

УДК 044.4'24(076.5)
ББК 3 965-01р
Т338

ЗМІСТ

Вступ	4
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/ SIMULINK	5
Лабораторна робота 1. ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВИХ ЛАНОК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	10
Лабораторна робота 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	13
Лабораторна робота 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	15
Лабораторна робота 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ...	17
Лабораторна робота 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРЕГУЮЧИХ ПРИБОРІВ НА СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ...	19
Лабораторна робота 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	22
Лабораторна робота 7. УСТАЛЕНІ ПОХИБКИ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	25
Лабораторна робота 8. ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	27
Лабораторна робота 9. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ	29
Список літератури	31

Укладачі: А.Е. Асланян, О.А. Бельська,
С.М. Гальченко, Д.О. Шевчук

Рецензент В.М. Казак

*Затверджено методично-редакційною радою Національного
авіаційного університету (протокол № 8 від 25.10.2007 р.).*

Теорія автоматичного керування: методичні рекомендації до
виконання лабораторних робіт / уклад.: А.Е. Асланян, О.А. Бельська,
С.М. Гальченко [та ін.]. – К.: НАУ, 2008. – 32 с.

Т 338

Містить методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія автоматичного керування».
Для студентів спеціальності 6.090600 «Електротехнічні системи електро-
споживання».

ВСТУП

Методичні рекомендації до виконання лабораторних работ підготовлено згідно з програмою курсу "Теорія автоматичного керування" для студентів спеціальності 6.090600 "Електротехнічні системи електроживлення".

Мета лабораторних робіт – поглибити та закріпити теоретичні знання студентів з методів аналізу замкнених автоматичних систем.

Лабораторні роботи виконуються методом математичного моделювання динамічних процесів на ЕОМ за допомогою пакета імітаційного моделювання MATLAB у середовищі Windows.

Роботи виконуються в три етапи. На першому підготовчому етапі, який передуює роботі в лабораторії, студент повинен ознайомитись з метою роботи; використовуючи літературу вивчити теоретичні аспекти роботи; відповісти на питання; підготувати протокол лабораторної роботи.

На другому етапі, безпосередньо в лабораторії, слід провести необхідні дослідження, занотуючи отримані результати, одночасно аналізуючи їх з метою запобігання появі похибок.

На завершальному етапі роботи необхідно виконати обчислення, накреслити частотні характеристики, порівняти результати дослідів з теоретичними розрахунками і зробити висновки стосовно досліджуваних процесів, занотувати їх у звіт роботи. Дати відповідь на контрольні питання і захистити роботу.

До виконання лабораторної роботи допускаються студенти, які виконали перший етап запланованої роботи і мають повністю оформлену попередню роботу.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MATLAB/SIMULINK

1. SIMULINK – ІНСТРУМЕНТ ВІЗУАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Розробка моделей засобами Simulink (S-моделей) заснована на технології "перенести і залишити" (drag-and-drop). Як елементи та зв'язки між ними використовуються модулі із бібліотеки Simulink. Користувач може задавати спосіб зміни модельного часу (аналоговий чи дискретний), а також час початку і закінчення моделювання. Вхідні та вихідні сигнали системи можуть бути подані як графічно, так і в числовій формі.

2. ПОЧАТОК РОБОТИ

Використовуючи ярлик "MATLAB" на робочому столі Windows запустіть програмний пакет MATLAB. В активному рядку командного вікна введіть команду "Simulink" (кольорова кнопка). Відкриється вікно Simulink Library Browser (розділи бібліотеки Simulink). У командному вікні бібліотеки в меню File виберіть команду New\Model. Відкриється порожнє вікно для створення S-моделі без назви (Untitled), можете надалі привласнити моделі своє ім'я і відправити у свою папку використовуючи команду Save As... у меню File. Ваше основне робоче вікно – це вікно S-моделі. Командні вікна "MATLAB" і Simulink Library Browser (SLB) у разі необхідності активізуються і їх доцільно зменшити, використовуючи кнопку в правому верхньому куті вікна і "мишку".

3. СИНТЕЗ МОДЕЛІ

Уважно вивчіть зміст поточної лабораторної роботи і визначте склад необхідних для виконання роботи блоків. Вам потрібні будуть також джерела стандартних сигналів Sources (Step – стрибок і Sine Wave – синусоїдальний сигнал) і осцилограф із бібліотеки приймачів сигналів Sinks (Scope – осцилограф). За допомогою лівої кнопки "мишки" (ЛКМ) перенесіть обрані вами блоки, а також джерело сигналів і осцилограф у вікно S-моделі. Якщо необхідно мати два чи більше однотипних блоки (елементів), то їх можна одержати безпосередньо у вікні S-моделі за допомогою

правої кнопки “мишки” (ЛКМ), виконавши у середині блоку команду Copy (копіювати), а потім у необхідному місці команду Paste (вставити). Будь-який блок моделі можна перемістити, утримуючи натиснутою ЛКМ. У з’єднання можна встановити блок з одним входом і одним виходом. Для цього його потрібно перемістити в необхідне місце з’єднувальної лінії.

На наступному кроці синтезу імітаційної моделі необхідно розташувати блоки відповідно до наведеного рисунку. Зв’язки між блоками реалізуються за допомогою ЛКМ (курсор підводиться до виходу блока до утворення мітки + і після натискання на ЛКМ мітка протягується до входу наступного блоку, де ЛКМ відпускається). Результатом цієї операції буде односпрямований зв’язок у вигляді стрілки. Відгалуження від лінії зв’язку реалізується за допомогою ПКМ (курсор підводиться до точки виходу сигналу і після натискання на ПКМ мітка + підводиться до відповідного входу і відпускається). У разі необхідності лінія відгалуження будується у два чи більше прийомів при послідовних поворотах лінії у різних напрямках на 90°. Для підємування сигналів використовується модуль Sum з бібліотеки Simulink\Math operations.

4. НАСТРОЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕЛІ

4.1. Налаштування джерела сигналів Sources\Step

На блоці Step у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Step. Установити у цьому вікні:

- час початку стрибка Step time: 0;
- початкове значення стрибка Initial value: 0;
- задане значення стрибка Final value: вказане у вказівках до лабораторної роботи.

4.2. Налаштування джерела сигналів Sources\Sine Wave

На блоці Sine Wave у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Sine Wave. Установити у цьому вікні:

- Sine type: Time based – для безперервних систем;
- Amplitude: 1 чи за вказівкою викладача;
- Bias: 0 (постійна складова);

- Frequency (rad/sec): відповідно до вказівок (1 Гц = 2 π rad/sec);
- Phase (rad): 0; Sample time: 0 – для аналогових систем.

4.3. Налаштування блока підємування Math Operations\Sum

На блоці Sum у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Sum. Установити у цьому вікні:

- Icon Shape: round (форма суматора, можна вибрати прямокутник);
- List of signs: [+ - + (Кількість і знаки входів відповідно до досліджуваної схеми).

4.4. Налаштування блока Math Operations\Gain

На блоці Gain у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Gain. Установити у цьому вікні:

- Gain: необхідний коефіцієнт підємування K;
- Multiplication: Element-Wise (K·u)

4.5. Налаштування блока Continuous\Integrator

На блоці Integrator у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Integrator. Установити у цьому вікні:

- External reset: none;
- Initial condition source: internal;
- Initial condition: 0.

4.6. Налаштування блока Continuous\Transfer Fcn

На блоці Transfer Fcn у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Transfer Fcn. Установити у цьому вікні:

- Numerator: [n m l] – вектор параметрів чисельника;
- Denominator: [k p r] – вектор параметрів знаменника, пробіли обов’язкові, якщо кількість параметрів більше трьох видаються відповіді num(s) & den(s) відповідно.

4.7. Налаштування блоку ContinuousZero-Pole

На блоці Zero-Pole у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Zero-Pole. Установити у цьому вікні:

- Zeros: $[n \ m \ -l]$ – нулі передавальної функції;
- Poles: $[k \ p \ r]$ – полюса передавальної функції, пробіли обов'язкові;
- Gain: коефіцієнт підсилення;
- Absolute tolerance: auto – абсолютна точність.

4.8. Налаштування блоку DiscreteIDE

На блоці IDE у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Link: [ім'я файлу]/IDE. У цьому вікні двома натисканнями ЛКМ на блоці Pulse Generator викликати вікно Block Parameters: Pulse Generator. Установити у цьому вікні:

- Amplitude: 1;
- Period (sec): відповідно до вказівки;
- Pulse Width (% of Period): відповідно до вказівки, $(T_1/T_1) \times 100\%$.

4.9. Налаштування блоку Discontinuities (Nonlinear)Relay

На блоці Relay у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Relay. Установити у цьому вікні:

- Switch on point: відповідно до вказівки (поріг спрацьовування);
- Switch off point: відповідно до вказівки (поріг відпускання);
- Output when on: 1 (вихід при вмкненні);
- Output when off: -1 (вихід при вимкненні).

4.10. Налаштування блоку Discontinuities (Nonlinear) Saturation

На блоці Saturation у вікні S-моделі двома натисканнями ЛКМ викликати вікно Block Parameters: Saturation. Установити у цьому вікні:

- Upper limit: 1 – верхній поріг;
- Lower limit: -1 – нижній поріг.

Для виконання вимог вказівок перед цим елементом доцільно встановити підсилювач Gain (пункт 4.4), підбравши коефіцієнт підсилення відповідно до вказівок.

5. УСТАНОВКА ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКУ І ЙОГО ВИКОНАННЯ

5.1. Установка параметрів

У вікні S-моделі в меню Simulation натисканням ЛКМ викликати вікно налаштування параметрів розрахунку (НПР) – Simulation Parameters: untitled. Вікно НПР має п'ять закладок: Solver (розрахунок); Workspace I/O (введення/виведення даних у робочу область MATLAB); Diagnostics (вибір параметрів режиму діагностики); Advanced (додажки); Real-Time Workshop (може бути відсутнім).

Встановити параметри розрахунку:

- Simulation time. Start time: 0; Stop time: розрахунковий час $t_{\text{н.п.}}$;
- Solver options. Type: Variable-step, для неперервних систем; Fixed-step, для дискретних систем; Ode 45 (Dormand-Prince);
- Output options. Refine: Output; Refine factor: (тільки цілі числа).

Інші параметри встановлюються автоматично.

5.2. Виконання розрахунку

У вікні S-моделі в меню Simulation натисканням ЛКМ по команді Start запускається процес моделювання, який завершується автоматично або по команді Stop, а потім продовжений командою Continue.

6. РОБОТА З ОСЦИЛОГРАФОМ SCORE

У вікні S-моделі два рази клікнути ЛКМ по піктограмі Score. З'явиться вікно Score з панелью інструментів, яка містить 11 кнопок:

- Print – друк умісту вікна;
- Parameters – доступ до вікна налаштування параметрів; встановити необхідну кількість осей (входів);

- Zoom – збільшення масштабу по обох осях;
 - Zoom X-axis – збільшення масштабу по горизонтальній осі;
 - Zoom Y-axis – збільшення масштабу по вертикальній осі;
 - Autoscale – автоматична установка масштабу по обох осях.
- П'ять режимів, які залишилися, і відповідні їм кнопки при виконанні лабораторних робіт можна не використовувати.

Лабораторна робота 1

ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПОВИХ ЛАНОК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Навчитись моделювати типові ланки системи автоматичного керування (САК) та обробляти осцилограми перехідних функцій.

Завдання

У роботі досліджуються динамічні характеристики простих ланок (ідеальної, аперіодичної, коливальної) та ідеальної інтегруючої ланки.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно опрацювати такі питання:

1. Класифікація динамічних ланок за видом правої та лівої частин диференціального рівняння.
2. Основні динамічні характеристики ланок і зв'язок між ними.
3. Перетворення з'єднаних ланок.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати модель пропорційної ланки за схемою, що зображена на рис. 1.

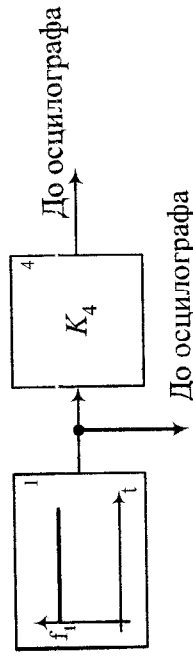


Рис. 1

Задаючись вхідним сигналом $f_1 = 10 \text{ В}$ та значеннями коефіцієнта підсилення пропорційної ланки $K_4 = 0,5; 1; 2$ зняти осцилограми перехідних функцій.

Використовуючи осцилограми визначити коефіцієнти підсилення. Записати рівняння пропорційної ланки.

2. Зібрати модель аперіодичної ланки за схемою, що зображена на рис. 2.

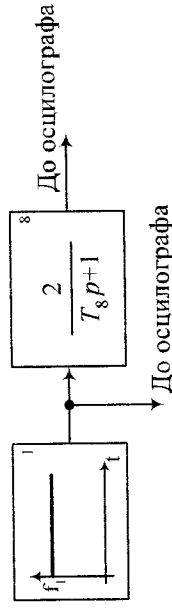


Рис. 2

Задаючись вхідним сигналом $f_1 = 10 \text{ В}$ та значеннями сталої часу $T_8 = 0,5; 1; 2$ с зняти осцилограми перехідних функцій аперіодичної ланки.

Використовуючи осцилограми визначити значення сталої часу. Записати рівняння аперіодичної ланки.

3. Зібрати модель коливальної ланки за схемою, що зображена на рис. 3.

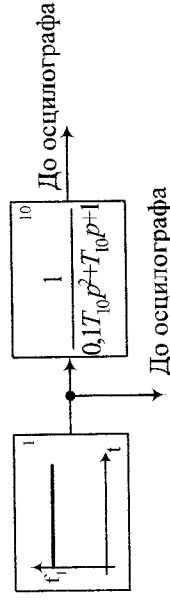


Рис. 3

Задаючись вхідним сигналом $f_1 = 10 \text{ В}$ та значеннями сталої часу $T_{10} = 0,005; 0,01; 0,02$ с зняти осцилограми перехідних функцій коливальної ланки.

Використовуючи осцилограми визначити значення сталої часу коливальної ланки та коефіцієнта загасання. Записати рівняння коливальної ланки.

4. Зібрати модель інтегруючої ланки за схемою, що зображена на рис. 4.

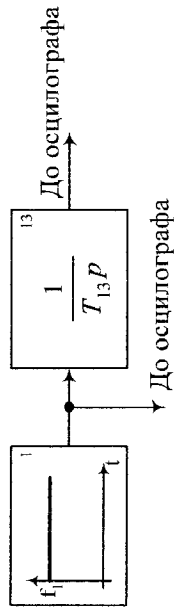


Рис. 4

Задаючись вхідним сигналом $f_1 = 1$ В та значеннями сталої часу $T_{13} = 0,2; 0,5; 2$ с зняти осцилограми перехідних функцій інтегруючої ланки.

Використовуючи осцилограми визначити значення сталої часу. Записати рівняння інтегруючої ланки.

Контрольні питання

1. За яким принципом класифікуються ланки САК?
2. Визначити поняття передавальної функції?
3. Визначити поняття дельта-функції?
4. Дайте визначення корегуючому пристрою?
5. Який вигляд має перехідна функція простої ідеальної (пропорційної) ланки?
6. Визначити основні часові характеристики ідеальної (пропорційної) ланки
7. Який вигляд має перехідна функція простої аперіодичної ланки?
8. Визначити основні часові характеристики простої аперіодичної ланки
9. Який вигляд має перехідна функція простої коливальної ланки?
10. Визначити основні часові характеристики простої коливальної ланки
11. Який вигляд має перехідна функція ідеальної інтегруючої ланки?
12. Визначити основні часові характеристики ідеальної інтегруючої ланки?

Лабораторна робота 2

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Навчитись експериментально визначати частотні характеристики САК в розімкнутому та замкнутому стані.

Завдання

У роботі досліджується динамічна модель системи стабілізації. Під час підготовки до виконання роботи необхідно опрацювати такі питання:

1. Частотні характеристики ланок і систем автоматичного керування.
2. Експериментальне визначення частотних характеристик.
3. Побудова логарифмічної амплітудно-частотної характеристики розімкнутої системи.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати модель розімкнутої системи за схемою, що зображена на рис. 5.

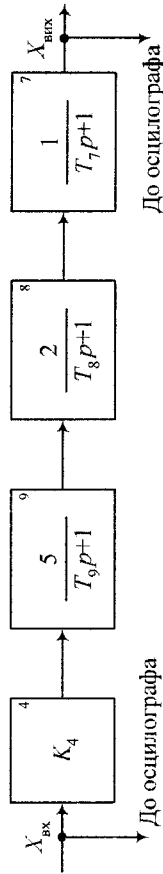


Рис. 5

2. Задати такі значення параметрів ланок: $K_4 = 0,5$; $T_9 = 0,5$ с; $T_8 = 1$ с; $T_7 = 0,2$ с.
3. Вхід системи підключити до виходу низькочастотного генератора періодичних коливань (НПК). $X_{вх}$, $X_{вих}$ подати на осцилограф (рис. 5).
4. Зняти осцилограми на таких частотах: 0,2; 0,5; 1 Гц.
5. Зібрати модель замкнутої системи стабілізації за схемою, що зображена на рис. 6, задати $K_6 = 1$ (значення параметрів інших ланок задати згідно з п. 2).

7. Як побудувати асимптотичну ЛАЧХ розімкнутої системи, якщо відомі передавальні функції елементів?
8. Що таке точність в типових перехідних режимах?
9. Визначення запасу стійкості та швидкодії системи за допомогою перехідних процесів.
10. Побудуйте осцилограми перехідних процесів розімкнутої системи та поясніть їх вигляд.
11. Побудуйте осцилограми перехідних процесів замкнутої системи та поясніть їх вигляд.

Лабораторна робота 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Придбати навички щодо експериментальної побудови області стійкості систем автоматичного керування.

Завдання

У роботі дослідження проводяться на моделі системи автоматичної стабілізації напруги генератора постійного струму з вугільним регулятором.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно опрацювати такі питання:

1. Основні поняття стійкості руху.
2. Необхідні, необхідні і достатні умови стійкості САК.
3. Побудова областей стійкості в площині параметрів елементів системи.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати динамічну систему стабілізації напруги за схемою, що зображена на рис. 7.

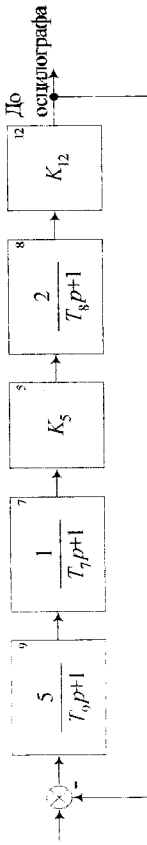


Рис. 7

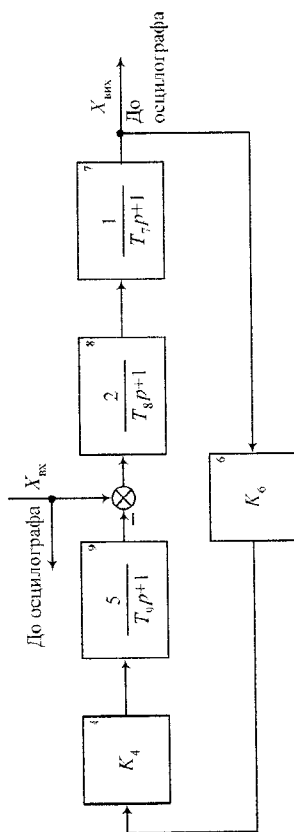


Рис. 6

6. Зняти осцилограми синусоїдальних коливань в замкнутій системі на таких частотах: 0,05; 0,2; 0,3; 0,5 Гц. Входом замкнутої системи є точка прикладання зовнішнього впливу $X_{вк}$.
7. Використовуючи осцилограми, що отримані в пунктах 3 і 5, побудувати амплітудно-фазові частотні характеристики розімкнутої і замкнутої систем.
8. Розрахувати комплексний коефіцієнт підсилення розімкнутої і замкнутої систем для частоти 0,2 Гц і відповідні вектори нанести на амплітудно-фазові характеристики.
9. Використовуючи осцилограми, що отримані в п. 3, побудувати ЛАЧХ розімкнутої системи. Використовуючи передавальні функції (рис. 5) побудувати асимптотичну ЛАЧХ. Порівняти їх.
10. Побудувати дійсну частотну характеристику (ДЧХ) замкнутої системи за її АФЧХ.

Контрольні питання

1. Як отримати передавальну функцію розімкнутої і замкнутої систем?
2. Що називають амплітудно-фазовою частотною характеристикою системи?
3. Як її можна отримати з передавальної функції системи?
4. Які способи експериментального визначення амплітудно-фазових частотних характеристик розімкнутої системи Ви знаєте?
5. Які способи експериментального визначення амплітудно-фазових частотних характеристик замкнутої системи Ви знаєте?
6. Які частотні характеристики, крім АФЧХ, Вам відомі? Дайте їм визначення.

2. Задати такі значення параметрів елементів: $T_9 = 0,1$ с; $T_8 = 0,2$ с; $K_{12} = 10$.

3. Задати різні значення сталої часу T_7 , кожного разу визначати за якої величини K_5 система знаходиться на границі стійкості. Результати вимірювань занести до таблиці.

$T_7, \text{с}$				
K_5				
K				

В останньому рядку $K=100 K_5$, де K – загальний коефіцієнт підсилення системи.

4. Зібрати модель з від'ємним коефіцієнтом підсилення за схемою, що зображена на рис. 8.

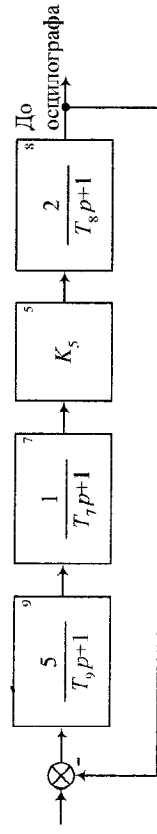


Рис. 8

5. Повторити дослідження згідно з п. 3. Результати досліджень занести до таблиці, аналогічної наведеній вище. В останньому рядку цієї таблиці загальний коефіцієнт підсилення системи $K=10 K_5$.

6. За даними таблиць побудувати області стійкості системи в площині параметрів K і T_7 .

7. Розрахувати і за даними розрахунку побудувати області стійкості досліджуваної системи.

Контрольні питання

1. Дайте визначення стійкості руху. Що розуміють під стійкістю "в малому", "у великому", технічною стійкістю?
2. Дати визначення границі стійкості системи.
3. Визначити основні умови стійкості системи.
4. Що таке комплексні корні?
5. Проаналізувавши отримані корні характеристичного рівняння системи, дайте відповідь стійка система чи ні? І чому?

6. Які необхідні, необхідні і достатні умови стійкості?
7. Як формулюються теореми А.М. Ляпунова про стійкість лінеаризованих систем?

8. Як визначити стійкість системи за допомогою критерію стійкості Гурвіца?

9. Як визначити стійкість системи за допомогою критерію стійкості Михайлова?

10. Які Ви знаєте критерії стійкості?

11. Як побудувати область стійкості в площині параметрів?

12. Як побудувати область стійкості системи?

13. Визначення області стійкості за допомогою логарифмічних частотних характеристик.

Лабораторна робота 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ НА СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження впливу параметрів елементів на статичні і динамічні характеристики системи в цілому.

Завдання

У роботі дослідження проводяться на динамічній моделі системи автоматичної стабілізації напруги генератора з вугільним регулятором.

Під час підготовки до виконання роботи потрібно опрацювати такі питання:

1. Статичні характеристики САК.
2. Характеристики якості перехідного процесу.
3. Аналіз САК з використанням нормованої діаграми Вишнеградського.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати динамічну модель системи стабілізації напруги генератора постійного струму з вугільним регулятором за схемою, що зображена на рис. 9.

2. Задати такі значення параметрів елементів: $T_7=0,1$ с; $T_7=0,05$ с; $T_8=0,2$ с; $K_{12}=0,2$; $f_1=10$ В. Зняти осцилограми перехідних функцій в системі, задаючись такими значеннями коефіцієнта підсилення: $K_6=0,5$; 1; 2; 5 та визначити їхні масштаби по обох осях.

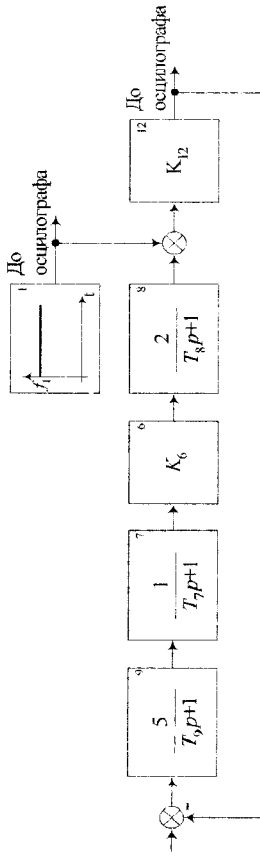


Рис. 9

3. Встановити значення $K_6=2$ та зняти осцилограми перехідних функцій в тій самій системі задаючись такими значеннями сталої часу: $T_7=0,01$; $0,05$; $0,2$; 1 с.
4. Розрахувати статичні помилки системи та визначити за нормованою діаграмою степеня стійкості h_0 і степеня коливальності для значень коефіцієнта підсилення K_6 , що вказані у пункті 3.
5. Розрахувати час перехідного процесу при $K_6=2$ та інших параметрах, що вказані у п. 2 ($\epsilon = 5\%$, 10%), порівняти з даними експерименту.

Контрольні питання

1. У чому полягає протиріччя між точністю в усталеному режимі і стійкістю одноконтурних лінійних САК?
2. Дати визначення поняттю час перехідного процесу системи?
3. Які Ви знаєте основні динамічні характеристики системи?
4. Які Ви знаєте основні статичні характеристики системи?
5. Зняти осцилограми перехідних функцій з різними коефіцієнтами підсилення. Як змінюються статичні та динамічні характеристики системи?
6. Дати визначення поняттю перерегулювання системи.
7. Дати визначення поняттю коливальності системи.
8. Які показники якості процесу керування якнайбільше характеризують систему?

9. Що таке степінь стійкості і як він пов'язаний з часом перехідного процесу?

10. Що таке степінь коливальності і як він пов'язаний з перерегулюванням?

11. У чому полягає нормування характеристичного рівняння?

Лабораторна робота 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРЕГУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ НА СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження впливу додаткових зворотних зв'язків і послідовних корегуючих пристроїв на динамічні і статичні властивості системи.

Завдання

Вплив додаткових зворотних зв'язків досліджується на динамічній моделі системи стабілізації швидкості обергання теплового двигуна, а вплив форсуючого послідовного корегуючого пристрою досліджується на динамічній моделі слідкуючої системи керування турельними установками.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно опрацювати такі питання:

1. Вплив жорсткого і гнучкого зворотних зв'язків на динамічні і статичні властивості систем.
2. Оцінка перехідного процесу за коренями характеристичного рівняння.
3. Вплив послідовних корегуючих пристроїв на динамічні і статичні властивості систем.
4. Оцінка перехідного процесу за ЛАЧХ розімкнутої системи.
5. Вибір послідовного корегуючого пристрою за допомогою ЛАЧХ розімкнутої системи.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати модель системи стабілізації за схемою, яка зображена на рис. 10.

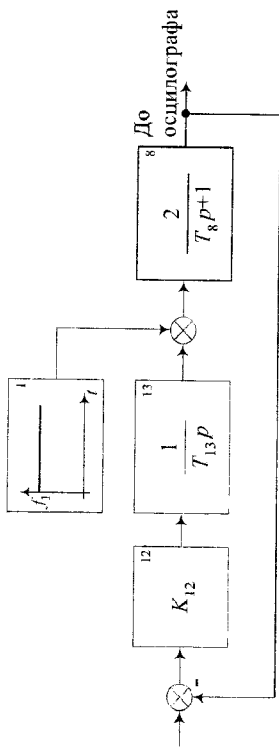


Рис. 10

2. Задаги такі значення параметрів елементів: $K_{12} = 10$; $T_{13} = 0,2$ с; $T_8 = 0,5$ с; $f = 10$ В. Зняти осцилограму перехідної функції в системі без додаткового зворотного зв'язку і визначити її масштаб.
3. Гідропривід (елемент 13) охопити від'ємним жорстким зворотним зв'язком, схема якого зображена на рис 11.

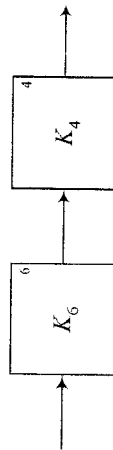


Рис. 11

- Зняти осцилограму перехідної функції за такими значеннями параметрів елементів ланцюга зворотного зв'язку: $K_6 = 1$; $K_4 = 2$.
4. Охопити гідропривід від'ємним ізодромним зворотним зв'язком, схема якого зображена на рис. 12.

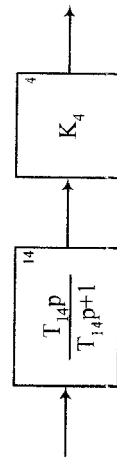


Рис. 12

- Зняти осцилограму перехідної функції в системі за такими значеннями параметрів елементів ланцюга зворотного зв'язку: $T_{14} = 0,2$ с; $K_4 = 2$.

5. Розрахувати статичні похибки і визначити корені характеристичного рівняння замкнутих систем без додаткового зворотного зв'язку і з жорстким зворотним зв'язком. Провести оцінку перехідного процесу за коренями характеристичного рівняння.

6. Зібрати модель слідуючої системи за схемою, яка зображена на рис. 13.

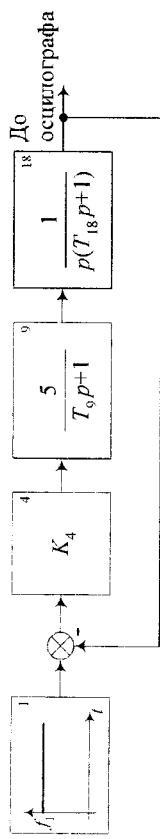


Рис.13

7. Задаги такі значення параметрів елементів: $K_4 = 2$; $T_9 = 0,1$ с; $T_{18} = 0,2$ с; $f = 10$ В. Зняти осцилограму перехідної функції в системі без пристрою корегування.

8. Включити послідовно в основний ланцюг регулювання пристрій корегування, структурна схема якого зображена на рис. 14.

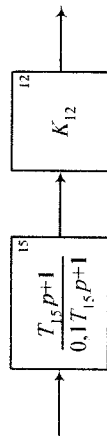


Рис. 14

- Зняти осцилограму перехідної функції в системі за такими значеннями параметрів елементів пристрою корегування: $T_{15} = 0,2$ с; $K_{12} = 0,5$.

9. Розрахувати і побудувати асимптотичні ЛАЧХ системи без пристрою корегування і скорегованої системи.

Контрольні питання

1. Як за розташуванням коренів характеристичного рівняння оцінити якість системи?
2. Що таке зворотний зв'язок системи? Види зворотного зв'язку систем.
3. Який вигляд має ЛАЧХ системи з бажаною якістю?

4. Як впливає на характеристики системи введення жорсткого зворотного зв'язку?
5. Як впливає на характеристики системи введення швидкісного зворотного зв'язку?
6. Як впливає на характеристики системи введення іздромного зворотного зв'язку?
7. Як впливає на характеристики системи введення гнучкого зворотного зв'язку?
8. Як впливає на якість перехідних процесів введення в закони керування інтеграла і похідних від величини, що регулюється?
9. Як впливає на якість перехідних процесів введення в закони керування диференціала і похідних від величини, що регулюється?
10. Визначити основні якості інтегруючої ланки.
11. Визначити основні якості диференційованої ланки.
12. Які методи збільшення запасу якості вам відомі?

Лабораторна робота 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження імпульсної системи з амплітудноімпульсною модуляцією (АІМ) при різних параметрах імпульсного елементу (ІЕ).

Завдання

У роботі проводяться дослідження впливу ІЕ з АІМ-2 на роботу розімкнутих і замкнених імпульсних систем. При малій скважності $\gamma < 0,1$ можна вважати АІМ-1 і АІМ-2 еквівалентними. Розклавши передавальну функцію ІЕ в степеневий ряд при $\gamma = 0$, одержимо

$$F(p) = \frac{p}{1 - e^{-pT_{II}\gamma}} = \frac{p}{1 - (1 - pT_{II}\gamma + \frac{p^2 T_{II}^2 \gamma^2}{2!} - \dots)}$$

Якщо за малих γ обмежитись першим членом розкладання, то отримаємо $F(p) = T_{II}\gamma$.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно вивчити такі питання:

1. Види імпульсної модуляції.
2. Передавальні функції імпульсних елементів.
3. Передавальна функція замкнутої імпульсної системи.
4. Стійкість замкнених імпульсних систем.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему для отримання статичної характеристики імпульсного елемента, що зображена на рис. 15.

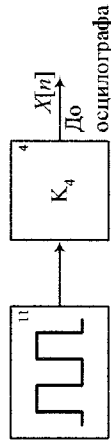


Рис. 15

Задати значення параметрів імпульсного елемента: $T_{II} = 250$ мс; $T_I = 12$ мс. Задаючись різними значеннями f , зняти статичну характеристику імпульсного елемента $X[n] = \Phi(f)$ — спочатку додатну гілку, а потім від'ємну ($K_4 = 1$). Результати експерименту звести до таблиці і подати графічно.

2. Зібрати модель розімкнутої імпульсної системи, схема якої зображена на рис. 16.

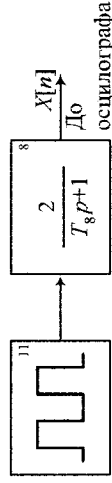


Рис. 16

Задати такі значення параметрів: $T_8 = 1$ с; $T_{II} = 500$ мс; $f_1 = 10$ В. Зняти осцилограми перехідної функції при $T_I = 50$; 100 мс.

3. Зібрати модель розімкнутої імпульсної системи, схема якої зображена на рис. 17.

Задати такі значення параметрів: $T_{18} = 0,01$ с; $T_{II} = 500$ мс; $f_1 = 50$ В. Зняти осцилограми перехідної функції при $T_I = 25$; 50 мс.

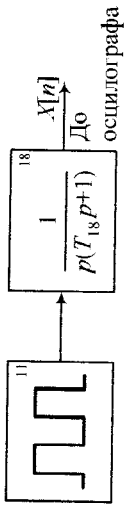


Рис. 17

4. Зібрати модель неперервної замкнутої системи, схема якої зображена на рис. 18.

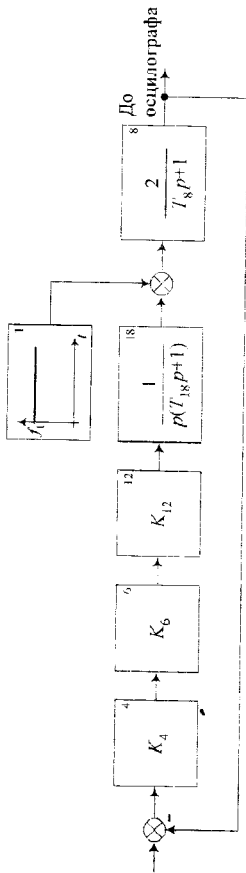


Рис. 18

Задати такі значення параметрів системи: $K_4 = 20$; $K_6 = 1$; $T_{18} = 0,1$ с; $T_8 = 0,1$ с; $f_1 = 5$ В. Зняти осцилограми перехідної функції при $K_{12} = 0,1$; $0,2$.

5. Зібрати модель замкнутої імпульсної системи, підключивши послідовно між елементами 4 і 6 системи, схема якої зображена на рис. 18, імпульсний елемент (рис. 19).

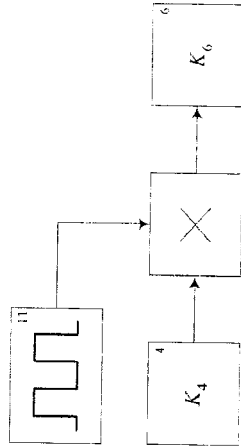


Рис. 19

Встановити такі значення параметрів: $K_4 = 20$; $K_6 = 1$; $K_{12} = 0,1$; $T_{18} = 0,1$ с; $T_8 = 0,5$ с; $f_1 = 5$ В. Зняти осцилограми перехідної функції при $T_{п} = 60$ мс, $T_1 = 25$; 50 мс; $T_{п} = 120$ мс,

$T_1 = 25$; 50 мс. Оцінити вплив імпульсного елемента на перехідну функцію замкнутої системи.

6. Визначити перехідну функцію замкнутої імпульсної системи при значеннях параметрів неперервної частини вказаних у п.5 і при $T_{п} = 250$ мс; $T_1 = 12$ мс.

Контрольні питання

1. Дайте визначення імпульсної системи.
2. Які особливості амплітудної модуляції?
3. Дайте визначення решітчастої функції.
4. Зняти осцилограми перехідної функції системи, та проаналізувати полічені результати.
5. Як отримати дискретне перетворення Лапласа?
6. Дайте визначення амплітудноімпульсної модуляції.
7. Як отримати передаточну функцію замкнутої імпульсної системи?
8. Дайте визначення стійкості та якості імпульсних систем керування.
9. Дайте визначення виводковим процесам в імпульсних системах.
10. Що таке кореляційні функції?
11. Як оцінити стійкість замкнутої імпульсної системи?

Лабораторная работа 7

УСТАЛЕНІ ПОХИБКИ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження дискретних систем в усталеному режимі. Дослідження статичних та астатичних похибок замкнутого контуру системи.

Завдання

У роботі проводяться дослідження усталених похибок дискретних систем з використанням динамічних моделей статичних і астатичних систем першого порядку.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно опрацювати такі питання:

1. Передавальні функції дискретних САК.
2. Усталені похибки САК.
3. Статичні та астатичні САК.

Порядок виконання роботи

1. Навести схеми, зображені на рис. 21 – 23 до вигляду, наведеному на рис. 20.

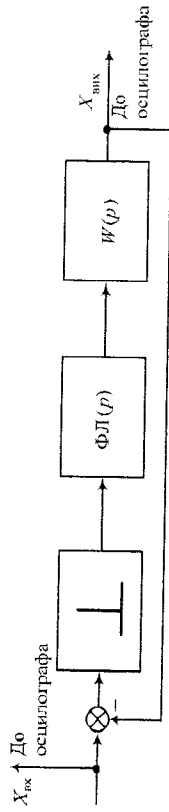


Рис. 20

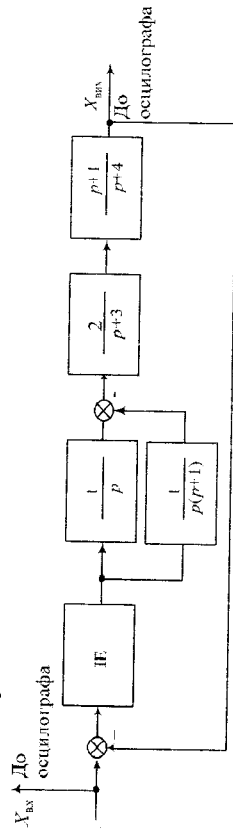


Рис. 21

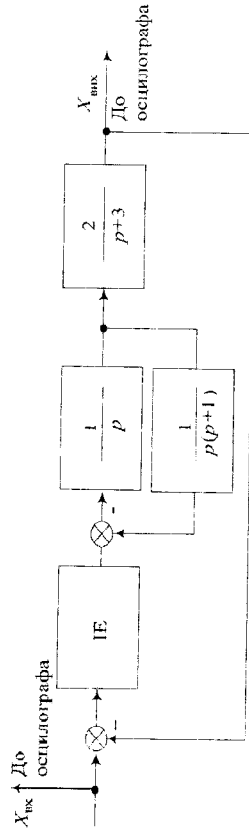


Рис. 22

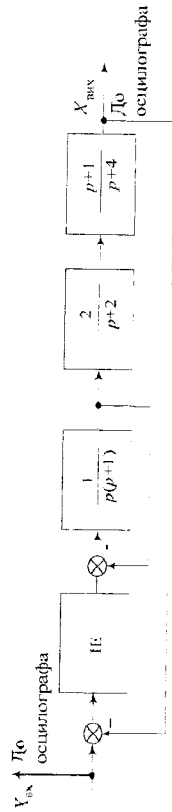


Рис. 23

2. Визначити аналітичний вираз передавальної функції за похибкою неперервної системи.
3. Визначити аналітичний вираз передавальної функції за похибкою дискретної системи.
4. Визначити усталене значення похибки дискретної системи.
5. Порівняти результати обчислень та моделювання.

Контрольні питання

1. Які системи називаються дискретними?
2. Дискретне перетворення Лапласа.
3. Передавальна функція замкнутої дискретної системи.
4. Статичні та астатичні дискретні САК.
5. За якими правилами можливо перетворення структурних схем?
6. Яким чином перетворюється послідовне з'єднання ланок системи?
7. Яким чином перетворюється паралельне з'єднання ланок системи?
8. Яке правило використовується при переносі суматора з вихіда на вхід ланки системи?
9. Дати визначення астатизму першого порядку.
10. Дати визначення астатизму другого порядку.
11. Як визначити з отриманих осцилограм, якого роду помилка дискретної системи?
12. Усталені похибки дискретних САК.

Лабораторная работа 8

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження стійкості дискретних систем. Дослідження якості регулювання дискретних систем.

Завдання

У роботі проводяться дослідження стійкості динамічних моделей дискретних систем.

Під час підготовки до виконання роботи необхідно самостійно опрацювати такі питання:

1. Дискретне перетворення Лапласа.
2. Передавальні функції дискретних САК.
3. Стійкість дискретних САК.

Порядок виконання роботи

1. Отримані передавальні функції в лабораторній роботі 7, замкнути від'ємним одиничним зворотним зв'язком.
2. Розрахувати полюси системи та відобразити їх на комплексній площині; зробити висновки стосовно стійкості системи.
3. Визначити дискретну передавальну функцію замкненої системи.
4. Розрахувати модулі полюсів системи; зробити висновки стосовно стійкості системи.
5. Побудувати перехідну та логарифмічну характеристики замкненої системи; зробити висновки стосовно стійкості системи.
6. Застосувати до дискретної замкненої системи w -перетворення та перевірити чи є стійкою за критерієм Гурвіца отримана система; зробити висновки стосовно стійкості системи.

Контрольні питання

1. Дайте визначення поняттю стійкості неперервних систем.
2. Дайте визначення неперервної системи.
3. Дайте визначення дискретної системи.
4. Наведіть умову стійкості неперервних систем.
5. Наведіть умову стійкості дискретних систем.
6. Що таке w -перетворення?
7. З якою метою використовується w -перетворення?
8. Дати визначення критерію стійкості Гурвіца.
9. Чому дорівнюють отримані коефіцієнти характеристичного рівняння, як їх значення впливає на стійкість дискретної системи?
10. Яка необхідна умова стійкості системи за критерієм Гурвіца? В яких випадках можливо його використовувати для визначення стійкості системи, а коли це неможливо?
11. Перечисліть та дайте стислу характеристику інших критеріїв стійкості.
12. Дайте визначення поняттю аналітичного конструювання регуляторів.

Лабораторна робота 9

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи

Дослідження впливу параметрів нелінійних елементів на амплітуду і частоту автоколивань.

Завдання

У роботі дослідження проводяться на динамічних моделях слідуючих систем керування промисловими установками, в яких враховані нелінійність електронного підсилювача (обмеження вихідного сигналу) і системи з релейним керуванням (характеристика двопозиційного поляризованого реле).

Під час підготовки до виконання роботи потрібно самостійно опрацювати такі питання:

1. Види характеристик суттєво нелінійних елементів САК.
2. Методи дослідження нелінійних САК.
3. Наближений аналіз нелінійних систем методом Гольдфарба і Полова.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати модель слідуючої системи за схемою, яка зображена на рис. 24.

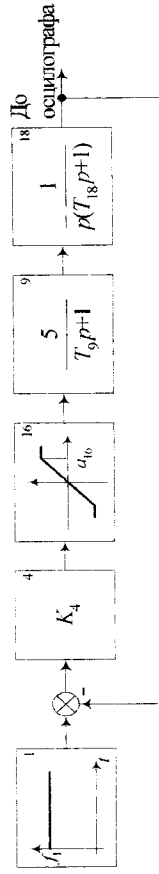


Рис. 24

Задати такі значення параметрів елементів: $K_4 = 2$; $T_0 = 0,1$ с; $T_{18} = 0,2$ с; $f_1 = 10$ В.

2. Зняти осцилограми перехідних процесів в системі за такими значеннями ширини лінійної частини характеристики нелінійного елемента: $a_{16} = 20$; 10 ; 5 і 2 .

3. Встановити постійне значення $a_{16} = 2$. Зняти осцилограму автоколивань в тій же системі за такими значеннями сталої часу виконавчого двигуна $T_{18} = 0,1; 0,2; 0,5; 1$ с.

4. Скориставшись методом гармонічного балансу (Гольд-фарба-Попова) визначити, при якому значенні a_{16} в системі виникнуть автоколивання, якщо параметри інших елементів відповідатимуть п. 1. Порівняти отримане значення a_{16} з результатами експерименту за п. 2.

5. Зібрати додаткову модель релейної системи регулювання за схемою, яка зображена на рис. 25.

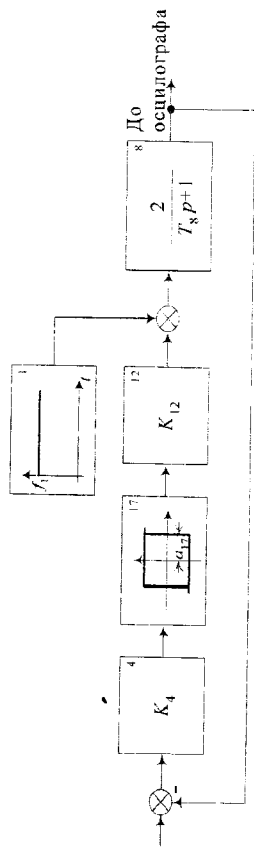


Рис. 25

Встановити такі значення параметрів елементів: $K_4 = 2$; $K_{12} = 0,5$; $T_8 = 10$ с.

6. Зняти осцилограми автоколивань в системі за такими значеннями ширини петлі гістерезиса: $a_{17} = 0,5; 2; 10$ і при $f = 0$ В. Визначити масштаби, в яких знято осцилограми.

7. Встановити постійне значення $a_{17} = 2$, зняти осцилограми автоколивань в тій же системі при наступних значеннях коефіцієнта підсилення: $K_{12} = 0,2; 1; 5$ і $f = 0$ В.

8. Задати постійне значення параметрів елементів $K_4 = 2$; $a_{17} = 2$; $K_{12} = 0,5$; $T_8 = 10$ с. Зняти осцилограми автоколивань в системі при таких значеннях зовнішнього впливу: $f = 0,5; 2; 10$ В.

Контрольні питання

1. Які системи належать до нелінійних?
2. Які характеристики належать до суттєво нелінійних?

3. На які групи поділяють методи аналізу нелінійних систем?

4. Який режим роботи нелінійної системи називається автоколивальним?

5. У чому полягає суть методу гармонічного балансу, його переваги та недоліки?

6. Що таке ідеальна релейна характеристика?

7. Дайте визначення релейної системи регулювання.

8. Який вплив чинить випадкова похибка на динаміку нелінійної системи?

9. Яким чином відбувається синтез оптимальної нелінійної системи з використанням принципу максимуму?

10. Яким чином виконується дослідження нелінійних систем?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1985. – 455 с.
2. Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Теория автоматического управления техническими системами. – М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1993. – 500 с.
3. Основы теории автоматического управления. В 3 ч. / А. А. Воронов. – М.: Энергия, 1989. – Ч. 1. – 300 с.
4. Основы теории автоматического управления. В 3 ч. / А. А. Воронов. – М.: Энергия, 1990. – Ч. 2. – 315 с.
5. Основы теории автоматического управления. В 3 ч. / А. А. Воронов. – М.: Энергия, 1990. – Ч. 3. – 330 с.
6. Есоров К. В. Основы теории автоматического регулирования. – М.: Энергия, 1990. – 438 с.
7. Гультяев А. А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс. – СПб: Питер, 2004. – 430 с.
8. Ануфьев В. В. Самоучитель MATLAB 5.3/6.x. – СПб: Питер, 2002. – 736 с.
9. Дьяконов В. П. Самоучитель Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5 в математике и моделировании. – М.: Солон-Пресс, 2003. – 565 с.