до октября 1990 г.)

ХСПО	– Херсонское судостроительное производственное объединение
ЦН	– центробежный нагнетатель
ЦНИИМФ	– Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота
ЦНИИСМ	– Центральный научно-исследовательский институт судового машиностроения
ЭД	– электрический двигатель
ЭДС	– электродвижущая сила
ЭМ	– электрическая машина
ЭМП	– электромеханический преобразователь
ЭМУ	– электромашинный усилитель
ЭО	– электрическое оборудование
ЭП	– электрический привод
ЭЭ	– электрическая энергия
ЭЭС	– электроэнергетическая система
ЯШУ	– якорно-швартовное устройство
$\cos \varphi$	– коэффициент мощности
GCT	– запираемый тиристор (Gate Commutated Thyristor)
GTO	– запираемый тиристор («Gate Turn Off»)
IGBT	– биполярный транзистор с изолированным раствором («Insulated Gate Bipolar Transistor»)
IGCT	– запираемый тиристор («Integrated Gate Commutated Thyristor»)
SCR	– кремниевый управляемый выпрямитель (тиристор) («Silicon Controlled Rectifier»)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современное общество неразрывно связано с использованием электрической энергии во многих областях его жизни и деятельности. Не является исключением и флот, который оснащен электрическим оборудованием различной степени сложности. В настоящее время сотни тысяч торговых, рыбопромысловых, пассажирских и других категорий судов находятся в рабочем состоянии и выполняют свои функции.

Государственная программа развития флота в России обозначена в «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства от 08.12.2010 № 2205-р и направленной на обеспечение интересов Российской Федерации в Мировом океане, повышение эффективности основных видов морской деятельности.

К основным задачам стратегического развития относятся, в частности, повышение конкурентоспособности эксплуатирующегося транспортного флота и увеличение добычи рыбопродукции.

Техническое совершенство судовых механизмов и осуществляемых ими технологических процессов в значительной степени определяются совершенством соответствующего привода и степенью его автоматизации.

Преимущества электрической энергии и создание достаточно совершенных электромеханических преобразователей (электрических двигателей (ЭД)) привели к активному внедрению электроприводов (ЭП).

Судовые ЭП, являясь многочисленными и разнообразными, потребляют ориентировочно до 90% электрической энергии (ЭЭ), вырабатываемой преимущественно судовыми электромеханическими источниками ЭЭ – генераторами.

В настоящее время и в перспективе ЭД, достигшие в основном своего конструктивного совершенства, остаются основными преобразователями электрической энергии в механическую.

Дальнейший прогресс в области судовых ЭП тесно связан с общим развитием промышленного производства, тенденциями развития флота. Строительство судов различного назначения, водоизмещения и скорости приводит к необходимости разработки и создания разнообразных, иногда принципиально новых, систем ЭП, оптимизации механических характеристик ЭД, увеличения их мощности и повышения надежности ЭП.

На развитие теоретических разработок и практическое совершенствование ЭП, включая решение основных задач энергосбережения, ориентированы работы Б. И. Абрамова, А. В. Башарина, А. П. Богословского, И. Я. Браславского, Д. Г. Жимерина, Г. И. Китаенко, Г. М. Мустафы, Е. Г. Подобедова, В. Ф. Самосейко, В. В. Тихонова, И. М. Шаранова, В. А. Шубенко, А. Г. Яуре и др.

К вероятным направлениям развития судовых ЭП, отвечающих современным требованиям, относятся: углубленные теоретические исследования и практическая реализация новых технических решений; модернизация существующих систем ЭП преимущественно для судов, находящихся в эксплуатации.

К основным составным частям ЭП, включая судовые, в первую очередь относятся ЭД, являющиеся электромеханическими преобразователями.

Исследованиям электрических машин посвящены работы А. И. Вольдека, А. В. Иванова-Смоленского, Е. Я. Казовского, И. П. Копылова, М. П. Костенко, А. М. Мейстеля, И. И. Петрова, Л. М. Пиотровского и др.

Рост потребления энергоресурсов и увеличение стоимости энергии на современном этапе ставят задачу повышения энергосбережения. Эффективное использование энергетических ресурсов, включая электрическую и электромагнитную энергию, относится к приоритетным аспектам развития современной мировой и отечественной экономики.

Необходимость принятия мер, направленных на экономию ресурсов, отражена в Федеральном законе от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и государственной программе «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.12.2010 № 2446-р, согласно которым энергосбережение и повышение энергетической эффективности рассматриваются как одни из основных источников будущего экономического роста.

Качественное решение поставленных задач не представляется возможным без должного усвоения дисциплин по ЭП при подготовке в том числе судового электротехнического персонала.

Дисциплина «Судовые электроприводы» относится к основным специальным дисциплинам при подготовке электромехаников в морских и речных учебных заведениях, иных специалистов.

Изучение дисциплины основано на знаниях, полученных курсантами/студентами по высшей математике, физике, теоретическим основам электротехники, механике, теории и устройству судов, судовым электрическим машинам, судовой электроавтоматике, судовой электронике и силовой преобразовательной технике, теории автоматического управления, и при прохождении практик.

Сложность при освоении дисциплины определяется: большим количеством и разнообразием ЭП на судах; степенью их ответственности и широким диапазоном потребляемых ими мощностей; необходимостью, наряду с электротехническими дисциплинами, знаний по судовым устройствам и системам (их конструктивным особенностям, основным характеристикам и т.д.).

По условиям работы все современные судовые ЭП можно объединить в *три* основные группы, близкие к режимам с условными обозначениями S1, S2 и S3, соответствующим продолжительным, кратковременным и повторно-кратковременным режимам работы ЭП с номинальными нагрузками.

Первая группа включает в себя, как правило, нерегулируемые ЭП судовых механизмов с «легкими» условиями работы. Время динамических режимов работы этой группы ЭП несоизмеримо мало по сравнению со статическими режимами.

В настоящее время широкое применение на судах нашли ЭП центробежных нагнетателей (ЦН) (вентиляторов, насосов постоянной и переменной производительности и др.), поршневых нагнетателей (ПН) (насосов постоянной и переменной производительности (радиально-поршневых, аксиально-поршневых и др.)). Реже используются шестеренные и винтовые нагнетатели. Нагрузки на валах ЭД во время работы приводов первой группы изменяются незначительно (вентиляторов, некоторых охлаждающих насосов и т.д.) или в широких пределах (насосов постоянной и переменной производительности рулевых электрогидравлических (РЭГ) приводов и др.).

Требованиям, предъявляемым к таким ЭП, отвечают односкоростные АД общего назначения.

Системы управления (СУ) современных ЭП относительно большой (соизмеримой) мощности, включающих АД с короткозамкнутыми роторами, реализуют, как правило, пуск ЭД при пониженном напряжении (способом переключения со «звезды» на «треугольник», при помощи регуляторов напряжения и др. У мощных судовых ЭП, содержащих АД с фазными роторными обмотками, пуск осуществляется чаще всего введением добавочных сопротивлений в роторную цепь.

Ко *второй* группе относятся как нерегулируемые, так и регулируемые ЭП.

Нагрузки на валах ЭД у ЭП второй группы во время работы изменяются как незначительно (траповых и шлюпочных лебедок и т.д.), так и в широких пределах (тельферов, брашпильей и др.).

Нерегулируемые ЭП этой группы (траповых лебедок, тельферов и др.) включают, как правило, односкоростные АД.

СУ большинства таких ЭП не имеют принципиальных отличий от СУ нерегулируемых ЭП продолжительных режимов.

В состав регулируемых ЭП кратковременных режимов работы (брашпильей, шлюпочных лебедок и т.д.) наиболее часто входят трехфазные многоскоростные АД переменного тока (двух- или трехскоростные) с отдельными или полюсопереключаемыми обмотками статора и короткозамкнутыми или фазными роторными обмотками.

В судовых ЭП якорно-швартовных устройств (ЯШУ) применяются многоскоростные АД как с постоянством момента, так и с постоянством мощности на различных скоростях.

СУ таких ЭП включают, как правило, контроллерные или релейно-контакторные схемы. Контроллерные СУ используются ориентировочно при установленной мощности многоскоростных ЭД до 20 кВт, а релейно-контакторные – более 20 кВт. В настоящее время наибольшее распространение получили релейно-контакторные СУ, главным образом по причине возрастания мощностей многоскоростных ЭП. Имеет место применение систем «генератор – двигатель» (Г–Д). Расширяется внедрение систем с частотным регулированием скоростей ЭД.

Третья группа включает в себя нерегулируемые и регулируемые ЭП судовых механизмов (гидрофоров, механизмов подъема грузоподъемных устройств (ГПУ) и пр.). Характерной особенностью условий работы

большинства ЭП этой группы является широкой диапазон изменения нагрузок. Кроме того, время динамических режимов работы ЭП соизмеримо со временем статических режимов.

Нерегулируемые судовые ЭП этой группы (гидрофоров, питательных насосов и др.) включают, как правило, односкоростные АД.

В состав СУ большинства таких ЭП входят элементы, обеспечивающие их автоматическую работу (реле давления, уровня и др.).

Регулируемые ЭП повторно-кратковременных режимов работы (механизмов подъема ГПУ и пр.) в большинстве случаев включают многоскоростные АД трехфазного переменного тока с отдельными или полусопереключаемыми обмотками статора и короткозамкнутыми или фазными роторными обмотками. На некоторых судах (рыбопромысловые, обрабатывающие и др.) для увеличения числа скоростей грузовых лебедок применяются четырехскоростные ЭД, а также многоскоростные ЭП с двумя полусопереключаемыми АД – главным и скоростным, который работает в режиме «подъем».

Подавляющее большинство многоскоростных ЭД, используемых в приводах ГПУ, выполнено по принципу постоянства момента на разных скоростях.

СУ таких ЭП включают контроллерные или релейно-контакторные схемы. Расширяется внедрение частотных ЭП. На некоторых судах в регулируемых ЭП повторно-кратковременных режимов работы используются системы «тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» (ТП–Д).

Анализ судовых ЭП позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время на судах широко эксплуатируются судовые ЭП, включающие АД и релейно-контакторные СУ. Ограниченное применение нашли ЭП с тиристорными регуляторами напряжения (ТРН) (преимущественно для формирования переходных режимов работы ЭП). Расширяется внедрение преобразователей частоты (ПЧ) и главных винторулевых колонок (ВРК). Ведутся работы по внедрению в судовые ЭП реактивных ЭД.

В книге автор делится своими знаниями, приобретенными в результате теоретического и практического изучения судовых электротехнических систем, опыта службы на кораблях и работы на судах отечественной и зарубежной постройки.

Изложение материала представлено с учетом требований к компетентности, сформулированных в «Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты» (Конвенция ПДНВ) 1978 г. (с учетом Манильских поправок 2010 г.).

С целью правильной расстановки акцентов при изучении судовых ЭП необходим их ретроспективный обзор.

В *первой* главе представлены основные исторические сведения о судовых ЭП со времени создания первого судового ЭП до настоящего времени. Показано, что первым ЭП был судовой, а его родиной является Россия, которая, несмотря на общую техническую отсталость, благодаря усилиям инженерно-технических работников занимала передовые позиции в области развития

теории и практики электротехники, в том числе и судовых ЭП. Дан краткий анализ основных современных судовых ЭП, сделана попытка определить основные перспективные направления дальнейшего их развития.

Современные судовые ЭП представляют собой достаточно сложные, в большинстве случаев автоматизированные, электромеханические системы. От их надежности зависит эксплуатационная безопасность судов, экономическая эффективность их использования, жизнедеятельность экипажа.

Во *второй* главе приведены: определения основных понятий по ЭП, разработанная автором классификация судовых ЭП; их эксплуатационные особенности; основные требования, предъявляемые к судовым ЭП.

Известно, что развитие той или иной отрасли науки и техники основывается на результатах исследований, сборе и анализе фактов, которые упорядочиваются и систематизируются (классифицируются).

В настоящее время ЭП классифицируются по ряду признаков, приведенных в литературе. Развитие СУ ЭП в связи с внедрением современных достижений, привело к необходимости корректировки и дополнения существующих классификационных признаков.

Классификация, являющаяся методом познания, позволяющим добиваться прогресса, для судовых ЭП, характеризующихся увеличением количества судовых ЭП и их функций, становится вынужденной необходимостью.

Анализ учебной и научно-технической литературы позволил сделать вывод об отсутствии классификационного единообразия в признаках судовых ЭП. До настоящего времени, несмотря на многообразие подходов, приведенных в различных изданиях, нет общепринятой классификации судовых ЭП, включающей приемлемый диапазон классификационных признаков, наиболее полно характеризующих особенности отдельных судовых ЭП. Не отражена связь судовых ЭП с общепромышленными приводами.

В соответствии с разработанной классификацией передаточных устройств судовые ЭП по регулированию координат движения подразделяются на нерегулируемые и регулируемые.

К нерегулируемым относится большинство современных судовых ЭП. Их характерной особенностью являются относительно простые СУ.

К регулируемым относятся в первую очередь ЭП грузоподъемных, якорно-швартовых и других устройств. Характерной особенностью регулируемых ЭП является большое разнообразие схемных и конструктивных решений.

К характерным эксплуатационным особенностям судовых ЭП относятся повышенные механические, климатические и химические нагрузки (вибрация, изменения положений и удары, касающиеся отдельных частей ЭП, широкий диапазон изменений температур окружающей среды, агрессивность окружающей среды и ее изменение в широких пределах) и т.д.

Исходя из специфических условий эксплуатации, к судовому электрооборудованию (ЭО), включая ЭП, предъявляются отличные от береговых условий технические характеристики и повышенные требования, которые регламентирует Российский морской регистр судоходства (Регистр), классификационные общества других стран.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru