Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Институт машиностроения, металлургии и транспорта

Кафедра «Высшая школа машиностроения»

**ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2**

Дисциплина: «Теория автоматического управления»

Тема: «Синтез желаемой передаточной функции системы»

Студент гр. 3331501/60601 A. Ю. Коновалов

Преподаватель М. Н. Полищук

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019

Санкт-Петербург

2019

**Цель работы** – изучить методику синтеза закона управления следящей системы с отрицательной обратной связью на основе логарифмических частотных характеристик разомкнутой системы.

**Задачи работы** – выбрать передаточную функцию желаемой системы, определить параметры функциональных блоков системы управления, найти характеристики желаемой системы.

**Краткая теоретическая часть**

Логика синтеза следующая.

* На первом этапе определяют так называемую желаемую амплитудно-частотную характеристику (ЛАХ) и соответственно желаемую передаточную функцию. Система, имеющая такие характеристики, обладает всеми необходимыми (определенными в задании) свойствами: запасами устойчивости, точностью и быстродействием.
* На втором этапе путем выбора корректирующих звеньев «подгоняют», насколько это возможно, передаточную функцию реальной системы к желаемой передаточной функции.
* На завершающем этапе проверяют свойства полученной синтезированной системы.
* Проектируемая система имеет передаточную функцию близкую к желаемой передаточной функции. Следовательно, можно надеяться, что свойства проектируемой системы будут близки к свойствам желаемой системы, что и является целью синтеза.

**Математическая модель системы**

Динамическая модель вращательной степени подвижности промышленного робота строится на основе следующих уравнений:

* уравнение баланса моментов сил на валу двигателя:

где – приведенный момент инерции вала двигателя, включающий момент инерции ротора двигателя и момент инерции входной ступени редуктора; угол поворота вала двигателя; момент двигателя; момент противодействия со стороны нагрузки.

* уравнение баланса сил нагрузки:

где – приведенная масса нагрузки;

* соотношение между моментами на входе и выходе редуктора

где *с* – жесткость редуктора, приведенная к выходной ступени; *i* – передаточное отношение редуктора.

* уравнение, связывающее напряжения на входе и выходе усилителя мощности

где , напряжения на входе и выходе усилителя мощности; постоянная времени и коэффициент усиления усилителя мощности.

* уравнение баланса напряжений в якорной цепи двигателя:

где *L, R* - индуктивность и активное сопротивления якорной цепи; напряжение на входе и ток в якорной цепи двигателя; *E* – противоЭДС.

* зависимость между моментом, развиваемым двигателем (движущим моментом) и током в цепи якоря:

где - коэффициент момента.

* зависимость противо-ЭДС от скорости вращения ротора двигателя:

где – коэффициент ЭДС.

Постоянные параметры двигателя и определяются по формулам:

В случае линейной, непрерывной, абсолютно жесткой системы (когда можно пренебречь податливостью ее элементов, дискретизацией сигналов и нелинейными эффектами) математическая модель объекта управления (двигатель-редуктор-нагрузка) без обратной связи может быть приведена к виду

где передаточные функции объекта по управляющему воздействию и силе нагрузки соответственно; *p* – переменная Лапласа;

– коэффициент передачи двигателя по напряжению; – коэффициент передачи двигателя по моменту; – электромагнитная постоянная времени якорной цепи; – электромеханическая постоянная времени системы.

= 0,0461

= 519

= 1,93 1/с

= 0,0281 1/c

Для придания системе в целом требуемых свойств по точности и быстродействию объект управления охватывается отрицательной обратной связью по положению и локальной обратной связью по скорости. Для этого в систему добавляются датчики положения, скорости и функциональные блоки. При этом основным назначением главного контура обратной связи является обеспечение требуемой точности системы, а контура скорости - повышение быстродействия.

Обозначим статические коэффициенты передачи датчиков положения и скорости через и соответственно. Инерционность датчиков считается пренебрежимо малой. Передаточные функции функциональных блоков ФБ1 и ФБ2 запишем в виде

где и коэффициенты передачи функциональные блоков; и – передаточные функции корректирующих устройств, вводимых для обеспечения устойчивости нужного качества управления.

Полученная математическая модель позволяет построить структурную схему системы (рис. 1).

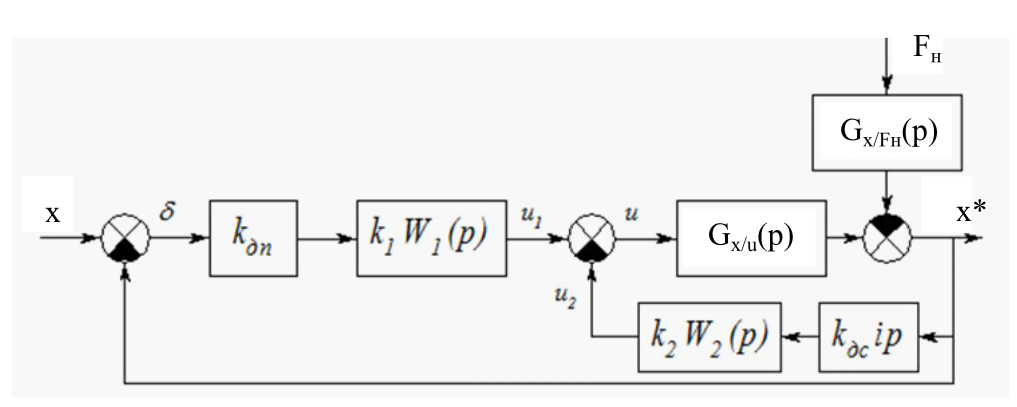


Рисунок 1 – Структурная схема системы

**Определение вида и параметров желаемой передаточной функции**

Ввиду наличия возрастающих с постоянной скоростью воздействий система должна быть астатической по полезному сигналу, а значит, желаемая передаточная функция разомкнутой системы должна иметь вид

где *N(p)* – произвольная дробно-рациональная функция, такая что *N*(0)=1, а структура обеспечивает устойчивость замкнутый системы.

Для случая линейно возрастающей во времени функции и постоянного значения можно получить значение установившейся ошибки через коэффициенты ошибок в виде

Система является астатической по сигналу , поэтому коэффициент ошибки по положению . Коэффициент ошибки по скорости для сигнала и коэффициент ошибки по положению *do* для сигнала определяются по формулам

В результате вычислений получаем

где общий коэффициент усиления разомкнутой системы.

Выражение для максимального значения установившейся ошибки примет вид

Чтобы удовлетворить требование , необходимо выполнить следующее условие на выбор общего коэффициента усиления *К*

Перейдем теперь ко второму стандартному режиму – гармонической траектории движения манипулятора. Прежде всего, определим амплитуду *А* и частотный диапазон сигнала так, чтобы значения и не превышали заданных максимальных значений и соответственно:

Вид сигнала ошибки отработки подобной траектории будет определяться выражением

Амплитудное (максимальное) значение установившейся ошибки имеет вид

откуда получаем ограничение на АЧХ разомкнутой системы

Геометрически эти условия означают, что логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАХ) разомкнутой системы должна удовлетворять следующим условиям:

* низкочастотная часть ЛАХ должна иметь наклон –20 дБ/дек, соответствующий идеальному интегратору, проходить выше точки ;
* в диапазоне частот ЛAX должна проходить выше значения ,
* кроме того, чтобы замкнутая система обладала достаточными запасами устойчивости, необходимо, чтобы ЛАХ разомкнутой системы пересекала ось частот с наклоном –20 дБ/дек.

Типовая характеристика желаемой ЛАХ, соответствующая данным требованиям, приведена на рис. 2.

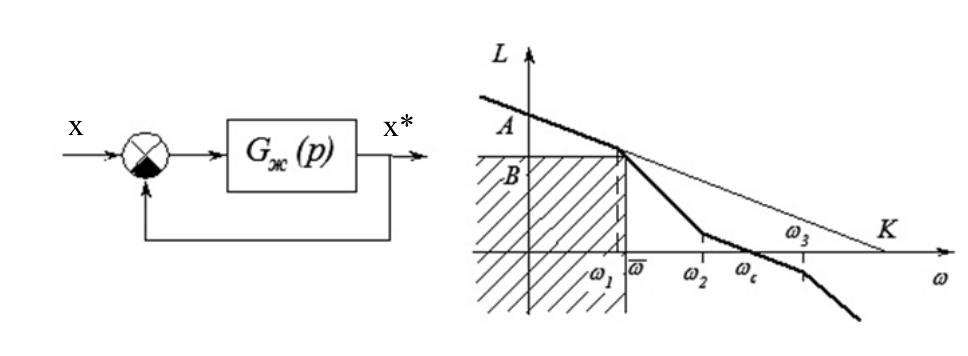


Рисунок 2 – Типовая характеристика желаемой ЛАХ

Из геометрических соображений [2] характерные частоты и соответствующие постоянные времени определяются формулами:

Расчеты представлены ниже

Параметр α определяет место расположения частоты среза на участке прямой, пересекающей ось абсцисс под углом –20 дБ/дек. При α=3,2 это пересечение происходит в середине прямой.

По частоте среза ωс = αω2 оценивается время переходного процесса для системы с обратной связью:



Найденная оценка меньше требуемого по заданию значения с, что свидетельствует о том, что параметры желаемой системы определяют в силу.

***Выбор корректирующих звеньев***

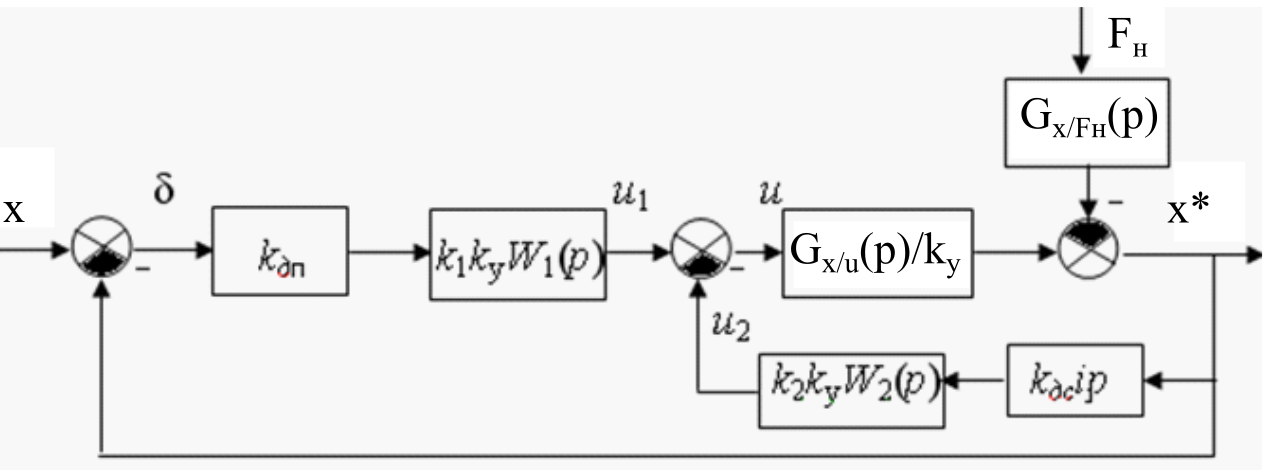
Последний шаг – выбор корректирующих звеньев передаточные функции корректирующих звеньев определяют из условия, чтобы вся система целом обладала теми же (или почти теми же) динамическими свойствами, что и желаемая.

Если пренебречь малыми постоянными времени и (т. е. считать и ) и принять = 1, получим для передаточной функции разомкнутой системы;

Теперь передаточную функцию последовательного корректирующего звена можно взять в виде а коэффициент рассчитать из условия :

При этом коэффициент *k*1 определяется следующим образом:

Преобразуем структурную схему системы (рисунок 1), приведя ее к эквивалентному виду, представленному на рисунке 3.



Риcунок 3 – Преобразованная структурная схема

Из схемы видно, что свойства системы зависят от произведения значений *kдпk*1*k*у и *k*2*k*у*kдс*, которые определяются однозначно:

Получаем

После определения выражений для характеристик функциональных блоков структурная схема системы примет следующий окончательный вид:

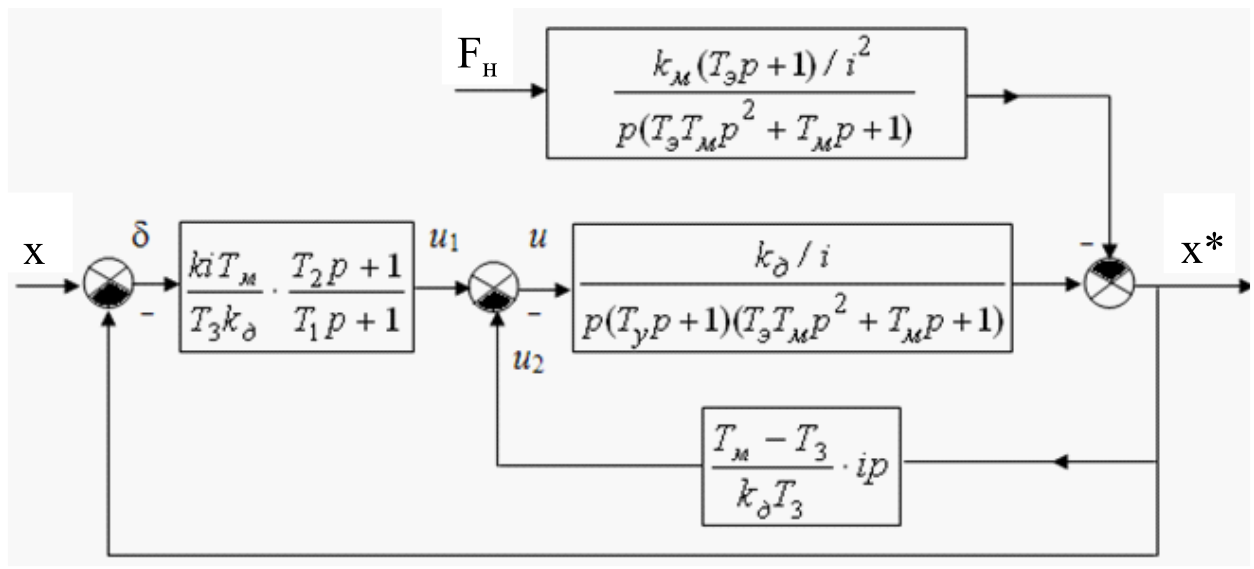


Рисунок 4 – Окончательный вид структурной схемы системы

**Вывод:** была выбрана передаточная функция желаемой системы, определены параметры функциональных блоков системы управления, найдены её характеристики.