

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Задание № 3

Анализ устойчивости регуляторов по критерию Найквиста

Студент группы 17208

Альберт Рамилевич Гафиятуллин

13 апреля 2020 г.

Преподаватель

Виталий Геннадьевич Казаков

" ____ " _____ 2020 г.

1. Введение:

- a. **Цель задания:** исследовать запас устойчивости ПИ- и ПИД-регуляторов по амплитуде и фазе по годографу Найквиста.
- b. **Определение устойчивости системы управления:**
Вместо устойчивости системы можно говорить об устойчивости ее уравнения. Система $\dot{x} = Wu$ устойчива, если для любой ненулевой ограниченной функции входа $u(t)$, функция выхода $x(t)$ ограничена, $t \geq 0$. Система с нулевой входной функцией $u(t) = 0$ устойчива, если функция выхода с ростом времени стремится к нулю $x(t) \rightarrow 0$. Если система управления описывается линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, то система устойчива по входу, если при любом ограниченном входе выход ограничен.
- c. **От чего зависит устойчивость системы управления:** если система управления описывается линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, то ее устойчивость зависит от устойчивости характеристического многочлена.
- d. **Используемые в работе критерии устойчивости, их сравнительная характеристика:** в этой работе используется только критерий Найквиста (а точнее следствие теоремы Найквиста): пусть разомкнутая система устойчива, т. е. знаменатель $Q_p(s)$ передаточной функции разомкнутой системы не имеет нулей в правой полуплоскости: $l = 0$. Тогда для устойчивости замкнутой системы необходимо и достаточно, чтобы годограф передаточной функции разомкнутой системы $W_1(i\omega)W_2(i\omega)$ не огибал точку -1 .
- e. **Если упоминается характеристическое уравнение, то определить, что такое характеристическое уравнение замкнутой, разомкнутой системы:**
характеристическое уравнение замкнутой системы – характеристическое уравнение системы с отрицательной обратной связью, а разомкнутой – без отрицательной обратной связи.
- f. **При применении логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) критерий Найквиста формулируется следующим образом:** для устойчивости системы в замкнутом состоянии необходимо и достаточно, чтобы в диапазоне частот,

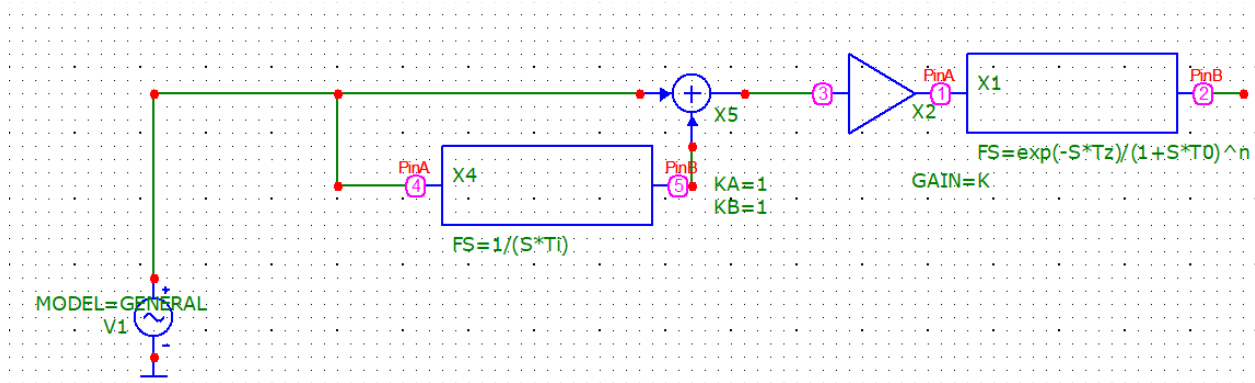
где ЛАЧХ разомкнутой системы больше нуля, число переходов фазовой характеристики прямой снизу вверх превышало на $a/2$ число переходов сверху вниз, где a – число корней характеристического уравнения разомкнутой системы, лежащих в правой полуплоскости.

2. Постановка задачи:

- а. **Что называется запасом устойчивости по амплитуде, по фазе:**
Запас устойчивости по модулю характеризует удаление годографа от критической точки в направлении вещественной оси.
Запас устойчивости по фазе характеризует удаление годографа от критической точки по дуге окружности единичного радиуса.
- б. Достаточным считается запас устойчивости по фазе не менее 30-60 градусов, а по амплитуде не менее 6-12 дБ. В задании № 3 требуется определить запас устойчивости по фазе и по амплитуде для систем автоматического управления с объектом управления из задания №1 при трех значениях чистого запаздывания с ПИ и ПИД регуляторами. Параметры ПИ- и ПИД-регуляторов получены при выполнении задания №1 оптимальной настройкой по интегральному критерию качества.

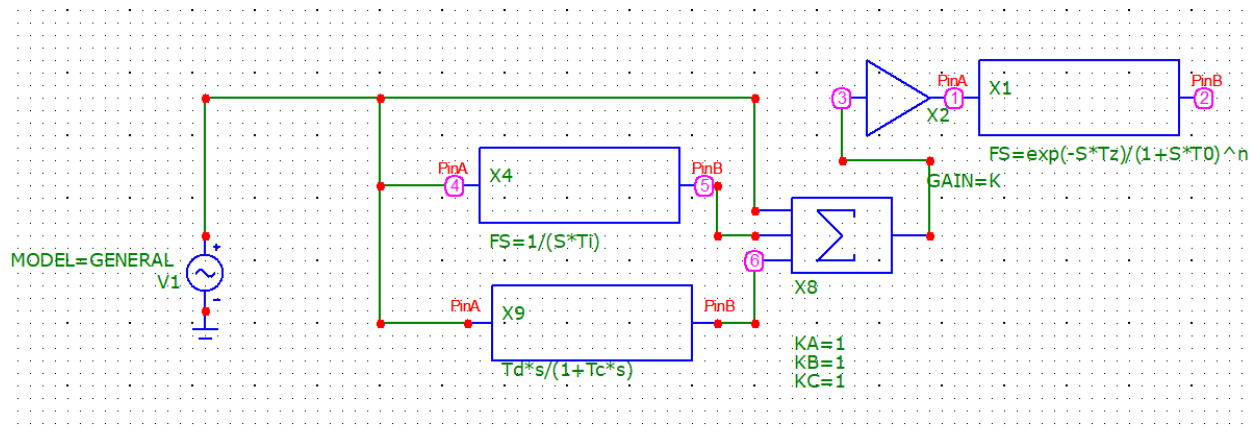
3. Схемы и результаты моделирования:

- а. На рис. 1 представлена структурная схема моделирования частотных характеристик с ПИ-регулятором:



(рис. 1)

- б. На рис. 2 представлена структурная схема моделирования частотных характеристик с ПИД-регулятором:



(рис. 2)

с. В табл.1 представлены результаты исследования запаса устойчивости САР с ПИ-регулятором.

Таблица 1. Результаты исследования запаса устойчивости с ПИ-регулятором

Параметры			Показатели устойчивости	
T	K	T _и	Φ	L
0.0	1.5	2.33	54.846	11.3096
1.5	1.0	4.5	65.644	3.88299
3.0	0.3049284	1.5677982	47.786	6.21420

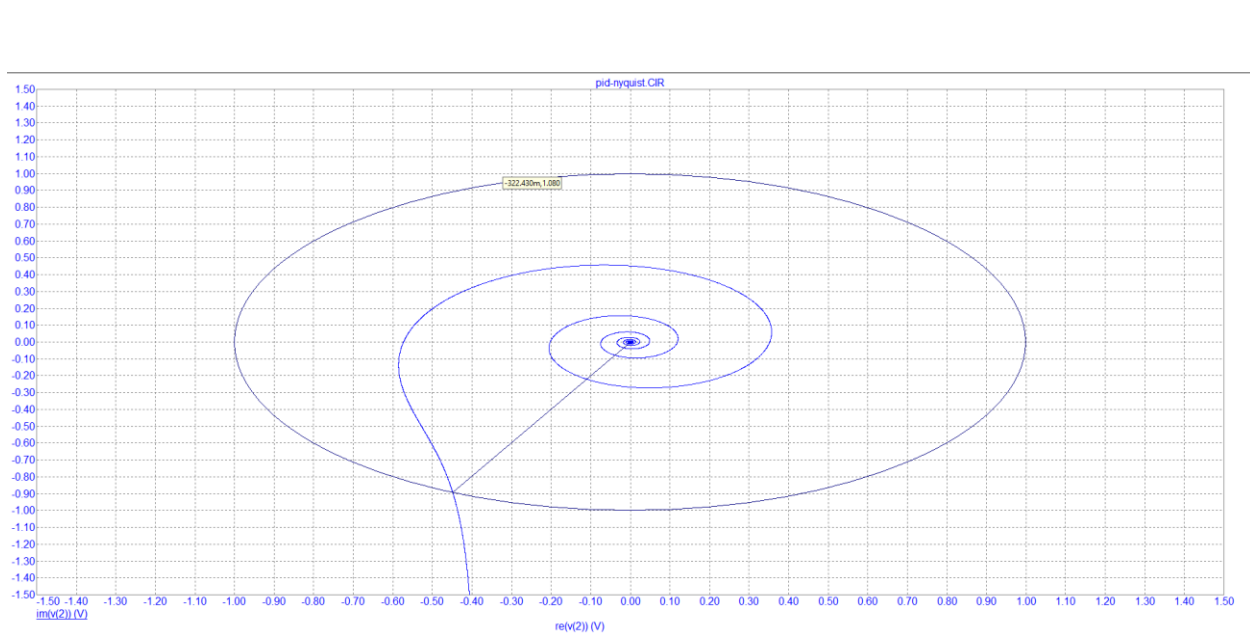
Таблица 2. Результаты исследования запаса устойчивости САР с ПИД-регулятором при ТД=0.25Т_и.

Параметры			Показатели устойчивости	
T	K	T _и	Φ	L
0.0	4.7	2.5	43.427	14.1557
1.5	1.0	2.8	62.069	5.00881
3.0	0.75	3.6	65.245	4.83201

4. Выводы: В целом, показатели устойчивости ПИ- и ПИД-регуляторов оказались примерно равными. Если какой-то из регуляторов выигрывает в одном показателе, то проигрывает в другом.

5. Приложение А:

Пример годографа Найквиста:



Пример диаграммы Бode:

