

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова»

**М.Л. Ивлев, Е.Н. Коптяев**

**СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВЫХ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*Учебное пособие*

Архангельск  
САФУ  
2016

УДК 629.5.064.5  
ББК 39.42-05  
И 25

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом  
Северного (Арктического) федерального университета  
имени М.В. Ломоносова*

*Рецензенты:*

В.Н. Шиловский, заместитель главного конструктора АО «ПО «Севмаш»;  
Д.Н. Семенов, начальник акустической лаборатории  
АО «СПО «Арктика»

**Ивлев, М.Л.**

И25 Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок: учеб. пособие / М.Л. Ивлев, Е.Н. Коптяев; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ 2016. – 92 с.  
ISBN 978-5-261-01189-7

Даны основные сведения по построению систем автоматизации судовых электроэнергетических установок, предъявляемым к ним техническим требованиям, устройству, составу, принципу и особенностям работы широко применяемых в судовых и корабельных электроэнергетических системах приборов автоматики, сигнализации и контроля.

Предназначено для практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Системы и устройства автоматизации СЭЭС» студентов, обучающихся по профилю «Системы электроэнергетики и автоматизации судов» (направление подготовки «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры»); также может быть полезно при выполнении курсового проекта по названной дисциплине и выпускной квалификационной работы.

УДК 629.5.064.5  
ББК 39.42-05

ISBN 978-5-261-01189-7

© Ивлев М.Л., Коптяев Е.Н., 2016  
© Северный (Арктический)  
федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова, 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения высокой эффективности и надежности работы кораблей и судов судовая электроэнергетическая система (СЭЭС) в настоящее время имеет высокую степень автоматизации. Автоматизация судов – это процесс, при котором функции управления судном и его оборудованием, ранее выполнявшиеся человеком, передаются приборам и техническим устройствам. При автоматизации судовых энергетических систем повышается надежность и экономичность работы оборудования, увеличивается производительность и улучшаются условия труда плавсостава, сокращается его численность. Широкое развитие автоматического управления техническими средствами на судах различного назначения привело к созданию ряда унифицированных систем и функциональных устройств автоматизации СЭЭС.

Создание современных судов транспортного и промыслового флота различного назначения с электрификацией технических средств потребовало существенного увеличения мощности судовых электроэнергетических установок при жестких требованиях к качеству электроэнергии, компактности и надежности их работы.

В таких условиях указанная задача могла быть успешно решена только путем замены установок постоянного тока установками переменного тока, обеспечивающими непрерывность подачи электроэнергии заданного качества в различных режимах их функционирования.

В процессе создания установок переменного тока возникла одна из основных научно-технических проблем судовой электроэнергетики – проблема автоматизации электроэнергетических установок и разработки систем централизованного управления ими.

Разработка средств автоматизации для судовых электроэнергетических установок переменного тока в целом характеризовалась следующими, тесно связанными между собой особенностями, требующими:

- создания теоретических основ для исследования и расчета установившихся и переходных процессов в различных режимах функционирования автоматизированных СЭЭС с агрегатами соизмеримой мощности и с учётом специфических условий их эксплуатации;

- выбора наиболее рациональных способов управления и регулирования объема и степени автоматизации на базе тщательного анализа работы установок в статических и динамических режимах;
- создания общих принципов построения систем дистанционного автоматизированного управления и унифицированных функциональных устройств электроавтоматики для широкой номенклатуры систем генерирования и распределения электроэнергии, их мощности и назначения;
- повышения качества электроэнергии, бесперебойности снабжения, надежности, снижения весогабаритных характеристик и стоимости при одновременном увеличении срока службы;
- упрощения серийного производства систем и устройств электроавтоматики, простоты эксплуатации, сокращения численности обслуживающего персонала и улучшения условий его обитаемости.

Автоматические устройства также должны обеспечивать устойчивость работы СЭЭС.

В настоящее время созданы следующие типовые системы управления и унифицированные устройства судовой электроавтоматики:

- дистанционного автоматизированного управления дизель-электрическими агрегатами;
- автоматического регулирования частоты, напряжения и распределения активных и реактивных нагрузок;
- автоматической синхронизации;
- автоматического включения резерва и отключения второстепенных потребителей;
- автоматического контроля сопротивления изоляции, звуковой и световой сигнализации;
- защиты от обрыва фазы и понижения напряжения при питании с берега, защиты от обратного тока;
- световой и звуковой сигнализации;
- автоматические выключатели с дистанционным управлением и малыми временами срабатывания, логические элементы, датчики, сигнализаторы и пр.

Следует отметить при этом общую тенденцию вытеснения релейно-контактной аппаратуры автоматики бесконтактными элементами.

Унификация конструкций большинства устройств системной автоматики в виде отдельных блоков нескольких типоразмеров позволила обеспечить общий переход к автоматизации судовых электроэнергетических установок и построению систем дистанционного автоматизированного управления.

Первостепенными задачами на современном этапе развития автоматизации являются: повышение надежности элементной базы; организация технического обслуживания систем автоматизации в судовых условиях и в порту; подготовка кадров, способных технически грамотно эксплуатировать системы автоматизации и выполнять необходимые профилактические мероприятия.

Весьма перспективным для развития автоматики является все большее проникновение в нее идей и принципов инженерной психологии и технической эстетики, наилучшим образом отвечающих специфическим функциям человека-оператора.

Необходимо отметить, что успехи автоматизации непосредственно связаны с применением на судах более совершенных видов оборудования (турбо- и дизель-генераторов, систем генерирования и распределения электроэнергии, коммутационно-защитной аппаратуры, асинхронных электродвигателей и т.п.).

## 1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Система автоматизации* – это совокупность элементов и устройств для создания конструктивного и функционального целого, предназначенного для выполнения определенных функций в области управления, контроля и защиты.

*Элемент системы автоматизации* – это самостоятельный в конструктивном отношении прибор (или устройство), используемый в системе автоматизации (например, реле, измерительное устройство, сервопривод, датчик, исполнительный механизм, усилитель). Автоматизированными объектами могут быть: двигатель, генератор, судовые системы или другие устройства, оборудованные системами и устройствами автоматического регулирования, управления, контроля и защиты.

*Управление* – это процесс задания, поддержания режима работы объекта на основе анализа информации о его состоянии. Все виды управления могут быть непосредственными (местными) или дистанционными. В системах дистанционного автоматизированного управления (ДАУ) должна быть обеспечена возможность дистанционного задания одним органом управления требуемых режимов работы при автоматическом выполнении промежуточных операций по заданной программе и исключена возможность одновременного управления с разных постов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	3
1. Основные термины и определения автоматизации судовых систем и механизмов .....	5
2. Требования, предъявляемые к системам СЭЭС .....	7
2.1. Степень автоматизации СЭЭС .....	7
2.2. Требования Морского регистра к системам автоматизации судовых электроэнергетических установок .....	9
2.3. Общие требования по эксплуатации аппаратуры регулирования напряжения, синхронизации и контроля нагрузки генераторов .....	13
3. Автоматизация управления электроэнергетическими установками судов .....	15
3.1. Классификация систем управления СЭЭС .....	15
3.2. Система управления СЭЭС типа «Ижора-М» .....	17
3.3. Структура микропроцессорных систем управления СЭЭС .....	20
4. Автоматический точный синхронизатор УСГ-1П .....	22
4.1. Назначение и основные технические данные .....	22
4.2. Общее описание устройства УСГ-1П .....	24
4.3. Описание основных узлов устройства УСГ-1П .....	27
4.4. Сведения по эксплуатации устройства .....	38
4.5. Автоматический синхронизатор УСГ-1П1 .....	39
5. Прибор регулирования частоты ПРЧ .....	46
5.1. Назначение и основные технические данные .....	46
5.2. Общее описание устройства ПРЧ .....	47
5.3. Основные узлы прибора ПРЧ .....	48
5.4. Порядок испытаний прибора ПРЧ .....	50
5.5. Схема подключения прибора .....	52
6. Устройство регулирования мощности УРМ-35 .....	53
6.1. Назначение и основные технические данные .....	53
6.2. Управление распределением реактивной нагрузки между генераторами .....	55
6.3. Технические характеристики устройства УРМ-35 .....	56
6.4. Общее описание устройства УРМ-35 .....	57
6.5. Описание основных узлов устройства УРМ-35 .....	59

7. Устройство контроля изоляции УКИ-1 .....	66
7.1. Назначение и основные технические данные прибора.....	66
7.2. Общее описание прибора и его основных узлов.....	67
7.3 Работа устройства при измерении сопротивления изоляции.....	71
7.4. Конструкция прибора .....	71
8. Устройство звуковой и световой сигнализации УЗСС-1 .....	73
8.1. Назначение и основные технические данные прибора.....	73
8.2. Описание основных узлов .....	74
8.3. Работа устройства.....	76
9. Устройство автоматической разгрузки генераторов типа УРГ .....	77
10. Устройство автоматического включения резерва типа УВР .....	82
11. Устройство автоматического переключения питания типа УПП .....	85
Список литературы .....	88
Приложение. Функциональная блок-схема автоматизированной СЭЭС .....	89