

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ

«СОГЛАСОВАНО»
Решением П(Ц)МК
Протокол № _____
от «__» _____ 20__ г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора по УР
_____ С.В. Клюквина
«__» _____ 20__ г.

Методические рекомендации для студентов по
проведению лабораторных работ
по дисциплине

**«МДК. 01.02. Тестирование разработанной модели элементов систем
автоматизации с формированием пакета технической документации»**

для специальности

**15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и
производств (по отраслям)**

Саратов 2019г

Разработал преподаватель СКМ и Э ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А» **Карпеева Е.В.**

Данные методические рекомендации предназначены для студентов 2 и 3 курсов, специальности **15.02.14** Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям).

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	3
Введение.....	4
Цель практических занятий.....	4
Организация практического занятия.....	5
Структура практического занятия.....	7
Список рекомендуемой литературы.....	50

Введение

Практические занятия, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Семинар является видом практических занятий.

В процессе практического занятия обучающиеся выполняют одно или несколько практических заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися практических занятий проводится с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

Цель практических занятий

В результате освоения учебной дисциплины «МДК. 01.02. Тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации с формированием пакета технической документации» обучающийся должен **уметь**:

анализировать имеющиеся решения по выбору программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации;

выбирать и применять программное обеспечение для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания;

создавать и тестировать модели элементов систем автоматизации на основе технического задания;

разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания;

использовать методику построения виртуальной модели;

использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM – системы) для разработки виртуальной модели элементов систем автоматизации;

проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации;

проводить оценку функциональности компонентов;

использовать автоматизированные рабочие места техника для виртуального тестирования разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов;

использовать пакеты прикладных программ (CAD/CAM – системы) для разработки технической документации на проектирование элементов систем автоматизации;

оформлять техническую документацию на разработанную модель элементов систем автоматизации, в том числе с использованием средств САПР;

читать и понимать чертежи и технологическую документацию.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

современное программное обеспечение для создания и выбора систем автоматизации;

критерии выбора современного программного обеспечения для моделирования элементов систем автоматизации;

теоретические основы моделирования;

назначения и области применения элементов систем автоматизации;

содержания и правила оформления технических заданий на проектирование;

методики построения виртуальных моделей;

программное обеспечение для построения виртуальных моделей;

функциональное назначение элементов систем автоматизации;

основы технической диагностики средств автоматизации;

основы оптимизации работы компонентов средств автоматизации;

классификацию, назначение, область применения и технологические возможности элементов систем автоматизации;

служебное назначение и конструктивно-технологических признаки разрабатываемых элементов систем автоматизации;

требования ЕСКД и ЕСТД к оформлению технической документации для элементов систем автоматизации.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов к освоению профессионального модуля основной профессиональной

образовательной программы по специальности и овладению профессиональными компетенциями:

ПК 1.1. Осуществлять анализ имеющихся решений для выбора программного обеспечения для создания и тестирования модели элементов систем автоматизации на основе технического задания.

ПК 1.2. Разрабатывать виртуальную модель элементов систем автоматизации на основе выбранного программного обеспечения и технического задания.

ПК 1.3. Проводить виртуальное тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации для оценки функциональности компонентов.

ПК 1.4. Формировать пакет технической документации на разработанную модель элементов систем автоматизации.

А также формированию общих компетенций:

ОК1. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК2. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК3. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК4. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК5. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК6. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК7. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК9. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ОК11. Планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

Критерии оценки выполнения практической и лабораторной работы:

№	Критерии оценки	Оценка
1	Студент выполнил работу полностью, проявил самостоятельность, активность, при защите работы ответил на все вопросы	Отлично
2	Студент выполнил работу полностью, проявил самостоятельность, активность, при защите ответил не на все вопросы	Хорошо
3	Студент выполнил работу полностью, при выполнении работы проявил недостаточную самостоятельность, пользовался помощью преподавателя, при защите работы ответил не на все вопросы	Удовлетворительно
4	Студент не закончил выполнение работы, самостоятельности при выполнении работы не проявил, на вопросы при защите не ответил	Неудовлетворительно

Организация практического занятия

Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.) - кабинет (**В соответствии с УП**).

В соответствии с требованиям ФГОС СПО 15.02.14 «Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств» реализация ППССЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися и практических занятий, включая как обязательный компонент *практические занятия. (с использованием персональных компьютеров)*.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие *репродуктивный характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура,

материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие *частично-поисковый характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие *поисковый характер*, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении практических занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При *фронтальной форме* организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При *групповой форме* организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При *индивидуальной форме* организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения практических занятий рекомендуется:

- разработка сборников задач, заданий и упражнений;
- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к практическим занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;
- подчинение методики проведения практических занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;
- применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого обучающегося за самостоятельное выполнение полного объема работ;
- проведение практических занятий на повышенном уровне трудности с включением в них заданий, связанных с выбором обучающимися условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования;

- подбор дополнительных задач и заданий для обучающихся, работающих в более быстром темпе, для эффективного использования времени, отводимого на практические занятия.

Методические указания к практическим и лабораторным работам разработаны на основе рабочей программы профессионального модуля ПМ 01 Разработка и компьютерное моделирование элементов систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов.

Содержание практических и лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов к освоению междисциплинарного курса МДК. 01.02. Тестирование разработанной модели элементов систем автоматизации с формированием пакета технической документации. основной профессиональной образовательной программы по специальности 15.02.14 «Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств» и овладению профессиональными компетенциями.

Лабораторная работа №1.

Тема: Исследование статических и динамических характеристик типовых динамических звеньев первого порядка

Цели и задачи урока: Научиться определять статическую передаточную функцию типовых динамических звеньев первого порядка. Строить для них частотные и переходные характеристики.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. При подготовке к работе, согласно заданному варианту (см. табл. 1), построить аппроксимированные логарифмические амплитудо-частотные характеристики (ЛАЧХ) и точные фазо-частотные характеристики (ФЧХ) динамического звена. По виду аппроксимированных ЛАЧХ построить переходные функции. Рассчитать точные ЛАЧХ и переходные функции.
4. Снять переходную характеристику, экспериментальные ЛАЧХ, ФЧХ и статическую характеристику звена. Сопоставить результаты с расчетами.
5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе. Оценить погрешность приближенных расчетов.
6. Выводы.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Типовые динамические звенья»
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления в исходное положение:

- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Типовые динамические звенья» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

№ варианта	Ki	Ti, мс	Di	T2, мс	D2
1	1 (2)	0 (0)	1	5 (3)	0
2	1 (2)	2 (2)	0	0 (0)	1
3	1 (2)	0 (0)	1	1 (1)	1
4	1 (2)	5 (3)	0	2 (2)	1
5	1 (2)	2 (2)	1	5 (3)	0
6	1 (2)	1 (1)	1	0 (0)	1
7	1 (2)	1 (1)	1	2 (2)	1
8	1 (2)	5 (3)	1	1 (1)	1
9	0,5 (1)	0 (0)	1	1 (1)	1
10	2 (3)	10 (5)	1	10 (5)	0

После установки начальных положений переключателей необходимо выставить значения параметров в соответствии с табл. 1. В скобках указаны номера положений тумблеров, регулирующих указанные параметры.

Соединить клемму X1 с клеммой X6. Клеммы X6 и X7 соединить с любыми из аналоговых входов AI1...AI8. Объединить «землю» ввода аналоговых сигналов и «землю» модуля «типовые динамические звенья». Подать сигнал на звено с помощью тумблера SA1, предварительно выставив его амплитуду потенциометром RP1. Переходную характеристику системы зафиксировать с помощью ПО *DeltaProfi* (см. приложение).

В качестве сигнала задания возможно использование одно- и двухполярного меандра с выхода модуля «Функциональный генератор», при этом период должен быть минимум в 3...4 раза больше максимальной постоянной времени динамического звена.

Убедиться, что качественный вид графика переходного процесса не зависит от величины подаваемого ступенчатого сигнала, задавая разные значения этого сигнала потенциометром RP1 и фиксируя график переходного процесса.

Построить статическую характеристику системы, подавая разные величины сигнала на ее вход и фиксируя выходные значения после завершения переходного процесса. Результаты занести в табл.

$U_{\text{вых}}$ В				
--------------------	--	--	--	--

Таблица

Соединить клемму X8с выходной клеммой модуля «Функциональный генератор», предварительно отсоединив ее от клеммы X1. Выставить синусоидальную форму сигнала с генератора с амплитудным значением в районе 5 В. Изменяя частоту сигнала, фиксировать амплитудное значение выходного сигнала и разность фаз между сигналами с помощью программного обеспечения, установленного на компьютере (см. приложение), или с помощью осциллографа.

Результаты занести в табл. 3.

A_1, B									
$F_1,$									
A_2, B									
$\Delta\varphi,$									

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение амплитудно-частотной характеристики.
2. Дайте определение фазо-частотной характеристики.
3. Дайте определение переходной характеристики.
4. Назовите основные типовые динамические звенья.
5. Приведите примеры объектов, которые могут быть описаны интегрирующим звеном.
6. Приведите примеры объектов, которые могут быть описаны апериодическим звеном.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №2.
Тема : Исследование статических и динамических
характеристик типовых динамических звеньев второго порядка

Цели и задачи урока: Закрепление навыков построения ЛАЧХ и ФЧХ.

Изучение характеристик динамических звеньев второго порядка.

Ознакомление с фильтрами низких частот второго порядка.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.

2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.

3. При подготовке к работе рассчитать точные логарифмические амплитудно-частотные характеристики (ЛАЧХ), фазо-частотные характеристики (ФЧХ) и переходные характеристики для заданного варианта значений параметров колебательного звена (табл. 4).

4. При одинаковых параметрах коэффициента усиления и постоянной времени ($k=1$; $T=1$ мс), оценить влияние коэффициента ξ , на вид переходных процессов.

4. Снять переходную характеристику, экспериментальные ЛАЧХ, ФЧХ и статическую характеристику звена. Сопоставить результаты с расчетами.

5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Типовые динамические звенья»
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления в исходное положение:

- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Типовые динамические звенья» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начальных положений переключателей необходимо выставить значения параметров в соответствии с табл. 1. В скобках указаны номера положений тумблеров, регулирующих указанные параметры.

№ варианта	K2	Tз, мс	ξ	Фильтр
1	8 (5)	1 (1)	1 (5)	Апериод. 2
2	4 (4)	2 (2)	0,866 (4)	Бесселя
3	2 (3)	5 (3)	0,707 (3)	Баттерворта
4	1 (2)	10 (4)	0,383 (2)	Чебышева
5	0,5 (1)	20 (5)	1 (5)	Апериод. 2

Таблица 1

Соединить клемму X1 с клеммой X8. Клеммы X8 и X9 соединить с любыми из аналоговых входов AI1...AI8. Объединить «землю» ввода аналоговых сигналов и «землю» модуля «типовые динамические звенья». Подать сигнал на звено с помощью тумблера SA1, предварительно выставив его амплитуду потенциометром RP1. Переходную характеристику системы зафиксировать либо с помощью ПО *DeltaProfi* (см. приложение), либо с помощью осциллографа (в комплект поставки не входит).

В качестве сигнала задания возможно использование одно- и двухполярного меандра с выхода модуля «Функциональный генератор», при этом период должен быть минимум в 3.4 раза больше максимальной постоянной времени динамического звена.

Построить статическую характеристику системы, подавая разные величины сигнала на ее вход и фиксируя выходные значения после завершения переходного процесса. Результаты занести в табл. 2.

Таблица 2

U _{вх} , В				
U _{вых} , В				

Соединить клемму X8 с выходной клеммой модуля «Функциональный генератор», предварительно отсоединив ее от клеммы X1. Выставить форму сигнала с генератора - синусоида с амплитудным значением 5 В. Изменяя частоту сигнала фиксировать амплитудное значение выходного сигнала и разность фаз между сигналами с помощью программного обеспечения, установленного на компьютере (см. приложение), или с помощью осциллографа. Результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

$A_1, В$									
$f_1, Гц$									
$A_2, В$									
$\Delta\varphi, гр$									

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие апериодического звена первого порядка от апериодического звена второго порядка.
2. Как коэффициент ξ влияет на качество переходных процессов.
3. Чем отличаются фильтры Бесселя, Баттерворта, Чебышева.
4. Как выглядит ЛАЧХ и ФЧХ консервативного звена.
5. Приведите примеры области применения фильтров.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №3.

Тема: Последовательная коррекция системы автоматического управления

Цели и задачи урока: Научиться подбирать параметры последовательного корректирующего устройства.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. При подготовке к работе рассчитать аппроксимированные и точные ЛАЧХ, ФЧХ, а также переходную и статическую характеристики для заданного варианта соединения звеньев.
4. Снять экспериментальные характеристики соединения по пункту 3. Сопоставить результаты с расчетами.
5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

Дома при подготовке к работе, используя аппарат аппроксимированных частотных характеристик и зная параметры колебательного звена (табл. 1), которое является неизменяемой частью системы, подобрать параметры последовательного корректирующего устройства, исходя из ряда допустимых значений этих параметров по табл. 1 и данных в табл. 2. В скобках указаны номера положений тумблера для постоянных времени T_1 и T_2 .

Таблица 1

Номер положения тумблера	K_i	T_1 , мс	T_2 , мс
1 (0)	0,5	0	0
2 (1)	1	1	1
3 (2)	2	2	2
4 (3)	4	5	5
5 (4)	8	10	10

При подборе параметров корректирующего устройства руководствоваться следующими правилами:

-обеспечить запас устойчивости системы по фазе в пределах 40...60 градусов;

- обеспечить минимальное время регулирования при отработке ступенчатого задающего воздействия.

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Типовые динамические звенья»
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления в исходное положение:

- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Типовые динамические звенья» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начальных положений переключателей необходимо собрать схему с последовательным соединением звеньев модуля «типовые динамические звенья». Охватить их отрицательной обратной связью, используя элемент «сумматор». Параметры выставить в соответствии со своим вариантом по табл. 2 и результатами предварительных расчетов.

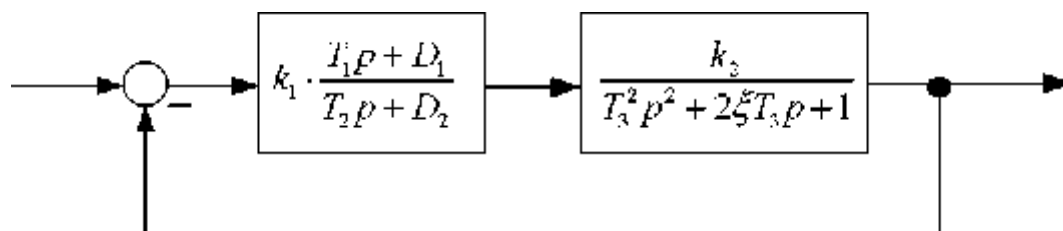


Рисунок 1. Схема с последовательным соединением звеньев

Таблица 2

№ варианта	D ₁ (T ₁)	D ₂	K ₂	T ₃	ξ
1	0	0	0,5	1	1
2	1	0	1	2	1
3	1 (0)	0	2	5	1
4	1 (T ₁ >T ₂)	1	4	10	1
5	1(T ₁ <T ₂)	1	8	20	1

Для подачи сигнала задания необходимо соединить клемму X1 модуля «Типовые динамические звенья» с входом собранной замкнутой системы -

клеммой X2 сумматора. Клеммы X2, X5, X7, X9 соединить с любыми из аналоговых входов AI1...AI8. Объединить общую точку ввода аналоговых сигналов и общую точку модуля «Типовые динамические звенья». Подать сигнал на систему с помощью тумблера SA1, предварительно выставив его амплитуду потенциометром RP1. Переходную характеристику системы зафиксировать либо с помощью ПО *DeltaProfi* (см. приложение).

В качестве сигнала задания возможно использование одно- и двухполярного меандра с выхода модуля «Функциональный генератор».

Убедиться, что качественный вид графика переходного процесса не зависит от величины подаваемого ступенчатого сигнала, задавая разные значения этого сигнала потенциометром RP1 и фиксируя график переходного процесса.

Построить статическую характеристику системы, подавая разные величины сигнала на ее вход и фиксируя выходные значения после завершения переходного процесса. Результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

$I_{\text{вх}}, \text{В}$				
$U_{\Sigma}, \text{В}$				
$U_1, \text{В}$				
$U_2, \text{В}$				
$U_{\text{вых}}, \text{В}$				

Для снятия динамических характеристик системы необходимо использовать в качестве источника сигнала задания выход модуля «Функциональный генератор». Для этого:

- отключить потенциометр сигнала задания RP1 модуля «Типовые динамические звенья» от исследуемой системы (клеммы X1, X2);
- соединить общие точки модулей «Типовые динамические звенья» и «Функциональный генератор»;
- сигнал с выхода функционального генератора подать на вход сумматора X2;
- выставить синусоидальную форму выходного сигнала генератора с амплитудным значением в районе 5 В;
- изменяя частоту сигнала, фиксировать амплитудное значение выходного сигнала и разность фаз между сигналами с помощью программного обеспечения, установленного на компьютере (см. приложение), или с помощью осциллографа. Результаты занести в табл. 4.

Таблица 3

$A_{вх}, В$							
$f_{вх}, Гц$							
$A_1, В$							
$\Delta\varphi_1, гр$							
$A_2, В$							
$\Delta\varphi_2, гр$							
$A_{вых}, В$							
$\Delta\varphi, гр$							

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Также необходимо привести опытные осциллограммы переходных процессов на выходе каждого звена исследуемой системы для трех значений частоты. Осциллограммы обработать. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Зачем в системах автоматического управления используется последовательная коррекция?
2. Каким образом выбирается последовательное корректирующее устройство?
3. Назовите типовые звенья, которые используются в качестве последовательных корректирующих устройств.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №4

Тема: Встречно-параллельная коррекция системы автоматического управления

Цели и задачи урока: Научиться подбирать параметры встречно-параллельного корректирующего устройства.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. При подготовке к работе рассчитать аппроксимированные и точные ЛАЧХ, ФЧХ, а также переходную и статические характеристики для заданного варианта соединения звеньев.
4. Снять экспериментальные характеристики соединения по пункту 3. Сопоставить результаты с расчетами.
5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

Дома при подготовке к работе, используя аппарат аппроксимированных частотных характеристик и зная параметры колебательного звена (табл. 1), которое является неизменяемой частью системы, подобрать параметры встречно-параллельного корректирующего устройства. В качестве такого устройства необходимо выбрать либо идеальное дифференцирующее (ИД) звено ($D_1 = 0$, $T_2 = 0$), либо реальное дифференцирующее (РД) звено ($D_1 = 0$). Такие звенья позволяют организовать гибкую обратную связь (ГОС), которая действует только во время переходного процесса. Тип корректирующего звена (КЗ) и параметры колебательного звена указаны в табл.1.

Таблица 1

№ варианта	Тип звена	K_2	T_3	ξ
1	ИД	0,5	1	0,1
2	РД	1	2	0,1
3	ИД	2	5	0,1
4	РД	4	10	0,1
5	ИД	8	20	0,1

При подборе параметров корректирующего устройства руководствоваться следующими правилами:

- обеспечить запас устойчивости системы по фазе в пределах 40.. 60 градусов;
- обеспечить минимальное время регулирования при отработке ступенчатого задающего воздействия.

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Типовые динамические звенья»
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления в исходное положение:

- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Типовые динамические звенья» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начальных положений переключателей необходимо собрать схему с встречно-параллельным соединением звеньев модуля «Типовые динамические звенья», используя элемент «сумматор» (рис. 1). Параметры звеньев выставить в соответствии со своим вариантом и результатами предварительных расчетов.

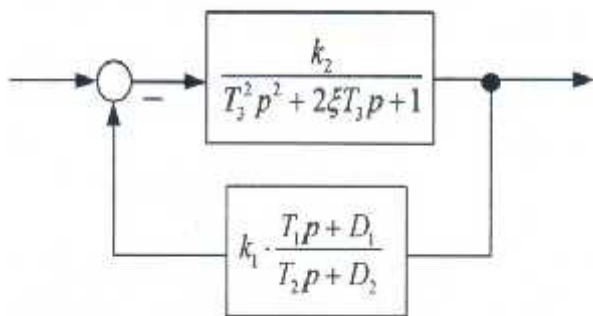


Рисунок 1. Схема с встречно-параллельным соединением звеньев

Для снятия статической характеристики системы на ее вход подается постоянный сигнал управления, при этом фиксируются значения сигнала на выходе системы. Опыт проводится в следующей последовательности:

- для подачи сигнала задания необходимо соединить клемму X1 модуля «Типовые динамические звенья» с входом собранной замкнутой системы - клеммой X2 сумматора;
- клеммы X2, X5, X9 соединить с любыми из аналоговых входов AI1 ...AI8. Объединить общую точку ввода аналоговых сигналов и общую точку модуля «Типовые динамические звенья»;

- подать сигнал на систему с помощью тумблера SA1, предварительно выставив его амплитуду потенциометром RP1. Переходную характеристику системы зафиксировать либо с помощью ПО *DeltaProfi* (см. приложение), либо с помощью осциллографа (в комплект поставки не входит). В качестве сигнала задания возможно использование одно- и двухполярного меандра с выхода модуля «Функциональный генератор».

Убедиться, что качественный вид графика переходного процесса не зависит от величины подаваемого ступенчатого сигнала, задавая разные значения этого сигнала потенциометром RP1 и фиксируя график переходного процесса.

Построить статическую характеристику системы, подавая разные величины сигнала на ее вход и фиксируя выходные значения после завершения переходного процесса. Результаты занести в табл. 2.

Таблица 2

$U_{вх}, В$				
$U_{\Sigma}, В$				
$U_{вых}, В$				

Для снятия динамических характеристик системы необходимо использовать в качестве источника сигнала задания выход модуля «Функциональный генератор». Для этого:

- отключить потенциометр сигнала задания RP1 модуля «Типовые динамические звенья» от исследуемой системы (клеммы X1, X2);
- соединить общие точки модулей «Типовые динамические звенья» и «Функциональный генератор»;
- сигнал с выхода функционального генератора подать на вход сумматора X2;
- выставить синусоидальную форму выходного сигнала генератора с амплитудным значением в районе 5 В;
- изменяя частоту сигнала, фиксировать амплитудное значение выходного сигнала и разность фаз между сигналами с помощью программного обеспечения, установленного на компьютере (см. приложение), или с помощью осциллографа. Результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

$A_{ВХ}, В$							
$f_{ВХ}, Гц$							
$A_{\Sigma}, В$							
$\Delta\phi_{\Sigma}, гр$							
$A_{ВЫХ}, В$							
$\Delta\phi, гр$							

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Также необходимо привести опытные осциллограммы переходных процессов на выходе каждого звена исследуемой системы для трех значений частоты. Осциллограммы обработать. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое гибкая обратная связь (ГОС)?
2. Какие типовые звенья используют в качестве встречно-параллельных корректирующих устройств?
3. Почему в качестве встречно-параллельного корректирующего устройства нельзя использовать интегратор?

Список рекомендуемой литературы.

- 1.Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
- 2.Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №5

Тема: Согласно-параллельная коррекция системы автоматического управления

Цели и задачи урока: Научиться подбирать параметры согласно-параллельного корректирующего устройства.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. При подготовке к работе рассчитать аппроксимированные и точные ЛАЧХ, ФЧХ, а также переходную и статическую характеристики для заданного варианта соединения звеньев.
4. Снять экспериментальные характеристики соединения по пункту 3. Сопоставить результаты с расчетами.
5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

Дома при подготовке к работе, используя аппарат аппроксимированных частотных характеристик и зная параметры колебательного звена (табл. 1), которое является неизменяемой частью системы, подобрать параметры согласно-параллельного корректирующего устройства. В качестве такого устройства необходимо выбрать реальное дифференцирующее (РД) звено ($D_i = 0$).

Таблица 1

№ варианта	K_2	T_3	ξ
1	0,5	1	1
2	1	2	1
3	2	5	1
4	4	10	1
5	8	20	1

При подборе параметров корректирующего устройства руководствоваться следующими правилами:

-обеспечить запас устойчивости системы по фазе в пределах 40...60 градусов;

- обеспечить минимальное время регулирования при отработке ступенчатого задающего воздействия.

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Типовые динамические звенья»
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления в исходное положение:

- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Типовые динамические звенья» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начальных положений переключателей необходимо собрать схему с согласно-параллельным соединением звеньев модуля «типовые динамические звенья», используя элемент «сумматор». Параметры звеньев выставить в соответствии со своим вариантом и результатами предварительных расчетов.

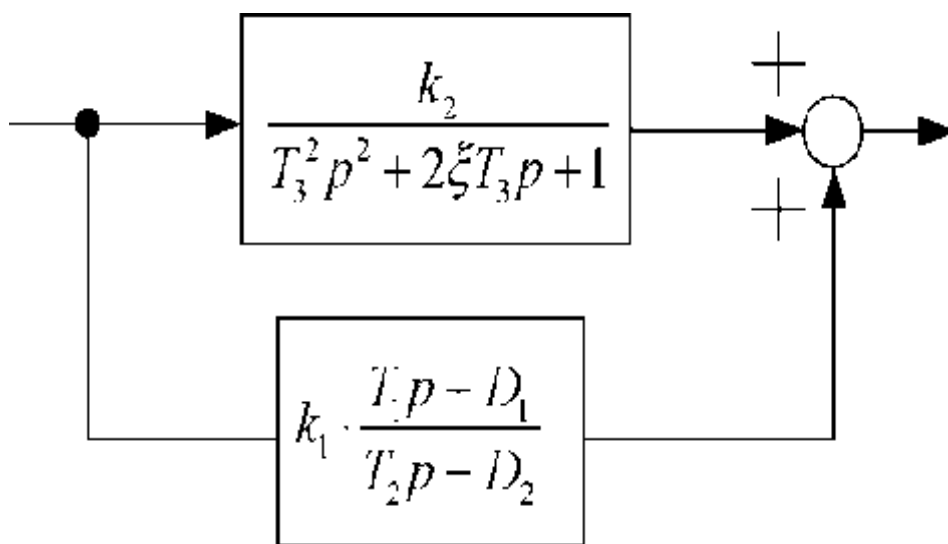


Рисунок 1. Схема с согласно-параллельным соединением звеньев

Для снятия статической характеристики системы на ее вход подается постоянный сигнал управления, при этом фиксируются значения сигнала на выходе системы. Опыт проводится в следующей последовательности:

- для подачи сигнала задания необходимо соединить клемму X1 модуля «Типовые динамические звенья» с входом собранной замкнутой системы - клеммой X8 звена второго порядка;
- клеммы X1, X8, X7, X5 соединить с любыми из аналоговых входов AI1 ...AI8. Объединить общую точку ввода аналоговых сигналов и общую точку модуля «Типовые динамические звенья»;
- подать сигнал на систему с помощью тумблера SA1, предварительно выставив его амплитуду потенциометром RP1. Переходную характеристику системы зафиксировать с помощью ПО *DeltaProfi* (см. приложение). В качестве сигнала задания возможно использование одно- и двухполярного меандра с выхода модуля «Функциональный генератор».

Убедиться, что качественный вид графика переходного процесса не зависит от величины подаваемого ступенчатого сигнала, задавая разные значения этого сигнала потенциометром RP1 и фиксируя график переходного процесса.

Построить статическую характеристику системы, подавая разные величины сигнала на ее вход и фиксируя выходные значения после завершения переходного процесса. Результаты занести в табл. 2.

Таблица 2

$U_{вх}, В$				
$U_1, В$				
$U_2, В$				
$U_{вых}, В$				

Для снятия динамических характеристик системы необходимо использовать в качестве источника сигнала задания выход модуля «Функциональный генератор». Для этого:

- отключить потенциометр сигнала задания RP1 модуля «Типовые динамические звенья» от исследуемой системы (клеммы X1, X8);
- соединить общие точки модулей «Типовые динамические звенья» и «Функциональный генератор»;
- сигнал с выхода функционального генератора подать на вход исследуемой системы (клемма X8);
- выставить синусоидальную форму выходного сигнала генератора с амплитудным значением в районе 5 В;
- изменяя частоту сигнала, фиксировать амплитудное значение выходного сигнала и разность фаз между сигналами с помощью программного

обеспечения, установленного на компьютере (см. приложение), или с помощью осциллографа. Результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

$A_{вх}, В$							
$f_{вх}, Гц$							
$A_1, В$							
$\Delta\phi_1, гр$							
$A_2, В$							
$\Delta\phi_2, гр$							
$A_{вых}, В$							
$\Delta\phi, гр$							

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Также необходимо привести опытные осциллограммы переходных процессов на выходе каждого звена исследуемой системы для трех значений частоты. Осциллограммы обработать. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях используется согласно-параллельная коррекция системы автоматического управления?
2. Нарисуйте и поясните частотные характеристики реально-дифференцирующего звена.
3. Приведите примеры объектов, свойства которых описываются реальнодифференцирующим звеном.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №6

Исследование статических режимов модели системы ШИП-ДПТ

Цели и задачи урока: Изучение и анализ статических характеристик модели системы ШИП-ДПТ.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. Снять статические характеристики при заданном токе статической нагрузки I_c и варьированном сигнале управления U_y (регулирующую, тока якоря, напряжения на якоре двигателя).
4. Снять статические характеристики при заданном сигнале управления U_y и варьированном токе статической нагрузки I_c (механическую, электромеханическую, внешнюю).
5. Построить расчетные характеристики по пунктам 3 и 4 по данным своего варианта.
6. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Модель системы ШИП-ДПТ»

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить потенциометр RP1 модуля «Модель системы ШИП-ДПТ» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начальных положений переключателей необходимо выставить значения коэффициентов усиления и постоянных времени в соответствии с табл. 1. В скобках таблицы указан номер положения тумблера, регулирующего указанный параметр. Во втором столбце таблицы указаны номера положений потенциометров RP1 и RP2, задающих величины сигналов U_y и I_c соответственно.

Таблица 1

№ варианта	$I_c (U_v)$	$r, \text{мс}$	$Tn, \text{мс}$	$Kя$	$Tя, \text{мс}$	$Tл, \text{мс}$
1	0 (4)	0,125 (1)	0,5 (1)	0,8 (1)	0,25 (1)	9 (1)
2	1 (3)	0,25 (2)	1 (2)	1,6 (2)	0,5 (2)	18 (2)
3	2 (2)	0,5 (3)	2 (3)	3,2 (3)	1 (3)	37 (3)
4	3 (1)	1 (4)	4 (4)	6,4 (4)	2 (4)	75 (4)
5	4 (0)	2 (5)	8 (5)	12,8 (5)	4 (5)	150 (5)

Для подачи сигнала управления соединить клеммы $X1$ и $X2$ модуля «Модель системы ШИП-ДПТ», а для подачи возмущающего воздействия соединить клеммы $X7$ и $X8$.

Вывести сигналы с клемм $X1, X3, X5, X7, X11$ в плату ввода аналоговых сигналов (клеммы $AI1 \dots AI8$), не забыв объединить общие точки платы ввода и модуля «Модель системы ШИП-ДПТ». Замкнуть обратную связь по ЭДС, соединив клеммы $X6$ и $X10$.

Установить ток статической нагрузки в соответствии с вариантом и, изменяя сигнал задания потенциометром, а полярность тумблером SA1, заполнить табл. 2.

Таблица 2

$U_y, \text{В}$							
$E_n, \text{В}$							
$I_n, \text{В}$							
$n, \text{В}$							

Приняв за базовое значение напряжение 10В, найти относительные значения величин в табл. 1. Рассчитать относительное значение тока нагрузки I_c . Построить характеристики напряжения на якоре двигателя $E_n = f(U_y)$, тока якоря $I_a = f(U_y)$, регулировочную $n = f(U_y)$.

Установить сигнал задания в соответствии с вариантом и, изменяя ток статической нагрузки потенциометром, а полярность тумблером SA6, заполнить табл. 3.

Таблица 3

$I_C, В$							
$E_n, В$							
$I_a, В$							
$n, В$							

Приняв за базовое значение напряжение 10В, найти относительные значения величин в табл. 3. Рассчитать относительное значение сигнала задания U_y . Построить характеристики: механическую $n = f(I_C)$, электромеханическую $n = f(I_C)$, внешнюю $E_n = f(I_C)$.

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Изобразите механическую характеристику двигателя постоянного тока и поясните ее вид.
2. Изобразите внешнюю характеристику двигателя постоянного тока и поясните ее вид.
3. Изобразите регулировочную характеристику двигателя постоянного тока и поясните ее вид.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №7

Тема: Исследование статических режимов системы ШИП-ДПТ

Цели и задачи урока: Изучение и анализ статических характеристик системы ШИП-ДПТ.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. Снять статические характеристики при заданном нагрузочном сопротивлении R_H и варьируемом сигнале управления $u_{УПР}$ (регулирующую, тока якоря, напряжения на якоре двигателя) для разных несущих частот f_H двух типов управления (симметричное и несимметричное) в соответствии со своим вариантом. Сравнить с характеристиками работы 6.
4. Снять статические характеристики при заданном сигнале управления $u_{УПР}$ и варьируемом нагрузочном сопротивлении R_H (механическую, электромеханическую, внешнюю). Сравнить с характеристиками работы 6.
5. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Система ШИП-ДПТ»;
- модуль «Типовые динамические звенья»;
- модуль «Модель системы ШИП-ДПТ».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления стендом в исходное положение:

- перевести клавишный выключатель =24В модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить тумблер SA2 «Разрешение», SA5 «Разрешение» модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить потенциометр RP1 модуля «Модель системы ШИП-ДПТ» в крайнее положение против часовой стрелки, а переключатель SA1 - в среднее положение.

После установки начального состояния элементов управления выставить параметры системы ШИП-ДПТ в соответствии с вариантом (табл. 1).

Таблица 1

№ варианта	Вид управл.	Маховик	f_k ,кГц (полож. SA3)	L ,мГн (полож. SA1)	R_H (полож. RP1)	U_y ,В
1	Симметрич.	Нет	1 (1)	5 (1)	(1)	4
2	Несимметрич.	Малый	2 (2)	10 (2)	(2)	5
3	Симметрич.	Средний	4 (3)	20 (3)	(3)	7
4	Несимметрич.	Большой	1 (1)	5 (1)	(4)	9
5	Симметрич.	Нет	2 (2)	10 (2)	(5)	10

Соединить клемму $X1$ модуля «Система ШИП-ДПТ» с клеммой $X1$ модуля «Модель системы ШИП-ДПТ». Ввести сигналы с клемм $X1$, $X3$, $X6$, $X9$ в плату ввода аналоговых сигналов (клеммы $AI1...AI8$), не забыв объединить общие точки платы ввода и датчиков модуля «Система ШИП-ДПТ».

Для снятия регулировочной характеристики необходимо:

- подать напряжение питания включением автоматического выключателя QF1 модуля питания стенда;
- подать напряжения питания на широтно-импульсный преобразователь включением клавишного переключателя =24В модуля «Система ШИП-ДПТ»;
- установить величину R_H в соответствии с вариантом (табл. 1);
- выбрать полярность сигнала управления с помощью переключателя SA1 модуля «Модель системы ШИП-ДПТ» и изменяя сигнал задания потенциометром RP1, снять характеристику, занося результаты в табл. 2.

Таблица 2

U_y , В							
E_L , В							
I_a , В							
n , В							

Перевести значения напряжений на выходе датчиков в табл. 2 в абсолютные значения измеряемых координат, используя коэффициенты усиления датчиков напряжения (ДН), тока (ДТ) и скорости (n) в табл. 3

Таблица 3

Коэффициент	$K_{дн}$, В/В	$K_{дт}$, А/В	K_n , (об/мин)/В
Значение	2,4	0,4	300

Найти относительные значения полученных величин, воспользовавшись номинальными данными двигателя в табл. 4.

Таблица 4

Параметр двигателя	Значение
Напряжение на якоре, U_y	24 В
Номинальный якорный ток, I_y	1,9 А
Номинальная скорость, $n_{ном}$	2850 об/мин
Номинальный момент, M_H	0,08 Нм
Активное сопротивление якорной	3,5 Ом
Момент инерции двигателя, J	$8,1 \cdot 10^{-5}$ кгм ²

Построить характеристики напряжения на якоре двигателя $E_{\Pi} = f(U_y)$, тока якоря $I_y = f(U_y)$, $n = f(U_y)$. Сравнить с характеристиками, полученными в работе 6.

Для снятия механической характеристики системы необходимо:

- установить сигнал задания согласно варианту;

- плавно изменяя сопротивление нагрузки потенциометром RP1 модуля «Система ШИП-ДПТ», снять механическую характеристику, занося результаты измерений в табл. 5

Таблица 5

I_n , В						
E_n , В						
I_y , В						
n , В						

Воспользовавшись данными табл. 3 и 4, найти относительные значения величин в табл. 5. Рассчитать относительное значение сигнала задания U_y . Построить характеристики: механическую $n = f(M)$, электромеханическую $n = f(I_y)$, внешнюю $E_{\Pi} = f(I_y)$. Сравнить с характеристиками, полученными в работе 6.

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

1. Чем отличается симметричное управление широтно-импульсным преобразователем от несимметричного управления?
2. Как влияет маховик на валу двигателя на его статические характеристики?
3. Поясните, как изменяется нагрузка на валу двигателя при изменении скорости и постоянной величине нагрузочного сопротивления.
4. Оценить влияние индуктивности в якорной цепи на величину пульсаций тока якоря. Используя параметры своего варианта, рассчитайте амплитуду пульсаций тока в процентах от номинального значения.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №8

Тема: Исследование динамических режимов модели системы ШИП-ДПТ

Цели и задачи урока: Научиться определять параметры звеньев модели системы по частотным характеристикам

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. При подготовке к работе рассчитать частотные характеристики по каналам «сигнал управления - скорость», «сигнал управления - ток якоря» для разомкнутой и замкнутой обратной связи по ЭДС, «сигнал управления - напряжение на якоре». Параметры взять из табл. 9 в соответствии со своим вариантом.
4. В лаборатории снять экспериментальные характеристики по пункту 3. По ним определить постоянные времени t , T_{Π} , T_{Σ} , $T_{\text{ди}}$ коэффициент K_{Σ} .
5. Построить опытные и расчетные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Модель системы ШИП-ДПТ»;
- модуль «Типовые динамические звенья»;
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо:

- установить потенциометр RP1 модуля «Модель системы ШИП-ДПТ» в крайнее положение против часовой стрелки, переключатель SA1 - в среднее положение;
- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;

После установки начальных положений переключателей необходимо установить параметры модели системы ШИП-ДПТ в соответствии со своим вариантом (см. табл. 1).

Таблица 1

№	$I_c (U_y)$	$r, \text{мС}$	$T_{п}, \text{мС}$	$K_{я}$	$T_{я}, \text{мС}$	$T_{д}, \text{мС}$
1	0 (4)	0,125 (1)	0,5 (1)	0,8 (1)	0,25 (1)	9 (1)
2	1 (3)	0,25 (2)	1 (2)	1,6 (2)	0,5 (2)	18 (2)
3	2 (2)	0,5 (3)	2 (3)	3,2 (3)	1 (3)	37 (3)
4	3 (1)	1 (4)	4 (4)	6,4 (4)	2 (4)	75 (4)
5	4 (0)	2 (5)	8 (5)	12,8 (5)	4 (5)	150 (5)

Соединить клемму X2 модуля «Модель системы ШИП-ДПТ» с выходной клеммой функционального генератора, предварительно установив синусоидальную форму напряжения с амплитудой 10В. Соединить клеммы X7 и X8, с помощью тумблера SA6 и потенциометра PR2 установить 0В на клемме X8. Ввести сигналы с клемм X1, X3, X5, X11 в плату ввода аналоговых сигналов (клеммы AI1...AI8), не забыв объединить общие точки платы ввода и модуля «Модель системы ШИП-ДПТ».

Снятие частотных характеристик производится в следующем порядке:

- установить синусоидальную форму выходного сигнала функционального генератора с помощью переключателя «Форма»;
- потенциометром «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» установить амплитуду его выходного сигнала на уровне 5В;
- изменяя частоту входного сигнала с помощью потенциометра «Частота» и галетного переключателя «Множитель» в модуле «Функциональный генератор», снять частотные характеристики, фиксируя результаты измерений в табл. 2.

Необходимо снять следующие характеристики:

- «сигнал управления (клемма X1) - напряжение на якоре (клемма X3)» (L1);
- «сигнал управления (клемма X1) - ток якоря (клемма X5)» для замкнутой системы (L2);
- «сигнал управления (клемма X1) - ток якоря (клемма X5)» для разомкнутой системы (L2а);
- «сигнал управления (клемма X1) - скорость (клемма X11)» (L3).

Таблица 2

$L_{вх}$	$A_1, В$								
	$f_i, Гц$								
$L1$	$A_2, В$								
	$\Delta\phi_2, гр$								
$L2$	$A_3, В$								
	$\Delta\phi_3, гр$								
$L2a$	$A_{3a}, В$								
	$\Delta\phi_{3a}, гр$								
$L3$	$A_4, В$								
	$\Delta\phi_4, гр$								

Построить указанные частотные характеристики. Расчетным путем по экспериментальным данным получить частотные характеристики звеньев системы:

- частотная характеристика преобразователя повторяет характеристику $L1$;
- частотная характеристика звена «якорная цепь» рассчитывается по выражению: $L_{яц} = L2a - L1$;
- частотная характеристика звена «двигатель» рассчитывается по выражению: $L_d = L3 - L2$.

Полученные характеристики сравнить с аналогичными характеристиками типовых динамических звеньев и определить постоянные времени (m , $T_{п}$, $T_{я}$, $T_{д}$) и коэффициент $K_{я}$.

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение механической постоянной времени;
2. Дайте определение электромагнитной постоянной времени;
3. Дайте определение кратности тока короткого замыкания. От чего она зависит?

Список рекомендуемой литературы.

3. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
4. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №9

Тема: Исследование динамических режимов системы ШИП-ДПТ

Цели и задачи урока: Научиться определять параметры звеньев системы по частотным характеристикам

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда.
3. В лаборатории снять экспериментальные частотные характеристики по каналам «сигнал управления - скорость», «сигнал управления - ток якоря» при зафиксированном и незафиксированном роторе двигателя, «сигнал управления - напряжение на якоре». По ним определить постоянные времени t , T_{Π} , $T_{\text{я}}$, $T_{\text{д}}$ и коэффициент $K_{\text{я}}$. Определить индуктивность якорной цепи $L_{\text{я}}$, момент инерции J , несущую частоту $f_{\text{к}}$. Сопоставить со значениями в табл. 12. Полученные частотные характеристики сопоставить с аналогичными зависимостями работы 8.
4. Построить опытные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Система ШИП-ДПТ»;
- модуль «Типовые динамические звенья»;
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления стендом в исходное положение:

- перевести клавишный выключатель =24В модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить тумблер SA2 «Разрешение», SA5 «Разрешение» модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить потенциометр «Амплитуда» модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки.

После установки начального состояния элементов управления необходимо установить параметры модели системы ШИП-ДПТ в соответствии со своим вариантом (см. табл. 1).

Соединить клемму $X1$ модуля «Система ШИП-ДПТ» свыходной клеммой функционального генератора. Установить тумблер SA5 в положение запрета (нижнее положение). Ввести сигналы с клемм $X1$, $X3$, $X6$, $X9$ в плату вводааналоговых сигналов (клеммы $AI1...AI8$),не забыв объединить общие точки платы ввода и датчиков модуля «модель системы ШИП-ДПТ».

Таблица 1

№ варианта	Вид управл.	Маховик	f_k ,кГц (положSA3)	L ,мГн (полож. SA1)	R_H (полож. RP1)	U_y ,В
1	Симметрич.	Нет	1 (1)	5 (1)	(1)	4
2	Несимметрич.	Малый	2 (2)	10 (2)	(2)	5
3	Симметрии.	Средний	4 (3)	20 (3)	(3)	7
4	Несимметрич.	Большой	1 (1)	5 (1)	(4)	9
5	Симметрич.	Нет	2 (2)	10 (2)	(5)	10

Снятие частотных характеристик производится в следующем порядке:

- подать напряжение электропитания на стенд включением автоматического выключателя QF1 модуля питания стенда;
- подать напряжения питания на силовую часть широтно-импульсного преобразователя включением клавишного переключателя «=24В» модуля «Система ШИП-ДПТ»;
- задать амплитуду выходного сигнала функционального генератора на уровне 5В;
- плавно изменяя частоту входного сигнала с помощью элементов управления «Частота» в модуле «Функциональный генератор», снять частотные характеристики, занося результаты измерений в табл. 2.

Необходимо снять следующие частотные характеристики:

- «сигнал управления (клемма $X1$)- напряжение на якоре (клемма $X6$)» (L1);
- «сигнал управления(клемма $X1$)- ток якоря (клемма $X3$)» при незафиксированном роторе двигателя (аналог замкнутой связи по ЭДС работы 7) (L2);
- «сигнал управления(клемма $X1$)- ток якоря (клемма $X3$)» при зафиксированном роторе двигателя (аналог разомкнутой связи по ЭДС работы 7) (L2a);
- «сигнал управления (клемма $X1$)- скорость (клемма $X9$)» (L3)

Таблица 2

$L_{вх}$	$A_1, В$								
	$f_1, Гц$								
$L1$	$A_2, В$								
	$\Delta\phi_2, гр$								
$L2$	$A_3, В$								
	$\Delta\phi_3, гр$								
$L2a$	$A_{3a}, В$								
	$\Delta\phi_{3a}, гр$								
$L3$	$A_4, В$								
	$\Delta\phi_4, гр$								

Построить указанные частотные характеристики. Расчетным путем по экспериментальным данным получить частотные характеристики звеньев системы по аналогии с работой 8.

Коэффициенты преобразования датчиков модуля «Система ШИП-ДПТ» приведены в табл. 3, параметры электродвигателя приведены в табл. 4.

Таблица 3

Коэффициент	$K_{дн}, В/В$	$K_{дт}, А/В$	$K_n, (об/мин)/В$
Значение	2,4	0,4	300

Таблица 4

Параметр двигателя	Значение
Напряжение на якоре, $u_я$	24 В
Номинальный якорный ток, $I_я$	1,9 А
Номинальная скорость, $n_{ном}$	2850 об/мин
Номинальный момент, M_H	0,08 Нм
Активное сопротивление якорной	3,5 Ом
Момент инерции двигателя, J	$8,1 \cdot 10^{-5} \text{ кгм}^2$

Полученные характеристики сравнить с аналогичными характеристиками типовых динамических звеньев и определить постоянные времени (t , T_L , $T_я$, T_D) и коэффициент $K_я$.

Определить индуктивность якорной цепи $L_я$ по формуле $L_я = T_я I_я$, где $I_я$ - активное сопротивление якорной цепи электродвигателя.

Определить момент инерции двигателя J по формуле $J = (T_D M_H) / (n_{ном})$, где M_H и $n_{ном}$.

Определить несущую частоту широтно-импульсной модуляции преобразователя f_k по формуле $f = 1/T$.

Полученные частотные характеристики сопоставить с аналогичными зависимостями работы 8.

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы и задания

1. Нарисуйте и поясните частотные характеристики звена «якорная цепь»;
2. Нарисуйте и поясните частотные характеристики звена «двигатель»;
3. Нарисуйте и поясните частотные характеристики преобразователя;
4. Разложите напряжение на выходе широтно-импульсного преобразователя в гармонический ряд. Изменяя величину задания напряжения от 0 до максимума, проанализируйте его гармонический состав.

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №10

Тема: Исследование динамических режимов системы ШИП-ДПТ в замкнутой системе регулирования

Цели и задачи урока: Научиться выполнять настройку замкнутой системы ШИП-ДПТ с подчиненным регулированием координат. Снять частотные характеристики системы.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.
2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда. Собрать двухконтурную схему подчиненного регулирования координат: внутренний контур регулирования тока якоря, внешний контур регулирования скорости. Параметры неизменяемой части системы выставить в соответствии со своим вариантом (см. табл. 12).
3. При подготовке к работе рассчитать частотные характеристики по каналам «задание тока якоря - тока якоря» и «задание скорости - скорость», пользуясь данными табл. 12, 15 и 18.
4. Осуществить на настройку контура регулирования тока якоря при заторможенном двигателе. Снять частотную характеристику по каналу «задание тока якоря - тока якоря».
5. .Осуществить настройку контура регулирования скорости. Снять частотную характеристику по каналу «задание скорости - скорость».
6. Построить опытные и расчетные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Система ШИП-ДПТ»;
- модуль «Типовые динамические звенья»;
- модуль «Регуляторы»;
- модуль «Функциональный генератор».

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления стендом в исходное положение:

- перевести клавишный выключатель =24В модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить тумблер SA2 «Разрешение», SA5 «Разрешение» модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить потенциометр регулирования амплитуды модуля «Функциональный генератор» в крайнее положение против часовой стрелки;
- установить потенциометр RP1 модуля «Регуляторы» в крайнее положение против часовой стрелки, а переключатель SA1 - в среднее положение;
- убрать интегральные каналы регуляторов модуля «Регуляторы» установкой переключателей SA3 и SA6 в положение 0;
- установить максимальный уровень ограничения выходного сигнала регулятора DA2 модуля «Регуляторы» установкой потенциометра RP3 в крайнее положение по часовой стрелке.

После установки начального состояния элементов управления необходимо установить параметры неизменяемой части системы в соответствии со своим вариантом (см. табл. 1).

Таблица 1

№ варианта	Вид управл.	Маховик	f_k ,кГц (полож. SA 3)	L ,мГн (полож. SA1)	R_H (полож. RP1)	U_y ,В
1	Симметрич.	Нет	1 (1)	5 (1)	(1)	4
2	Несимметрич.	Малый	2 (2)	10 (2)	(2)	5
3	Симметрич.	Средний	4 (3)	20 (3)	(3)	7
4	Несимметрич.	Большой	1 (1)	5 (1)	(4)	9
5	Симметрич.	Нет	2 (2)	10 (2)	(5)	10

Параметры операционных усилителей модуля «Регуляторы» представлены в табл. 2. Постоянные сопротивления имеют следующие номиналы: $R1=R3= 39 \text{ кОм}$, $R2=R4=20\text{кОм}$, $R6=R8=22\text{кОм}$, $R7=R9=22\text{кОм}$.

Таблица 2

SA2, SA3, SA4, SA6, номер положения	$R5 (R10), \text{кОм}$	$C1(C2), \text{мкФ}$
0	0	0
0,5	1	9,4
1	2,5	6,6
1,5	5	4,4
2	10	3,2
2,5	20	2,2
3	32	1
3,5	47	0,68
4	57	0,47
4,5	67	0,22
5	100	0,1

Собрать схему контура тока якоря ДПТ в следующей последовательности:

- соединить клеммы $XI6$ модуля «Регуляторы» с клеммой XI модуля «система ШИП-ДПТ», объединить общие точки этих модулей;
- соединить клемму $X5$ модуля «Регуляторы» с клеммой $XI4$ этого модуля;
- клемму $X3$ модуля «система ШИП-ДПТ» соединить с клеммой $XI5$ модуля «Регуляторы»;
- ввести сигнал с клеммы $X3$ модуля «Система ШИП-ДПТ» в плату ввода аналоговых сигналов, соединив клемму $X3$ с одной из клемм $AI1...AI8$, соединить клемму $X5$ модуля «система ШИП-ДПТ» с общей точкой платы ввода аналоговых сигналов.

- значения $R10$ и $C2$ выставить равными нулю.

Опыт проводится в следующей последовательности:

- подать питание на модули стенда с помощью автоматического выключателя QF1 модуля питания стенда;
- зафиксировать ротор двигателя;
- подать сигнал «Разрешение» на работу широтно-импульсного преобразователя (переключатель SA2);
- подавая скачком напряжение на вход регулятора $DA3$ и увеличивая величины $R10$ и $C2$, добиться требуемого качества переходного процесса тока якоря.

Снять осциллограмму наилучшего переходного процесса, затем снять частотную характеристику контура тока, отсоединив клемму $XI4$ от клеммы $X5$ и, соединив ее с выходной клеммой блока «Функциональный генератор».

Опыт по снятию частотной характеристики проводится в следующей последовательности:

- подать сигнал «Разрешение» на работу широтно-импульсного

преобразователя (переключатель SA2);

- установить синусоидальную форму выходного сигнала функционального генератора с помощью переключателя «Форма»;
- задать необходимую амплитуду выходного сигнала функционального генератора с помощью потенциометра «Амплитуда» этого модуля;
- плавно изменяя частоту выходного сигнала генератора, снять частотную характеристику системы.
- по окончании опыта убрать сигнал разрешения на работу преобразователя.

Собрать схему двухконтурной системы подчиненного регулирования координат с внешним контуром скорости:

- отсоединить клемму X14 от выхода блока «функциональный генератор» и соединить ее с клеммой X11 модуля «регуляторы»;
- клемму X9 соединить с клеммой X6 модуля «Система ШИП-ДПТ»;
- выставить минимальную постоянную времени датчика интенсивности

DA1;

- освободить вал двигателя;
- выставить значение $C1=0$, а R5- минимальное, отличное от нуля;
- скачком подать напряжение около 5В на датчик интенсивности и привести двигатель во вращение. Соединить одну из клемм датчика скорости X9 или X10 с общей точкой модуля «Регуляторы», оставшуюся клемму временно соединить с клеммой X10- если скорость уменьшится, значит обратная связь отрицательная, в противном случае следует поменять местами соединения клемм X9 и X10 датчика скорости.
- настроить контур скорости по аналогии с контуром тока, изменяя значения Y5 и C1. Снять переходную и частотную характеристики настроенного контура.

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Определить частоты среза контуров тока и скорости. Сделать вывод о качестве настройки и быстродействии системы. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Поясните, почему обратную связь по ЭДС двигателя можно отбросить при настройке контура тока.
2. Что такое правило технического оптимума? Как его использовать при настройке системы управления?
3. Что такое правило симметричного оптимума? Как его использовать при настройке системы управления?
4. Какие показатели качества переходного процесса необходимо фиксировать при настройке контуров регулирования системы управления?

Список рекомендуемой литературы.

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Лабораторная работа №11

Тема: Исследование статических режимов системы ШИП-ДПТ в замкнутой системе регулирования

Цели и задачи урока: Получить и проанализировать статические характеристики системы ШИП-ДПТ в замкнутой системе регулирования.

Тип урока – практическое занятие.

Методы обучения – репродуктивный и проблемный.

Обеспечение занятия - вычислительные средства.

Ход урока

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и лабораторной работы.

2. Изучить мнемосхему и назначение элементов управления стенда. Собрать двухконтурную схему подчиненного регулирования координат: внутренний контур регулирования тока якоря, внешний контур регулирования скорости. Параметры системы выставить в соответствии со своим вариантом и по результатам работы 10.

3. При подготовке к работе рассчитать статические характеристики системы при заданном значении R_H : регулировочную $n = f(U_3)$, регуляторные $U_{PC} = f(U_3)$ и $U_{PT} = f(U_3)$, напряжения на якоре двигателя $u_{Я} = f(U_3)$, а также статические характеристики системы при заданном напряжении задания U_3 : электромеханическую $n = f(R_H)$, регуляторные $U_{PC} = f(R_H)$ и $U_{PT} = f(R_H)$, внешнюю $U_{Я} = f(R_H)$.

4. В лаборатории снять экспериментальные статические характеристики по пункту 3.

5. Построить опытные и расчетные зависимости, оформить отчет по лабораторной работе.

Описание работы

В лабораторной работе используются следующие модули:

- модуль питания стенда;
- модуль «Система ШИП-ДПТ»;
- модуль «Типовые динамические звенья»;
- модуль «Регуляторы»;

Перед началом работы при выключенном автоматическом выключателе QF1 модуля питания стенда необходимо установить элементы управления стендом в исходное положение:

- перевести клавишный выключатель =24В модуля «Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;
- установить тумблер SA2 «Разрешение», SA5 «Разрешение» модуля

«Система ШИП-ДПТ» в выключенное состояние;

- установить потенциометр RP1 модуля «Регуляторы» в крайнее положение против часовой стрелки, а переключатель SA1 - в среднее положение;

- убрать интегральные каналы регуляторов модуля «Регуляторы» установкой переключателей SA3 и SA6 в положение 0;

- установить максимальный уровень ограничения выходного сигнала регулятора DA2 модуля «Регуляторы» установкой потенциометра RP3 в крайнее положение по часовой стрелке.

После установки начального состояния элементов управления необходимо собрать двухконтурную схему с подчиненным регулированием координат согласно в соответствии с лабораторной работой №10. Параметры системы выставить в соответствии со своим вариантом (табл. 1) и результатами настройки замкнутой системы, произведенной в работе №10.

Таблица 1

№ варианта	Вид управл.	Маховик	$f_k, \text{кГц}$ (полож SA3)	$L, \text{мГн}$ (полож. SA1)	R_H (полож. SA2)	$U_y, \text{В}$
1	Симметрич.	Нет	1 (1)	5 (1)	(1)	4
2	Несимметрич.	Малый	2 (2)	10 (2)	(2)	5
3	Симметрич.	Средний	4 (3)	20 (3)	(3)	7
4	Несимметрич.	Большой	1 (1)	5 (1)	(4)	9
5	Симметрич.	Нет	2 (2)	10 (2)	(5)	10

Снять регулировочные характеристики системы при заданном значении нагрузки:

- подать сигнал разрешения на работу широтно-импульсного преобразователя (переключатель SA2 модуля «Система ШИП-ДПТ»);

- выбрать необходимую полярность сигнала задания с помощью переключателя SA1 модуля «Регуляторы»;

- плавно изменяя положение потенциометра RP1 модуля «Регуляторы», увеличивать сигнал задания, фиксируя результаты измерений в табл. 2;

- по окончании опыта убрать сигнал разрешения на работу широтно-импульсного преобразователя.

Таблица 2

$U_3, \text{В}$							
$U_{PC}, \text{В}$							
$U_{PT}, \text{В}$							
$U_y, \text{В}$							
$n, \text{В}$							

Для измерения напряжений на выходах регуляторов тока ($DA3$) и скорости ($DA2$) использовать индикаторы $PV1$ и $PV2$.

Снять механическую характеристику системы при фиксированном напряжении задания U_3 :

- подать сигнал разрешения на работу широтно-импульсного преобразователя (переключатель $SA2$ модуля «Система ШИП-ДПТ»);
- выбрать необходимую полярность сигнала задания с помощью переключателя $SA1$ модуля «Регуляторы»;
- установить необходимую величину сигнала управления с помощью потенциометра $RP1$ модуля «Регуляторы»;
- плавно изменяя положение потенциометра $RP1$ модуля «Система ШИП-ДПТ», увеличивать ток нагрузки, фиксируя результаты измерений в табл. 3;
- по окончании опыта убрать сигнал разрешения на работу широтно-импульсного преобразователя.

Таблица 3

$I_n, В$						
$U_{рс}, В$						
$U_{РТ}, В$						
$U_я, В$						
$n, В$						

При подготовке отчета по работе обработать экспериментальные данные, экспериментальные и расчетные характеристики построить на одном графике. Оценить погрешности и сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Как повлияет изменение сопротивления в канале обратной связи регулятора тока на статические характеристики системы;
2. Как повлияет изменение сопротивления в канале обратной связи регулятора скорости на статические характеристики системы;
3. Как зависит ошибка регулирования скорости от коэффициента усиления П-регулятора скорости?
4. Нарисуйте и поясните механическую характеристику системы при П- регуляторах тока и скорости.

Список рекомендуемой литературы.

3. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 256с.
4. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования.- 8-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2014, - 352с.

Электронный ресурс:

Федеральный портал «Российское образование» edu.ru

Приложение А

Параметры электродвигателя Transtechno EC 020.24E

Параметр двигателя	Значение
Напряжение на якоре, $U_{я}$	24 В
Номинальный якорный ток, $I_{я}$	1,9 А
Номинальная скорость, $n_{ном}$	2850 об/мин
Номинальный момент, M_H	0,08 Нм
Активное сопротивление якорной цепи, $R_{я}$	3,5 Ом
Момент инерции двигателя, J	$8,1 \cdot 10^{-5}$ кг·м ²

Параметр двигателя	Значение
Напряжение электропитания, $U_{я}$	= 5 В
Тип датчика	Инкрементальный энкодер
Разрешение датчика	500 имп/оборот
Каналы	A, NA, B, NB, Z, NZ

