

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Теорія автоматичних систем автомобіля»

для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),

усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт "Теорія автоматичних систем автомобіля" для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби") усіх форм навчання. / Укл.: А. В. Щербина, О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик. Запоріжжя: НУ"Запорізька політехніка", 2019. - 50 с.

Укладачі: А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук
О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри "Автомобілі"
Протокол № 1
від «30» серпня 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 80
від «05» вересня 2019.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Техніка безпеки при проведенні лабораторних робіт.....	5
Порядок проведення лабораторних робіт.....	6
Вказівки щодо оформлення звіту до лабораторної роботи.....	6
1 Лабораторна робота № 1. Електричні датчики систем автоматичного керування.....	7
1.1 Загальні теоретичні відомості.....	7
1.2 Опис установки.....	11
1.3 Порядок проведення роботи.....	12
2 Лабораторна робота № 2. Дослідження характеристик системи автоматичного керування (САК) кутів випередження запалення двигуна внутрішнього згорання.....	15
2.1 Загальні теоретичні відомості.....	15
2.2 Опис обладнання та приладів.....	18
2.3 Порядок проведення роботи.....	19
3 Лабораторна робота № 3. Дослідження роботи системи автоматичного регулювання температури.....	21
3.1 Загальні теоретичні відомості.....	21
3.2 Опис обладнання та приладів.....	24
3.3 Порядок проведення роботи.....	26
4 Лабораторна робота № 4. Дослідження основних динамічних ланок систем автоматичного керування на ЕОМ.....	28
4.1 Загальні теоретичні відомості.....	28
4.2 Опис обладнання та приладів.....	32
4.3 Порядок проведення роботи.....	35
5 Лабораторна робота № 5. Дослідження частотних характеристик динамічних ланок системи автоматичного керування.....	36
5.1 Загальні теоретичні відомості.....	36
5.2 Опис обладнання та приладів.....	42
5.3 Порядок проведення роботи.....	42
6 Лабораторна робота № 6. Дослідження роботи гідравлічного стежачого привода з вакуумним підсилювачем гальм.....	43
6.1 Загальні теоретичні відомості.....	43
6.2 Опис обладнання та приладів.....	47
6.3 Порядок проведення роботи.....	48
Рекомендована література.....	49

ВСТУП

Одним з важливих та найбільш прогресивних напрямів у загальному розвитку науки і техніки нашого часу є автоматизація курування виробничими та іншими процесами. Автоматичне керування – це автоматичне здійснення сукупності дій, вибраних з безлічі можливих, на основі визначеної інформації і спрямованих на підтримання або покращення функціонування керованого об'єкта з метою керування. При автоматичному керування за людиною залишаються функції налагодження відповідних пристроїв та контролю за їх діями.

Основою автоматизації є теорія автоматичного керування.

Основоположником теорії автоматичного регулювання є Вишнеградський І.А. Теорія автоматичного регулювання розглядає загальні принципи будування систем автоматичного керування і методів дослідження діючих у них динамічних процесів. Ці методи застосовуються до всіх систем, незалежно від того, з яких елементів вони зроблені.

Знання основних положень та методів теорії необхідне інженерам усіх фахів. Методичні вказівки складені відповідно програмі УМУ-Т-6/950, застосованої навчально-методичним керуванням по вищій освіті і є методичним забезпечення циклу лабораторних робіт з курсу «Теорія автоматичних систем автомобіля».

Зміст лабораторних робіт охоплює комплекс основних завдань по теорії автоматичного керування і деяким автоматичним системам транспортних машин.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

На першому занятті студенти повинні ознайомитись з інструкцією з техніки безпеки і розписатись у журналі.

Починати виконання лабораторної роботи без інструктажу по техніці безпеки заборонено.

Усі лабораторні роботи проводяться з використанням електричних пристроїв і апаратури, тому техніка безпеки полягає в наступному:

- небезпечний для життя вплив електричного струму напругою 36 В, а в вологих приміщеннях – 12 В;
- перед виконанням лабораторної роботи слід перевірити справність обладнання, ізоляцію провідників і надійність заземлення;
- заборонено доторкатися до оголених провідників і незахищених частин електрообладнання;
- у випадку виявлення пошкодження негайно повідомити викладачу;
- заборонено самостійно проводити ремонт електрообладнання;
- вмикати апаратуру можна лише з дозволу викладача;
- у випадках доторкання людини до струмопровідних частин і попадання під напругу, слід негайно вимкнути джерело живлення, провести першу долікарську допомогу, а потім викликати лікаря.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

У відповідності з робочим планом курсу, для проведення лабораторних робіт відведено 14 годин учбового навантаження у сітці розкладу, 4-7 годин на підготовку до проведення лабораторних робіт. Студент при підготовці до виконання лабораторної роботи повинен самостійно розглянути необхідний теоретичний матеріал та записати необхідні відомості по виконуваній лабораторній роботі.

На початку лабораторної роботи (15-20 хв.) проводиться контрольне опитування групи (підгрупи), в результаті якого викладач робить висновок про допуск студентів до виконання лабораторної роботи.

Після підготовки робочого місця проводиться безпосереднє виконання роботи та оброблення результатів.

Робота зараховується після пред'явлення її викладачу оформленою, у відповідності з вимогами, та її захисту.

ВКАЗІВКИ ЩОДО ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

- ввідну частину, в якій розкривається мета роботи, стисло приводяться основні теоретичні відомості та розрахункові формули;
- основну частину, в якій приводиться методика експерименту, розрахункове визначення величин та параметрів;
- заключну частину, в якій виконується розрахунок похибок, аналіз та узагальнення отриманих результатів, висновки.

Звіт виконується кожним студентом самостійно, акуратно, грамотно, чітким почерком. У звіті допустимі лише загальноприйняті скорочення та позначення.

Графіки виконуються на міліметровому папері і вкладаються в звіт.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ЕЛЕКТРИЧНІ ДАТЧИКИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи:

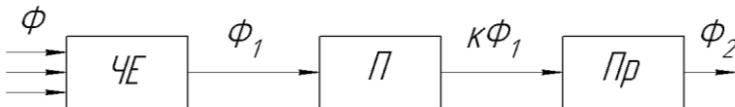
- вивчити пристрій та принцип роботи електричних датчиків механічних величин (переміщення, швидкості, прискорення, тиску);
- вивчити вимірювальну мостову схему для потенціометричних перетворювачів і зняти її статичну характеристику;
- вивчити пристрій та принцип дії сельсинів і роботу їх в індикаторному і трансформаторному режимах.

Час виконання роботи – 4 години.

1.1 Загальні теоретичні відомості

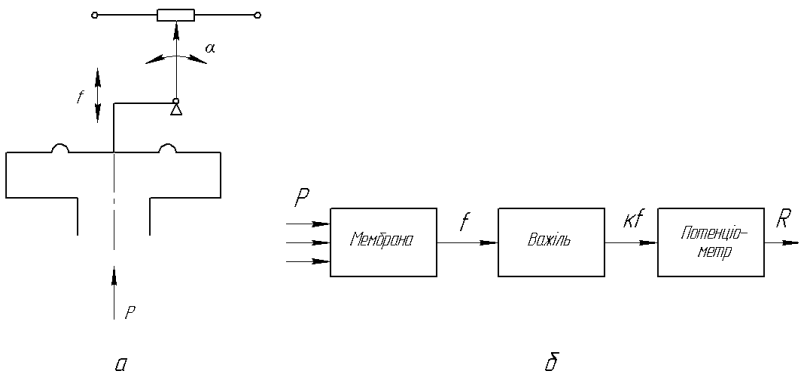
Робота систем автоматичного керування і контролю пов'язана з вимірюванням параметрів регульованого об'єкта, для чого широко застосовуються електричні датчики вимірювання фізичних величин.

Датчик – конструктивно закінчений пристрій, призначений для вимірювання визначеної фізичної величини (тиску, швидкості, переміщення, тощо), у якого фізична величина Φ сприймається за допомогою чутливого елемента ЧЕ (первинне перетворення) Φ_1 і перетворюється в іншу фізичну величину Φ_2 , зручну для подальшого використання. Структурно датчик може бути представлений:



ЧЕ – чутливий елемент; П – підсилювач; Пр – перетворювач
Рисунок 1.1 – Структурна схема датчика

Наприклад, у датчика тиску П-100 (рис. 1.2) вимірювальний тиск перетворюється в прогин мембрани, який підсилюється важільним механізмом і перетворюється в електричну величину (опір) потенціометричним перетворювачем.



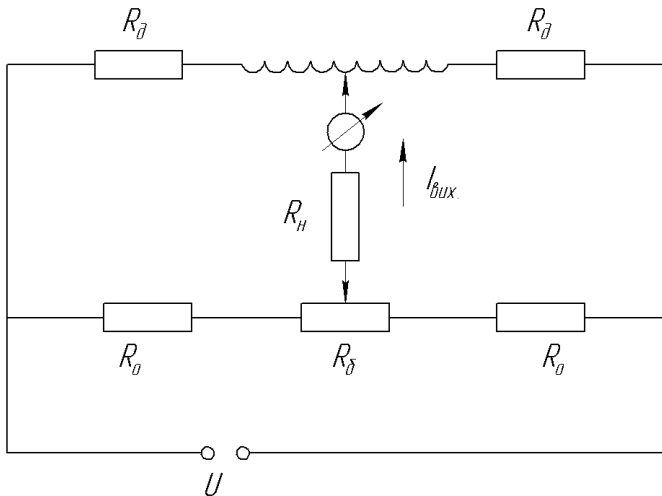
а – принципова схема; б – структурна схема
Рисунок 1.2 – Датчик тиску П-100

За принципом роботи перетворювачі класифікуються на генераторні (індукційні, п'єзоелектричні) і параметричні (контактні, потенціометричні, індуктивні, ємкісні та ін.) Для перетворення фізичної величини в параметричному перетворювачі необхідно мати постійне джерело живлення. В генераторних перетворювачах електричний сигнал, про діючу фізичну величину, виробляється безпосередньо в результаті дії фізичної величин.

Найбільше поширення в датчиках отримали потенціометричні перетворювачі. Вимірювальні потенціометри намотують константовим, манганіновим та, у відповідальних випадках, платино-іридієвим дротом на пластмасовому чи окисдованому алюмінієвому каркасі.

Позитивні якості потенціометричних перетворювачів полягають у простоті конструкції і вимірювальної схеми, а також великої вихідної потужності. Недоліком є обмежена надійність, чутливість до температури та вологості. Похибки потенціометричних перетворювачів взагалі визначаються нелінійністю потенціометра, зоною нечутливості, впливом люфту осі, зовнішнім навантаженням.

Для фіксації фізичної величини, як правило, використовують мостовий вимірювальний ланцюг (рис. 1.3).



R_d – додатковий опір, призначений для розширення лінійної зони потенціометра; R_o – обмежуючий опір, призначений для обмеження струму, що проходить у вимірювальному ланцюгу, при крайньому положенні повзуна потенціометра; R_o – балансує опір, призначений для балансування вимірювального ланцюга; R_H – опір навантаження

Рисунок 1.3 – Мостова вимірювальна схема

Для дистанційної передачі кута оберту вала (індикаторний режим) і визначення кута неузгодженості положення задаючого та виконавчого вала у стежачих приводах (трансформаторний режим) використовуються сельсини. Сельсин являє собою електричну машину з трифазним статором і однофазним ротором (застосовуються також сельсини з трифазним статором і ротором, а також однофазним статором). До обмотки ротора сельсина підводять напругу 36 В частотою 400 Гц, при цьому в статорних обмотках підводять ЕРС, величина і фаза котрих рівнозначно визначаються кутовим положенням ротора.

В сельсинній передачі використовують два сельсини – датчик і приймач, у яких однойменні виходи статорних обмоток з'єднані провідною лінією. Для роботи в індикаторному режимі (рис. 1.4) з'єднують і обмотки роторів. При узгоджувальному режимі положення роторів ($\alpha = \beta$), ЕРС в однойменних обмотках статорів рівні, струм в лінії не протікає і сельсини не взаємодіють.

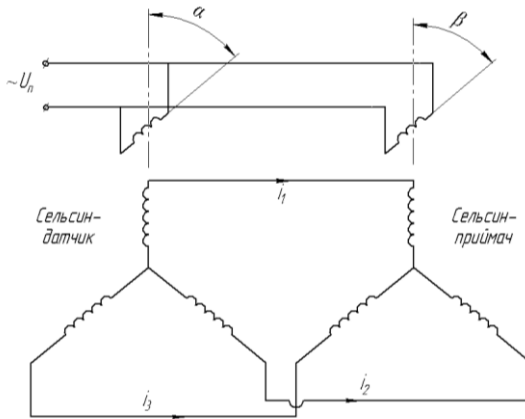


Рисунок 1.4 – Схема індикаторного режиму роботи сельсинів

При неузгодженості роторів ($\alpha \neq \beta$), різниця ЕРС призводить до появи струму у з'єднувальних провідниках і обмотки статорів. Цей струм взаємодіє з магнітними потоками роторів і створює синхронізуючий момент, прагнучий узгодити ротори. Похибка такої передачі, в значній мірі, визначається моментом тертя ротора сельсина-приймача.

Схема сельсинної передачі, що працює в трансформаторному режимі (рис. 1.5), відрізняється від описаної тим, що змінним струмом живиться тільки обмотка ротора сельсина-датчика, а з обмотки ротора сельсина-приймача знімається вихідна напруга, амплітуда і фаза котрої визначається кутом неузгодженості роторів.

Напруга статорних обмоток датчика прикладається до однойменних обмоток приймача створюючи відповідний струм и магнітний потік. Сумарний магнітний потік, статорних обмоток приймача, має направлення у просторі, яке збігається з кутовим положенням ротора датчика. Вихідна напруга, на обмотці ротора приймача, залежить від взаємного розташування роторів, при $\alpha - \beta = 90^\circ$ - дорівнює нулю. Це положення роторів є узгодженим в трансформаторному режимі.

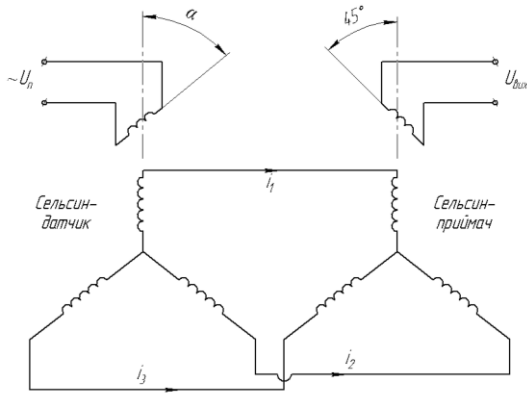
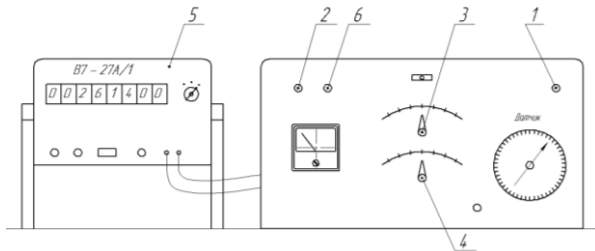


Рисунок 1.5 – Схема трансформаторного режиму роботи сельсинів

Вихідна напруга звичайно вводиться в якості сигналу зворотного зв'язку в підсилювач, що керує приводом виконавчого вала, зв'язаного з сельсином-приймачем. Привод буде повертати вал доти, поки сельсин-приймач не узгодиться з сельсин-датчиком. При високій чутливості підсилювача похибка передачі кута визначається, звичайно, не ідентичністю сельсинної пари.

1.2 Опис установки

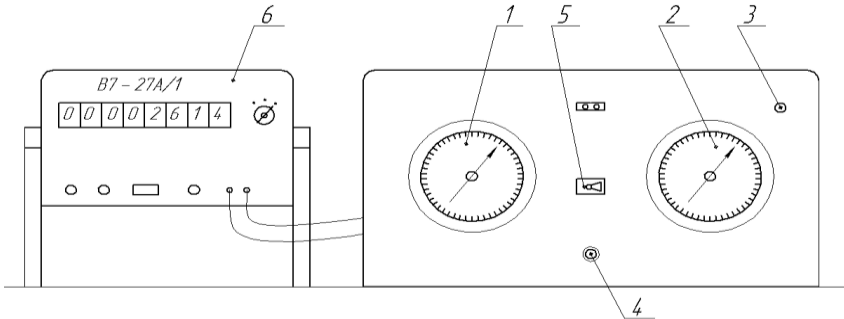
Для визначення статичної характеристики потенціометричного перетворювача використовується установка, що подана на рис. 1.6.



- 1 – вмикач живлення; 2 – прилад для установлення балансу вимірювальної схеми;
3 – перемикач вибору R_0 ; 4 – перемикач вибору R_n ; 5 – цифровий вимірювальний прилад; 6 – регулятор напруги живлення

Рисунок 1.6 – Установка визначення статичної характеристики потенціометричного перетворювача

Установка зібрана по схемі (рис. 1.3). Для живлення схеми використовується стабілізуюче джерело живлення. Для визначення параметрів роботи сельсинів в індикаторному і трансформаторному режимах використовується установка (рис. 1.7).



1 – сельсин-датчик; 2 – сельсин – приймач; 3 – вимикач живлення;
4 – перемикач режиму роботи сельсина; 5 – аретир ротора сельсина-приймача;
6 – цифровий вольтметр

Рисунок 1.7 – Установка сельсинної передачі

В установці застосовується два однакових сельсина А-7, устаткованих кутомірними шкалами. Оберт ротора сельсина-датчика, на потрібний кут, здійснюється ручкою «Курс».

1.3 Порядок проведення роботи

Робота поділяється на два етапи по підгрупам. Перша підгрупа спочатку повинна ознайомитись з пристроєм датчика тиску П-100 та ИД-8, прискорення МП-23 та ДУ-5, віброшвидкості МВ-21, кутового сповільнення УА-23. Потім на установці (рис. 1.6) визначити статичну характеристику потенціометричного датчика ДОС-800А для двох значень R_0 і заданого значення напруги живлення, задаючи кут по шкалі через 15° . Заповнити табл. 1.1 замірів, побудувати графік, розрахувати похибку вимірювань.

Таблиця 1.1 – Дані для побудови характеристики

[illegible]

Друга підгрупа знайомиться з конструкцією сельсина. Потім на установці (рис. 1.7) визначають параметри роботи сельсинної передачі в індикаторному і трансформаторному режимах:

- установити вимикач 4 «режим» в положення «індикаторний», аретир вимкнути, ввімкнути живлення;
- обертаючи ручку «курс» сельсина-датчика задати кути α від 0° до 360° і реєструвати похибку $\alpha - \beta$ показників сельсина-приймача;
- заміри повторити при зворотному обертанні ротора сельсина датчика;
- показники занести в табл. 4.2;
- встановити сельсин-датчиком вказівник сельсин-приймача в положення 90° і зааретувати його;
- перемикач «режим» перевести в положення «трансформатор»;
- задаючи кут α сельсин-датчика від 0° до 180° (через 15°), виміряти відповідні значення вихідного живлення і занести в табл. 1.3;
- побудувати графік залежності $U_{\text{вих.}} = f(\alpha)$, визначити чутливу і лінійну ділянку сельсинної передачі в трансформаторному режимі. Визначити похибку сельсинної передачі в індикаторному режимі.

Таблиця 1.2 – Дані для побудови характеристики

[illegible]

Таблиця 1.3 – Дані для побудови характеристики

α , град.		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	Примітка
$U_{вих.},$ В	від 0-180°														
	від 180°-0														

Контрольні питання

- 1 З яких основних елементів складається датчик?
- 2 Призначення чутливого елемента.
- 3 Призначення перетворювача.
- 4 Чутливі елементи для вимірювання тиску, прискорення, температури.
- 5 В чому різниця між параметричними і генераторними перетворювачами?
- 6 Принцип роботи різних перетворювачів.
- 7 Галузь застосування потенціометричних перетворювачів.
- 8 Джерела похибок потенціометричних перетворювачів.
- 9 Як визначається статична характеристика?
- 10 Призначення сельсинних передач.
- 11 Джерела похибок сельсинних передач.
- 12 Типи сельсинів.
- 13 Призначення індикаторного і трансформаторного режимів роботи сельсинів.

Література: [1]; [2]; [3].

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (САК) КУТІВ ВИПЕРЕДЖЕННЯ ЗАПАЛЕННЯ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Мета роботи:

- ознайомитись з системою регулювання кута випередження запалення;
- зняти і проаналізувати характеристики відцентрового та вакуумного регуляторів кута випередження запалення.

Час виконання роботи – 2 години.

2.1 Загальні теоретичні відомості

Кут випередження запалення має суттєвий вплив на такі параметри ДВЗ як потужність, паливна економічність, склад вихлопних газів, тепловий режим. При цьому кожному режиму роботи двигуна відповідає своє оптимальне значення кута випередження запалення.

Збільшення кута випередження запалення від оптимального значення (раннє запалення) призводить до зворотних ударів на поршень при такті стиску і в результаті до спаду потужності, та перегріву двигуна. Крім цього, при збільшенні кута випередження запалення збільшується можливість детонаційного згорання палива, що характеризується значними ударними навантаженнями у кривошипно-шатунному механізмі. Зменшення кута випередження запалення від оптимального значення (пізнє запалення) призводить до неповного згорання суміші в циліндрах, догорання її у випускному тракті, зниженню потужності, перегріву двигуна.

При збільшенні частоти обертання колінчастого вала двигуна необхідно, для повного згорання суміші, збільшити кут випередження запалення.

При зменшенні навантаження двигуна зменшується наповнення циліндрів і тиск в момент запалення. В той же час збільшується забруднення суміші залишковими газами, що призводить до зменшення швидкості згорання і потребує збільшення кута випередження запалення.

Для забезпечення оптимального кута випередження запалення, при змінних режимах роботи двигуна, використовують САК кута випередження запалення (рис. 2.1), яка містить октан-коректор (ОК), для ручної установки початкового кута випередження запалення θ_0 , відцентровий регулятор (ЦР), що вносить поправку $\Delta\theta_{відц}$ на частоту обертання і вакуумний регулятор (ВР), який вносить поправку $\Delta\theta_{вак}$ на розріджування у впускному трубопроводі, пов'язане з потужністю двигуна.

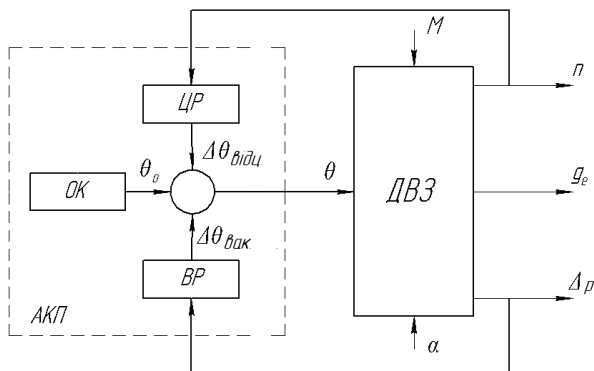


Рисунок 2.1 – Структурна схема САК кута випередження запалення

Початковий кут випередження запалення встановлюють по першому циліндру двигуна, відповідно з заводськими інструкціями, по позначкам, нанесеним на маховик або шків колінчастого валу.

При експлуатації автомобіля, внаслідок зносу деталей переривника, здійснюється зміна кута запалення, тому установку запалення періодично перевіряють. При цьому також можливо перевіряти по позначкам на маховику або шківу момент розмикання контактів переривника, проте найкраще використовувати стробоскопічні діагностичні прилади, для перевірки встановлення запалення на працюючому двигуні.

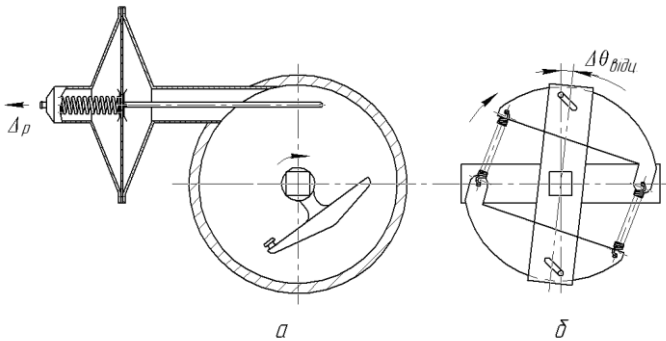
При застосуванні палива з відмінним, від запропонованого, октановими числами необхідне коректування кута випередження запалення. При завищеному октановому числі кут випередження запалення збільшується, при зниженому – зменшується, при цьому користуються кутомірною шкалою октан-коректора.

Вимірювані системою параметри n і Δp в основному визначаються навантаженням двигуна M і положенням дросельної заслінки α . При малих відхиленнях від оптимального значення кут θ практично не впливає на n і Δp , тому систему можна розглядати як розімкнуту, автоматичний керуючий пристрій (АКП) який має вихід θ , функціонально пов'язаний з двома незалежними виходами n і Δp .

$$\theta = \theta_0 + \Delta\theta_{\text{відц.}} + \Delta\theta_{\text{вак.}} = f(\Delta p, n). \quad (2.1)$$

Необхідні характеристики відцентрового і вакуумного регуляторів $\Delta\theta_{\text{відц.}} = f_1(n)$ і $\Delta\theta_{\text{вак.}} = f_2(\Delta p)$ визначаються на основі регулюючих характеристик по куту випередження запалення, знятих при випробуванні конкретного типу ДВЗ.

Елементи САК кута випередження запалення конструктивно об'єднаного переривником-розподільником. Схема відцентрового і вакуумного регуляторів приведена на рис. 2.2.



a – вакуумний регулятор; b – відцентровий регулятор
Рисунок 2.2 – Схема вакуумного і відцентрового регуляторів

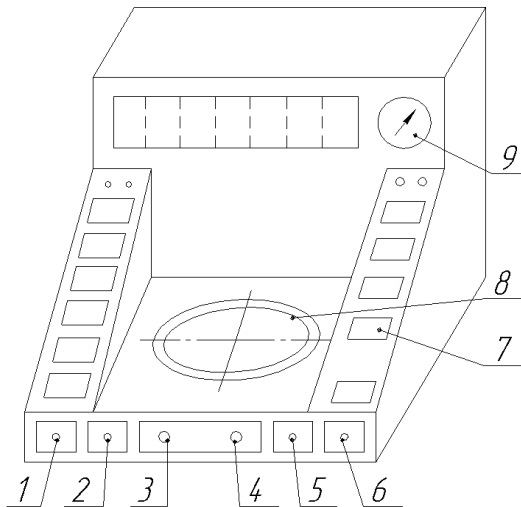
При збільшенні частоти обертання вантажі, що тримаються пружинами, розходяться і за допомогою кулісного пристрою повертають кулачок переривника відносно приводного валу у сторону випередження запалення на $14 \dots 18^\circ$ по розподільчому валу. Вакуумний регулятор з'єднується трубою із задросельним простором карбюратора. Під дією розріджування Δp діафрагма прогинається, стискаючи пружину і повертаючи рухому пластину переривника, чим

забезпечується збільшення кута випередження запалення. В окремих випадках САК кута випередження запалення має тільки відцентровий або тільки вакуумний регулятор, але якість регулювання при цьому погіршується. Перспективними є електронні регулятори кута випередження запалення непрямої дії.

2.2 Опис обладнання та приладів

Об'єкт дослідження – переривник-розподільник Р-114, що застосовується в автомобілях ЗАЗ, обладнаний відцентровим і вакуумним регуляторами.

Для знімання характеристик регуляторів застосований стенд СПЗ-6 для перевірки запалення, (рис. 2.3).



- 1 – регулятор обертів; 2 – вмикач живлення; 3, 4 – високовольтні воронки;
 5 – вмикач мотора; 6 – рукоятка вакуум-насоса; 7 – тахометр;
 8 – синхроскоп; 9 – вакуумметр

Рисунок 2.3 – Схема стенда СПЗ-6

Привод стенда дозволяє змінювати, в широких межах за допомогою регулятора 1 і контролювати по застосованому електричному тахометру 7, частоту обертання валика переривника. Стенд має ручний вакуумний насос 6 і контрольний вакуумметр. 3

приводом стенда пов'язаний диск синхроскопа 8, неонova лампа якого засвічується в момент розмикання контактів від вторинної обмотки вбудованої еталонної котушки запалення. Синхроскоп обладнаний регульованою круговою шкалою. Живлення стенда здійснюється від мережі 220 В, 50 Гц та від додаткового стабілізованого джерела живлення 6 В та 12 В постійного струму.

2.3 Порядок проведения работ

Ввімкнути вимикач 2 стенду.

Установити малу частоту обертання регулятором 1 (до 200 об/хв.) і сполучити нуль шкали синхроскопа 8 з наміткою розрядника.

Змінюючи частоту обертання від 200 об/хв. до 2000 об/хв. (6...8 значень), визначити по зміщенню поміток відносно шкали синхроскопа $\Delta\theta_{відн.}$ регулятора.

Результати замірів занести в таблицю 2.1.

Установити частоту обертання 2000 об/хв., при якій подальше змінення кута випередження запалення не здійснюється і сполучити нуль шкали синхроскопа з поміткою.

Створюючи різні розрідження (6...8 значень) за допомогою вакуумного насоса б визначити по синхроскопу $\Delta\theta_{\text{бак}}$ і результати замірів занести в таблицю 2.2.

По результатам таблиц 2.1 та 2.2 побудувати характеристики відцентрового та вакуумного регуляторів і проаналізувати їх.

Таблиця 2.1 – Характеристика відцентрового регулятора

[illegible]

Таблиця 2.2 – Характеристика вакуумного регулятора

n , об/хв.									
$\Delta\theta_{\text{вак.}}$, град.									

Контрольні питання

- 1 Як відображається на роботі ДВЗ раннє запалення?
- 2 Як відображається на роботі ДВЗ пізнє запалення?
- 3 Які умови пред'являються до кута випередження запалення при зміні швидкісного режиму роботи ДВЗ?
- 4 Як відображається на робочому процесі змінення навантаження ДВЗ?
- 5 Які типи регуляторів використовуються у ДВЗ для регулювання кута випередження запалення?
- 6 Як працює відцентровий та вакуумний регулятори?
- 7 Класифікаційні позначки САК.
- 8 Як визначаються необхідні характеристики відцентрового та вакуумного регуляторів?

Література: [1]; [2]; [3].

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи:

- ознайомитись з улаштуванням, роботою і налагодженням автоматичного самописного регулюючого потенціометра ПСР-1;
- навчитись експериментально визначати статистичні і динамічні параметри процесу регулювання.

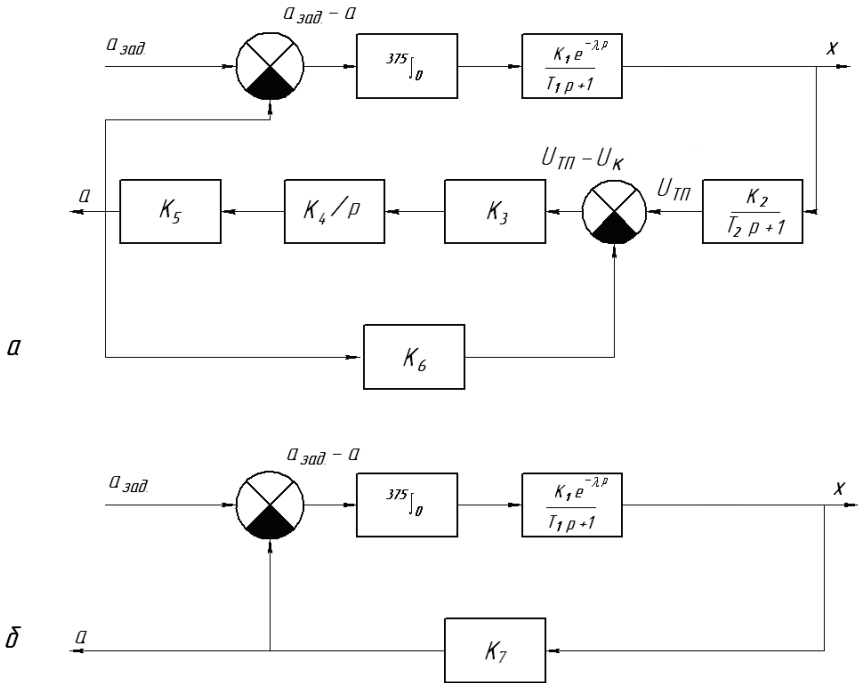
Час виконання роботи – 4 години.

3.1 Загальні теоретичні відомості

Стабілізація температури різних об'єктів (нагрівальних печей, сушильних камер, хімічних реакторів, тощо) вимагається в багатьох технологічних процесах. Завдяки значній інерційності теплових об'єктів до регуляторів температури не пред'являють високих вимог щодо швидкості дії. САК температури, як правило, виконують замкненими і в багатьох випадках позиційними (дискретної дії).

Як теплові регулятори, в електричних САК температури, широке застосування здобули компенсаційні автоматичні регулюючі потенціометри, типовим представником яких є прилад ПСР-1. Об'єкт регулювання – сушильна шафа з електричним нагрівачем потужністю $p = 375$ Вт, при номінальній напрузі $U = 220$ В. В сушильній шафі розташований датчик температури – термопара хромель-копель.

Структурна схема САК температури представлена на рис. 3.1.



a – функціональна схема; $б$ – спрощена схема
Рисунок 3.1 – Структурна схема САК температури

Задаючою дією $a_{зад}$ є положення вказівника задачі. Вихідним параметром системи x є температура сушильної шафи. Зворотній зв'язок здійснюється за допомогою термопар, що являє собою аперіодичну ланку з передаточною функцією.

$$W(p) = \frac{K_2}{T_2 p + 1}, \quad (3.1)$$

де $K_2 = 0,0695$ МВ/К.

Постійна часу T складає одиниці секунди астатичної компенсаційною системи, в якій підсилювач, редуктор і мостовий компенсатор можуть бути представлені пропорційними ланками з

коефіцієнтами передачі K_3 , K_5 , K_6 відповідно, електродвигун представлений інтегруючою ланкою з передаточною функцією:

$$W(p) = \frac{K_{II}}{p}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт підсилення K_3 підсилювача при налагодженні встановлюється таким, щоб при різкій зміні вхідного сигналу (замкнення термопари кнопкою) каретка пересувалась з якомога більшою швидкістю, але без помітного перерегулювання. Тоді зворотній зв'язок (канал вимірювання температури) можна вважати пропорційною ланкою, коефіцієнт передачі якою визначається масштабом шкали приладу.

$$K_7 = 1,11 \text{ мм/К}.$$

Власне регулятор представлений вузлом порівняння та реле. При $a < a_{зд}$ регулятор вимикає піч.

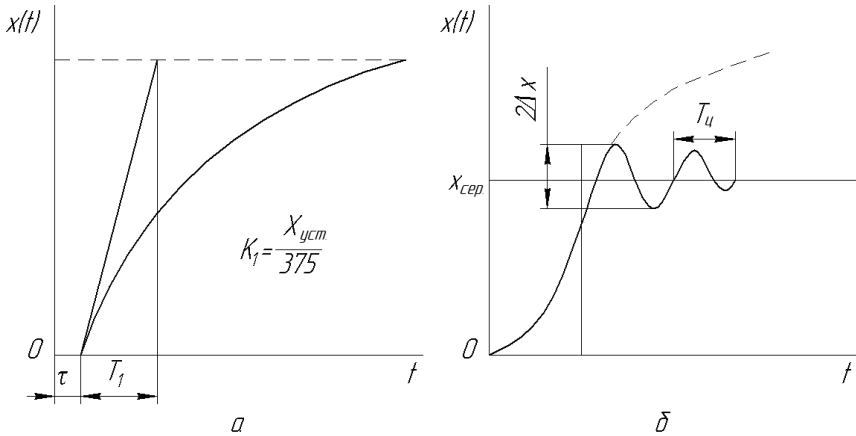
Характер кривої розгону (перехідної характеристики печі при її вмиканні в мережу без регулювання) показаний на рис. 3.2, а.

Піч є достатньою точністю можна представити аперіодичною ланкою із запізненням:

$$W(p) = \frac{K_1 e^{-\lambda p}}{T_1 p + 1}. \quad (3.3)$$

Всі параметри можна отримати по кривій розгону.

Якщо увімкнути регулятор, то по досягненні заданої температури він вимикає нагрівач і температура останнього починає падати, залишаючись ще деякий час вище температури печі. Отже, температура в печі в цей час продовжує зростати. Після вмикання контактів регулятора піч продовжує ще деякий час охолоджуватись (вичахати), поки температури печі і нагрівача не зрівняються.



a – розгінна характеристика; b – характеристика регулювання
Рисунок 3.2 – Вихідні характеристики САК температури

Характер зміни температури в процесі регулювання показаний на рис. 3.2, b . Якість регулювання характеризується абсолютною похибкою Δx і відносною похибкою δ , а також періодом циклу T_u .

3.2 Опис обладнання та приладів

САК температури включає в себе об'єкт регулювання – сушильну шафу, автоматичний пристрій – прилад ПРС-1 і термопару. Функціональна схема САК температури показана на рис. 3.3.

В приладі ПРС-1 застосований найбільш точний метод замірювання малих напружень – компенсаційний, при якому напруження термопар порівнюється із зразковим напруженням керованого мостового компенсатора, який живиться від високо стабільного джерела живлення.

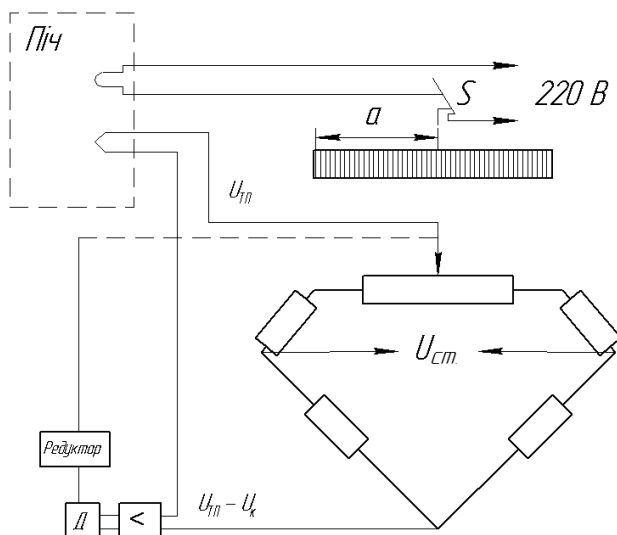


Рисунок 3.3 – Схема САК температури

Результат порівняння $U_{TP} - U_K$ підсилюється електронним підсилювачем. Для можливості підсилення досить малих сигналів, без дрейфу нуля, вхідний сигнал попередньо модулюється частотою 50 Гц за допомогою віброперетворювача, а потім підсилюється. Підсилювач навантажений на обмотку керування двохфазного реверсного асинхронного двигуна, друга обмотка якого – обмотка збудження – постійно підключена до мережі, що живить, через фазозсувний конденсатор. Двигун кінематично пов'язаний з реохордом мостового компенсатора і пересуває його контакти до тих пір, поки U_K не зрівняється з U_{TP} . Напруження компенсації, отже і вимірюване напруження зчитується по шкалі, показник якої пов'язаний кінематично з реохордом. Шкала оцифрована в мілівольтах, однак випускаються прилади, призначені для роботи з певним типом термопар і оцифровані безпосередньо в градусах. Прилад ПСР-1 не лише показує, а може і реєструвати температуру на діаграмному папері, для чого є стрічкопротяжний механізм з синхронним електродвигуном і редуктором зі змінними шестернями, а також пишучим вузлом на каретці показника шкали. На осі реохорда

розташовані кулачки, що керують контактами регулятора. Положення контактів можна змінювати ручкою установки задачі, при цьому показник задачі переміщується уздовж шкали приладу і вказує температуру спрацьовування регулятора.

Термопари знайшли широке застосування в тепловій автоматичній завдяки простоті, надійності, стабільності характеристик. Термопара являє собою поєднання двох електронів. При нагріванні спаю, в ланцюзі виникає термо-ЕРС, що поступає на вимірювальну схему. В автоматичних системах застосовуються, як правило, металічні типи термопар: високотемпературні (до 1600° С), що мають один електрод з чистої платини, а другий зі сплаву, що містить 90% платини і 10% родію; середньо температурні (до 1200° С), що складаються з хромелю (сплав 95% нікелю і 5% алюмінію, кремнію, марганцю); низькотемпературні (до 600-800° С), що складаються з хромелю і копелю (сплав 55% міді і 45% нікелю). Основним недоліком термопар є їх низька чутливість, що дорівнює для найбільш чутливої термопари хромель-копель 0,0695 МВ/К.

3.3 Порядок проведення роботи

Ознайомитись з пристроєм, органами керування і настройки приладу ПСР-1.

Встановити показник задачі в крайнє праве положення і ввімкнути установку. Прилад запише при цьому криву розгону в масштабах:

$$M_t = 0,6 \text{ хв./мм}, \quad M_T = 0,9 \text{ град./мм}.$$

Встановити показник задачі в центрі шкали. Прилад запише кілька циклів регулювання.

Обробити результати запису розгінної характеристики і характеристики регулювання, дані занести відповідно в табл. 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Дані для побудови розгінної характеристики

[illegible]

Таблиця 3.2 – Дані для побудови регуляторної характеристики

t , хв.									
T , °C									

Побудувати графік розгону і регулювання САК.

При аналізі отриманих характеристик оцінити якість процесу регулювання температури.

Контрольні питання

- 1 Класифікаційні ознаки досліджуваної САК.
- 2 Типи термодатчиків, що використовуються в системах автоматичного управління.
- 3 Переваги і недоліки термодатчиків, як датчиків температури.
- 4 В чому полягає компенсаційний метод вимірювання і які його переваги?
- 5 Призначення елементів САК по функціональній і структурній схемах.
- 6 Чим пояснюється процес коливання регулювання температури?
- 7 Що характеризує розгінна характеристика?

Література: [1]; [2]; [3].

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НА ЕОМ

Мета роботи:

- ознайомитись з принципами дослідження типових динамічних ланок на електронній обчислювальній машині;
- навчитися оцінювати якість перехідного процесу динамічної ланки другого порядку.

Час виконання роботи – 4 години.

4.1 Загальні теоретичні відомості

Складні динамічні системи, наприклад, системи автоматичного керування, для зручності досліджень, розбивають на типові елементарні динамічні ланки, що описуються простими диференційними рівняннями. Ланки одного типу, незалежно від фізичної природи (механічні, гідравлічні, електричні та ін.) і конкретної конструкції, описують однаковими диференційними рівняннями (мають однакові передаточні функції). Це дозволяє при дослідженні ланок одної фізичної природи замінювати їх ланками іншої фізичної природи, більш зручної для досліджень, тобто моделювання. Зручним є електронне моделювання з використанням електронних обчислювальних машин.

До найпростіших ланок систем автоматичного керування слід віднести пропорційну (підсилюючу) ланку, рівняння якої можна записати у вигляді:

$$y(t) = k \cdot x(t), \quad (4.1)$$

де $y(t)$ - вихідна величина;

k - коефіцієнт передачі;

$x(t)$ - вхідна величина,

а передаточну функцію:

$$W(p) = k. \quad (4.2)$$

Приклади без інерційної пропорційної ланки є редуктор, розподілювач напруги, підсилювач. Вихідна величина ланки повторює, в залежності від коефіцієнта передачі k закон змінювання вхідної величини.

Ідеальна інтегруюча ланка має рівняння руху:

$$y(t) = k \cdot \int_0^t x(t) dt, \quad (4.3)$$

де t - час,

а передаточну функцію:

$$W(p) = \frac{k}{p}, \quad (4.4)$$

де p - оператор Лапласа.

Прикладами інтегруючих ланок є електродвигун, гідроциліндр, інтегруючий привід та ін.

Аперіодична ланка I-го порядку має рівняння руху:

$$T \cdot \frac{dy}{dt} + y(t) = k \cdot x(t), \quad (4.5)$$

де T - постійна часу аперіодичної ланки, характеризуючи її інерційність,

а передаточну функцію:

$$W(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1}. \quad (4.6)$$

Прикладами аперіодичної ланки I-го порядку є термopара, ресивер, магнітний підсилювач, резервуар з рідиною. При подачі на вхід одиничного ступінчастого впливу вихідна характеристика змінюється по експоненті.

Диференційна ланка на практиці може бути представлена тахогенератором чи диференційним гіроскопом і має рівняння:

$$y(t) = k \cdot \frac{dx}{dt}, \quad (4.7)$$

а передаточну функцію:

$$W(p) = k \cdot p. \quad (4.8)$$

Запізнюючу ланку часто можна зустріти в механічних системах, елементи яких мають люфти, зазори. Рівняння руху запізнюючої ланки може бути:

$$y(t) = k \cdot x(t - \tau), \quad (4.9)$$

а передаточну функцію:

$$W(p) = k \cdot p^{-p \cdot \tau}. \quad (4.10)$$

Коливальна ланка широко застосовується в транспортних машинах (підвіска, трансмісія з урахуванням пружності і демпфування) і може бути описана диференціальним рівнянням 2-го порядку:

$$T^2 \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot \frac{dy}{dt} + y(t) = k \cdot x(t), \quad (4.11)$$

де T - постійна часу ланки;

ξ - ступінь демпфування, що визначає характер перехідного процесу (коливальний або аперіодичний);

k - передаточний коефіцієнт (коефіцієнт підсилення) ланки, що представляє відношення вихідної величини до вхідної величини у встановленому режимі.

Відповідно передаточна функція ланки 2-го порядку має вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1} \quad (4.12)$$

Перехідною характеристикою зазначених ланок є залежність вихідної величини від часу при одиничній ступінчастій вхідній дії. При ступінчастій зміні вхідної величини вихідна величина приймає стаке значення не відразу, а по закінченні перехідного процесу, характер якого визначається типом динамічної ланки. На рис. 4.1 приведений графік типового перехідного процесу ланки 2-го порядку.

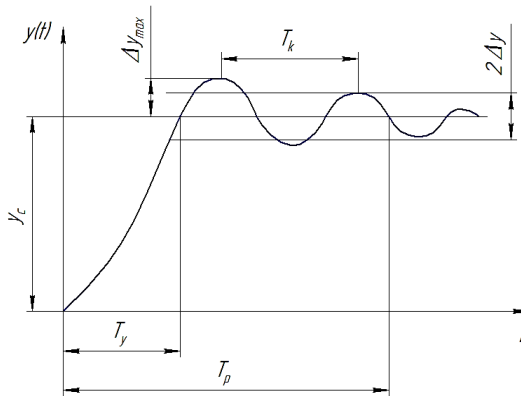


Рисунок 4.1 – Перехідна характеристика ланки 2-го порядку

Якість перехідного процесу оцінюється, як правило, такими показниками:

T_p - час регулювання або тривалість перехідного процесу, по закінченні якого відхилення вихідної величини, від сталого значення, не перебільшує заданої припустимої похибки, звичайно $\pm 5\%$ від сталого значення;

T_y - час встановлення, це час, за який вихідна величина вперше досягає свого сталого значення;

σ - перерегулювання, $\sigma = \frac{\Delta y_{max}}{y_c} \cdot 100\%$;

T_k - період коливань за час перехідного процесу.

4.2 Опис обладнання та приладів

Для отримання перехідних характеристик використовується персональний комп'ютер.

Імпульсна характеристика $h(t)$ визначається як реакція ланки на безкінечно короткий імпульс одиничної площі (дельта-імпульс).

Знаходження імпульсної характеристики аналітично значно складніше чім частотної і, як правило, зводиться до оберненого перетворення Фур'є від частотної характеристики:

$$h(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} y(\omega) \cdot e^{i\omega t} d\omega, \quad (4.13)$$

Загальна методика аналітичного взяття такого інтеграла, для типових динамічних ланок, виходить за рамки загального курсу вищої математики, однак можна скористатися готовими рішеннями для ланки 2-го порядку:

$$h(t) = k \cdot R \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{\sigma \cdot t}, \quad \text{для } t > 0, \quad (4.14)$$

$$h(t) = 0, \quad \text{для } t < 0, \quad (4.15)$$

$$\text{де } \omega = \sqrt{\frac{1 - \xi^2}{T}};$$

$$\sigma = -\frac{\xi}{T};$$

$$R = \frac{\sigma^2 + \omega^2}{\omega}.$$

Імпульсна характеристика зручна для знаходження реакції ланки на вплив довільної форми:

$$y(t) = k \cdot \int_0^{\infty} h(t) \cdot x(t - \tau) dt. \quad (4.16)$$

Вираз (4.15) справедливий для будь-якої реальної ланки і формула (4.16) враховує цей факт, тому до неї достатньо підставити вираз (4.14).

При змінному ступені демпфування будимо мати:

$$\omega(\xi) = \sqrt{\frac{1 - \xi^2}{T}}; \quad \sigma(\xi) = -\frac{\xi}{T};$$

$$R(\xi) = \frac{\sigma(\xi)^2 + \omega(\xi)^2}{\omega(\xi)}.$$

Для ланки 2-го порядку:

$$h(t, \xi) = k \cdot R(\xi) \cdot \sin(\omega(\xi) \cdot t) \cdot e^{\sigma(\xi)t}, \quad \text{для } t > 0,$$

$$y(t, \xi) = k \left[\left(\frac{\sigma(\xi)}{\omega(\xi)} \sin(\omega(\xi) \cdot t) - \cos(\omega(\xi) \cdot t) \right) \cdot e^{\sigma(\xi)t} + 1 \right], \quad \text{для } t > 0.$$

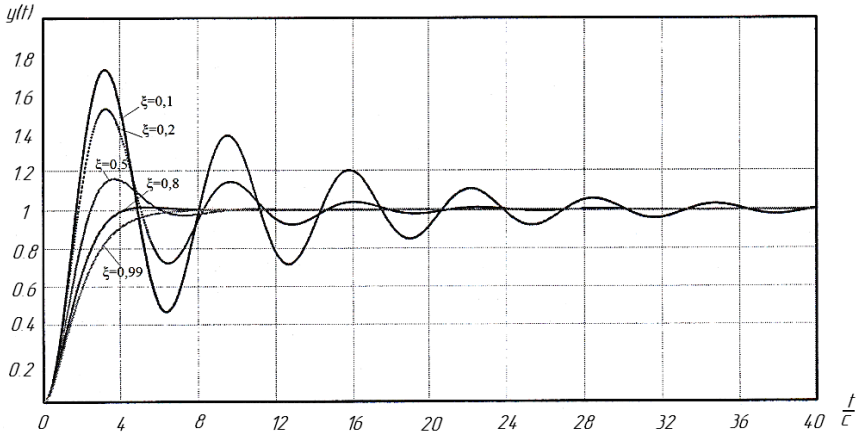


Рисунок 4.2 – Перехідна характеристика зі змінним ступенем демпфування

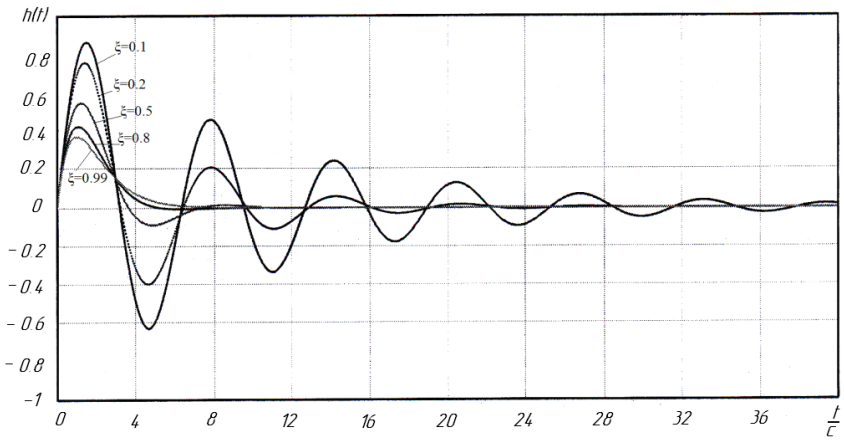


Рисунок 4.3 – Імпульсна характеристика зі змінним ступенем демпфування

4.3 Порядок проведення роботи

При вирішенні поставленої задачі необхідно визначити значення коефіцієнтів та констант для:

$$\xi = 0,1; \xi = 0,2; \xi = 0,5; \xi = 0,8; \xi = 0,99.$$

Обробити результати з екрану персонального комп'ютера, побудувати перехідні характеристики і оцінити якість процесу регулювання, дані занести в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків

ξ	$T_p, \text{с}$	$T_y, \text{с}$	σ	n	Примітки
0,1					
0,2					
0,5					
0,8					
0,99					

Контрольні питання

- 1 Основні ланки системи автоматичного керування і їх рівняння руху.
- 2 Основні показники якості перехідного процесу.
- 3 Що таке перехідна характеристика і при якій вхідній дії вона визначається?
- 4 Вплив демпфування на частоту власних коливань.
- 5 При якому ступені демпфування перехідний процес з коливального стає аперіодичний?

Література: [1]; [2]; [3].

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи:

- ознайомитись з частотними методами дослідження динамічних ланок.

- оцінити вплив демпфування на частотні характеристики ланки 2-го порядку.

Час виконання роботи – 4 години.

5.1 Загальні теоретичні відомості

При частотному методі дослідження на вхід об'єкта, як вхідна динамічна дія, подається гармонічний сигнал з постійною амплітудою і змінною частотою. Для кожної частоти ω на виході стійкого лінійного об'єкта, після затухання перехідного процесу, встановлюються вимушені гармонічні коливання з тією ж частотою, але відрізняючись в загальному випадку по амплітуді та фазі від вхідних коливань (рис. 5.1, а). Залежність відношення амплітуд

$A = \frac{A_{вих.}}{A_{вх.}}$ та фази φ від частоти ω називають відповідно амплітудно-

частотною характеристикою (АЧХ) і фазочастотною характеристикою (ФЧХ) (рис. 5.1, б та 5.1, в) і однозначно визначаються параметрами об'єкта що досліджуються. В ряді випадків користуються амплітудно-фазовою характеристикою (АФЧХ), зображуючи в полярних координатах залежність $W(j\omega)$ комплексній площині (рис. 5.1, г). Значення частотних характеристик дозволяє вирішувати задачі синтезу систем автоматичного керування, проводити їх корекцію, оцінювати їх стійкість і характер перехідного процесу і т.д.

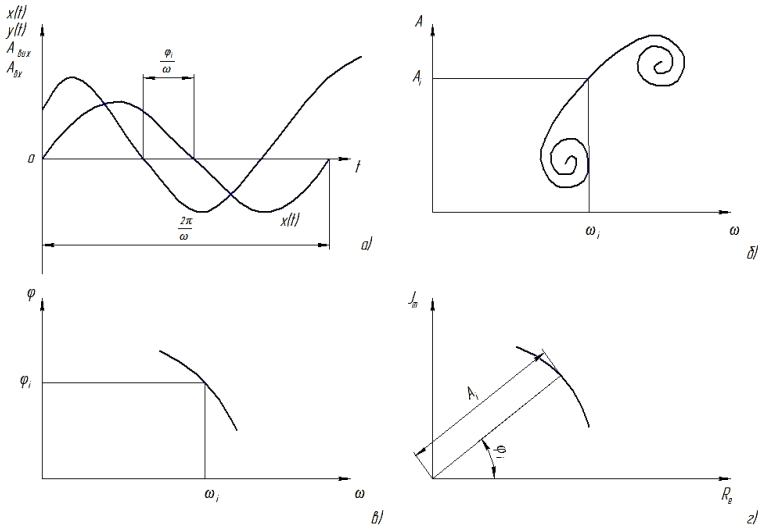


Рисунок 5.1 – Частотні характеристики

При відомому математичному описі об'єкта його частотні характеристики можуть бути отримані аналітично, для чого в передаточній функції аргумент приймається чисто уявним Im . При цьому передаточна функція після перетворювань може бути представлена дійсною і уявною частинами:

$$W(i\omega) = Re(\omega) + i \cdot Im(\omega). \quad (5.1)$$

Задаючись як параметром, отримають крапки на комплексній площині, сукупність яких і являє собою АФХ об'єкта.

Для отримання АЧХ і ФЧХ визначають вираження для модуля і аргументу АФХ:

$$W(\omega) = \sqrt{Re^2(\omega) + Im^2(\omega)}, \quad (5.2)$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Im(\omega)}{Re(\omega)} \pm k\pi. \quad (5.3)$$

Частотні характеристики можуть бути отримані експериментальним шляхом, при цьому в багатьох випадках зручно досліджувати не самі об'єкти, а їх моделі, наприклад, набрані на електронних обчислювальних машинах. При цьому реалізується досить легко вхідна дія з перебудовуємою частотою від універсальних генераторів, спрощується синхронне реєстрування вхідного і вихідного сигналів осцилографами і самописцями. На електронній моделі набагато простіше, ніж на об'єкті, варіювати показниками для визначення їх оптимальних значень.

Розглянемо опис роботи коливальної ланки і визначним його речову та уявну частини, а також вирази для розрахунку частотних характеристик.

Рівняння руху:

$$T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy}{dt} + y(t) = kx(t). \quad (5.4)$$

Передатна функція:

$$W(p) = \frac{k}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}. \quad (5.5)$$

Після зміни $p \rightarrow i\omega$ комплексна передаточна функція буде мати вид:

$$W(i\omega) = \frac{k(1 - T^2 \omega^2)}{(1 - T^2 \omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2 \omega^2} - i \frac{2\xi k T \omega}{(1 - T^2 \omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2 \omega^2}. \quad (5.6)$$

Відкіля:

- речова характеристика

$$Re(\omega) = \frac{k(1 - T^2 \omega^2)}{(1 - T^2 \omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2 \omega^2}, \quad (5.7)$$

- уявна характеристика

$$\operatorname{Im}(\omega) = -\frac{2\xi kT\omega}{(1-T^2\omega^2)^2 + 4\xi^2 T^2\omega^2}. \quad (5.8)$$

При частотному аналізі використовуються гармонійні сигнали виду:

$$y(t) = A\cos(\omega t) + B\sin(\omega t). \quad (5.9)$$

Такий сигнал характеризується кутовою частотою та комплексною амплітудою:

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ - кутова частота, рад/с.;

$Y = A - i \cdot B$ - комплексна амплітуда.

Кутова частота і комплексна амплітуда дуже зручні при математичних викладках, але на практиці буває зручніше використовувати інші характеристики:

$f = \frac{\omega}{2\pi}$ - частота, Гц;

$|Y| = \sqrt{A^2 + B^2}$ - амплітуда сигналу, дорівнює модулю комплексної амплітуди;

$\phi_0 = \arg(Y)$ - початкова фаза сигналу, дорівнює аргументу комплексної амплітуди (в радіанах).

Тоді формула (5.9) матиме вигляд:

$$y(t) = |Y| \cdot \cos(\omega t + \phi_0). \quad (5.10)$$

При подачі на вхід лінійної ланки гармонійного сигналу $x(t)$, вихідний сигнал $y(t)$ також буде гармонійним. Частота вихідного

сигналу дорівнює частоті вхідного сигналу, а відношення комплексних амплітуд залежить від частоти і визначається частотною характеристикою ланки.

Диференціювання гармонійного сигналу за часом тотожне множенню його комплексної амплітуди на $i\omega$, тому частотна характеристика ланки легко визначається з ДУ ланки.

Частотна характеристика ланки другого порядку у комплексному вигляді:

$$F(\omega) = \frac{Y}{X} = \frac{k}{-T^2\omega^2 + 2\xi \cdot T \cdot i \cdot \omega + 1}. \quad (5.11)$$

Амплітудно-частотна характеристика:

$$|F(\omega)| = \left| \frac{Y}{X} \right|. \quad (5.12)$$

Фазочастотна характеристика:

$$\arg(F(\omega)) = \arg(Y) - \arg(X). \quad (5.13)$$

У різних випадках можуть бути зручні різні форми графічного представлення частотної характеристики:

$$F(\omega) = \frac{k}{-T^2\omega^2 + 2\xi \cdot T \cdot i \cdot \omega + 1}, \quad (5.14)$$

$$F(f) = F\omega(2 \cdot \pi \cdot f), \quad (5.15)$$

$$f = 0,001, 0,002 \dots 10.$$

Задається кінцева множина частот для числового рішення і визначаються АЧХ та ФЧХ. Отримані характеристики аналізуються і робляться висновки.

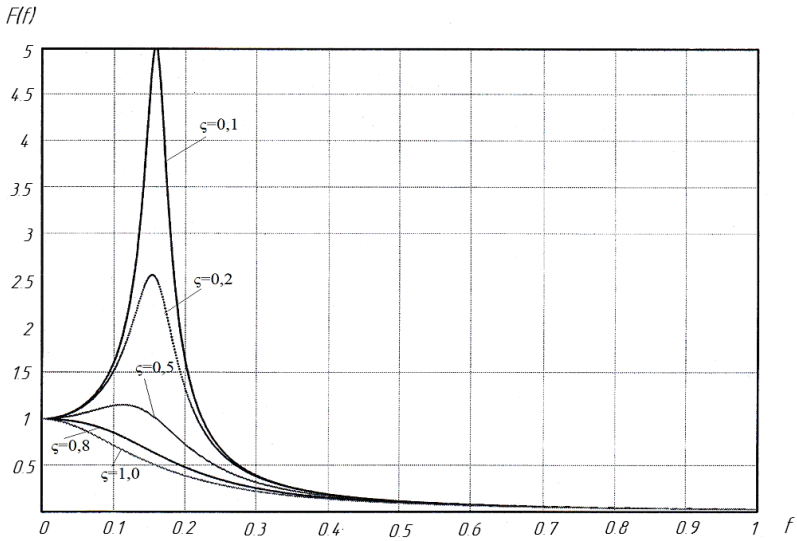


Рисунок 5.2 – Амплітудно-частотна характеристика

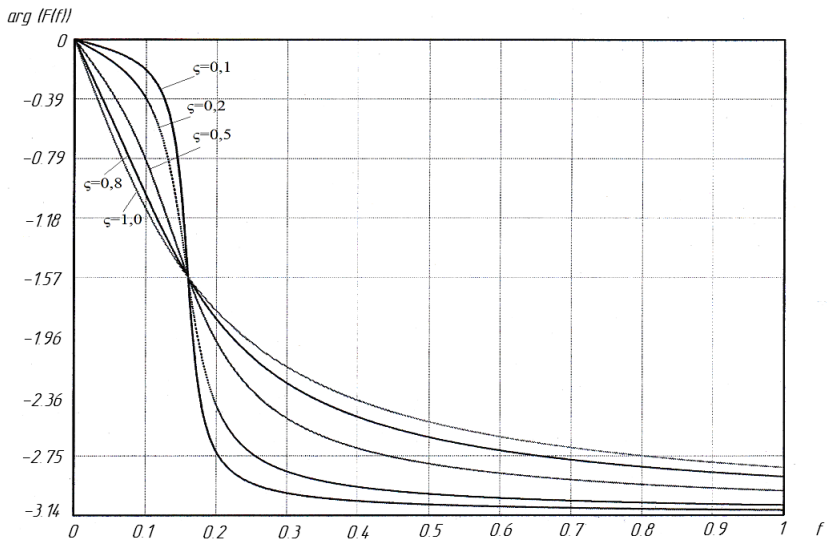


Рисунок 5.3 – Фазочастотна характеристика

5.2 Опис обладнання та приладів

Для зняття частотних характеристик використовується персональний комп'ютер.

5.3 Порядок проведення роботи

Увімкнути персональний комп'ютер.

Визвати відповідну програму.

Використовуючи різні коефіцієнти демпфування та значення частот, розрахувати необхідні показники та занести їх до таблиці.

Побудувати та проаналізувати отримані частотні характеристики.

Зробити висновки.

Контрольні запитання

- 1 Як експериментально отримати частотні характеристики агрегатів автомобіля?
- 2 Як по відомій АЧХ та ФЧХ отримати АФХ і навпаки?
- 3 Як отримати АФХ по відомій передаточній функції?
- 4 Як впливає демпфування на частотні характеристики?
- 5 В яких елементах транспортних машин реалізується демпфування?

Література: [1], [2], [6].

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНОГО СТЕЖАЧОГО ПРИВОДА З ВАКУУМНИМ ПІДСИЛЮВАЧЕМ ГАЛЬМ

Мета роботи:

- ознайомитись з улаштуванням і принципом роботи вакуумного підсилювача гальм автомобіля;
 - навчитися експериментально визначати статичну характеристику стежачої системи.
- Час виконання роботи – 4 години.

6.1 Загальні теоретичні відомості

У тих випадках, коли для регулювання якого-небудь безперервного процесу, при управлінні автомобілем, необхідно урахувати численні значення самих різних і швидкоплинних обставин, наприклад, при гальмуванні автомобіля використовують напівавтоматичні системи, в котрих роль задаючого налаштування виконує водій. Для механізації і автоматизації процесів управління автомобілем широке застосування знайшли пневматичні і гідравлічні приводи. Такі системи отримали назву підсилювачів або сервоприводів, так як внаслідок використання частини потужності двигуна, для формування вихідного сигналу (дії силового механізму на об'єкт управління), досягається значне підсилення потужності вхідного сигналу (дій водія на орган керування).

Системи виконуються стежучими, тобто вони відтворюють, з визначеною точністю, зміни сили, яка прикладена до органу керування, або його переміщення. До таких систем відноситься підсилювач гальмі, для полегшення управління системою гальмування автомобіля.

Основні вимоги, які пред'являються до підсилювачів, наступні:

- забезпечення розрахункового значення коефіцієнта посилення, для забезпечення заданого максимального зусилля на педалі гальм (K_y);
- використання підсилювачів не повинно привести до збільшення часу реакції приводу.

Коефіцієнт посилення можливо виразити формулою:

$$K_y = \frac{P_1 + P_y}{P_1}, \quad (6.1)$$

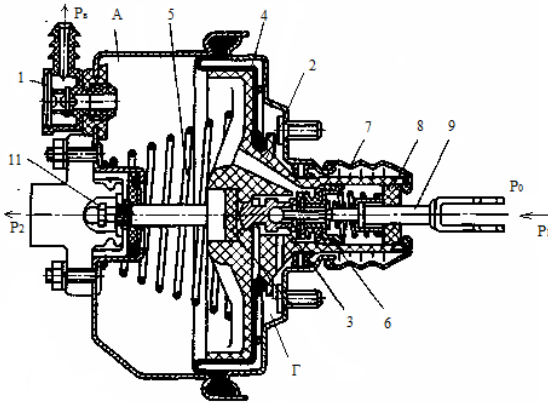
де P_1 - підсилення на штоку циліндра гальм підсилювача;

P_y - підсилення на штоку головного циліндра гальм, яке створюється підсилювачем.

Отримали розповсюдження чотири різновиди підсилювачів привода гальм: пневматичний, гідропневматичний, гідровакуумний та вакуумний. Перші два типи підсилювачів знайшли застосування на вантажних автомобілях середньої та великої вантажопідйомності, автомобілях та автобусах. Третій та четвертий тип застосовуються, головним чином, для легкових автомобілів і вантажівок малої вантажопідйомності.

В зв'язку з тим, що включення гальм відноситься до основних режимів роботи підсилювача й відбуваються вони в короткий термін, можна вважати, що підсилювач гальм працює в перехідних режимах. Отже, схема підсилювача повинна забезпечувати стійкість регулювання й можливість одержання мінімальних динамічних помилок у перехідних процесах. Статичні характеристики окремих ланок і всього підсилювача гальм повинні бути лінійними, мати малу петлю гістерезису. Як статичні, так і динамічні характеристики підсилювача повинні бути стабільними в різних умовах експлуатації і не повинні змінюватись з пробігом автомобіля.

На рисунку 6.1 подана принципова схема вакуумного підсилювача гальм автомобіля ВАЗ.



P_v – тиск в вакуумному колекторі; P_0 – атмосферний тиск; P_1 – навантаження на шток до підсилення; P_2 – навантаження на шток після підсилення;

1 – запірний клапан; 2 – корпус; 3 – клапан; 4 – діафрагма; 5 – пружина;
6 – поршень; 7 – пружина; 8 – ущільнювач; 9 – шток; 11 – шток підсилювача;
A і Г – вакуумні камери

Рисунок 6.1 – Схема вакуумного підсилювача гальм автомобіля ВАЗ

Коли двигун працює, в вакуумній порожнині A утворюється розрідження від вакуумного колектора. Вакуумний клапан забезпечує стійкість цього розрідження. Коли педаль гальм відпущена, вакуумна порожнина A підсилювача з'єднана з порожниною Γ , через клапан, зазор між сідлом клапана 3 і корпусу 2. В цьому випадку тиск у порожнинах A і Γ однаковий і корпус 1 з діафрагмою 4 притиснуті пружиною 5 до корпусу. Поршень 6 притиснутий до клапану 3 пружиною 7 і перешкоджає проникненню повітря в порожнини A і Γ підсилювача. При натисненні на педаль гальм, штовхач 9 переміщується разом з поршнем 6 і рухомою частиною клапана 3, притискає її до сідла на корпусі 2. При цьому порожнини A і Γ роз'єднуються і при подальшому переміщенні штовхач відводить поршень 6 від клапана 3, а повітря через створений зазор, між клапаном і поршнем, по каналу поступає в порожнину Γ . В цій порожнині створюється атмосферний тиск, в цей час як в порожнині A зберігається розрідження. Різниця тисків в порожнинах A і Γ створює додаткову силу, яка переміщує корпус 2 клапана х діафрагмою і діє через корпус клапана на кінці буфера і далі на шток головного циліндра гальм. Посилення тиску від педалі передається через

штовхач 9, поршень 6 і середню частину буфера також на шток 11. Під дією цих сил шток переміщується, створюючи тиск в головному циліндрі.

Якщо припинити надавлювати на педаль, не доводячи її до кінцевого положення, то під дією різниць тисків в порожнинах A і Γ корпус клапана і притиснутий до нього пружиною 7 клапан провиниться трохи далі, до зіткнення клапана 3 кромкою зупиненого поршня. При цьому надходження повітря в порожнину Γ припиниться і подальший рух корпусу 2 припиниться. Шток 11 просунеться менше, ніж корпус 2 за рахунок пружної деформації буфера. Так як корпус клапана стискує край буфера, то центр його видавлюється в створений зазор між буфером і поршнем.

Якщо в цьому положенні трохи відпустити педаль, то поршень відсуне клапан від корпусу, тиск в порожнині Γ зменшиться і поворотна пружина 5 зі штоком 11 відіжме корпус 2 до зіткнення з клапаном 3.

Якщо навпаки, трохи натиснути на педаль, то поршень 6 відсунеться від клапана, повітря стане поступати в порожнину Γ , і корпус з притиснутим до нього клапаном переміститься далі, натискаючи на шток 11, до упору клапана в поршень. При сильному натисненні на педаль (аварійне гальмування) зазор між поршнем і клапаном зберігається і повітря весь час поступає в порожнину Γ . При розгальмуванні зворотна пружина відтягує педаль з штовхачем 9 і поршень 6 в початкове положення. Клапан віджимається поршнем від корпусу, повітря з порожнини Γ відсмоктується в порожнину A і тиск у цих порожнинах вирівнюється, відбувається процес розгальмування.

На рисунку 6.2 подана структурна схема розглянутого вище підсилювача.

Зусилля P , від педалі гальм проходить по прямому каналу через шток 9, поршень 6, буфер 10, шток 11 і по посиленому каналу, який спрацьовує після переміщення x клапана, внаслідок чого виникає переміщення діафрагми.

Зусилля діафрагми P_y складається на штоку 11 (в суматорі C_2) з зусиллям прямого каналу. Роль зворотного зв'язку виконує буфер.

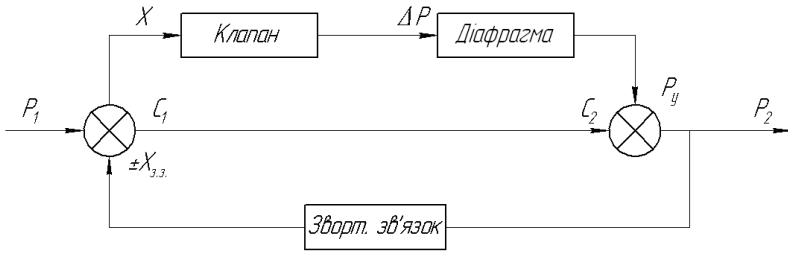
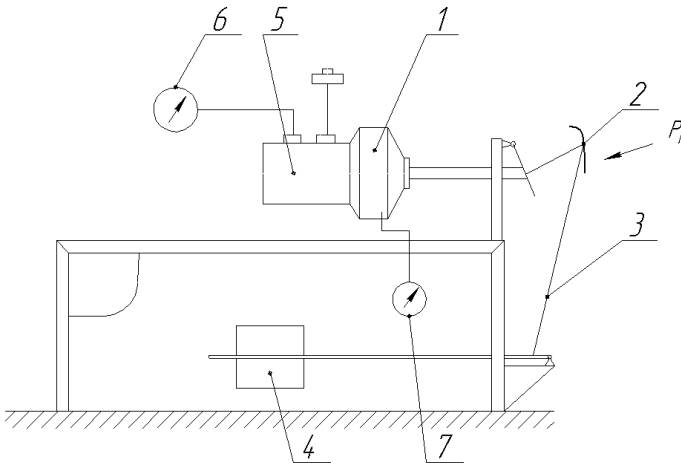


Рисунок 6.2 – Структурна схема підсилювача гальм автомобіля

6.2 Опис обладнання та приладів

На рис. 6.3 подана схема установки для зняття статичних характеристик стежачої системи вакуумного підсилювача гальм. На основі стелу шарнірно устанолена педаль гальм, на яку через штовхач 2 діє механізм навантаження.



1 – вакуумний підсилювач; 2 – педаль гальм; 3 – тяга; 4 – вантаж;

5 – головний циліндр; 6 – манометр; 7 – вакуумметр

Рисунок 6.3 – Схема установки для зняття характеристики підсилювача

Навантаження здійснюється шляхом переміщення вантажу 4 по ваговій лінійці. Зусилля P_1 змінюється за допомогою тензодатчиків на

штоку привода підсилювача. Зусилля P_2 можливо приблизно оцінити по тиску P_2 або за допомогою тензодатчиків, наклеєних на шток підсилювача. Вакуум контролюється вакуумметром 7. Статична характеристика змінюється шляхом поступового збільшення зусилля на педалі до появи в гідроприводі тиску рівного максимальному розрахунковому значенню. При цьому для кожного значення регулюється тиск P_2 на вході стежачої системи.

6.3 Порядок проведення роботи

При визначенні статичної характеристики підсилювача необхідно дотримуватися наступної послідовності роботи зі стендом.

Ввімкнути установку, відрегулювати розрядження в ресивері 50 кПа по вакуумметру.

Встановити першу сходинку вантажу на педаль і зняти показання приладу.

Поступово збільшуючи зусилля на педалі, зняти показання для 6-8 крапок характеристики.

Зменшуючи зусилля на педалі, провести розвантаження системи, фіксуючи в 6-8 крапках, результати вимірів занести у таблицю 6.1.

Вимкнути установку.

Обробити результати, збудувати статичну характеристику, проаналізувати її згідно отриманим даним, визначити коефіцієнт зусилля.

Таблиця 6.1 – Дані для побудови характеристики

Навантаження	P_1								
	P_2								
Розвантаження	P_1								
	P_2								

Контрольні питання

- 1 З яких основних частин складається вакуумний підсилювач гальм?
- 2 Призначення основних частин гальм.
- 3 Яка структурна схема підсилювача гальм? Призначення зворотного зв'язку.
- 4 Яким показником оцінюється ефективність роботи підсилювача?
- 5 Поясніть статичну характеристику підсилювача.

Література: [1]; [2]; [6].

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 276 с.
2. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. 4-е изд. - БХВ-Петербург, 2016. – 570 с.
3. Власов К. П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета. Учебное пособие. - Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2013, - 544 с.
4. Власов К. П. Теория автоматического управления. Учебное пособие. Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007, 526 с.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления – 4-е изд. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
6. Шишмарев В. Ю. Типовые элементы систем автоматического управления. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.
7. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. – М.: Машиностроение, 1973. - 607 с.
8. Ганатар А.И. Элементы промышленной автоматики и их динамические свойства. – К.: 1975. - 231 с.
9. Воронов А.А. Теория автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1977. - 303 с.
10. Пономарев В.М. Основы автоматического регулирования и управления. – М.: Высшая школа, 1974. - 438 с.

11. Галкин Ю.М. Электрооборудование автомобилей и тракторов. – М.: Машгиз, 1973. - 254 с.
12. Петров В.А. Автоматические системы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1974. - 432 с.
13. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления – М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2004. – 279 с.
14. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. – СПб.: Питер, 2005. – 318 с.
15. Келим. Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления. – М.:Форум-М, 2002. – 423 с.