Сіденко Максим ЕЛК-18

Варіант 24

ВСТУП

Автоматизація підприємств за технологіями та стандартами Industry 4.0 передбачає великі обсяги модернізації та створення нових систем автоматичного керування (САК) технологічними об’єктами та процесами. Виконання значних обсягів розробки різноманітних САК в свою чергу потребує максимальної автоматизації всіх етапів їх проектування, в тому числі виконання комп’ютерного синтезу регуляторів.

Одним з методів синтезу САК, що активно та плідно використовується в теперішній час, є метод логарифмічних амплітудно-частотних характеристик. Відомою вадою цього методу є громіздкість оскільки він є графоаналітичним, що суттєво ускладнює його застосування. В зв'язку з цим розроблено програму автоматизованого синтезу САК за методом логарифмічних амплітудно-частотних характеристик, що виконує повний алгоритм методу, роблячи його гнучким та оперативним.

1 ПРОГРАМНИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МЕТОДОМ ЛОГАРИФМІЧНИХ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1.1 Алгоритм та виконання програми

Частотний метод синтезу САК за допомогою логарифмічних амплітудно-частотних характеристик є давно й широко відомим та добре розробленим. Тому недоцільно наводити теорію методу, тим більш вона практично вся деталізована та використана в представленій нижче програмі синтезу САК Sint\_Bode.m. Програма представляє собою скрипт, написаний на m-мові системи MATLAB, реліз R2014a.

Алгоритм програми ідентичний основним етапам методики виконання синтезу методом бажаних ЛАЧХ та має наступні пункти:

1. Введення вихідних даних.

2. Побудова асимптотичної ЛАЧХ вихідної системи, тобто об’єкта керування.

3. Побудова бажаної асимптотичної ЛАЧХ розімкнутого контуру синтезованої системи.

4. Отримання асимптотичної ЛАЧХ послідовного коригувального пристрою (регулятора) відніманням від асимптотичної бажаної ЛАЧХ асимптотичної ЛАЧХ об'єкта керування.

5. Отримання передавальної функції (ПФ) регулятора.

6. Визначення прямих показників якості – перерегулювання та часу регулювання синтезованої замкнутої системи.

7. Редукування порядку регулятора р до ступеня р-1 та р-2 та визначення показників якості замкнутої системи з редукованим регулятором.

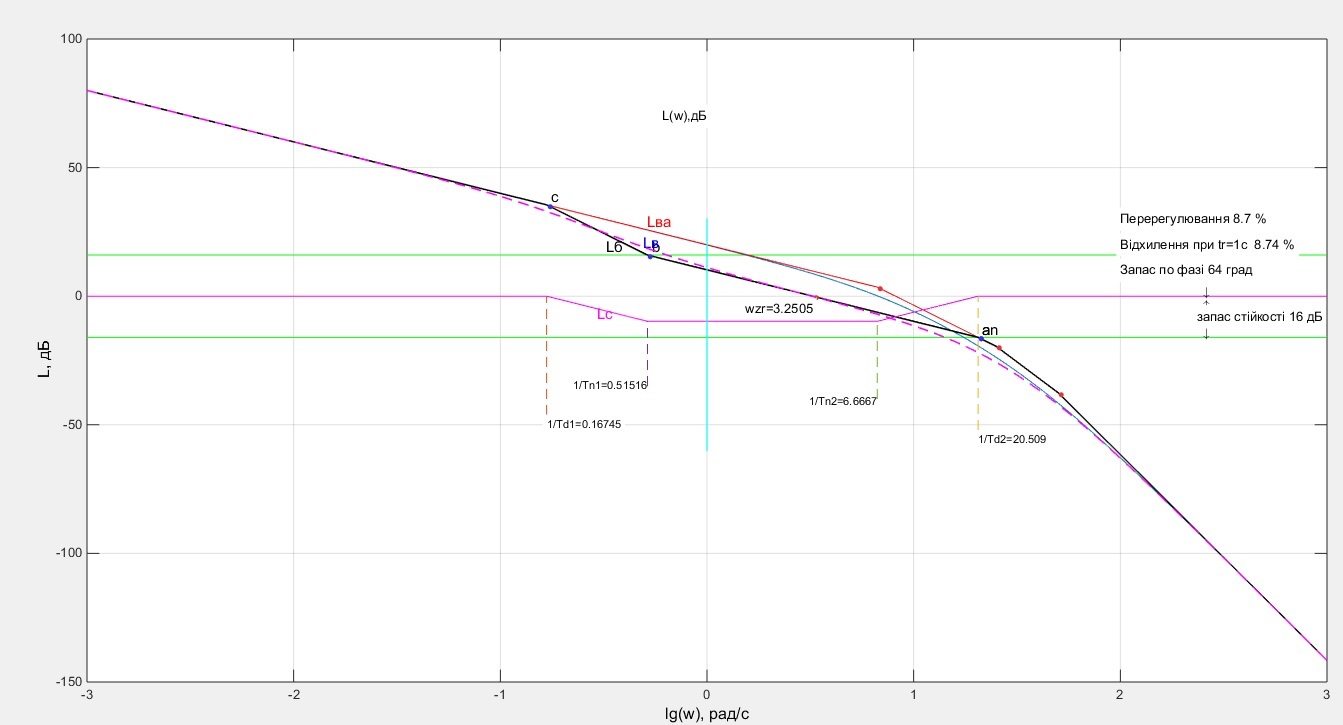
Виконання

**2.1 Дослідити залежність показників якості від частоти зрізу** wzr

Для вказаного дослідження встановіть режим побудови бажаної ЛАЧХ за спрощеною методикою, присвоївши змінній kbb=0. Це забезпечить мінімальний час регулювання завдяки знайденій максимальній частоті зрізу wzrмакс, при якій САК залишається повністю реалізованою. Реалізованість в цьому сенсі означає відсутність підйому бажаної ЛАЧХ на високих частотах вище рівня 0дБ на частоті в точці an, або інакше, позначена пунктиром ЛАЧХ скорегованої системи не опиняється праворуч від ЛАЧХ об’єкта керування.

Встановіть kbb=1, zapsv=16дБ, zapsn=16дб, nahv=40 (це буде нахил -40дБ/дек), nahn=40 (це буде -40дБ/дек). Такі налаштування відповідають більшості рекомендацій, що наведені в літературі. Завдайте округлене до цілого, тобто wzr= round(wzrмакс ), значення частоти зрізу. Запускайте скрипт, зменшуючи частоту зрізу від round(wzrмакс ) з кроком round(0,1wzrмакс ), доки відхилення регульованої величини від усталеного значення ytr в момент часу tr не перевищить 5%. Занесіть отримані значення показників якості в таблицю виду

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *T1* | *T2* | *T3* | *k1* | *k2* | *k3* | ** | *kv* | *C2* | ** | *tr* |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 24 | 0,02 | 0,04 | 0,15 | 320 | 40 | 0,01 |  | 128 | 0,12 | 35 | 1 |
| 28 | 0,011 | 0,08 |  | 2100 | 5 | 0,02 | 0,75 | 210 | 0,072 | 36 | 0,65 |
| 9 | 0,01 | 0,014 | 0,1 | 800 | 16 | 0,025 |  | 320 | 0,1 | 35 | 1,0 |



Таблиця 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| wzr, рад/с | 10,73 | 9,54 | 8,34 |
| σ,% | 18,1 | 16 | 12,4 |
| ytr, % | 1,34 | 1,77 | 3,15 |
| запас по фазі, град | 54 | 57 | 63 |

Висновки: Проаналізувавши таблицю 2.1 можна зробити висновок, що показники якості зменшуються зі зменшенням частоти зрізу. Рекомендоване в літературі обчислення частоти зрізу співпадає зі значенням отриманим в виділеній комірці.

**2.2 Дослідити залежність показників якості від запасу стійкості** zapsv, zapsn

Таблиця 2.2-1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=10дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 27,9 | 27,9 | 27,9 | 22,7 | 19,3 | 17,8 |
| ytr, % | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| запас по фазі, град | 48 | 48 | 48 | 54 | 59 | 63 |

Таблиця 2.2-2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=13дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 17 | 14,8 | 13,8 |
| ytr, % | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,76 | 0,8 | 0,82 |
| запас по фазі, град | 53 | 53 | 53 | 58 | 64 | 68 |

Таблиця 2.2-3

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=16дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 16 | 16 | 12,7 | 12,7 | 11,2 | 10,6 |
| ytr, % | 1,77 | 1,77 | 1,82 | 1,82 | 1,87 | 1,91 |
| запас по фазі, град | 57 | 57 | 62 | 62 | 68 | 72 |

Таблиця 2.2-4

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=19дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 12,1 | 12,1 | 12,1 | 9,4 | 8,4 | 8 |
| ytr, % | 2,58 | 2,58 | 2,59 | 2,62 | 2,67 | 2,71 |
| запас по фазі, град | 59 | 59 | 59 | 65 | 70 | 74 |

Таблиця 2.2-5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=22дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 6,9 | 6,3 | 6 |
| ytr, % | 2,89 | 2,89 | 2,89 | 2,92 | 2,96 | 2,98 |
| запас по фазі, град | 61 | 61 | 61 | 66 | 72 | 76 |

Таблиця 2.2-6

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=25дБ, zapsn,дБ | 10 | 13 | 16 | 19 | 22 | 25 |
| σ,% | 7,1 | 7,1 | 7,1 | 5 | 4,6 | 4,5 |
| ytr, % | 2,78 | 2,78 | 2,78 | 2,8 | 2,82 | 2,83 |
| запас по фазі, град | 62 | 62 | 62 | 68 | 73 | 77 |

Висновок: Проаналізувавши таблиці в результаті синтезу, можна зробити висновок, що при збільшення значень zapsv та zapsn . Рекомендоване в літературі знаходження zapsv та zapsn співпадає з отриманими результатами в таблиці.

**2.3 Дослідити відпрацювання САК збурення по навантаженню**

Таблиця 2.3

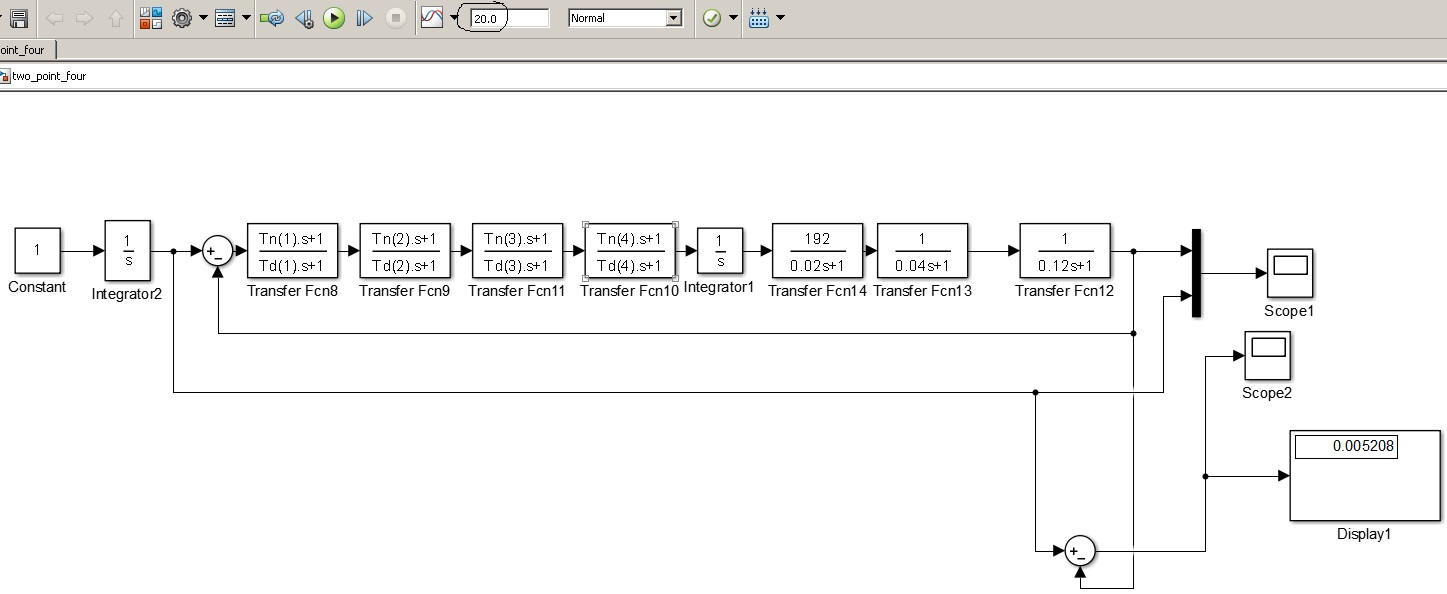
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т,с | 0.005 | 0.05 | 0.5 | 2.5 |
| σ,% | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,49 |
| відхилення | 1 | 1 | 1 | 1 |
| tr, с | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 |

Поясніть отримані результати, зокрема, зміну відпрацювання системою збурення при зменшенні швидкості його зростання

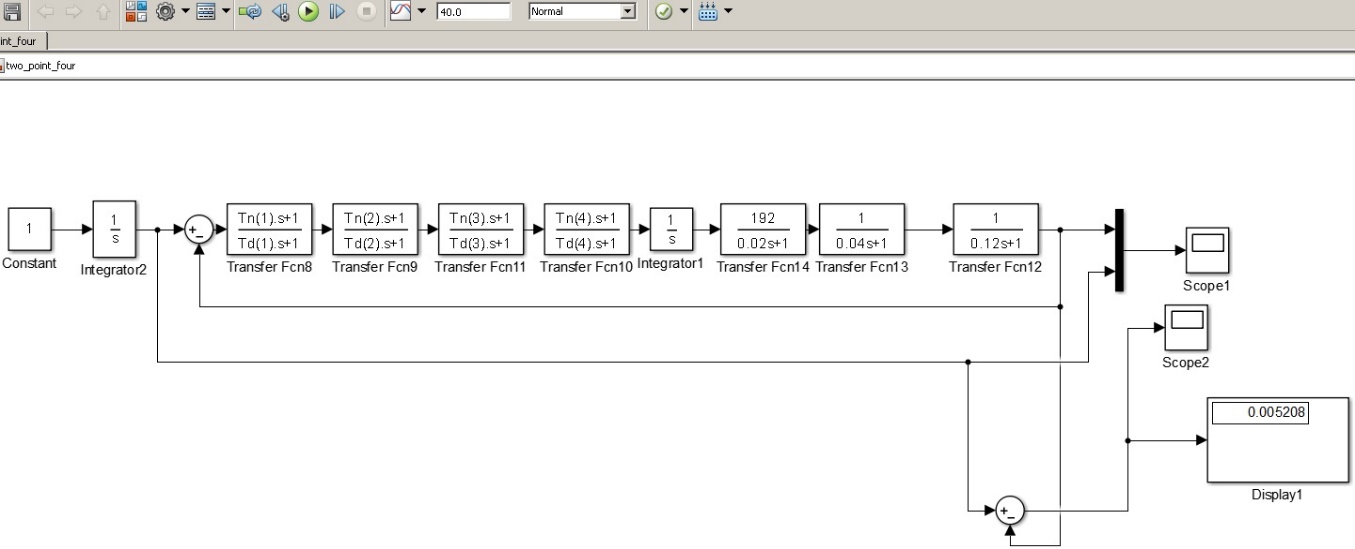
**2.4 Дослідити динамічні помилки синтезованої астатичної системи**

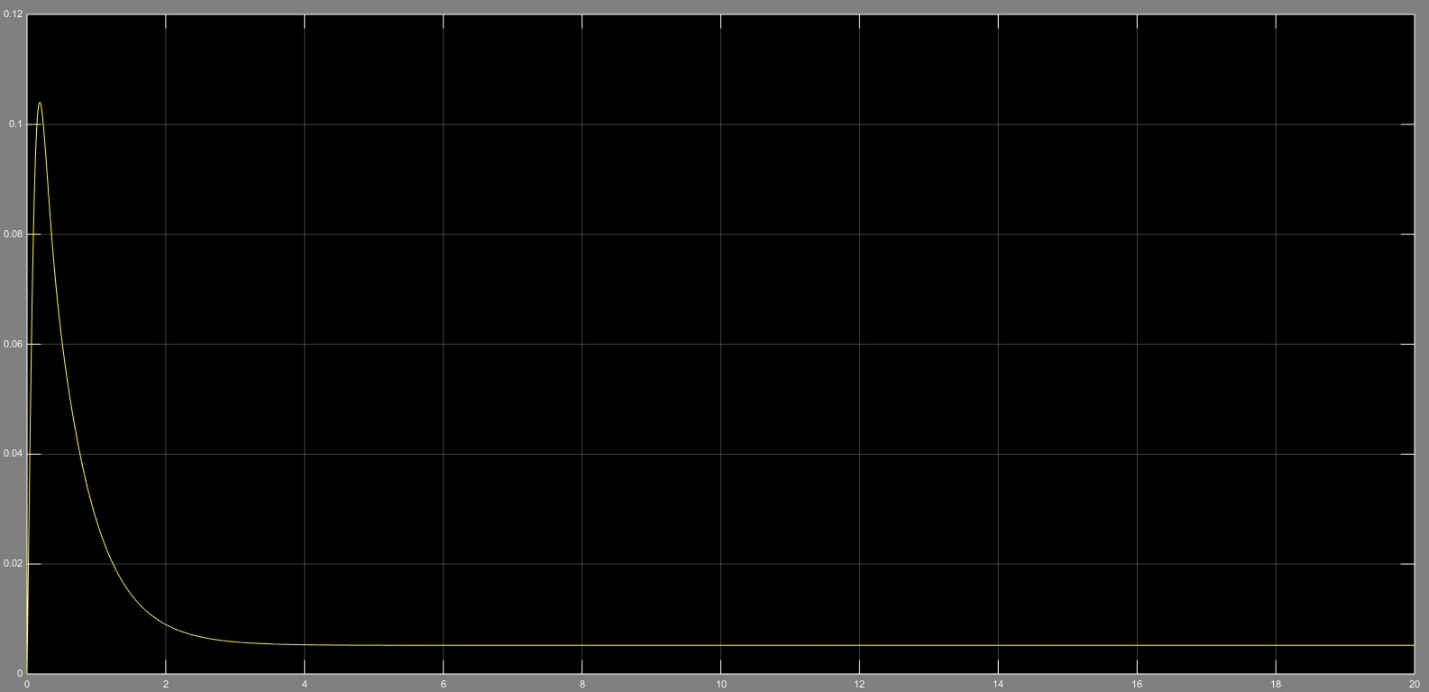
2.4.1 Швидкісна помилка за впливом завдання

При часі регулювання 20 с.

****

При часі регулювання 40 с.

****

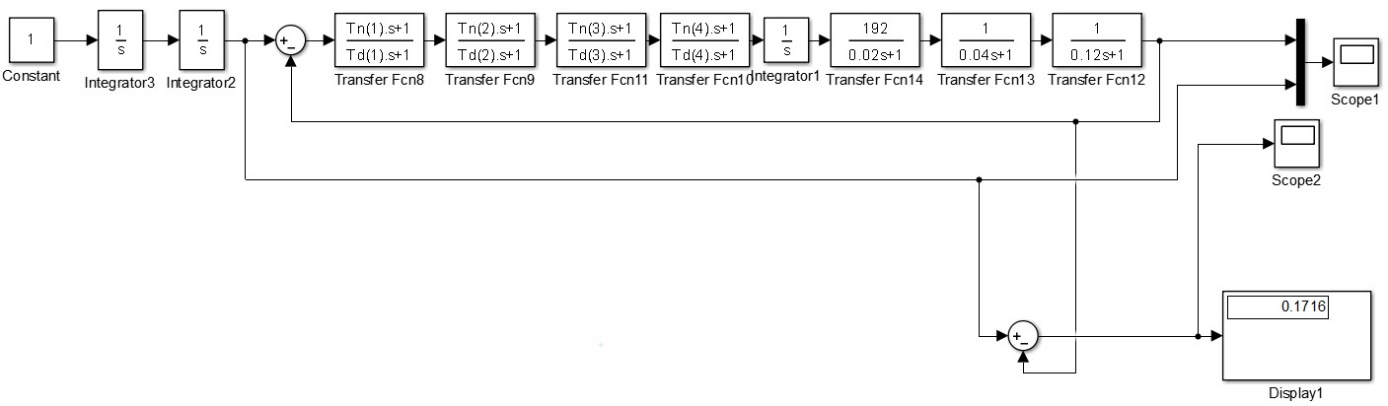
****

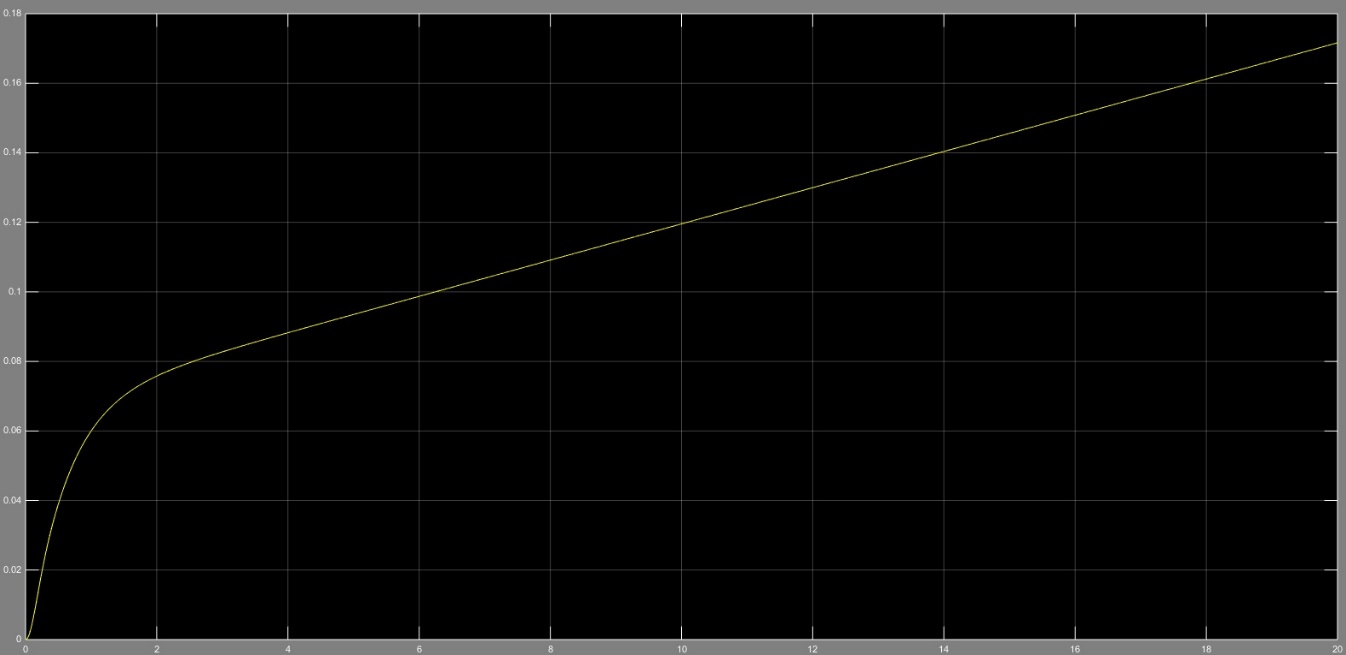
Scope 2 ( з одним інтегратором)

Висновок:

В звіті наведіть значення швидкісної помилки, порівняйте її з вказаною максимальною у вашому варіанті вихідних даних.

2.4.2 Помилка за прискоренням за впливом завдання





Scope 2 ( з двума інтеграторами )

**3 ЗАВДАННЯ ТА ВИКОНАНЯ РОБОТИ ПРИ СИНТЕЗІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯХ СТАТИЧНОЇ САК**

3.1 Дослідити залежність показників якості від частоти зрізу wzr

Таблиця 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| wzr, рад/с | 36 | 29 | 22 |
| σ,% | 7,4 | 6,7 | 6,4 |
| ytr, % | -0,52 | -0,51 | -0,49 |
| запас по фазі, град | 67 | 71 | 73 |

Висновок:

Зробіть висновок щодо залежності показників якості від частоти зрізу

**3.2 Дослідити залежність показників якості від запасу стійкості** zapsv, zapsn

Таблиця 3.2-1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=12дБ, zapsn,дБ | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| σ,% | 12,1 | 10,9 | 10,5 | 9,9 | 9,4 |
| ytr, % | -0,52 | -0,52 | -0,52 | -0,52 | -0,52 |
| запас по фазі, град | 63 | 66 | 67 | 70 | 73 |

Таблиця 3.2-2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=15дБ, zapsn,дБ | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| σ,% | 8.5 | 7,7 | 7,4 | 7,1 | 6,7 |
| ytr, % | -0,52 | -0,52 | -0,52 | -0,52 | -0,52 |
| запас по фазі, град | 67 | 69 | 71 | 73 | 76 |

Таблиця 3.2-3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=18дБ, zapsn,дБ | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| σ,% | 5,7 | 5,2 | 5 | 4,8 | 4,7 |
| ytr, % | -0,5 | -0,5 | -0,5 | -0,5 | -0,5 |
| запас по фазі, град | 69 | 72 | 73 | 76 | 79 |

Таблиця 3.2-4

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=21дБ, zapsn,дБ | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| σ,% | 3,7 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,1 |
| ytr, % | -0,44 | -0,44 | -0,44 | -0,44 | -0,44 |
| запас по фазі, град | 70 | 73 | 75 | 77 | 80 |

Таблиця 3.2-5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| zapsv=24дБ, zapsn,дБ | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 |
| σ,% | 2,2 | 2 | 2 | 1,9 | 1,9 |
| ytr, % | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| запас по фазі, град | 72 | 74 | 76 | 78 | 81 |

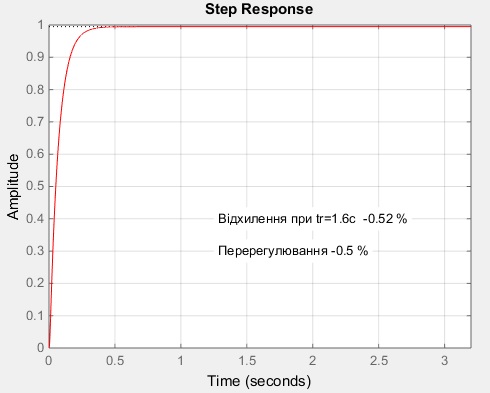
Висновок:

Зробіть висновки щодо залежності показників якості від значень та співвідношень параметрів zapsv та zapsn.

**3.3 Дослідити залежність показників якості від нахилу з‘єднувальних асимптот**

Таблиця 3.3

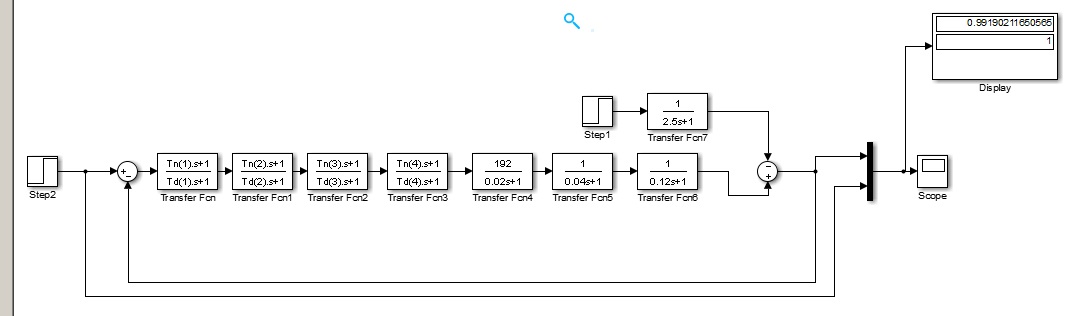
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| wzr, рад/с | 36 | 29 | 22 |
| σ,% | -0,5 | -0,5 | -0,5 |
| ytr, % | -0.52 | -0.52 | -0.52 |
| запас по фазі, град | 73 | 78 | 82 |

****

Висновок:

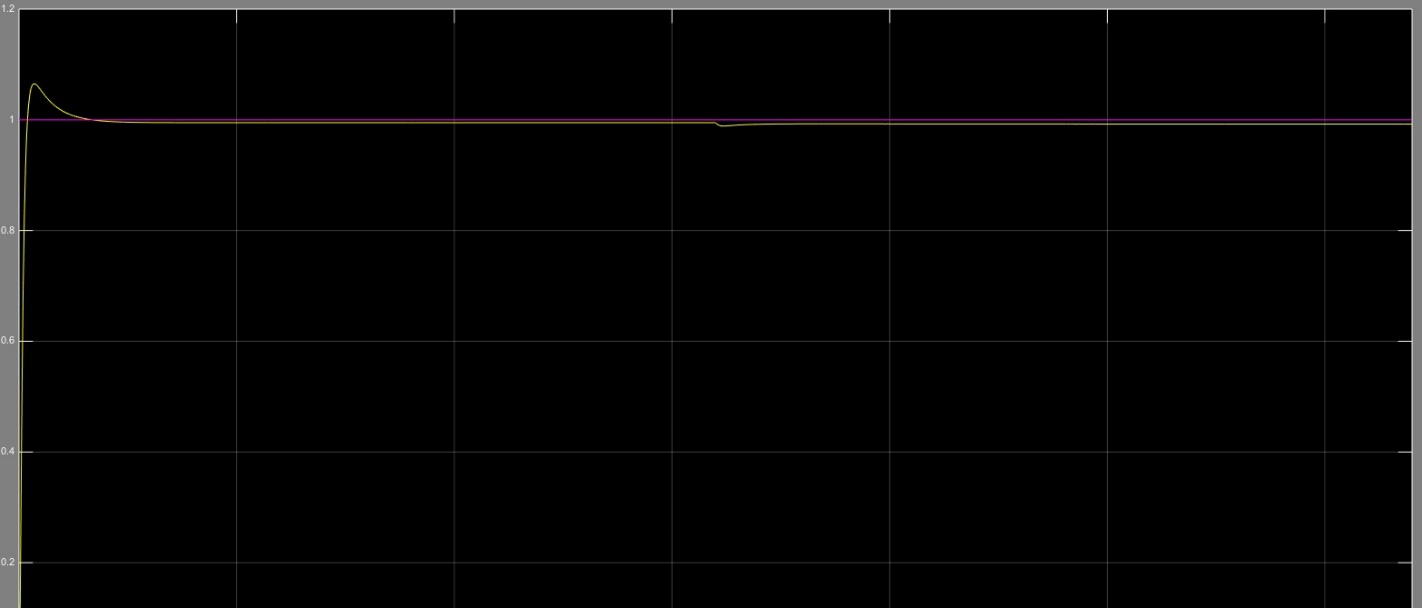
Зробіть висновки щодо форми перехідного процесу і впливу частоти зрізу на його форму та тривалість

**3.4 Дослідити відпрацювання САК збурення по навантаженню**

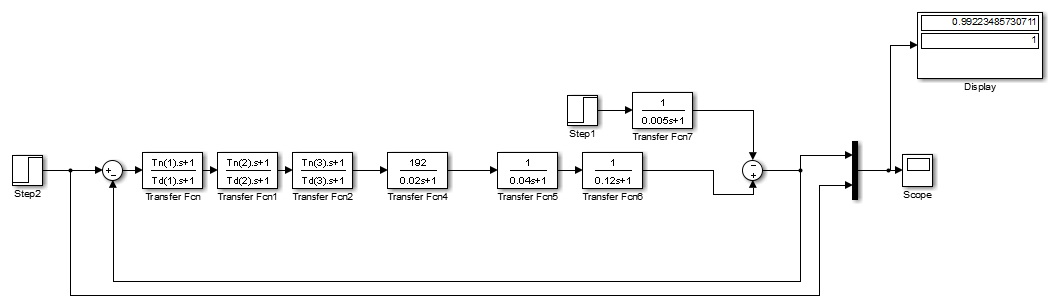


Таблиця 3.4.1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т,с | 0.005 | 0.05 | 0.5 | 2.5 |
| σ,% | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| відхилення | 1 | 1 | 1 | 1 |
| tr, с | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 |

****

відпрацювання збурення при Т=0,05с



Таблиця 3.4.2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Т,с | 0.005 | 0.05 | 0.5 | 2.5 |
| σ,% | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 0,99 |
| відхилення | 1 | 1 | 1 | 1 |
| tr, с | 12,8 | 12,8 | 12,8 | 12,8 |



Висновок: Порівняйте результати моделювання відпрацювання збурень двома моделями. Зробіть висновки про вплив виду перехідної функції розгону САК, що є різними в двох моделях, на якість та тривалість перехідних процесів відпрацювання збурень для ідентичних навантажень.

**4 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АСТАТИЧНОЇ ТА СТАТИЧНОЇ САК**

Висновок: Отримані результати синтезу показують, що статична САК порівняно з астатичною з ідентичними параметрами розімкнутого контуру, має в 4 - 7 разів ширшу смугу пропускання і, відповідно, швидкодію. Перерегулювання теж суттєво менше в статичній системі в порівнянні з астатичною.