

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра судовых энергетических установок

**АВТОМАТИЗАЦИЯ
СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*Методические указания к самостоятельной работе для направления
подготовки /специальности 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника
и системотехника объектов морской инфраструктуры»*

Мурманск
Издательство МГТУ
2019

Составитель – Алексей Валентинович Злобин, старший преподаватель
кафедры судовых энергетических установок.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой «14» июня
2019 г., протокол №_10_.

Рецензент – К. О. Сергеев, канд. техн. наук, заведующий кафедрой судовых
энергетических установок МГТУ

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Общие организационно-методические указания	3
2. Тематический план	4
3. Список рекомендуемой литературы	4
4. Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины	5

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ № 960 от 03 сентября 2015 г., ОПОП по направлению подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», 2019 года начала подготовки, утвержденной Ученым советом ФГБОУ ВО «МГТУ» (протокол №7 от 28.02.2019 г.)

Целью дисциплины (модуля) «Автоматизация судовых энергетических установок» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и учебным планом для направления 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры», что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области автоматизация объектов, составляющих судовую энергетическую установку.

Задачи дисциплины: познание основ теории автоматического регулирования, изучение принципов построения систем автоматического регулирования и управления, анализ динамических свойств объектов регулирования и управления, изучение конструкций средств судовой автоматики, получение представления о качестве регулирования; формирование основных понятий о функциональной взаимосвязи основных элементов СЭУ, что необходимо для выбора оптимальных эксплуатационных характеристик, как отдельных элементов, так и комплексно автоматизированных СЭУ (классы автоматизации AUT1, AUT2, AUT3).

В результате изучения дисциплины специалист должен:

- знать классы автоматизации СЭУ; принцип действия, устройство средств автоматики судовых энергетических установок: систем автоматического управления различных объектов СЭУ, систем регулирования параметров объектов, современных судовых микропроцессорных сетей комплексной автоматизации, средств защиты и контроля; статические и динамические свойства систем управления и их элементов; влияние параметров настройки на статические и динамические характеристики систем управления;

- уметь производить анализ эксплуатационных качеств средств судовой автоматики, анализировать конструкцию средств автоматизации, производить подбор средств автоматизации в соответствии с требованиями, предъявляемыми к САУ; проводить диагностику и испытания систем управления; производить настройку систем управления;

- обладать методами настройки систем управления; навыками поиска, определения и устранения причин неудовлетворительной работы систем управления; навыками технического обслуживания, регулировки и диагностирования судовой автоматики.

Реализуемые компетенции ФГОС: ПК-4; ПК-18.

Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо обучающимся для изучения данной дисциплины: «Физика», «Математика», «Механика: гидромеханика», «Теория автоматического управления», «Судовые энергетические установки», «Судовое вспомогательное энергетическое оборудование».

Дисциплина изучается на завершающем этапе обучения.

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№№ п/п	Наименование тем и содержание самостоятельной работы	Кол-во часов
1	Основные положения по автоматизации СЭУ. Классы и уровни автоматизации. Системы централизованного контроля.	4
2	Системы дистанционного автоматизированного управления двигателями. Общие сведения о системах ДАУ. Регулирование частоты вращения в ДАУ главных двигателей.	4
3	Динамика объектов управления. Двигатели внутреннего сгорания, паровые котлы, паротурбинные установки, газотурбинные установки, системы двигателей.	6
4	Регуляторы систем автоматического регулирования элементов СЭУ. Измерители. Регуляторы непрямого действия.	2
5	Системы автоматического регулирования СЭУ. Системы автоматического регулирования скорости и температур дизелей. Системы автоматического регулирования котельной установки. Системы автоматического регулирования турбоагрегатов. Системы автоматического управления судового вспомогательного энергетического оборудования.	8
Итого:		24

3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

основной:

1. Крутов, В. И. Автоматическое регулирование и управление двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1989.
2. Сыромятников, В. Ф. Основы автоматики и комплексная автоматизация судовых пароэнергетических установок. М.: Транспорт, 1983.
3. Ланчуковский, В. И., Козьминых, А. В. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными и газотурбинными установками. М.: Транспорт, 1990.

дополнительной:

4. Сыромятников, В. Ф. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными и газотурбинными установками. Л.: Судостроение, 1989.
5. Ключев, А.С. Автоматическое регулирование. М.: Высшая школа. 1986.

4. СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основные положения по автоматизации СЭУ. Цели и задачи автоматизации СЭУ. Классификация автоматизированных систем. Классы автоматизации СЭУ и уровни автоматизации технических средств; требования нормативных документов. Цели и задачи организации СЦК. Принципы построения СЦК и выполняемые функции. Нормативные требования классификационных обществ, предъявляемые к составу параметров контроля СЦК на автоматизированных судах. Системы технической диагностики СЭУ в составе СЦК. Информационно измерительные системы (ИИС). Техническая база СЦК, проблемы и перспективы решения.

Методические указания. Установить эффект от внедрения средств автоматизации на морском транспорте: повышение надежности, снижение затрат на текущую эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, повышение топливной экономичности. Изучить классы автоматизации СЭУ согласно Правилам Российского морского Регистра судоходства; области применения уровней автоматизации на различных судах. Произвести сравнение классов автоматизации РМРС с классами других классификационных обществ. Определить особенности обслуживания энергетической установки судна, имеющего класс автоматизации AUT1. Изучить СЦК как совокупность других систем контроля: аварийно-предупредительной сигнализации, защиты, индикации; требования классификационных обществ, предъявляемые к составу параметров контроля.. Изучить элементы СЦК: контроля, сигнализации, защиты.

Литература: (2), (3), (4).

Вопросы для самопроверки:

1. Вследствие чего достигается экономический эффект и повышение надежности при внедрении средств автоматизации на морском транспорте?
2. Каким судам может быть присвоен класс автоматизации AUT3?
3. Каким судам не может быть присвоен класс автоматизации AUT1?
4. Что объединяет энергетические установки с различными классами автоматизации?
5. Каковы основные особенности обслуживания энергетической установки при безвахтенном обслуживании?
6. Что из себя представляет система централизованного контроля ЭУ?
7. Примерный состав параметров, подлежащих контролю при применении СЦК.
8. Дайте классификацию элементов, входящих в состав системы централизованного контроля СЭУ.

4.2 Системы дистанционного автоматизированного управления двигателями. Назначение систем ДАУ. Структура моноэнергетических и комбинированных систем ДАУ. Роль регуляторов в системах ДАУ. Системы ДАУ вспомогательных дизель-генераторов. Классификация программ управления. Номинальный режим работы, пусковые программы, реверс и остановка.

Методические указания. Изучить требования к системам дистанционного автоматизированного управления главной двигательной установкой, выполняемые функции; требования, предъявляемые к системам ДАУ ГД; элементную базу систем ДАУ ГД; назначение и конструктивное исполнение. Рассмотреть структурные схемы различных систем ДАУ ГД. Изучить программы управления ходовыми режимами, реализуемые в СДАУ различных типов, их применение при управлении главным двигателем. Адаптивные системы ДАУ ГД. Рассмотреть связь систем ДАУ с регулятором частоты

вращения ГД, штатной пуско-реверсивной системой двигателя, постами управления, машинным телеграфом. Обратит особое внимание на регуляторы частоты вращения главных двигателей: особые требования, предъявляемые к РЧВ в составе СДАУ. Изучить особенности системы ДАУ дизель-генераторных установок; систему ДАУ СДГТ: алгоритм функционирования, технические средства.

Литература: (3), (4).

Вопросы для самопроверки:

1. Назначение и главное требование, предъявляемое к системам ДАУ ГД. Конструктивные типы СДАУ ГД, элементная база.
2. Что означает понятие «программа управления ходовыми режимами»?
3. Какие программы управления ходовыми режимами, реализуемые в СДАУ ГД вы знаете?
4. Каков минимальный набор программ управления ходовыми режимами должна реализовывать СДАУ ГД? Что подразумевается под адаптивными СДАУ ГД?
5. Какие регуляторы частоты вращения используются на главных двигателях, работающих совместно с системой ДАУ? Какова точность задания РЧВ в составе СДАУ?
6. Каковы связи системы ДАУ ГД с постами управления?
7. Назовите основные функции СДАУ «Гром».
8. Объясните структурную схему СДАУ «Гром», охарактеризуйте ее конструктивное исполнение.
9. Назовите основные отличия СДАУ «Гром М» от системы «Гром».
10. Что подразумевается под консервативностью СДАУ ГД, какова она должна быть? Каковы требования к переходу с автоматизированного управления главным двигателем на ручное?
11. Варианты управления ГД из машинного отделения при наличии системы ДАУ.
12. Алгоритмы управления ГД при пусках и реверсах, реализуемые СДАУ.
13. Назначение систем ДАУ дизель-генераторов.
14. Примерный алгоритм функционирования СДАУ ДГ.
15. Средства контроля и исполнительные устройства СДАУ «СДГТ»; назначение щита логики.

4.3 Динамика объектов управления. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект по частоте вращения вала. Пароэнергетическая и паротурбинная установка как объекты регулирования. Системы двигателей как объекты регулирования. Газотурбинная установка как объект управления.

Методические указания. Дать понятие устойчивости объекта управления. Устойчивые, неустойчивые и нейтрально-устойчивые объекты. Установить количественные показатели устойчивости. Связать степень устойчивости с динамическими характеристиками объекта, видом нагрузки и режимом работы системы «объект–потребитель». Изучить дизельный двигатель с газотурбинным наддувом как объект регулирования частоты вращения коленчатого вала: уравнения динамики составляющих элементов и двигателя в целом, передаточные функции. Рассмотреть переходные процессы ДВС. Изучить паровой котел как объект управления по давлению пара и уровню воды в барабане, переходные процессы ПК. Судовой дизель как объект регулирования температур в системах смазки и охлаждения. Принципы построения и способы регулирования температур существующих систем охлаждения СДВС.

Литература: (1), (2), (3), (4).

Вопросы для самопроверки:

1. Чем графически определяется статическая устойчивость объекта управления на установившихся режимах?
2. Что понимается под устойчивым объектом?

3. Что понимается под неустойчивым объектом?
4. Что понимается под нейтрально-устойчивым объектом?
5. Запишите формулу фактора устойчивости для судового двигателя
6. Каков физический смысл фактора устойчивости ДВС?
7. Приведите уравнения динамики ДВС, газотурбонагнетателя, впускного и выпускного коллекторов.
8. Постройте укрупненную структурную схему ДВС с газотурбинным наддувом.
9. Поясните уравнение движения и передаточную функцию ДВС.
10. Поясните уравнение движения и передаточную функцию газотурбонагнетателя.
11. Поясните уравнение движения и передаточную функцию впускного коллектора.
12. Поясните уравнение движения и передаточную функцию выпускного коллектора.
13. Приведите типовые примеры переходных функций (переходных процессов) ДВС.
14. Статические и динамические свойства котла как объекта управления по давлению пара.
15. Статические и динамические свойства котла как объекта управления по уровню воды.
16. Приведите статические характеристики системы охлаждения ДВС при количественном и качественном регулировании.
17. Назовите способы регулирования температуры охлаждающей воды судового дизеля при двухконтурном охлаждении. Что их объединяет?
18. Что понимается под перепуском во внутреннем контуре?
19. Что понимается под перепуском во внешнем контуре?
20. Что понимается под обводом во внешнем контуре?

4.4 Регуляторы систем автоматического регулирования элементов СЭУ. . Типы чувствительных элементов и измерителей различных параметров. Статические и динамические характеристики чувствительных элементов. Типы сервоприводов, обратные связи. Статические и динамические характеристики усилителей и регуляторов непрямого действия.

Методические указания. Усвоить понятия регуляторов прямого и непрямого действия, рассмотреть их достоинства и недостатки в сравнительном анализе. Изучить законы (принципы) регулирования, произвести их сравнительный анализ. Усвоить понятия: главной обратной связи системы автоматического регулирования, одно- и двухимпульсного регуляторов. Изучить: принципы работы измерителей скорости; конструкцию механического чувствительного элемента частоты вращения, его статику и динамику. Рассмотреть: гидравлические усилители: конструкцию, свойства, области применения. Изучить внутренние обратные связи регуляторов непрямого действия: установить необходимость применения, дать сравнительный анализ, определить области применения. Изучить конструкции регуляторов различных типов и назначений. Методы настройки регуляторов.

Литература: (1), (2), (3), (4), (5).

Вопросы для самопроверки:

1. Что понимается под регулятором прямого действия?
2. Что понимается под регулятором непрямого действия?
3. Обоснуйте необходимость применения регуляторов непрямого действия.
4. Что подразумевается под законом регулирования Ползунова – Уатта? Его преимущества и недостатки.

5. Что подразумевается под законом регулирования Симменс? Его преимущества и недостатки.
6. Что подразумевается под законом регулирования Понсле? Его преимущества и недостатки.
7. Что понимается под главной обратной связью системы автоматического регулирования? Она положительна или отрицательна?
8. В чем недостаток САР работающих по принципам Симменс либо Понсле?
9. Что понимается под двухимпульсным регулятором частоты вращения?
10. Конструктивная схема и принцип работы центробежного измерителя скорости.
11. Каковы статические свойства центробежного измерителя скорости?
12. Уравнение движения центробежного измерителя скорости.
13. Назовите типы гидравлических усилителей с отсечными золотниками. Какие из них применяются в регуляторах частоты вращения непрямого действия?
14. Объясните необходимость применения внутренних обратных связей в регуляторах непрямого действия. Какого они типа: положительные или отрицательные?
15. Дайте классификацию внутренних обратных связей регуляторов.
16. Дайте сравнительную оценку и назовите области применения ОС различных типов

4.5 Системы автоматического регулирования СЭУ. Системы автоматического регулирования скорости (САРС) и температур (САРТ) дизелей: нормативные требования. Статические характеристики САРТ ДВС, САРС ГД и ВДГ. Системы автоматического регулирования давления пара, уровня воды в барабане, горения, температуры перегретого пара: структура построения. Системы автоматического регулирования частоты вращения паровых и газовых турбин, системы автоматического регулирования температуры газов ГТУ. Системы автоматического управления насосными установками, воздушными компрессорами, сепараторами. Автоматизация судовых холодильных установок.

Методические указания. Рассмотреть САР скорости (частоты вращения) дизелей с регуляторами прямого и непрямого действия, их статические характеристики. Изучить требования к САРС; классы регуляторов частоты вращения. Рассмотреть САРС главных дизелей, работающих по всережимно-предельной схеме: установить назначение и область применения; изучить связь РЧВ с постом управления и топливорегулирующим органом; статические характеристики. Изучить назначение и статические характеристики САРС с РЧВ, оборудованным ограничителем подачи топлива. Рассмотреть назначение и статические характеристики САРС с ограничительными регуляторами (двухрежимными). Рассмотреть САР температуры охлаждающей воды СДВС с регуляторами прямого и непрямого действия. Изучить требования к САРТ; классы регуляторов температуры. Рассмотреть статические характеристики САРТ; выявить существенные нелинейности, их причины и последствия.

Литература: (1), (2), (3), (4).

Вопросы для самопроверки:

1. Приведите статические характеристики САРС с регулятором прямого действия.
2. Приведите статические характеристики САРС с регулятором непрямого действия.
3. При каких условиях обеспечиваются астатические характеристики САРС?
4. Приведите требования к САРС в зависимости от класса.
5. Что подразумевается под всережимно-предельным регулированием частоты вращения? Чем оно обеспечивается?
6. Приведите статические характеристики САРС, работающей по всережимно-предельной схеме. Каково предназначение такого способа регулирования.

7. В качестве примера разъясните какую-либо конструктивную схему управления ГД, работающего совместно с всережимно-предельной САРС.
8. Назначение и классификация предельных регуляторов частоты вращения.
9. Поясните по конструктивной схеме принцип работы двухрежимного (двухрежимно-предельного) РЧВ.
10. Изобразите статические характеристики САРС, работающей по двухрежимно-предельной схеме.
11. Изобразите статические характеристики САРС, работающей с регулятором, оборудованным внутренним ограничителем подачи топлива.
12. Назначение, достоинства и недостатки РЧВ с внутренним ограничителем подачи топлива.
13. Изобразите примерную характеристику ограничителя подачи топлива (РЧВ РГ), объясните ее настройки.
14. Приведите требования к САРТ.
15. Приведите статические характеристики САРТ.
16. Что понимается под неравномерностью САРТ? Общая и частные неравномерности САРТ; в чем они измеряются?
17. Какие существенные нелинейности могут иметь место в статических характеристиках САРТ?
18. Чем вызваны существенные нелинейности в статических характеристиках САРТ?
19. Как существенная нелинейность типа зоны неоднозначности влияет на статику и динамику САРТ?
20. Вследствие чего в САРТ возникают существенные нелинейности типа зоны насыщения?
21. Как существенные нелинейности типа зоны насыщения в САРТ влияют на работу системы охлаждения двигателя?