

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА

Кафедра радиотехнических систем

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

по дисциплине (модулю)

**«Радиоавтоматика»**

Направление подготовки

11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Направленность (профиль) подготовки

Радиоэлектронная борьба

Радиоэлектронные системы передачи информации

Радиосистемы и комплексы управления

Радионавигационные системы и комплексы

Уровень подготовки

специалитет

Программа подготовки

специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Форма обучения – очная

Рязань 2022

Оценочные материалы представляют собой совокупность контрольно-измерительных материалов и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения. Оценочные материалы используются при проведении текущего контроля и промежуточной аттестации студентов.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности компетенций, приобретаемых обучающимися в результате изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется по результатам выполнения лабораторного практикума: качеству предварительной подготовки, активности и самостоятельности выполнения экспериментальных исследований, оформлению результатов исследований в форме отчета с подробным анализом полученных результатов. Текущий контроль уровня знаний производится тестовой проверкой подготовки студентов к лабораторным работам. Тест содержит 4 вопроса, правильный ответ оценивается одним баллом. Студент, получивший менее двух баллов, к лабораторной работе не допускается. Текущий контроль уровня умений производится в ходе выполнения лабораторных работ, расчетов к лабораторным работам, оформления отчета. В ходе выполнения лабораторных работ также формируются навыки исследования систем радиоавтоматики в среде VisSim.

Специальные (основные) оценочные средства в форме разноуровневых задач и заданий не использовались из-за ограниченного бюджета времени у студентов.

Промежуточная аттестация студентов проводится в форме экзамена. Экзамен могут сдавать студенты, выполнившие индивидуальное задание и все лабораторные работы и отчитавшиеся по ним.

### **Паспорт оценочных материалов по дисциплине**

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Вид, метод, форма контролируемой компетенции
1	Системы радиоавтоматики и их модели.		экзамен
2	Статическая модель системы АПЧГ и ее анализ.		экзамен
3	Линейная модель САР. Устойчивость.		экзамен
4	Линейная модель САР. Качество регулирования.		экзамен
5	Линейная модель САР. Проектирование.		экзамен
6	Нелинейная модель САР и		экзамен

	ее анализ.		
7	Дискретные САР. Устойчивость и качество регулирования.		экзамен
8	Дискретные САР. Импульсные и цифровые системы.		экзамен

### Критерии оценивания компетенций (результатов)

При выставлении оценок промежуточной аттестации используются следующие критерии:

Оценка	Критерий
Отлично	Знание и полное понимание материала экзаменационного билета. Полный ответ на дополнительные вопросы. Умение четко и аргументированно излагать свои мысли.
Хорошо	Знание и понимание материала экзаменационного билета. Однако, допускаются неточности, не имеющие принципиального характера. Достаточно полный ответ на дополнительные вопросы. Умение излагать свои мысли.
Удовлетворительно	Неполное знание и понимание материала экзаменационного билета. Поверхностный ответ на дополнительные вопросы. Обязательное знание вопросов по разделам: логарифмические частотные характеристики типовых линейных звеньев, устойчивость непрерывных и дискретных систем, ошибки в статических и астатических системах, фазовый портрет идеализированной системы ФАПЧ.
Неудовлетворительно	Большие пробелы в знаниях. Отсутствие ответа хотя бы на один из вопросов по разделам: логарифмические частотные характеристики типовых линейных звеньев, устойчивость непрерывных и дискретных систем, ошибки в статических и астатических системах, фазовый портрет идеализированной системы ФАПЧ.

### Вопросы текущего контроля по лабораторным работам.

Лаб. работа № 1. Статическая модель системы частотной автоподстройки

## частоты

1. Какой вид имеет функциональная схема системы АПЧГ?
2. Как составляется статическая модель системы АПЧГ и какой вид она имеет?
3. Какими уравнениями описывается статическая модель?
4. Как проводится графическое решение системы алгебраических уравнений, описывающих статическую модель?
5. Как строится зависимость расстройки в установившемся режиме от начальной расстройки?
6. Какой вид имеет статическая характеристика  $\Delta f_{уст}(\Delta f_{нач})$  системы АПЧГ?
7. Почему некоторым решениям системы уравнений не может соответствовать установившийся режим в системе АПЧГ?
8. Как определяется коэффициент автоподстройки и от чего он зависит?
9. Как определяются полосы захвата и удержания и от чего они зависят?

### Лаб. работа № 2. Устойчивость линейной системы авторегулирования.

1. Какое требование предъявляется к выходному процессу устойчивой линейной системы?
2. Как определяется устойчивость системы по виду переходной характеристики?
3. Как формулируется критерий устойчивости Найквиста?
4. Какой вид имеют годографы частотной характеристики для систем без интеграторов и с интеграторами?
5. Как определяется устойчивость замкнутой системы по ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы?
6. Как определяются запасы устойчивости по годографу частотной характеристики разомкнутой системы?
7. Как определяются запасы устойчивости по ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы?
8. Как влияет коэффициент передачи разомкнутой системы на устойчивость замкнутой системы?
9. Как влияет постоянная времени инерционного звена на устойчивость замкнутой системы?

### Лаб. работа № 3. Частотные и переходные характеристики систем авторегулирования

1. Для каких воздействий показателями качества являются частотная и переходная характеристики?
2. Какие требования накладываются на АЧХ и ФЧХ замкнутой системы для безошибочной отработки гармонического воздействия?
3. Какие числовые параметры используются для описания переходной характеристики САР?
4. Как связан вид переходной характеристики с формой АЧХ?

5. Как связаны параметры переходной характеристики замкнутой системы с запасом устойчивости по фазе?

6. При каком виде ЛАХ в окрестности частоты среза наиболее легко обеспечить приемлемые запасы устойчивости по фазе?

7. Как записывается передаточная функция разомкнутой системы  $K_p(p)$  в окрестности частоты среза?

8. Как влияет на запас устойчивости по фазе длина участка с наклоном  $-20$  дБ/дек, положение  $\omega_{ср}$  на этом участке, наклон ЛАХ на сопрягающих участках?

9. Как влияет на переходную характеристику замкнутой системы вид ЛАХ разомкнутой системы в области нижних частот?

#### **Лаб. работа № 4. Динамические ошибки в системах авторегулирования**

1. Что такое динамическая ошибка и ошибка по возмущению? Как записывается изображение ошибки?

2. Как определяются статическая ошибка, скоростная ошибка и ошибка по ускорению?

3. Какой будет статическая ошибка в статических и астатических системах?

4. Какой будет скоростная ошибка в статических и астатических системах?

5. Какой будет ошибка по ускорению в статических и астатических системах?

6. Как находится дисперсия динамической ошибки и ошибки по возмущению при случайных воздействиях?

7. При каком условии дисперсия динамической ошибки практически не зависит от типа системы?

8. Как зависит дисперсия динамической ошибки от коэффициента передачи разомкнутой системы в астатической системе первого порядка?

9. Как и почему дисперсия динамической ошибки зависит от постоянной времени инерционного звена, входящего в астатическую систему первого порядка?

10. Как зависит дисперсия ошибки по возмущению от коэффициента передачи разомкнутой системы в астатической системе первого порядка?

#### **Лаб. работа № 5. Оптимальные линейные САР**

1. Чем отличается постановка задачи в оптимальной фильтрации Винера - Колмогорова и в оптимальной фильтрации Калмана?

2. Как определяется частотная характеристика оптимальной системы в оптимальной фильтрации Винера - Колмогорова?

3. Как определяется структура оптимальной системы в оптимальной фильтрации Калмана?

4. Какой вид имеет формирующий фильтр первого порядка?

5. Какой вид имеет оптимальная система, если задающее воздействие формируется фильтром первого порядка?

6. Почему оптимальный коэффициент передачи зависит от  $\rho$ ?
7. Почему и как изменяется дисперсия динамической ошибки при изменении коэффициента передачи  $K$ ?
8. Почему и как изменяется дисперсия ошибки по возмущению при изменении коэффициента передачи  $K$ ?
9. Как зависит дисперсия суммарной ошибки от коэффициента передачи  $K$ ?
10. Почему дисперсия ошибки увеличивается в системе с неоптимальной структурой?

### **Лаб. работа № 6. Нелинейная модель системы фазовой автоподстройки частоты**

1. Какие элементы входят в систему ФАПЧ и как строится нелинейная модель?
2. В каком диапазоне  $\varphi_n$  обратная связь в системе ФАПЧ отрицательная, а в каком – положительная?
3. Какой вид имеет дифференциальное уравнение идеализированной системы ФАПЧ?
4. Как определяется полоса удержания системы и от чего она зависит?
5. Что такое фазовый портрет системы?
6. Каким уравнением задается фазовый портрет идеализированной системы ФАПЧ?
7. Как по фазовой траектории можно построить переходные процессы  $\varphi(t)$  и  $d\varphi(t)/dt$ , и как по переходным процессам – фазовые траектории?
8. Как изображающая точка переходит с линии  $d\varphi/dt = \Omega_n$  на фазовую траекторию в фазовом портрете идеализированной системы ФАПЧ, и как это объяснить?
9. Как выглядят переходные процессы в режиме удержания?
10. Как изменяется фазовый портрет при изменении начальной расстройки?
11. Как выглядят переходные процессы в режиме биений?
12. Как влияет постоянная времени интегрирующей цепи на характер фазовых траекторий?
13. По какой фазовой траектории и как можно определить, в каком режиме будет находиться система ФАПЧ?
14. Как влияет постоянная времени интегрирующей цепи на полосу захвата и полосу удержания?

### **Лаб. работа № 7. Импульсные системы авторегулирования (Влияние дискретизации по времени на процессы в САР)**

1. Какие элементы образуют импульсную систему?
2. Что такое АИМ-I и АИМ-II?
3. Как происходит автоматическое регулирование в системе с АИМ-I?

4. Как происходит автоматическое регулирование в системе с АИМ-II?
5. Что такое формирующий фильтр и приведенная непрерывная часть? Как записываются их передаточные функции?
6. Какой вид имеют импульсная и дискретная модели?
7. Как связаны входной и выходной процессы ключа?
8. Как записывается дискретная передаточная функция замкнутой системы?
9. Как записывается изображение переходной характеристики?
10. Как сказывается на процессах в системе замена  $1 - e^{-p\tau}$  на  $p\tau$ ?
11. Какие требования накладываются на  $K\tau$  для устойчивой системы?
12. Как зависит переходная характеристика от  $K\tau$ ?
13. Как связано отношение дисперсии ошибки по возмущению к дисперсии возмущающего воздействия с импульсной характеристикой?

### **Лаб. работа № 8. Цифровые системы авторегулирования (Влияние квантования по уровню на процессы в САР)**

1. Какая система авторегулирования называется цифровой?
2. Какими могут быть характеристики квантователя?
3. Какими уравнениями описывается простейшая модель цифровой системы с одним интегратором?
4. Как рассчитывается переходная характеристика методом шагов?
5. Какой будет переходная характеристика системы с квантователем, имеющим зону нечувствительности в окрестности нуля?
6. Какой будет переходная характеристика системы с квантователем, имеющим релейную характеристику в окрестности нуля?
7. Как определяется скоростная ошибка в дискретной системе и от чего она зависит?
8. Как влияет уменьшение шага квантования на процессы в установившемся режиме?
9. Что такое шум квантования?
10. Как представляется модель квантователя?
11. При каких условиях шум квантования можно считать случайным стационарным широкополосным процессом? Чему равна его дисперсия?
12. Как вычисляется дисперсия ошибки, вызванная шумом квантования?

### **Индивидуальное задание**

Тема работы: синтез частотных характеристик линейных систем автоматического регулирования по заданным показателям качества. Цель работы – закрепление навыков использования аппарата логарифмических частотных характеристик при исследовании линейных систем автоматического регулирования.

Задание:

1. Построить логарифмические частотные характеристики разомкнутой системы по заданным показателям качества: а) постоянной ошибке (статической, или скоростной, или по ускорению, б) частоте среза, в) запасу устойчивости по фазе, г) частоте гармонической помехи и коэффициенту ее подавления.

2. Определить по построенным ЛАХ и ЛФХ запасы устойчивости по усилению и по фазе.

3. Записать передаточную функцию разомкнутой системы по построенной ЛАХ.

4. Рассчитать и построить АЧХ замкнутой системы.

Для выполнения задания разработаны методические указания (Основная литература[4]).

### **Вопросы к промежуточной аттестации (экзамену)**

1. Системы авторегулирования и системы радиоавтоматики. Классификация систем радиоавтоматики по измеряемому параметру. Задачи исследования систем автоматики и модели систем.

2. Системы радиоавтоматики в усилителе узкополосного сигнала супергетеродинного приемника.

3. Статическая модель системы автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ).

4. Статические характеристики системы АПЧГ. Полоса захвата, полоса удержания и коэффициент автоподстройки.

5. Линейная модель системы АПЧГ.

6. Типовая линейная модель системы автоматического регулирования. Передаточные функции систем авторегулирования.

7. Устойчивость линейных систем. Требование к корням характеристического уравнения. Критерии устойчивости.

8. Критерий устойчивости Михайлова. Определение устойчивости системы третьего порядка по годографу Михайлова.

9. Критерий устойчивости Найквиста. Запасы устойчивости. Определение устойчивости замкнутой системы по АЧХ и ФЧХ разомкнутой системы

10. Типовые линейные звенья. Логарифмические частотные характеристики (ЛАХ и ЛФХ) типовых линейных звеньев первого порядка.

11. Построение логарифмических частотных характеристик последовательного соединения типовых линейных звеньев.

12. Определение устойчивости замкнутой системы по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой. Влияние ФНЧ на устойчивость системы АПЧГ.



13. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Гурвица Устойчивость системы АПЧГ.
14. Качество регулирования. Показатели качества для типовых воздействий.
15. регулирования по переходной и частотным характеристикам.
16. Оценка качества регулирования при полиномиальном воздействии. Статические и астатические системы.
17. Ошибки: статическая, скоростная и по ускорению в статических и астатических системах.
18. Ошибки регулирования при случайных задающем и возмущающем воздействиях.
19. Типовые ЛАХ разомкнутой системы для статической и астатических первого и второго порядка систем.
20. Коррекция систем авторегулирования.
21. Последовательная коррекция астатической системы первого порядка на примере системы ФАПЧ.
22. Нелинейная модель САР. Типы нелинейностей. Методы анализа нелинейных систем.
23. Система фазовой автоподстройки частоты и ее нелинейная модель.
24. Фазовый портрет идеализированной системы ФАПЧ. Устойчивость идеализированной системы ФАПЧ.
25. Статические характеристики идеализированной системы ФАПЧ.
26. Построение переходных процессов по фазовому портрету. Переходные процессы в идеализированной системе ФАПЧ в режиме удержания.
27. Переходные процессы в идеализированной системе ФАПЧ в режиме биений. Статическая характеристика системы ФАПЧ для средней расстройки.
28. Метод гармонической линеаризации. Определение условий возникновения автоколебаний в релейной системе АПЧ.
29. Метод статистической линеаризации. Методика расчета ошибки методом статистической линеаризации.
30. Импульсные, цифровые и дискретные системы автоматического регулирования.
31. Решетчатые функции, разности, разностные уравнения. Дискретные передаточные функции.
32. Устойчивость дискретных систем. Требование к корням характеристического уравнения.
33. Критерий устойчивости Гурвица для дискретных систем.
34. Переходная характеристика дискретной системы. Связь формы переходной характеристики с положением корней характеристического уравнения.
35. Ошибки регулирования в дискретной системе. Динамическая ошибка при полиномиальном задающем воздействии.

36. Ошибки регулирования в дискретной системе. Ошибка по возмущению при случайном возмущающем воздействии.
37. Дискретная модель импульсной системы авторегулирования
38. Дискретная модель полностью цифровой системы авторегулирования.
39. Дискретная модель цифро-аналоговой системы авторегулирования.
40. Системы слежения за задержкой импульсного сигнала.
41. Дискретная САР с двумя интеграторами. Устойчивость системы.
42. Переходная характеристика дискретной САР с двумя интеграторами.

### **Контрольные вопросы для оценки сформированности компетенций**

1. Назовите основные системы радиоавтоматики для узкополосного радиосигнала.
2. Нарисуйте структурную схему системы частотной автоподстройки частоты гетеродина (АПЧГ).
3. Как определяются полоса захвата и полоса удержания системы АПЧГ.
4. Какая линейная система называется устойчивой? Где должны находиться корни характеристического уравнения устойчивой линейной системы?
5. Сформулируйте критерий устойчивости Найквиста замкнутой линейной системы при устойчивой разомкнутой системе. Как определяются запасы устойчивости по усилению и по фазе?
6. Что такое ошибки: статическая, скоростная и по ускорению?
7. Нарисуйте структурную схему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). В каких режимах может находиться система ФАПЧ?
8. Идеализированная система ФАПЧ описывается нелинейным дифференциальным уравнением  $\frac{d\varphi}{dt} = \Omega_n - \Omega_y \cos \varphi$ . Нарисуйте фазовый портрет системы для режима удержания.
9. Дайте определения импульсной, цифровой и дискретной систем авторегулирования.
10. Непрерывная система описывается дифференциальным уравнением, а каким уравнением описывается дискретная система?
11. Нарисуйте структурную схему цифро-аналоговой системы авторегулирования.
12. Где должны находиться корни характеристического уравнения устойчивой линейной дискретной системы?