

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Теория автоматического регулирования**

: 13.04.02

: 1, : 2

		<b>2</b>
<b>1</b>	( )	3
<b>2</b>		108
<b>3</b>	, .	61
<b>4</b>	, .	18
<b>5</b>	, .	18
<b>6</b>	, .	18
<b>7</b>	, .	18
<b>8</b>	, .	2
<b>9</b>	, .	5
<b>10</b>	, .	47
<b>11</b>	( , , )	
<b>12</b>		

( ): 13.04.02

1500 21.11.2014 ., : 11.12.2014 .

: 1,

( ): 13.04.02

, 7 20.06.2017

, 9 21.06.2017

:

, . . . . . . . .

:

, . . . . . . . .

:

. . .

# 1.

1.1

<b>Компетенция ФГОС: ПК.8 способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b>	
1.	
2.	
3.	

# 2.

2.1

--	--

<b>.8. 3</b>	
1. Знать составные части САР, принципы управления и виды алгоритмов функционирования, основные законы регулирования, математический аппарат исследования САР, типовые динамические звенья, передаточные функции, частотные характеристики.	; ;
2. Уметь получать передаточную функцию и характеристическое уравнение по структурным схемам САР, выполнять преобразование структурных схем.	
<b>.8. 2</b>	
3. Уметь оценивать устойчивость и строить области устойчивости.	; ;
4. Знать показатели качества регулирования, методы коррекции автоматических систем.	; ;
<b>.8. 1</b>	
5. Знать частотный метод синтеза последовательного корректирующего устройства.	; ;
6. Знать физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности, системы возбуждения и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов.	; ;
7. Уметь составить структурную схему простой регулируемой электрической системы и выполнить анализ ее устойчивости.	; ;
8. Знать физические основы регулирования частоты и активной мощности, системы регулирования скорости вращения синхронных генераторов.	; ;
9. Уметь составить структурную схему системы регулирования скорости вращения синхронного генератора.	; ;

# 3.

3.1

: 2			
:			

1.		0	1	1
2.		0	1	1
:				
3.		0	1	1
4.		0	2	1
5.		0	1	
:				
6.		0	2	3
7.		0	2	3
:				
8.		0	1	4
9.		0	1	5
:				
10.		0	2	6
11.		0	2	7
:				
12.		0	1	8
13.		0	1	9

3.2

: 2				
:				
1.	2	2	1	
2.	2	2	1	
:				
3.	2	2	1	
:				

4.	2	2	1, 3	
:				
5.	2	2	1, 5	
:				
6.	2	2	1, 4, 6, 7	
7.	2	2	1, 4, 6, 7	
8.	2	2	1, 4, 6, 7	
:				
9.	2	2	1, 8, 9	

3.3

	,	.		
: 2				
:				
1.	0	2	1	
2.	0	2	1	
3.	0	2		
:				
4.	0	2	1, 3	
5.	0	2	1, 3	
6.	D-	0	2	1, 3
:				
7.	0	2	1, 4, 5	
:				

8.	0	2	6, 7	
:				
9.	0	2	8, 9	

**4.**

<b>: 2</b>				
1		2, 3, 7	17	0
: [ ]: , [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185090. -				
2		1, 4, 5, 6, 8	12	5
: [ ]: , [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185090. -				
3		1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9	18	0
: [ ]: , [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185090. -				

**5.**

- , ( . 5.1).

5.1

	-
	e-mail;
	e-mail;
	e-mail;
	e-mail;

5.2

1		.8;
<b>Формируемые умения:</b> у3. уметь моделировать системы автоматического регулирования		
<b>Краткое описание применения:</b> Обсуждение результатов исследования		
: " 140200 - " "/ : ; [ ] . - , 2010. - 81, [2] . : .. - :		
<a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3918.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3918.pdf</a>		

**6.**

( ),

15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

<b>: 2</b>	
<i>Лабораторная:</i>	36
" 140200 - " : / ; [ : . . . . . ],- ,2010. - 43, [1] . : , .. - : <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3816.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3816.pdf</a>	
<i>Практические занятия:</i>	27
<i>РГЗ:</i>	17
" : 140200 - " / ; [ : . . . . . ],- ,2010. - 81, [2] . : , .. - : <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3918.pdf">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3918.pdf</a>	
<i>Зачет:</i>	20

6.2

6.2

		/		
<b>.8</b>	1.	+	+	+
	2.	+	+	+
	3.	+	+	+

1

**7.**

**1.** Востриков А. С. Теория автоматического регулирования : учебное пособие для вузов по направлениям 550200, 651900 - "Автоматизация и управление" / А. С. Востриков, Г. А. Французова. - Новосибирск, 2006. - 367 с. : ил. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2006/vostrikov.pdf>

**2.** Шойко В. П. Автоматическое регулирование в электрических системах : учебное пособие / В. П. Шойко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 193, [1] с. : ил., схемы. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000168895](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000168895)

**1.** Теория автоматического управления. Ч. 1. Теория линейных систем автоматического управления : В 2 ч. : Учеб. пособие для вузов по спец. "Автоматика и телемеханика" / Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.; Под ред. А. А. Воронова. - М., 1977. - 303 с. : ил.

2. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : учебник для электроэнергетических специальностей вузов / В. А. Веников. - М., 1978. - 414, [1] с. : ил.

3. Стернинсон Л. Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах / Л. Д. Стернинсон. - М., 1975. - 215, [1] с. : ил.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

## 8.

### 8.1

1. Автоматическое управление в электрических системах : методическое руководство к выполнению курсового проекта для ФЭН по направлению 13.04.02 - "Электроэнергетика и электротехника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. П. Шойко]. - Новосибирск, 2017. - 81, [2] с. : ил.

2. Автоматическое управление в электрических системах : методическое руководство к выполнению лабораторных работ для факультета энергетики по направлению 13.04.02 - "Электроэнергетика и электротехника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Долгов, В. П. Шойко]. - Новосибирск, 2017. - 43, [1] с. : ил.

3. Автоматическое управление в электрических системах : методическое руководство к выполнению курсового проекта для ФЭН дневного отделения и контрольной работы для заочного отделения по направлению 140200 - "Электроэнергетика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. П. Шойко]. - Новосибирск, 2010. - 81, [2] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3918.pdf>

4. Автоматическое управление в электрических системах : методическое руководство к выполнению лабораторных работ для факультета энергетики по направлению 140200 - "Электроэнергетика" дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Долгов, В. П. Шойко]. - Новосибирск, 2010. - 43, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/3816.pdf>

5. Шойко В. П. Теория автоматического регулирования [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. П. Шойко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000185090](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000185090). - Загл. с экрана.

### 8.2

1 Matlab Simulink

## 9.

1		2-218 17

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЭН

к.э.н., доцент С.С. Чернов

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ Г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Теория автоматического регулирования**

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская  
программа: Техника и электрофизика высоких напряжений

### 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория автоматического регулирования приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.23/ПТ готовность применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами электроэнергетической и электротехнической промышленности	у4. уметь синтезировать системы автоматического управления	Исследование влияния параметров синхронного генератора на свободные колебания. Исследование влияния регулятора на свободные колебания синхронного генератора. Исследование вынужденных колебаний в простой регулируемой электрической системе. Исследование переходных процессов при регулировании частоты и мощности. Синтез корректирующих устройств линейных САР по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам. Уравнения и структурная схема простой регулируемой электрической системы. Уравнения и структурная схема системы регулирования скорости вращения синхронного генератора. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности. Первичное, вторичное, третичное регулирование. Системы и автоматические регуляторы возбуждения синхронных генераторов и их модели. Физические основы регулирования частоты и активной мощности. Первичное, вторичное, третичное регулирование. Статические и динамические характеристики турбин. Основные типы регуляторов скорости и их структурные схемы. Частотный метод синтеза последовательного корректирующего устройства.	Отчет по лабораторной работе, практические занятия, РГЗ	Зачет, вопросы из списка
ПК.8/ПК способность применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать	у8. уметь осуществлять анализ устойчивости и качества систем автоматического регулирования	Исследование влияния параметров регулятора на устойчивость САР. Исследование влияния параметров синхронного генератора на свободные колебания. Исследование	Отчет по лабораторной работе, практические занятия, РГЗ	Зачет, вопросы из списка

свойства и поведение объектов профессиональной деятельности		<p>влияния регулятора на свободные колебания синхронного генератора.</p> <p>Исследование вынужденных колебаний в простой регулируемой электрической системе. Определение областей устойчивости.</p> <p>Определение устойчивости.</p> <p>Условия и критерии устойчивости. Показатели качества регулирования.</p> <p>Методы коррекции автоматических систем.</p>		
ПК.8/ПК	у9. уметь моделировать системы автоматического регулирования	<p>Исследование влияния параметров регулятора на устойчивость САР.</p> <p>Исследование влияния параметров синхронного генератора на свободные колебания. Исследование влияния регулятора на свободные колебания синхронного генератора.</p> <p>Исследование вынужденных колебаний в простой регулируемой электрической системе. Исследование динамических характеристик типовых звеньев.</p> <p>Исследование основных законов регулирования.</p> <p>Исследование переходных процессов при регулировании частоты и мощности.</p> <p>Исследование принципов регулирования. Основные виды автоматики ЭЭС.</p> <p>Основные понятия и принципы управления.</p> <p>Основные виды алгоритмов функционирования, законы регулирования, классификация систем регулирования.</p> <p>Преобразование структурных схем. Синтез корректирующих устройств линейных САР по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам. Типовые динамические звенья и их характеристики. Уравнения динамики и статики.</p>	Отчет по лабораторной работе, практические занятия, РГЗ	Зачет, вопросы из списка
ПК.9/ПК способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности	з1. знать виды и основы автоматики энергосистем	Основные виды автоматики ЭЭС. Основные понятия и принципы управления.	Отчет по лабораторной работе, практические занятия, РГЗ	Зачет, вопросы из списка

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме зачета, который

направлен на оценку сформированности компетенций ПК.23/ПТ, ПК.8/ПК, ПК.9/ПК.

Зачет проводится в письменной форме по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.23/ПТ, ПК.8/ПК, ПК.9/ПК, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### **Общая характеристика уровней освоения компетенций.**

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем  
Кафедра электрических станций

## Паспорт зачета

по дисциплине «Теория автоматического регулирования», 2 семестр

### 1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов из основ ТАР, второй вопрос из диапазона вопросов по автоматическому регулированию в электрических системах (список вопросов приведен ниже).

### Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЭН

Билет № \_\_\_\_\_

к зачету по дисциплине «Теория автоматического регулирования»

1. Основные виды алгоритмов функционирования
2. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности (Средства регулирования напряжения)
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись) \_\_\_\_\_ (дата)

### Пример задачи для зачета

Дана передаточная функция разомкнутой системы (исходная система замкнутая)

$$W_p(p) = \frac{10}{(p+1)(0,1p+1)}.$$

Оценить устойчивость.

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может

показать причинно-следственные связи явлений, при ответе допускает непринципиальные ошибки, оценка составляет 10-14 *баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет 15-17 *баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 18-20 *баллов*.

### 3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Вопросы к зачету по дисциплине «Теория автоматического регулирования»

1. Принципы управления
2. Основные виды алгоритмов функционирования
3. Законы регулирования
4. Классификация систем регулирования
5. Уравнения динамики и статики
6. Линеаризация
7. Формы записи дифференциальных уравнений
8. Преобразование Лапласа
9. Передаточная и переходная функции
10. Частотные характеристики
11. Типовые динамические звенья и их характеристики
12. Преобразование структурных схем
13. Получение передаточной функции и характеристического уравнения по структурной схеме
14. Определение устойчивости и теоремы Ляпунова
15. Условия устойчивости
16. Критерии устойчивости (критерий Гурвица)
17. Критерии устойчивости (критерий Михайлова)
18. Критерии устойчивости (критерий Найквиста)
19. Определение областей устойчивости
20. Метод D-разбиения по одному параметру
21. Метод D-разбиения по двум параметрам (Построение кривой D-разбиения и особых прямых)
22. Метод D-разбиения по двум параметрам (Штриховка кривой D-разбиения и особых прямых, разметка областей и проверка претендента)
23. Показатели качества регулирования
24. Методы коррекции автоматических систем
25. Коррекция систем с помощью обратных связей (Жесткая обратная связь)
26. Коррекция систем с помощью обратных связей (Гибкая обратная связь)

27. Частотный метод синтеза последовательного корректирующего устройства (Постановка задачи и порядок выбора КУ)
28. Частотный метод синтеза последовательного корректирующего устройства (Построение желаемой ЛАЧХ разомкнутой системы и получение передаточной функции КУ)
29. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности (Условие существования установившегося режима)
30. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности (Средства регулирования напряжения)
31. Физические основы регулирования напряжения и реактивной мощности (Первичное и вторичное регулирование на электростанциях)
32. Системы возбуждения синхронных генераторов
33. Основные типы автоматических регуляторов возбуждения (Типы АРВ и функции САРВ)
34. Основные типы автоматических регуляторов возбуждения (Этапы развития и типы АРВ СД)
35. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ (Системы возбуждения)
36. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ (АРВ пропорционального действия)
37. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ (АРВ-СД на магнитных усилителях)
38. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ (АРВ-СДП1)
39. Структурные схемы и математическое описание моделей САРВ (АРВ-М)
40. Уравнения простой регулируемой электрической системы
41. Структурная схема простой регулируемой электрической системы
42. Свободные и вынужденные колебания в электрических системах
43. Физические основы регулирования частоты и активной мощности
44. Физические основы регулирования частоты и активной мощности (Первичное и вторичное регулирование частоты)
45. Система регулирования скорости первичных двигателей генераторов ЭЭС
46. Статические и динамические характеристики турбин
47. Статические и динамические характеристики турбин (Изменение момента турбины в переходном режиме)
48. Основные типы регуляторов скорости и их структурные схемы (Прямого действия и статический)
49. Основные типы регуляторов скорости и их структурные схемы (Астатический и с гибкой обратной связью)
50. Уравнения и структурная схема системы регулирования скорости вращения синхронного генератора

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теория автоматического регулирования», 2 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны выполнить анализ САР возбуждения синхронного генератора, работающего на холостом ходу и провести исследования свободных и вынужденных колебаний простой регулируемой электрической системы в соответствии с исходными данными.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны:

1. По анализу САР возбуждения синхронного генератора
  - Составить структурную схему САР возбуждением синхронного генератора по отклонению напряжения.
  - По структурной схеме САР получить передаточную функцию разомкнутой  $W_p(p)$  и замкнутой  $W_z(p)$  системы регулирования.
  - Используя критерии Гурвица и Михайлова, оценить устойчивость системы регулирования.
  - Построить ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы и проанализировать устойчивость системы по логарифмическим частотным характеристикам.
  - Для нескорректированной САР:
    - построить кривую  $D$ -разбиения по одному параметру ( $K_u$ );
    - для одного значения  $K_u$  из области устойчивости определить величину ошибки регулирования в установившемся режиме;
    - используя программу *Simulink* [6, с.33-43] получить переходные характеристики для трех значений  $K_u$  из области устойчивости, отличающихся удаленностью от границы  $D$ -разбиения.
  - Используя заданные показатели качества регулирования ( $\sigma$  и  $tp$ ), выбрать параметры последовательного корректирующего устройства.
  - Используя программу *Simulink*, рассчитать переходную характеристику:
    - исходной системы.
    - системы с учетом корректирующего устройства;
    - определить показатели качества регулирования;
  - Для скорректированной САР:
    - определить величину ошибки регулирования в установившемся режиме;
    - используя программу *Simulink*, рассчитать переходные характеристики при законах регулирования:
      1. пропорциональном;
      2. пропорционально-дифференциальном;
      3. пропорционально-интегральном;
      4. пропорционально-интегрально-дифференциальном.

В качестве параметра регулирования использовать  $U_r$ .

2. По исследованию свободных и вынужденных колебаний  
**Исследование свободных колебаний**

- Оценить влияние  $P_{Г0}$ ,  $T_j$ ,  $T_{d0}$  при включенном АРВ.
- Оценить влияние закона регулирования (пропорциональный, пропорционально-дифференциальный) и настроечных параметров АРВ. В качестве регулируемого параметра принять  $U_G$ . Для АРВ пропорционального действия  $K_{OU} = 10 \div 50$ . Для АРВ сильного действия  $K_{OU} = 25 \div 200$ ,  $K_{IU} = 1 \div 5$ .
- Внести корректировку в структурную схему для учета дополнительного параметра регулирования  $I_G$  или  $\delta$  (в соответствии с вариантом). Оценить влияние этого параметра на переходную характеристику.

#### **Исследование вынужденных колебаний**

- Построить амплитудно-частотные характеристики системы без АРВ при двух значениях  $A_{вын}$  равных 1 о.е. и 2 о.е. Фиксацию значения амплитуды выполнять после затухания свободных переходных процессов.
- Построить амплитудно-частотные характеристики системы с АРВ при двух значениях  $A_{вын}$  равных 1 о.е. и 2 о.е. Параметры объекта регулирования должны соответствовать его параметрам, принятым в пункте 1.
- Оценить влияние параметров  $P_{Г0}$ ,  $T_j$ ,  $T_{d0}$  на амплитудно-частотные характеристики при включенном АРВ.
- Оценить влияние настроечных параметров АРВ на амплитудно-частотные характеристики (настроечные параметры должны соответствовать АРВ пропорционального типа и АРВ сильного действия).

#### **Обязательные структурные части РГЗ**

1. Анализ САР возбуждения синхронного генератора, работающего на холостом ходу.
2. Исследования свободных и вынужденных колебаний простой регулируемой электрической системы

#### **Оцениваемые позиции:**

1. Выполнение и оформление пояснительной записки.
2. Защита.

#### **2. Критерии оценки**

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р) или отсутствует защита. Оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены, но балл по защите минимален. Оценка составляет 9 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены, но балл по защите средний. Оценка составляет 14 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены и балл по защите близок к максимальному. Оценка составляет 17 баллов.

#### **3. Шкала оценки**

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Выполнение и защита РГЗ(Р) является обязательной частью допуска к экзамену.

Максимальное количество баллов, полученное за РГЗ(Р), составляет 17% от максимальной общей оценки по дисциплине.

В п.6 рабочей программы дисциплины и приложении 1 приведено соответствие баллов, традиционной оценки и буквенной оценки ECTS.

#### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Принципиальная схема объекта управления и регулятора – система автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора (рис.).

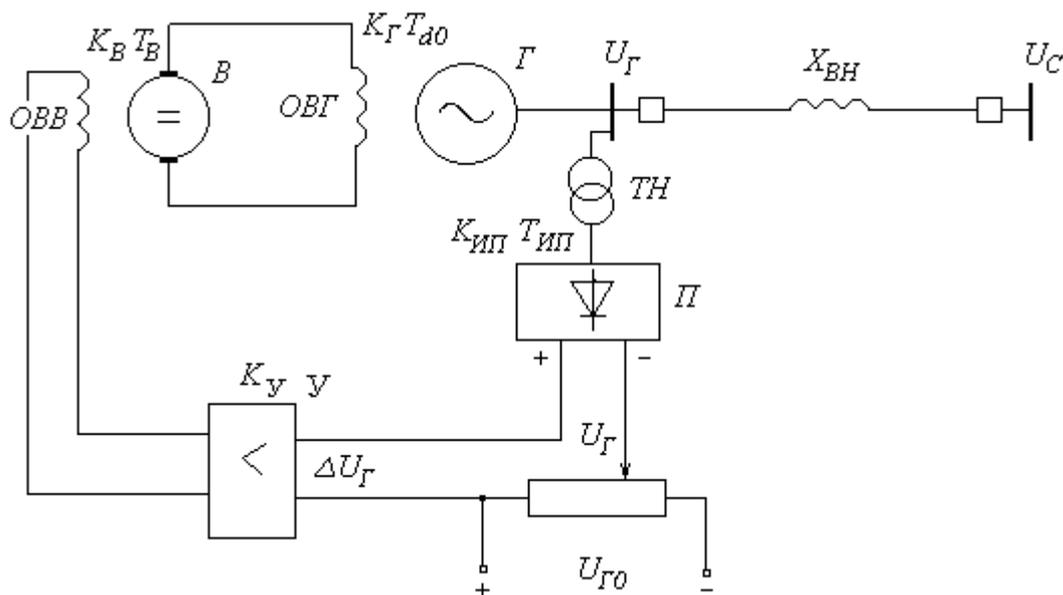


Рис. Схема простой регулируемой системы

#### Исходные данные

Таблица 1

Параметры системы возбуждения и показатели качества регулирования

№ вар-та	Параметры									
	$K_{ИП}$	$T_{ИП}, (с)$	$K_Y$	$K_B$	$T_B, (с)$	$K_Г$	$T_{d0}, (с)$	$\sigma, \%$	$t_p, (с)$	$\Pi_j$
1	0,035	0,22	60	0,68	0,3	42	6,7	20	5	$U_G, I_G$
2	0,035	0,2	70	0,68	0,3	42	6,7	25	6	$U_G, \delta$
3	0,0315	0,3	80	1,5	0,3	21	6,3	30	7	$U_G, I_G$
4	0,0158	0,1	110	1,5	0,3	42	9,17	35	8	$U_G, \delta$
5	0,0137	0,4	65	1	0,3	70	6,5	20	6	$U_G, I_G$
6	0,035	0,3	75	1,045	0,3	27	7,0	25	7	$U_G, \delta$
7	0,0348	0,05	200	1,045	0,3	28	5,87	30	8	$U_G, I_G$
8	0,014	0,1	120	1,53	0,3	46	6,87	35	9	$U_G, \delta$
9	0,0238	0,25	70	0,92	0,3	45	7,03	20	7	$U_G, I_G$
10	0,0158	0,19	100	2,3	0,3	27	6,88	25	8	$U_G, \delta$
11	0,0206	0,33	75	1,13	0,3	42	5,42	30	9	$U_G, I_G$
12	0,013	0,4	70	1,66	0,3	46	6,45	35	10	$U_G, \delta$
13	0,0285	0,2	95	0,76	0,3	46	5,44	20	8	$U_G, I_G$
14	0,04	0,15	60	1,12	0,3	23	6,46	25	9	$U_G, \delta$

15	0,0093	0,05	170	2,8	0,3	37	6,15	30	10	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$
16	0,0208	0,1	100	1,27	0,3	38	6,12	35	11	$U_{\Gamma}, \delta$
17	0,0236	0,37	50	1,87	0,3	23	6,04	20	9	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$
18	0,0109	0,05	180	2,45	0,3	37	4,9	25	10	$U_{\Gamma}, \delta$
19	0,0167	0,17	95	1,63	0,3	37	6,85	30	11	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$
20	0,0124	0,22	200	2	0,04	40	6,07	35	12	$U_{\Gamma}, \delta$
21	0,011	0,11	100	1,36	0,3	66	6,3	20	7	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$
22	0,0126	0,4	55	1,94	0,3	41	6,1	25	8	$U_{\Gamma}, \delta$
23	0,0165	0,33	60	1,6	0,3	38	6,5	30	9	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$
24	0,0133	0,1	115	2,1	0,3	34	6,85	35	10	$U_{\Gamma}, \delta$
25	0,0208	0,25	70	1,12	0,3	43	6,38	25	12	$U_{\Gamma}, I_{\Gamma}$

Таблица 2

Параметры схемы исследуемой системы

№ варианта	$X'_d, \text{o.e}$	$X_d, \text{o.e}$	$X_{BH}, \text{o.e}$	$T_j, (\text{с})$
1	0,432	2,642	0,3	8,4
2	0,4	2,482	0,4	8,1
3	0,373	2,413	0,43	8,2
4	0,368	2,488	0,38	7,8
5	0,328	2,11	0,7	7,5
6	0,3	2,195	0,63	7,8
7	0,258	1,698	1,1	6,9
8	0,31	1,862	1,06	7,5
9	0,295	1,84	0,98	6,5
10	0,272	2,106	0,75	6,4
11	0,275	1,88	1,0	7,8
12	0,304	1,713	1,1	6,7
13	0,314	2,155	0,78	6,1
14	0,263	1,788	1,1	6,6
15	0,2243	1,6493	1,23	8,1
16	0,263	1,788	1,12	6,2
17	0,202	1,5131	1,25	5,8
18	0,1763	1,5203	1,32	7,3
19	0,217	1,657	1,14	5,3
20	0,28	1,61	1,28	5,1
21	0,182	1,452	1,37	6,2
22	0,1786	1,4036	1,42	7,4
23	0,43	2,5	0,36	8,8
24	0,37	2,3	0,43	9,1
25	0,3	2,0	0,78	7,7