

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и промышленной  
электроники

# **СИНТЕЗ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Методические указания  
к курсовой и расчетно-графической работе

Новокузнецк  
2018

УДК 681.51(07)  
С 387

Составители:  
Богдановская Татьяна Вениаминовна  
Поползин Иван Юрьевич

Рецензент  
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой  
автоматизации и информационных систем СибГИУ  
М. В. Ляховец

С 387 Синтез линейной системы автоматического управления [Электронный ресурс] : метод. указ. / Сиб. гос. индустр. ун-т ; сост. : Т. В. Богдановская И. Ю. Поползин. – Электрон. дан.(1 файл). – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2018. – Систем. требования: Adobe Acrobat 7.0. – Загл. с экрана.

Методические указания к курсовой работе по дисциплинам «Основы проектирования управляющих устройств» и «Теория автоматического управления. Специальная часть»; расчетно-графической работе по дисциплине «Основы регулирования в электроприводах постоянного и переменного тока» для обучающихся по направлениям 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника и 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Публикуется по решению комиссии по совершенствованию учебно-методической работы в институте информационных технологий и автоматизированных систем (протокол № 3 от 5.02.2018).

Издано в полном соответствии с авторским оригиналом.

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2018

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Курсовая работа – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления.

Курсовая работа выполняется обучающимся самостоятельно, в рамках времени, отведенного учебным планом для самостоятельной работы по указанным дисциплинам. Преподаватель оказывает методическую помощь студенту при выполнении курсовой работы. Оценивание этапов выполнения курсовой работы проводится в рамках текущей аттестации на контрольных неделях семестра в соответствии с графиком.

Этап работы	% выполнения	Форма отчетности
1. Расчет статических параметров и характеристик системы	30	Черновик соответствующих частей пояснительной записки
2. Определение устойчивости системы	60	Черновик соответствующих частей пояснительной записки
3. Синтез регуляторов и анализ скорректированной системы	100	Черновик соответствующих частей пояснительной записки

Выполненная и полностью оформленная расчетно-пояснительная записка к курсовой работе сдается на проверку руководителю курсовой работы. Для своевременного выхода на экзаменационную сессию полностью оформленная расчетно-пояснительная записка к курсовой работе должна быть сдана на проверку не позднее, чем в первый день зачетной недели, а файл работы должен быть загружен в систему электронного обучения Moodle. По результатам ее проверки и оценки степени оригинальности работы, обучающийся, выполнивший курсовую работу, может быть либо допущен к защите, либо пояснительная записка возвращается обучающемуся для дальнейшей доработки.

Курсовая работа защищается студентом в часы консультаций, назначенные преподавателем для защиты курсовой работы. По результатам защиты студенту ставится оценка по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). При этом используются следующие критерии оценивания:

<b>Критерии оценки выполнения курсовой работы</b>	<b>Оценка</b>
Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объеме; процент выполнения задания соответствует плановому.	отлично
Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объеме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %.	хорошо
Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %.	удовлетворительно
Задание не выполнено, цель работы не достигнута.	неудовлетворительно

Для расчетно-графической работы (РГР) справедливо все изложенное со следующими исключениями:

- Результаты РГР представляются сразу по факту выполнения без промежуточных этапов;
- Степень оригинальности РГР не оценивается;
- Оценивание РГР происходит в соответствии со следующими критериями:

### **Отлично**

Работа выполнена и защищена в регламентированный срок, имеет рекомендованный или свыше него объем; не содержит как ошибок в содержании, так и ошибок в языке; оформлена в соответствии с ГОСТами и требованиями системы менеджмента качества университета; обучающийся ответил на все предложенные преподавателем вопросы в ходе защиты

### **Хорошо**

Работа выполнена и защищена в регламентированный срок, имеет рекомендованный объем; не содержит грубых ошибок; оформлена в соответствии с ГОСТами и требованиями системы менеджмента качества университета; обучающийся ответил на 75-90% предложенных преподавателем вопросов в ходе защиты.

### **Удовлетворительно**

Работа выполнена и защищена в регламентированный срок, имеет рекомендованный или ниже объем; не содержит грубых ошибок; работа оформлена в основном в соответствии с ГОСТами и требованиями системы менеджмента качества университета; обучающийся ответил на 60-75% предложенных преподавателем вопросов в ходе защиты.

### **Неудовлетворительно**

Работа не выполнена или не защищена в регламентированный срок; имеет малый объем; содержит грубые ошибки; работа оформлена не в соответствии с ГОСТами и требованиями системы менеджмента качества университета; обучающийся ответил менее чем на 60% выносившихся на защиту вопросов.

Поскольку на выполнение расчетно-графической работы отводится меньше академических часов, некоторые пункты настоящих указаний справедливы только для курсовой работы, такие пункты помечены отдельно.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ И ТРЕБОВАНИЯ К ЕЕ ОФОРМЛЕНИЮ

### 2.1. Цели и задачи работы

Основными целями курсовой и расчетно-графической работы является закрепление обучающимися знаний, полученных ранее при изучении соответствующих дисциплин, формирование у студентов умений и опыта анализа и синтеза линейной системы управления, обеспечивающих заданные свойства, развитие практических навыков самостоятельного выполнения расчетов с использованием современных информационных технологий.

Выполнение курсовой или расчетно-графической работы ориентировано на решение двух взаимосвязанных учебных задач:

1) сформировать у обучающихся умения, навыки и опыт при проведении анализа линейных САУ;

2) сформировать навыки по самостоятельному выбору правильных решений, применяемых в процессе синтеза САУ, обеспечивающему заданные статические и динамические свойства.

В курсовой и расчетно-графической работе от обучающихся требуется самостоятельно принять решения по следующим блокам вопросов:

1. Для линейной САУ, заданной структурной схемой и численными параметрами, требуется найти передаточные функции в разомкнутом и замкнутом состоянии по управляющему и возмущающему воздействиям, а также по ошибке.

2. Исходя из заданной точности в установившемся режиме принять решения по реализации заданной точности.

3. После обеспечения необходимой точности САУ ЭП оценить ее устойчивость, продемонстрировав умение использовать аналитические и частотные критерии устойчивости. (*только для курсовой работы*) Определить критическое значение коэффициента усиления разомкнутой системы, обеспечивающее устойчивость замкнутой САУ. Принять обоснованное решение о применении коррекции динамических свойств.

4. (*только для курсовой работы*) Выполнить коррекцию динамических свойств САУ. Осуществить обоснованный выбор методов коррекции. Провести построение ЛАХ и ЛФЧХ исходной САУ и же-

лаемой САУ. Выполнить расчет структуры и постоянных времени корректирующего устройства.

5. *(только для курсовой работы)* Реализовать синтезированное корректирующее устройство на активных элементах (операционном усилителе) или в виде пассивных четырехполюсников. Определить величины сопротивлений и емкостей конденсаторов, входящих в корректирующие цепочки с учетом возможностей их реализации.

6. Провести структурно-алгоритмический синтез САУ и настройку ее в соответствии с принципом подчиненного регулирования. Рассчитать параметры регуляторы полученных контуров, *(только для курсовой работы)* предложить схемное решение для их реализации .

7. *(только для курсовой работы)* Дать сравнительную характеристику выполненных видов коррекции (последовательной одноконтурной САУ, корректирующей обратной связи, последовательной коррекции с применением принципа подчиненного регулирования ).

8. *(только для курсовой работы)* Выполнить расчет переходных процессов в каждой из синтезированной САУ ЭП, сделать выводы о качестве регулирования спроектированной системы управления.

Обучающимся выдаются индивидуальные задания, различающиеся численными параметрами исходной структурной схемы, а также требованиями, предъявляемыми к статическим (допустимой ошибки регулирования в установившемся режиме) и динамическим (качеству переходного процесса) характеристикам. Номер задания выбирается, исходя из номера обучающегося в списке учебной группы или двух последних цифр номера зачетной книжки.

## **2.2 Требования к оформлению курсовой и расчетно-графической работы**

Расчетно-пояснительная записка к курсовой работе и РГР оформленной на стандартных листах формата А4, весь текст, рисунки и др. материал размещается на одной стороне листа. Все страницы (включая приложения), кроме титульного листа, должны быть пронумерованы арабскими цифрами в нижней части листа по центру.

Записка открывается титульным листом (образец приводится в Приложении Г), затем следует лист с индивидуальным заданием (образец – в Приложении Д), далее – основной текст, разбитый на разде-

лы, подразделы и т.д., библиографический список, приложения. Объем записки курсовой работы обычно составляет 25-35 печатных страниц.

В тексте необходимы ссылки на используемые литературные источники (книги, справочники и др.) в виде цифры, заключенной в квадратные скобки (например, [4]), соответствующей номеру источника в библиографическом списке.

При расчетах сначала приводятся исходные формулы (и их преобразования) в общем виде, и лишь после этого подставляются конкретные численные значения параметров и вычисляется результат. При повторяющихся расчетах один вариант приводится полностью, остальные оформляются в виде таблицы, в которую сводятся конечные результаты. Формулы выносятся в отдельную строку. Формулы, на которые делаются ссылки в тексте, нумеруются цифрами в круглых скобках, размещаемыми справа от формулы. Схемы, графики и таблицы должны иметь порядковый номер, заголовок и ссылку в тексте.

Схемы и графики помещаются в соответствующем месте текста с необходимыми пояснениями. Допускается помещать достаточно крупные схемы (графики) на отдельных листах или в конце расчетно-пояснительной записки (в составе приложения).

При оформлении пояснительной записки и РГР рекомендуется пользоваться текстовым редактором MS Word (шрифт Times New Roman, кегль 14 пт, через 1,5 интервала, центрирование по ширине текста, формулы – по центру, поля – по 2,5 см с каждой стороны, отступ первой строки – 1,25 см.).

При оформлении работы, в том числе графической части (графиков, структурных схем САУ и принципиальных схем корректирующего устройства и др.) обязательным является соблюдение требований ЕСКД, определяемых государственными стандартами Российской Федерации, а также нормативных документов системы менеджмента качества ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет».

К защите выполненная расчетно-пояснительная записка представляется в сброшюрованном виде, полностью оформленная пояснительная записка также выкладывается в соответствующее задание системы электронного обучения Moodle.



## **2.3. Примерное содержание расчетно-пояснительной записки курсовой работы и РГР**

**1. Титульный лист.**

**2. Индивидуальное задание.**

**3. (только для курсовой работы) Содержание** (с указанием глав, параграфов и их страниц).

**4. (только для курсовой работы) Введение.** Во введении формируется цель работы, определяются задачи, решение которых ведет к поставленной цели, кратко характеризуются методы анализа и синтеза линейных САУ, выбранные для использования в данной курсовой работе.

**5. Анализ исходной САУ.**

5.1. Определение передаточной функции САУ в разомкнутом состоянии.

5.2. Определение требуемого коэффициента усиления разомкнутой из условия статической точности САУ.

5.3. Определение передаточных функций замкнутой САУ по управляющему, возмущающему воздействию и по ошибке.

5.4. (только для курсовой работы) Выводы по проведенному анализу.

**6. Анализ устойчивости САУ** (с учетом требуемого коэффициента усиления разомкнутой системы)

6.1. Анализ устойчивости замкнутой САУ с помощью алгебраического критерия.

6.2. Анализ устойчивости с использованием частотного критерия (с необходимыми пояснениями).

6.3. (только для курсовой работы) Анализ влияния коэффициента усиления разомкнутой САУ на устойчивость.

6.4. Построение и анализ диаграммы Боде для разомкнутой САУ (включая ее анализ и вытекающие из него обоснованные выводы о динамических и статических свойствах исследуемой САУ).

6.6. (только для курсовой работы) Выводы по анализу устойчивости САУ.

**7. Синтез САУ**

7.1. (только для курсовой работы) Выбор и обоснование методов синтеза САУ.

7.2. Расчет и построение асимптотической ЛАХ исходной САУ и желаемой ЛАХ. Последовательность расчета и необходимые пояснения.

7.3. Определение асимптотической ЛАХ, операторной передаточной функции и постоянных времени последовательного корректирующего устройства (последовательность расчета и необходимые пояснения).

7.4. *(только для курсовой работы)* Определение асимптотической ЛАХ, операторной передаточной функции и постоянных времени корректирующей обратной связи (последовательность расчета и необходимые пояснения).

7.5. *(только для курсовой работы)* Выбор схем реализации корректирующих устройств и расчет их параметров.

7.6. *(только для курсовой работы)* Определение фактических запасов устойчивости скорректированных ЛАХ (на основании диаграммы Боде).

7.6. *(только для курсовой работы)* Структурно-параметрический синтез САУ, определение передаточных функций и расчет параметров регуляторов.

## **8. *(только для курсовой работы)* Анализ скорректированной САУ**

8.1. Оценка фактических запасов устойчивости скорректированной системы (на основании диаграммы Боде).

8.2. Расчет переходного процесса в скорректированных САУ по управляющему и по возмущающему воздействиям.

8.3. Оценка качества переходного процесса скорректированной САУ и сравнение с заданными показателями.

**9. *(только для курсовой работы)* Выводы по работе.** Сравнительная характеристика различных видов коррекции с учетом схемы их реализации.

## **10. Список используемой литературы**

### **3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ И РГР**

Для линейной САУ, заданной структурной схемой (приложение А) и численными значениями параметров (приложения Б), для реализации необходимых показателей качества управления (Приложение В) требуется:

1. Найти передаточные функции в разомкнутом состоянии, в замкнутом состоянии – по управляющему и возмущающему воздействиям, а также передаточные функции по ошибке.

2. Исходя из заданной точности (допустимой ошибки  $\delta, \%$ ) и требуемого диапазона регулирования ( $D$ ) определить необходимый коэффициент усиления разомкнутой системы ( $K_{p \text{ треб}}$ ), рассчитать коэффициент передачи промежуточного усилителя  $K_{пу}$ . При всех дальнейших расчетах учитывать полученное значение коэффициента  $K_{пу}$ .

3. Исходя из индивидуального варианта, определить устойчивость САУ двумя критериями (аналитическим и частотным).

4. *(только для курсовой работы)* Определить критический коэффициент усиления (например, на основе метода корневого годографа). Установить влияние коэффициента усиления разомкнутой ( $K_p$ ) САУ на ее устойчивость.

5. Построить диаграмму Боде для исходной САУ и на основании ее анализа привести обоснованные выводы о динамических и статических свойствах исследуемой САУ.

6. *(только для курсовой работы)* Синтезировать корректирующее устройство, обеспечивающее требуемые показатели качества системы. Провести синтез последовательной и параллельной коррекции, определить передаточные функции корректирующих устройств (КУ), выбрать схемную реализацию КУ, рассчитать их параметры. При синтезе КУ пользоваться методом асимптотических ЛАХ. При построении желаемой ЛАХ ее частоту среза  $\omega_{ср}$  определить, ориентируясь на заданное быстродействие ( $t_{пп}$ ) и перерегулирование ( $\sigma = 25\%$ ).

7. *(только для курсовой работы)* Для каждого из рассчитанных КУ определить передаточную функцию скорректированной разомкнутой САУ и определить (пользуясь программой MATLAB) фактические запасы устойчивости скорректированной САУ.

8. Для исходной нескорректированной САУ провести структурно-параметрический синтез регуляторов, ориентируясь на заданные показатели качества. Определить передаточные функции регуляторов, предложить схемную реализацию, рассчитать параметры регуляторов. Провести последовательную оптимизацию контуров подчиненного регулирования, организовав внутренний контур регулирования тока якоря двигателя, а внешний контур – регулирования скорости.

8. *(только для курсовой работы)* Построить переходный процесс скорректированной системы при единичном входном воздействии для

трех случаев: 1) для одноконтурной САУ ЭП с последовательной коррекцией; 2) для САУ с корректирующей обратной связью (с встречно-параллельной коррекцией); 3) для САУ, построенной в соответствии с принципами структурно-параметрической оптимизации. Определить показатели качества регулирования скорректированной САУ. Сравнить полученные показатели качества для различных видов коррекции, а также сложность реализации используемых корректирующих устройств.

### **ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Малафеев С. И. Основы автоматики и системы автоматического управления [Текст] : учебник для вузов / С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. – М. :Академия, 2010. – 383 с.
2. Бесекерский В. А Теория систем автоматического управления [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. – СПб.: Профессия, 2007. – 747 с.
3. Цветкова О. Л. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебник / О. П. Цветкова. – Электрон. дан. – Москва : Директ-Медиа, 2016. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/198032>.
4. Панкратов В. В. Избранные разделы теории автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Панкратов, О. В. Нос, Е. А. Зима. – Электрон. дан. – Новосибирск : НГТУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/185999>
5. Ротач В. Я. Теория автоматического управления [Текст] : учебник для вузов / В. Я. Ротач. – М.: МЭИ, 2007. – 399 с.
6. Ким Д. П. Теория автоматического управления [Текст]: учебник для вузов: в 2 т. Т.1. Линейные системы / Д. П. Ким. – М.: Физматлит, 2007. – 310 с.
7. Ким Д. П. Теория автоматического управления [Текст]: учебник для вузов: в 2 т. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д. П. Ким. – М.: Физматлит, 2007. – 440 с.
8. Жмудь В. А. Моделирование, исследование и оптимизация замкнутых систем автоматического управления [Электронный ресурс] / В. А. Жмудь. – Электрон. дан. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/185655> .

9. Востриков А. С. Задача синтеза в теории регулирования [Электронный ресурс] / А. С. Востриков. – Электрон. дан. – Новосибирск: НГТУ, 2011. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/books/186292>.
10. Лукас, В. А. Теория автоматического управления [Текст] : учебник для вузов / В. А. Лукас. – 2-е изд. – М. : Недра, 1990. – 416 с.
11. Лукас, В. А. Теория управления техническими системами [Текст] : Компактный учебный курс для вузов / В.А. Лукас. – 3-е изд. – Екатеринбург : УГГГА, 2002. – 674 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ (САУ)

Дана структурная схема одноконтурной системы автоматического регулирования (САУ) скорости двигателя постоянного тока (ДПТ) независимого возбуждения, питаемого от тиристорного преобразователя (ТП).

Главная обратная связь реализована по скорости двигателя. В качестве датчика скорости (ДС) используется тахогенератор, сигнал с выхода которого преобразован до уровня, используемого в современных системах управления комплектных тиристорных электроприводов (КТЭ). В главный контур регулирования включен промежуточный усилитель ПУ, предназначенный для обеспечения заданной статической точности и реализации отрицательной обратной связи – суммирования сигнала задания скорости  $U_z$  и сигнала обратной связи по скорости  $U_{дс}$ .

Двигатель рассчитан на номинальное напряжения якоря  $U_n=220$  В. Мощность двигателя  $P_{ном}$ , номинальный ток двигателя  $I_n$ , номинальная скорость вращения якоря  $\omega_n$ , суммарное сопротивление якорной цепи  $Rя$ , коэффициент передачи двигателя  $Kд$ , электромагнитная постоянная времени  $Tя$  и электромеханические постоянные времени  $Tм$  – заданы для каждого варианта курсовой работы и РГР в приложении Б.

Тиристорный преобразователь ТП во всех случаях представлен инерционным звеном, имеющим коэффициент передачи  $K_{тп} = 22$  и постоянную времени  $T_{тп} = 0,01$  с.

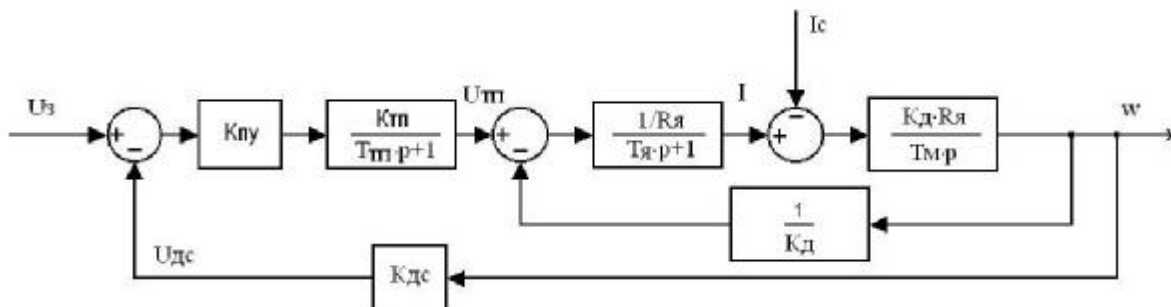


Рисунок 1. Структурная схема САУ

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 – Численные значения параметров структурной схемы в соответствии с номером варианта

Номер варианта	Параметры структурной схемы								
	Тя, с	Тм, с	Ря, Ом	Кд, (рад/с)/В	Кдс, В/(рад/с)	ω <sub>ном</sub> , рад/с	I <sub>ном</sub> , А	P <sub>ном</sub> , Вт	Кдг* В/А
1	0,030	0,040	1,5	0,66	0,0459	130	14,5	2,5	0,27
2	0,035	0,045	0,9	0,55	0,551	110	25	4,5	0,15
3	0,04	0,13	0,35	0,44	0,0689	90	48	9	0,08
4	0,045	0,06	0,25	0,33	0,0918	69	64	12	0,06
5	0,03	0,04	0,19	0,34	0,0891	70	86	16	0,04
6	0,035	0,045	0,11	0,29	0,104	60	120	23	0,03
7	0,038	0,042	0,08	0,31	0,0978	65	170	33	0,02
8	0,031	0,145	0,05	0,29	0,104	58	235	46	0,015
9	0,04	0,03	1,3	0,61	0,0497	120	17	3	0,22
10	0,035	0,15	1,0	0,54	0,0561	105	26	4,5	0,14
11	0,032	0,045	0,7	0,57	0,0532	113	33	6	0,12
12	0,045	0,05	0,52	0,44	0,0689	87	47	8,5	0,08
13	0,03	0,13	0,32	0,39	0,778	79	65	12	0,06
14	0,04	0,17	0,21	0,35	0,0866	71	85	16	0,04
15	0,031	0,131	0,14	0,32	0,0947	66	120	21	0,03
16	0,035	0,16	0,57	0,73	0,0415	146	35	5,5	0,1
17	0,035	0,07	0,38	0,76	0,0399	155	45	8	0,08
18	0,04	0,04	0,27	0,70	0,0433	141	66	12	0,06
19	0,029	0,035	0,19	0,61	0,0497	123	87	16	0,04
20	0,03	0,13	6,4	1,05	0,0289	210	4,7	0,75	0,8
21	0,03	0,04	3,5	1,08	0,0281	210	7,5	1,2	0,5
22	0,04	0,12	1,3	1,04	0,0291	210	14	2,3	0,28
23	0,031	0,125	0,6	0,84	0,0361	165	40	6,5	0,10
24	0,03	0,14	0,4	0,83	0,0365	165	55	9,5	0,07
25	0,035	0,15	0,25	0,75	0,0404	150	80	14,5	0,05
26	0,042	0,038	0,2	0,75	0,0404	150	95	18,5	0,04
27	0,033	0,15	0,15	0,6	0,0505	120	130	24	0,03
28	0,31	0,07	0,09	0,59	0,0504	120	160	29	0,025
29	0,03	0,13	0,07	0,57	0,0532	120	177	33	0,02

Продолжение таблицы Б1

Номер варианта	Параметры структурной схемы								
	Тя, с	Тм, с	Ря, Ом	Кд, (рад/с)/В	Кдс, В/(рад/с)	$\omega_{ном}$ , рад/с	$I_{ном}$ , А	$P_{ном}$ , Вт	Кдт В/А
30	0,033	0,044	0,28	0,79	0,0384	160	67	2,5	0,055
31	0,03	0,15	0,22	0,59	0,514	120	80	4,5	0,045
32	0,035	0,16	0,11	0,58	0,0522	120	110	9	0,035
33	0,03	0,06	0,65	0,73	0,0415	150	23,5	12	0,15
34	0,04	0,04	0,31	1,1	0,0276	230	35	16	0,1
35	0,031	0,155	0,18	1,07	0,0283	225	52	23	0,07
36	0,039	0,16	0,37	0,78	0,0388	170	35	33	0,1
37	0,03	0,12	0,22	0,96	0,0316	200	48	46	0,08
38	0,04	0,05	0,51	0,73	0,0415	150	30	3	0,1
39	0,032	0,14	0,15	0,96	0,0316	200	82	4,5	0,04
40	0,035	0,045	0,33	0,86	0,0352	190	55	6	0,07
41	0,042	0,038	0,13	0,9	0,0337	190	73	8,5	0,05
42	0,04	0,035	0,12	0,92	0,0329	190	110	12	0,035
43	0,04	0,17	0,06	0,9	0,0337	190	174	16	0,02
44	0,038	0,055	0,08	0,81	0,0374	170	22	21	0,15
45	0,032	0,046	0,04	0,86	0,0352	180	238	5,5	0,015
46	0,033	0,043	0,08	0,77	0,0393	160	151	8	0,025
47	0,04	0,17	0,13	0,63	0,0481	130	102	12	0,035
48	0,03	0,06	3,5	1,08	0,0281	210	7,5	16	0,5
49	0,03	0,14	1,3	1,04	0,0291	210	14	0,75	0,25
50	0,04	0,06	0,2	0,75	0,0404	150	95	1,2	0,04

Примечание.

Если при синтезе САУ возникает необходимость использовать отрицательную обратную связь по току якоря двигателя, то рекомендуется принять коэффициент обратной связи по току, равный Кдт.



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 – Заданные показатели качества управления  
и критерии устойчивости

Номер варианта	Ошибка регулирования $\delta$ , %	Время регулирования $t_{ин}$ , с	Диапазон регулирования, D	Критерии устойчивости
1	1	0,6	20	Г, Н
2	1,5	0,7	40	Р, М
3	2	2,0	60	Р, Н
4	2,5	0,9	80	Г, Н
5	3,5	0,6	100	Г, Н
6	1,5	0,7	20	Р, М
7	2	0,65	40	Г, Н
8	2,5	2,2	60	Р, Н
9	2,8	0,5	80	Г, Н
10	3	2,3	100	Р, М
11	1,5	0,7	20	Р, Н
12	1	0,8	40	Г, Н
13	2,3	2,0	60	Г, Н
14	2,5	2,6	80	Р, М
15	3,5	2,0	100	Р, Н
16	3	2,5	20	Г, Н
17	2	1,1	40	Г, Н
18	2,2	0,65	60	Р, М
19	2,2	0,55	80	Р, Н
20	3,2	2,0	100	Г, Н
21	1,2	0,6	20	Г, Н
22	2,5	1,85	40	Р, М
23	3	1,9	60	Р, Н
24	3,5	2,1	80	Г, Н
25	2,8	2,25	100	Г, Н
26	1	0,65	20	Р, М
27	1,5	2,25	40	Р, Н
28	2	1,1	60	Г, Н
29	2,5	2,0	80	Г, Н
30	2,8	0,75	100	Р, М
31	2	2,25	20	Р, Н
32	3	2,4	40	Г, Н
33	1,5	0,9	60	Г, Н
34	1	0,65	80	Р, М
35	3	2,3	100	Р, Н
36	2,5	2,4	20	Г, Н
37	1	1,8	40	Г, Н
38	1,5	0,8	60	Р, М

Продолжение таблицы В1

Номер варианта	Ошибка регулирования $\delta$ , %	Время регулирования $t_{пп}$ , с	Диапазон регулирования, $D$	Критерии устойчивости
39	2,5	2,1	80	Р, Н
40	2	0,7	100	Г, Н
41	1,5	0,6	20	Г, Н
42	1	0,55	40	Р, М
43	3	2,6	60	Р, Н
44	2,5	0,85	80	Г, Н
45	2,8	0,9	100	Г, Н
46	2	0,65	20	Р, М
47	2	2,6	40	Р, Н
48	1,5	0,9	60	Г, Н
49	2,8	2,1	80	Г, Н
50	3	1,0	100	Р, М

Примечания

1. Для всех вариантов перерегулирование скорости  $\sigma\% = 25\%$ .
2.  $D$  – диапазон регулирования скорости  $D = \omega_{max}/\omega_{min}$ .
3. В последнем столбце таблицы используются следующие условные обозначения критериев устойчивости:
  - Г – алгебраический критерий Гурвица;
  - Р – алгебраический критерий Рауса;
  - М – частотный критерий Михайлова;
  - Н – частотный критерий Найквиста.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Образец оформления титульного листа

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра электротехники, электропривода и  
промышленной электроники

## РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе по учебной дисциплине

«\_\_\_\_\_»

тема:

«Синтез линейной системы автоматического управления»

Вариант \_\_

Выполнил:  
обучающийся гр. \_\_\_\_\_

Проверил:

\_\_\_\_\_

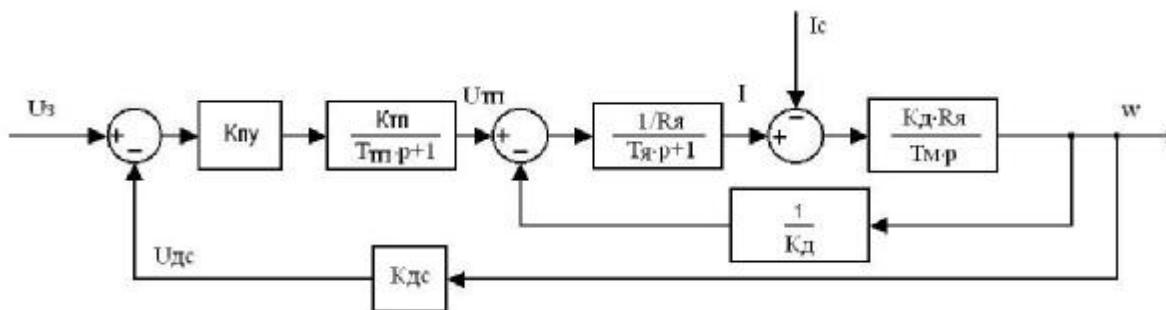
Новокузнецк  
2017

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Образец оформления индивидуального задания на курсовую работу

Вариант 17

Исходная структурная схема САУ ЭП



Численные значения параметров структурной схемы

Параметры структурной схемы								
Тя, с	Тм, с	Ря, Ом	Кд, (рад/с)/В	Кдс, В/(рад/с)	ω <sub>ном</sub> , рад/с	I <sub>ном</sub> , А	P <sub>ном</sub> , Вт	КДТ* В/А
0,038	0,042	0,08	0,31	0,0978	65	170	33	0,02

Заданные критерии устойчивости: Гурвица и Найквиста

Заданные показатели качества управления

Ошибка регулирования δ, %	Время регулирования t <sub>пп</sub> , с	Диапазон регулирования, D
2	0,65	40

Задание получил: обучающийся гр. \_\_\_\_\_  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года / Подпись /

Задание проверил  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года / Подпись /