

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»
Институт ИТАСУ**

Кафедра «Автоматики и управления в технических системах»

Дипломная работа
на тему: «Выбор и обоснование узлов приводов
робота манипулятора для загрузочных операций»

Студент: Курденкова Д.П.

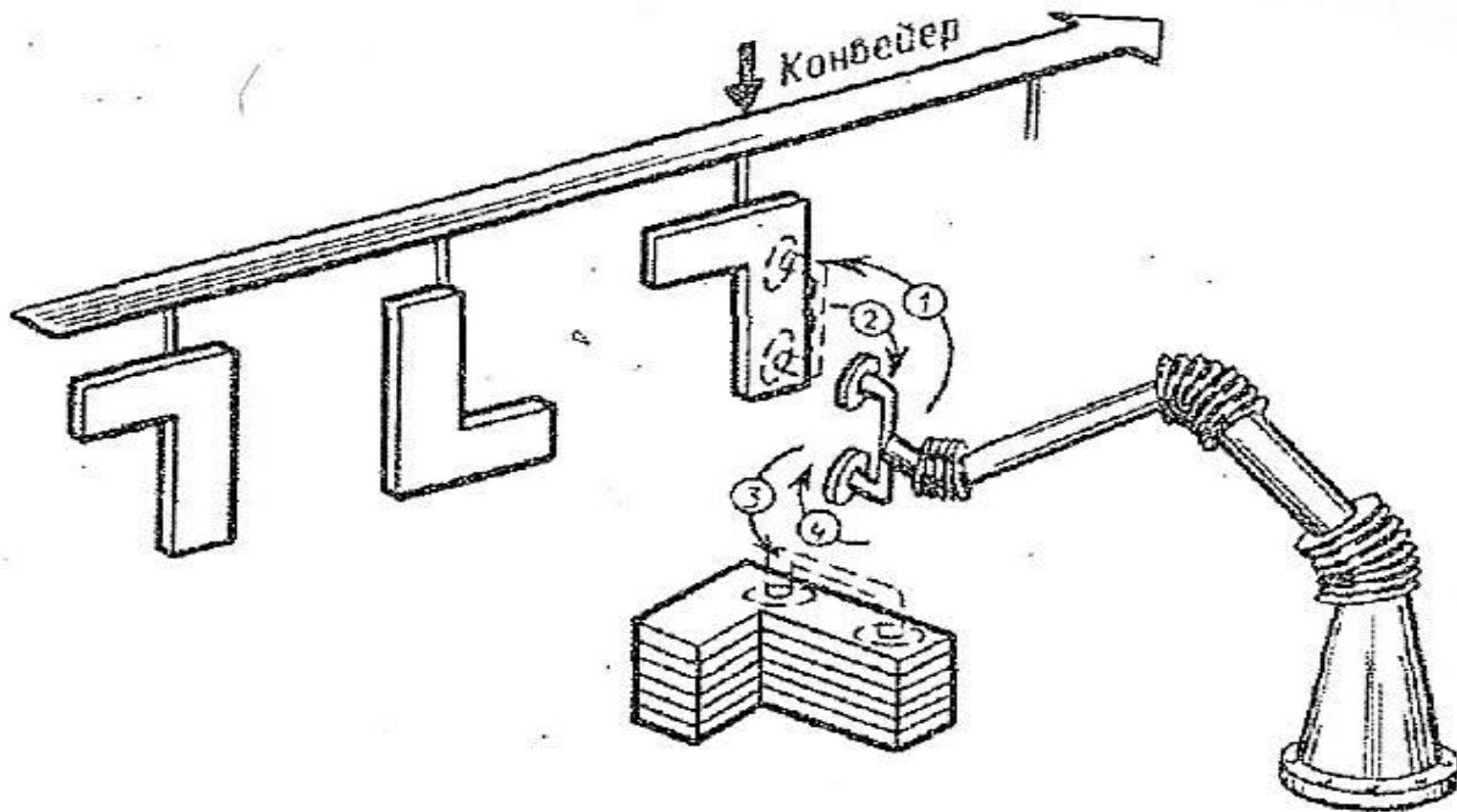
Руководитель работы: Ст. преп. Маркарян Л.В.

Москва 2015г.

Постановка задачи

- * Провести анализ работы следящей системы электропривода промышленного робота
- * Провести синтез динамических характеристик следящего привода и функциональных блоков
- * Построить переходной процесс и определить показатели качества переходного процесса

Напольный промышленный робот МРУ-901.



1-2-3-4 - последовательность действий робота

Обзор приводов промышленного робота

Промышленный робот (ПР)

Электромеханический привод

Обладает высокой надежностью, точностью, бесшумностью, легкостью регулирования, простотой монтажа, уменьшением металлоемкости конструкций ПР.

Пневматический привод

Обладает надежностью, высокой точностью в режиме управления, возможностью работы во взрывоопасных средах.

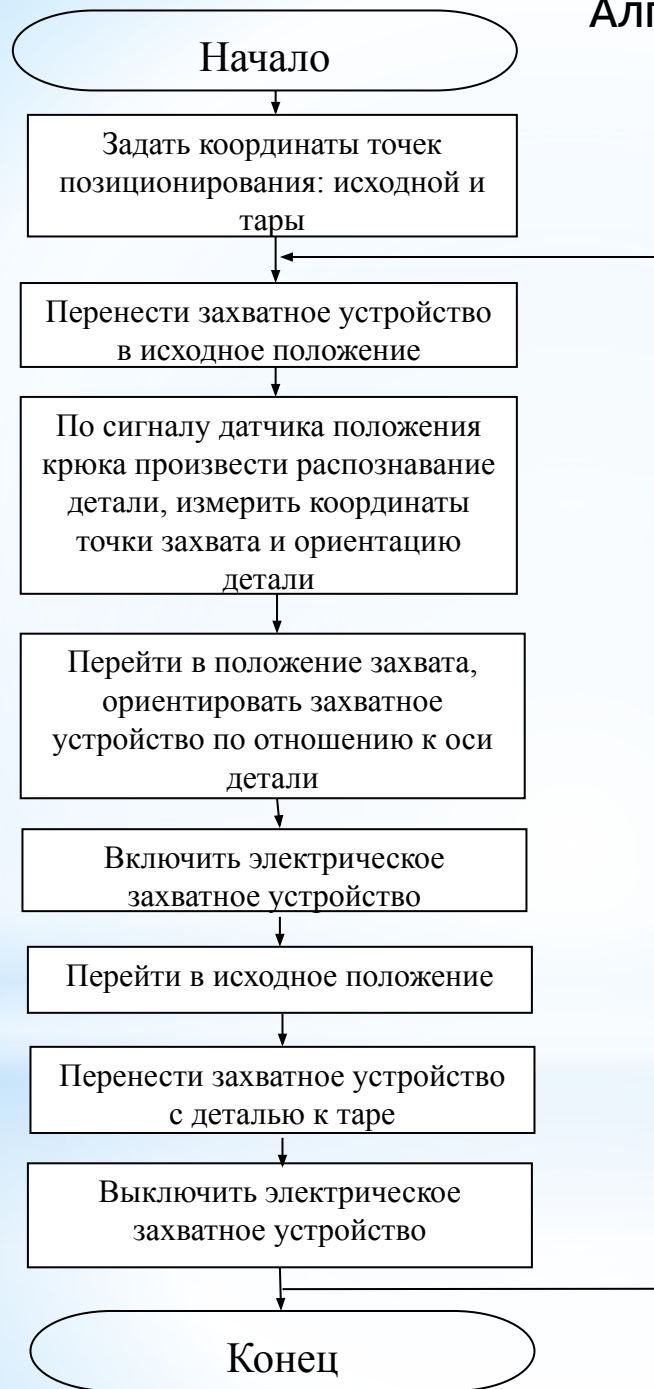
Недостаток - низкий КПД, значительные колебания скорости исполнительных механизмов при изменяемой нагрузке.

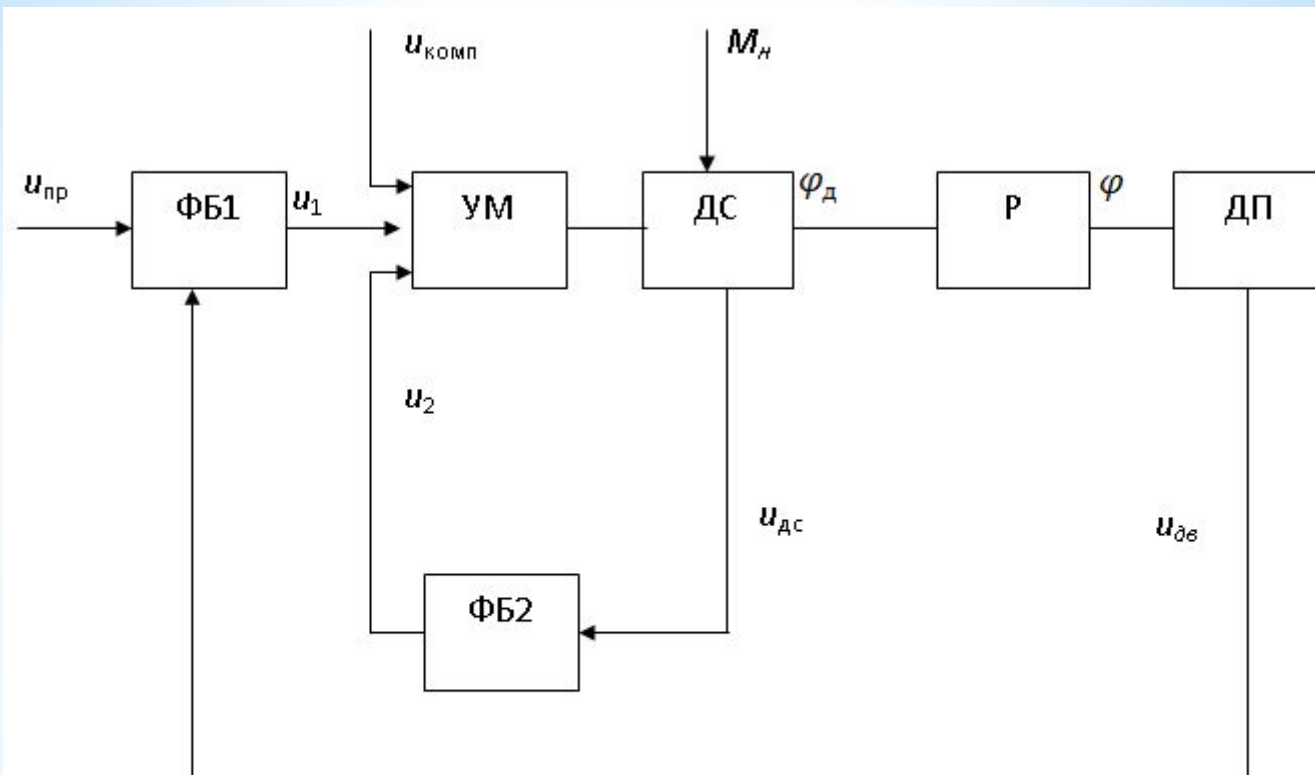
Гидравлический привод

Обладает высокой энергоемкостью, быстродействием, стабильностью скорости при изменяющейся нагрузке, малой инерционностью.

Недостаток – возможность утечек.

Алгоритм работы промышленного робота





*Общая функциональная схема электрического следящего привода
для вращательной степени подвижности*

ФБ1, ФБ2- функциональные блоки;

УМ- усилитель мощности;

ДС- датчик скорости;

Р- редуктор;

ДП- датчик положения;

Построение структурной схемы системы

Уравнение нагрузки:

$$J_h \varphi = M - M_{с.н} - M_B$$

Уравнение движения вала двигателя имеет вид

$$(J_D + J'_p) \varphi_D = M_D - M_{с.д.} - M/i$$

Для силовой цепи управления двигателем запишем дифференциальное уравнение:

$$(T_{у.м.} d/dt + 1) [L_{я} d/(d_t + R_{я}) I_{я} + c_e \omega_D] = k_{у.м.}; \quad M_D = c_M I_{я}$$

Передаточные функции системы по управляющему воздействию и моменту нагрузки имеют вид:

$$G(p) = \frac{k_{у.м.} k_D 1/i}{p(T_{у.м.} p + 1)(T_{\varepsilon} T_M p^2 + T_M p + 1)} \quad \tilde{G}(p) = \frac{k_M 1/i^2 (T_{\varepsilon} p + 1)}{p(T_{\varepsilon} T_M p^2 + T_M p + 1)}$$

Передаточные функции функциональных блоков $\Phi Б1$ и $\Phi Б2$ запишем в виде

$$W_{\Phi Б1}(p) = k_1 W_1(p); \quad W_{\Phi Б2}(p) = k_2 W_2(p)$$

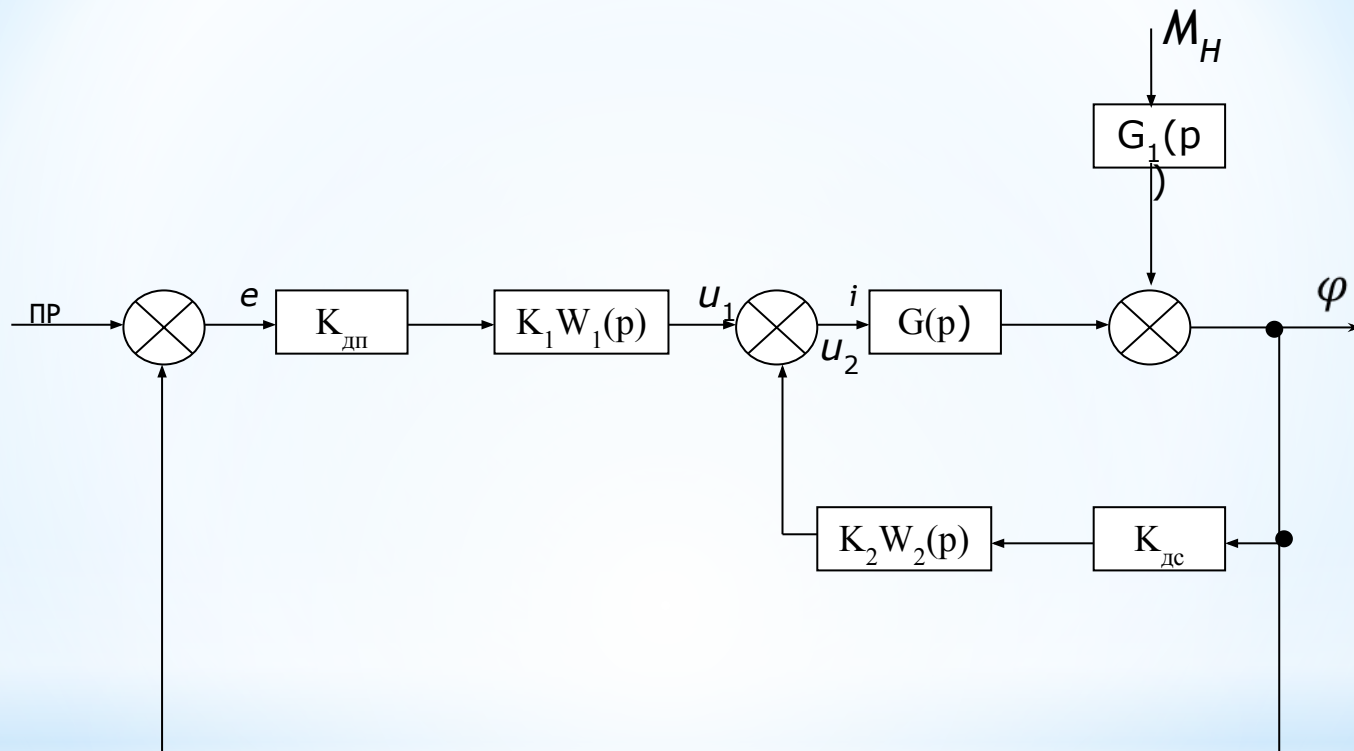
Где $T_{\varepsilon} = L_{я}/R_{я}$ – электромагнитная постоянная времени цепи якоря;

$T_M = \frac{J_D + J'_p + J_h/i^2}{c_e c_M} R_{я}$ – электромагнитная постоянная времени системы «усилитель

мощности – двигатель – редуктор – нагрузка»;

$M_h = M_B M_{с.н} M_{с.д.} i$ – момент нагрузки.

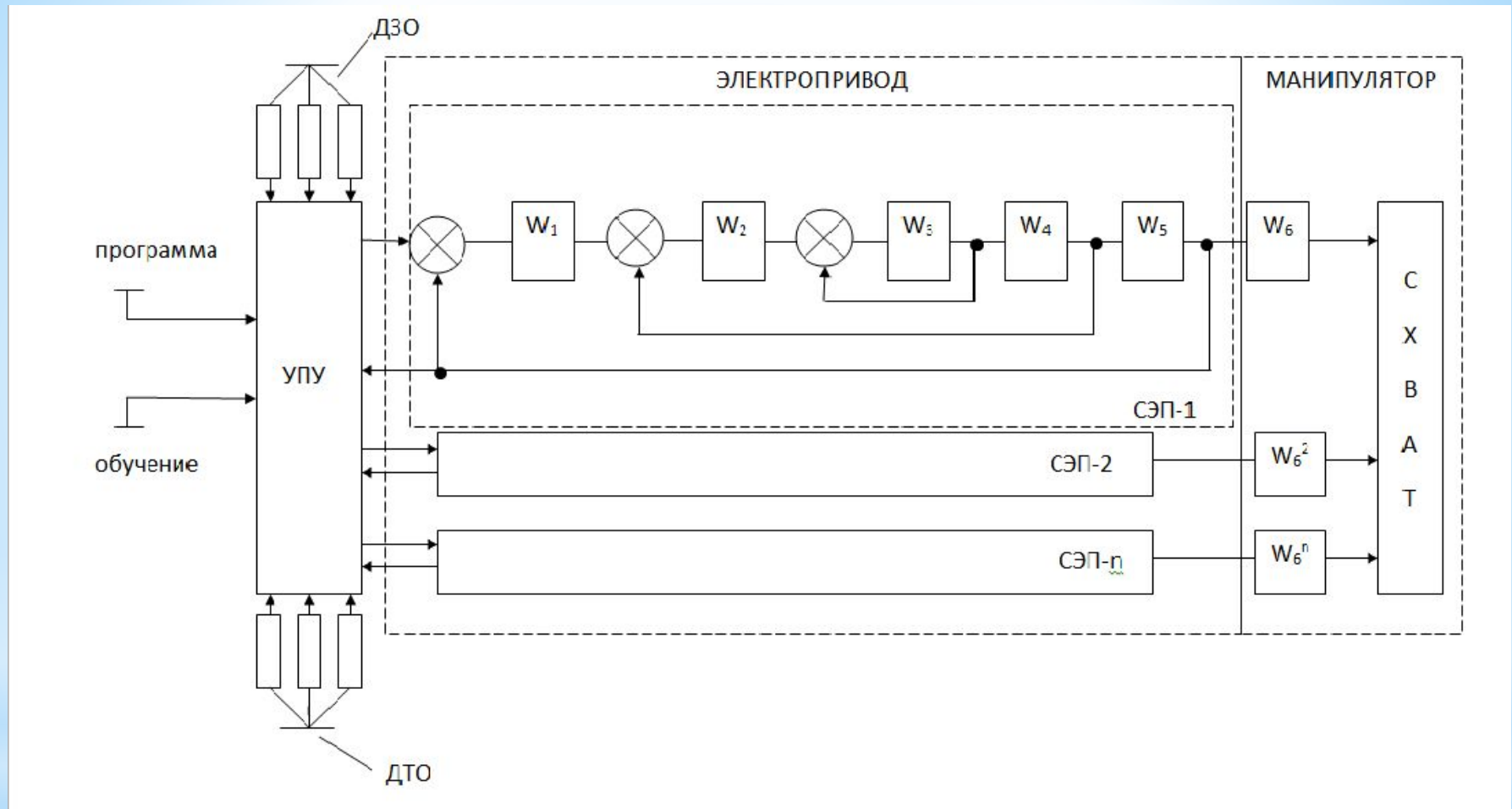
В результате можно построить структурную схему системы



k_1 и k_2 – коэффициенты передачи функциональных блоков включающие коэффициенты усиления усилителей и коэффициенты передачи корректирующих и преобразующих устройств

$W_1(p)$, $W_2(p)$ – передаточные функции, отражающие динамические свойства корректирующих устройств

Многоканальная структура следящих систем промышленного робота



Контуры регулирования электропривода: W_1 - регулятор положения; W_2 - регулятор скорости; W_3 - регулятор тока; W_4 - преобразователь; W_5 - электродвигатель; W_6 - механическая часть манипулятора

Расчет электромеханического следящего привода

Расчет мощности и выбор электродвигателя
привода

$$P_{\text{потр}} = k_{\text{зап}} M_{H\text{max}} \omega_{\text{max}}$$

Где $k_{\text{зап}}$ – коэффициент запаса,.

$M_{H\text{max}}$ – максимальное значение момента
нагрузки в установившемся режиме

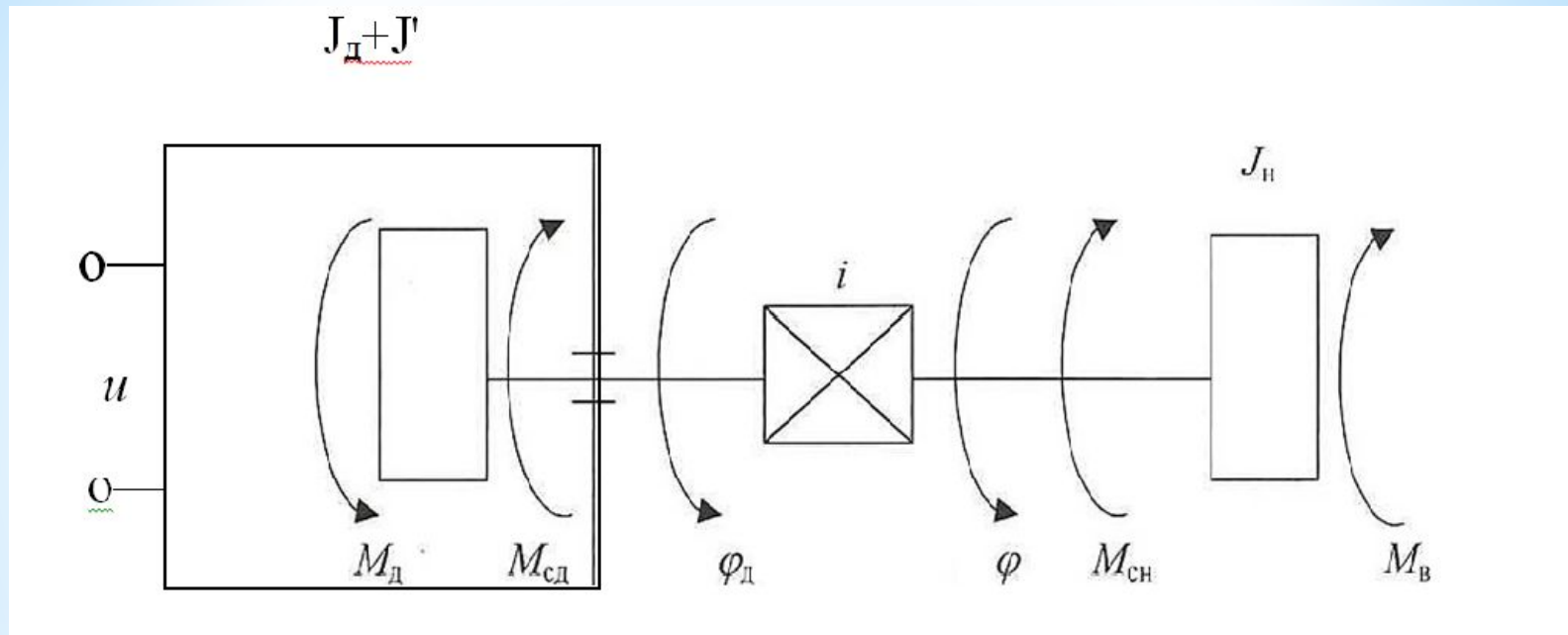
ω_{max} – максимальная угловая скорость
звеньев манипулятора

Для разгона с постоянным ускорением
потребный момент двигателя определим по
формуле:

$$M_{\text{потр}} = [J_d J'_p J_H / (i^2 \eta)] i \varepsilon_{\text{max}} + M'_H = 0,466 \text{ Н м}$$

Необходимое условие $M_{\text{д.ном}} > M_{\text{потр}}$
выполняется, т.к $0,466 \text{ Н м} < 0,475 \text{ Н м}$,
следовательно, выбранный двигатель по
потребному моменту проходит.

Математическая модель разомкнутого привода



$\varphi_{\text{д}}, \varphi$ – углы поворота вала двигателя и нагрузки;

$M_{\text{д}}$ – электромагнитный момент, развиваемый двигателем;

$M_{\text{с.д}}$ – момент сил сопротивления в двигателе и редукторе, приведенный к валу двигателя;

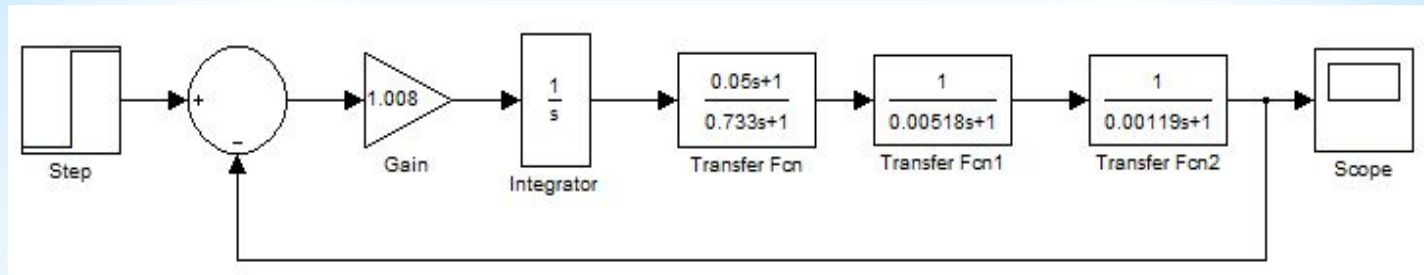
M – момент, прикладываемый к нагрузке со стороны привода;

$J_{\text{н}}$ – момент инерции нагрузки;

$M_{\text{с.н}}$ – момент сил сопротивления на валу нагрузки;

$M_{\text{в}}$ – возмущающий момент

Структурная схема моделирования



Построение переходного замкнутой с помощью обратного преобразования Лапласа:

$$\varphi(t) = L^{-1} \left\{ H(p) \frac{1}{p} \right\}; H(p) = \frac{K(p)}{1+K(p)} ;$$

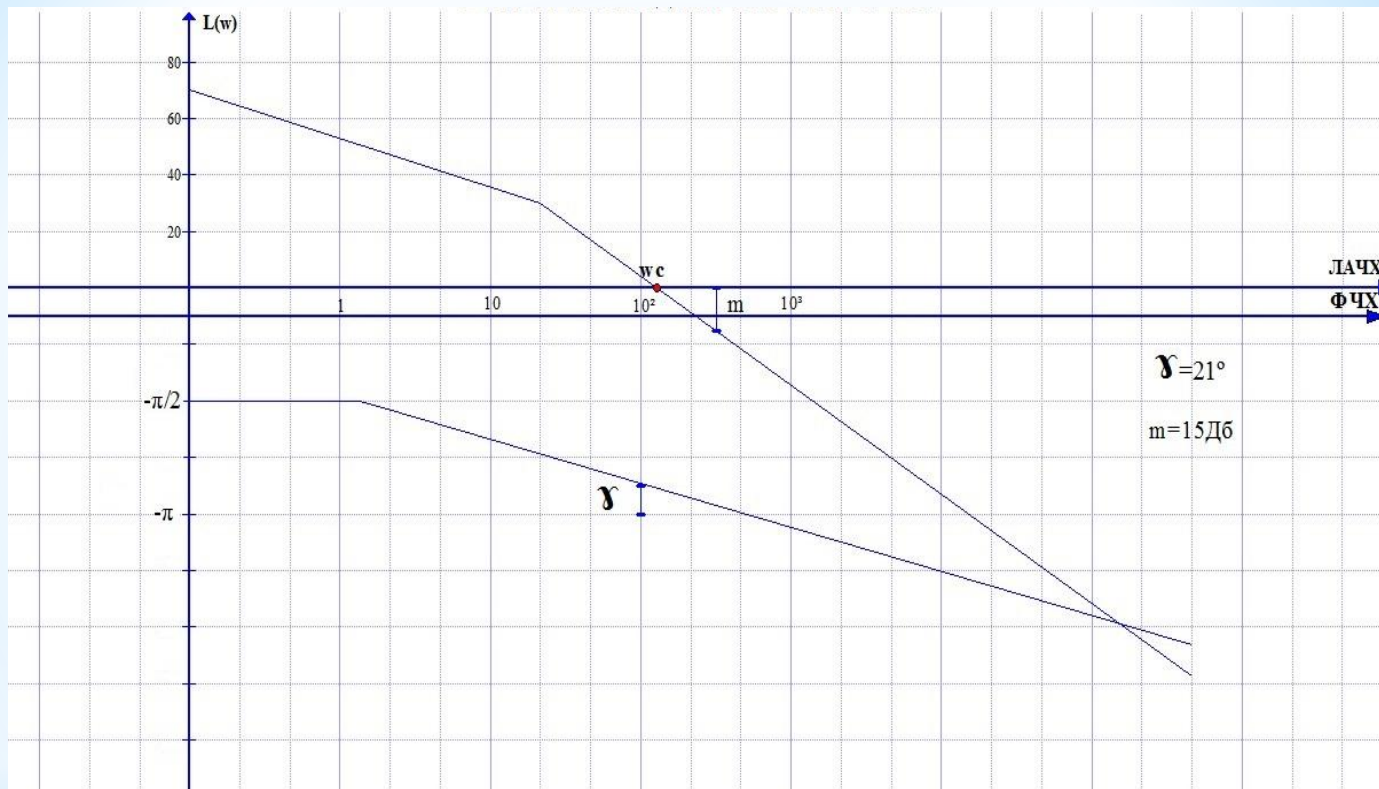
где $H(p)$ - передаточная функция замкнутой системы.

Найдем обратное преобразование Лапласа:

$$\varphi(t) = 1 + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} + e^{\beta t} \left[A_3 \cos \gamma t + (A_4 + A_3 \beta) \sin \frac{\gamma t}{\gamma} \right]$$

Определим моментную ошибку по формуле

$$e_{уст} = \frac{k_M}{i^2 k (1 + k_2^* k_d)} M_{H \max} \quad e_{уст} = \frac{61,73}{180^2 \times 1,008 (1 + 6,53 \times 3,57)} \quad e_{уст} = 3 \cdot 10^{-5}$$



Исходная ЛАЧХ И ФЧХ

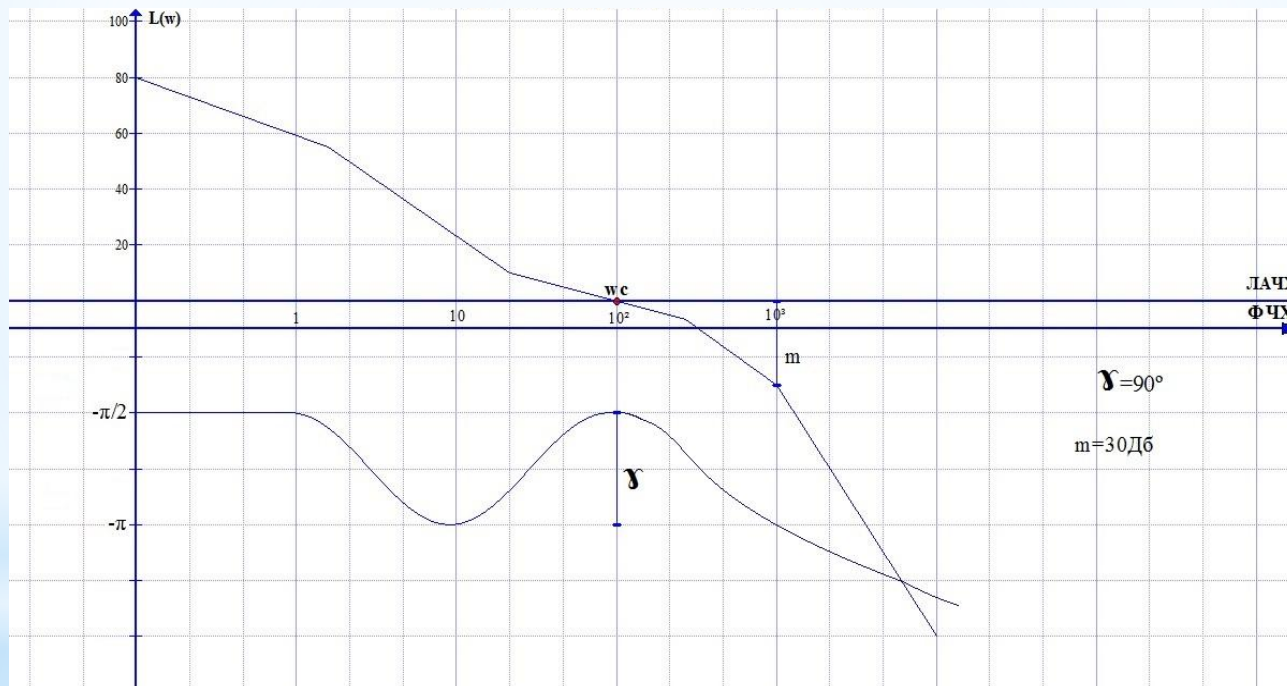
Запасы по фазе $\gamma = 21^\circ$,
по амплитуде $m = 15 \text{ Дб}$.

Полученная передаточная функция разомкнутой системы:

$$K_{\Pi}(p) = \frac{k}{p} \frac{T_2 p + 1}{(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

Корректирующее устройство с передаточной функцией:

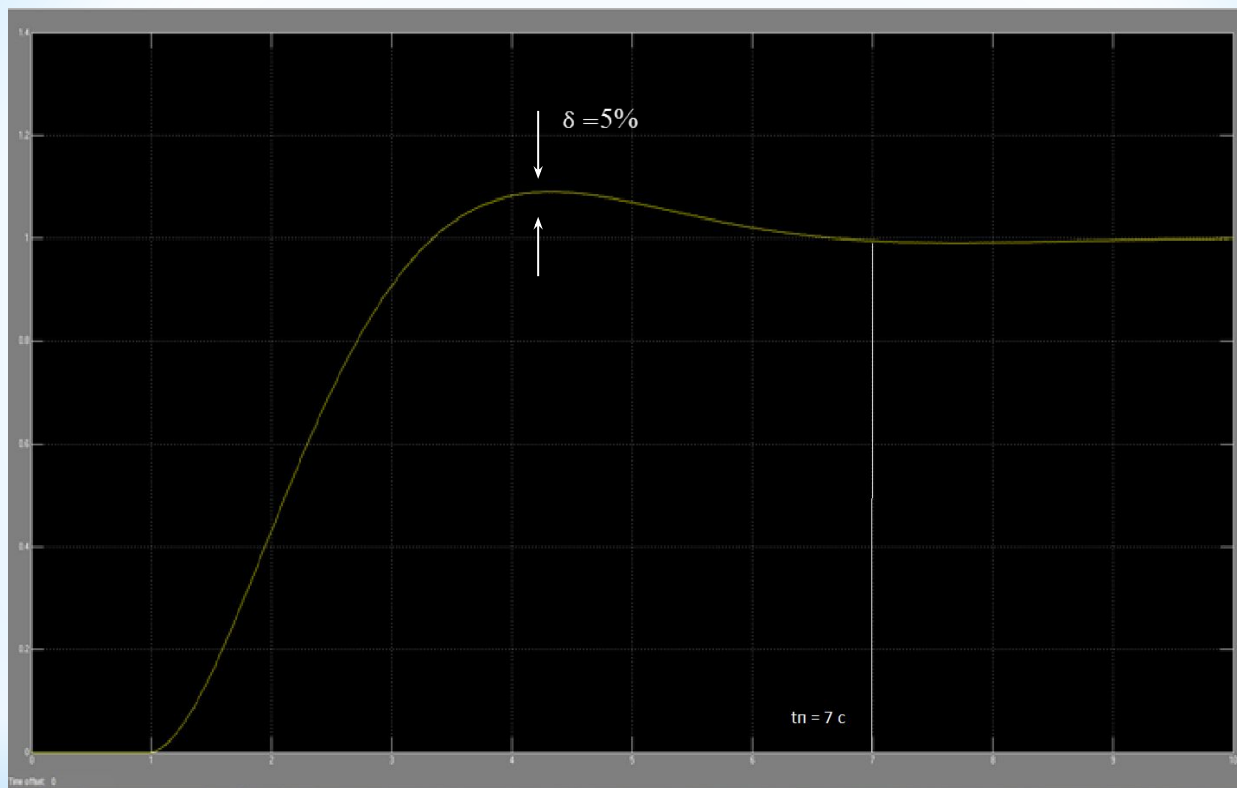
$$W_1(p) = \frac{(T_2 p + 1)(T_3 T_M p^2 + T_M p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$



Полученная ЛАЧХ и ФЧХ

✳ запас по фазе $\gamma = 90^\circ$,
по амплитуде $m = 30 \text{ Дб}$.

График переходного процесса (в программе Matlab)



время переходного процесса - $t_n=7$ с, а также перерегулирование, составляющее 5%. Уменьшение постоянной времени от $T_{M\max}$ до $T_{M\min}$ практически не сказывается на характере переходного процесса. Показатели качества системы не выходят за пределы технического задания.

Заключение

- * В данной дипломной работе приведен обзор следящих электромеханических приводов промышленных роботов, представлены назначение и основные виды систем управления.
- * В результате моделирования получены следующие результаты: определены запасы устойчивости по фазе и по амплитуде у исходной системы. Чтобы улучшить запасы устойчивости вводятся корректирующие звенья. Запас устойчивости после коррекции становится значительно лучше.

Спасибо за внимание!!!

Желаемая передаточная функция разомкнутой системы:

$$K_{\text{ж}}(p) = \frac{k}{p} \frac{T_2 p + 1}{(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

Корректирующее устройство с передаточной функцией:

$$W_1(p) = \frac{(T_2 p + 1)(T_3 T_{\text{м}} p^2 + T_{\text{м}} p + 1)}{(T_1 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

Передаточная функция $W_1(p)$, датчик положения системы будет иметь вид:

$$W_1(p) = (T_2 p + 1)(T_1(p) + 1)$$

Передаточная функция разомкнутой системы

$$K(p) = \frac{k}{p} \frac{T_2 p + 1}{(T_1 p + 1) \frac{T_3 T_1}{1 + k_2^* k_{\text{д}}} p^2 + \frac{T_{\text{м}} + k_2^* k_{\text{д}} \tau}{1 + k_2^* k_{\text{д}}} p + 1}$$

$$K(p) = \frac{k}{p} \frac{T_2 p + 1}{(T_1 p + 1)(T_3' p + 1)(T_4' p + 1)}$$

Где $k=1,008 \text{ с}^{-1}$, $T_1=0,733 \text{ с}$, $T_2=0,05 \text{ с}$,
 $T_3'=5,18 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, $T_4'=1,19 \cdot 10^{-3} \text{ с}$.