

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра автоматизації виробничих процесів

Теорія автоматичного управління

Завдання і методичні вказівки для виконання курсової роботи

«Затверджено»
На засіданні кафедри автоматизації
Виробничих процесів,
Протокол №14 від 15 червня 2018р.

м. Кропивницький 2018р.

Завдання і методичні вказівки для виконання курсової роботи з теорії автоматичного управління для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія», з галузі знань – 15 «Автоматизація та приладобудування». Спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та для студентів з галузі знань – 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання / Кропивницький, ЦНТУ, 2018, - 25с.

Укладачі: В.О. Кондратець – доктор технічних наук, професор.

А.М. Мацуй – кандидат технічних наук, доцент.

Рецензент: Сербул О.М. – кандидат технічних наук, доцент.

I. Методичні вказівки для виконання курсової роботи

1.1. Мета і структура курсової роботи

Метою курсової роботи є закріплення розрахункових методів розв'язання задач теорії автоматичного управління зі знаходженням стійкості, якості, оптимальних параметрів та структури САУ.

Вихідні дані на курсову роботу задаються у вигляді принципової схеми, диференціальних рівнянь елементів і конкретних значень їх параметрів.

Курсова робота виконується у вигляді пояснювальної записки і одного аркуша креслення формату А1 або чотирьох фрагментів А4 цього аркушу в пояснювальній записці. На кресленні подаються функціональна, принципова і структурна схеми САР, ЛАЧХ до синтезу системи, АФЧХ розімкненої системи, перехідні характеристики САР до та після синтезу. Приводяться в порівнянні задані і отримані показники якості.

У пояснювальній записці виконується побудова характеристик регульованого об'єкта, отримання рівнянь динаміки системи, частотних характеристик, аналіз і синтез САР. Будується область стійкості, крива перехідного процесу. Визначаються показники якості системи.

1.2. Тема курсової роботи

Тема курсової роботи однакова для усіх студентів: «Аналіз та синтез типової лінійної системи автоматичного регулювання».

1.3. Вимоги до САР

Вимоги до САР однакові для усіх варіантів системи:

- час регулювання приймається зменшеним на $n\%$ від отриманого для заданих параметрів системи (задається керівником роботи);
- максимальне пере регулювання не повинно перевищувати 25%;
- запас стійкості за модулем не менше 15 дБ, за фазою не менше 30°. В процесі синтезу САР розробити систему, оптимальну за швидкодією.

1.4. Зміст пояснювальної записки

Зміст пояснювальної записки повинен вміщувати наступні розділи:

1. Завдання на розробку курсової роботи, підписане керівником.
2. Вихідні дані для розробки САР, взяті із методичних вказівок згідно заданому варіанту – схема, рівняння, значення параметрів.
3. Вступ.
4. Устрій, принцип регулювання, принцип дії.

5. Функціональна схема САР.
6. Структурна схема САР (з конкретними диференціальними рівняннями елементів і їх передаточними функціями).
7. Визначення передаточних функції розімкненої і замкненої систем і характеристичного рівняння.
8. Побудова амплітудно-фазової і логарифмічних частотних характеристик розімкненої системи.
9. Побудова дійсної частотної характеристики замкненої системи.
10. Визначення стійкості замкненої системи і запасів стійкості. Побудова області стійкості.
11. Оцінка якості регулювання замкненої САР за ЛАЧХ розімкненої системи.
12. Побудова перехідного процесу замкненої системи.
13. Визначення прямих показників якості САР за перехідним процесом, визначення часу регулювання системи як вимоги до САР для її аналізу і синтезу.
14. Аналіз системи автоматичного регулювання.
15. Побудова перехідного процесу і визначення показників якості для системи, розробленої шляхом аналізу.
16. Побудова бажаної ЛАЧХ розімкненої оптимальної за швидкодією системи за вимогами, які пред'явлені до неї.
17. Синтез коректуючого пристрою САР за логарифмічними частотними характеристиками.
18. Побудова кривої перехідного процесу синтезованої САР.
19. Визначення прямих показників якості синтезованої САР.
20. Висновки.
21. Список використаної літератури.

1.5. Вимоги до оформлення пояснювальної записки

Пояснювальна записка виконується друкованим шрифтом або пишеться від руки чорнилом темного кольору на одній стороні листа нелінованого паперу стандартного розміру (формат А4). Поля мають передбачені стандартом розміри. Листи нумеруються і зшиваються. Титульний лист виконується з ватману і підписується тушшю або виготовляється за допомогою комп'ютера. Схеми виконуються олівцем згідно стандартам з обов'язковим використанням інструментів для креслення або комп'ютерної графіки.

В пояснювальній записці повинні бути: завдання (підписане керівником), текстова частина відповідно вказаному змісту з необхідним графічним

матеріалом, висновки, список використаної літератури і зміст роботи. У висновках наводяться основні кількісні і якісні результати роботи і їх оцінки. Зокрема дається порівняння прямих показників якості регулювання вихідної системи, вимог до якості регулювання і результатів, отриманих в наслідок аналізу і синтезу системи.

Список використаної літератури складається в алфавітному порядку. Літературні джерела вказуються відповідно стандарту. В пояснювальній записці обов'язково роблять вказівки на використану літературу (у квадратних дужках цифрами). Зміст забезпечується показником сторінок і розміщується спочатку пояснювальної записки.

Викладки в пояснювальній записці повинні бути логічними, чіткими і короткими. Терміни і визначення повинні бути єдиними і відповідати прийнятим стандартам або загальноприйнятим в науково-технічній літературі.

Умовні буквенні позначення фізичних, математичних та інших величин, а також умовні графічні позначення повинні відповідати прийнятим стандартам. Якщо використовувані в формулах позначення раніше в пояснювальній записці не зустрічались, то необхідно давати їм пояснення.

Ілюстрованим матеріалом до пояснювальної записки є: схеми (принципова, структурна, функціональна), ескізи та графіки. Кількість ілюстрацій повинна бути достатньо повною для пояснення тексту. Всі ілюстрації нумеруються, вони повинні мати тематичну назву, а при необхідності під рисунковий текст.

Усі графіки обов'язково повинні бути в масштабі, наприклад, логарифмічному. Логарифмічну амплітудну і фазову частотну характеристики будують на одному спеціальному листі одну під одною. Для виготовлення такого листа доцільно використовувати шкалу кубів звичайної 25 мм-вої логарифмічної лінійки або користуватись спеціальним папером.

Для розрахунків використовувати сучасну обчислювальну техніку.

II. Завдання для виконання курсової роботи

2.1. Схема 1

Рівняння елементів системи:

об'єкта

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_0\mu - k_1f,$$

датчик

$$\rho = k_2 \theta,$$

вимірювальної схеми

$$\varepsilon_1 = k_3 \rho,$$

підсилювача

$$U = k_4 \varepsilon_1,$$

двигуна з регулювальним органом

$$T_1 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_5 U.$$

Сигнал неузгодження

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \varepsilon.$$

Параметри:

θ - поточне значення температури повітря в приміщенні; ρ - сигнал датчика; μ - переміщення регулювального органа; f - еквівалентне збурне діяння; ε_0 - вхідний параметр; ε_1 і U - відповідно вхідний і вихідний сигнали підсилювача; ε - вихідний сигнал вимірювальної схеми.

2.2. Схема 2

Рівняння елементів системи:

об'єкта

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_0 \mu - k_1 f,$$

вимірювальної схеми

$$U_M = k_2 \Delta X,$$

підсилювача

$$U_y = k_3 U_M,$$

виконавчого двигуна (з редуктором і клапаном)

$$T_1 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_4 U_y.$$

Параметри:

θ - температура повітря в печі; X – поточне значення температури після датчика; X_0 - задане значення температури печі; $\Delta X = X_0 - X$ - відхилення температури; U_Y - напруга управління двигуном; μ - переміщення клапана; f – еквівалентне збурне діяння; U_M - вхідна напруга вимірювального моста; U_0 – напруга живлення мостової схеми.

2.3. Схема 3

Рівняння елементів системи:

підсилювача

$$T_Y \frac{dU_Y}{dt} + U_Y = k_Y U,$$

генератора

$$T_\Gamma \frac{dU_\Gamma}{dt} + U_\Gamma = k_\Gamma U_\Gamma,$$

двигуна

$$T_D \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_D U_\Gamma - k_M M,$$

тахогенератора

$$U_{\text{ТГ}} = k_{\text{ТГ}} \omega.$$

Рівняння замикання

$$U = U_3 - U_{\text{ТГ}}.$$

Параметри:

ω – кутова швидкість двигуна; M – момент статичного навантаження; U і U_Y – відповідно вхідна і вихідна напруги підсилювача; $U_{\text{ТГ}}$ – напруга тахогенератора; U_3 – задане значення напруги; U_Γ – напруга генератора.

2.4. Схема 4

Рівняння елементів системи:

датчика

$$T_1^2 \frac{d^2 l_1}{dt^2} + T_2 \frac{dl_1}{dt} + l_1 = k_1 \Delta F,$$

виконавчого пристрою

$$\frac{d\mu}{dt} = k_2 l_2,$$

важеля

$$l_2 = k_3 l_1; k_3 = b/(a + b),$$

об'єкта

$$T_0 \frac{dF}{dt} + F = k_0 \mu - k_4 f.$$

Параметри:

$\Delta F_0 = F_0 - F$ - відхилення тиску; F_0 і F - відповідно заданий і дійсний тиск газу в ресивері; l_1 - переміщення чутливого елемента; l_2 - переміщення поршня золотника; μ - переміщення клапана; Q_1 і Q_2 - витрати газу відповідно на вході і виході системи; f - еквівалентне збурення.

2.5. Схема 5

Рівняння елементів системи:

об'єкта

$$T_0 \frac{dF}{dt} + F = k_0 \mu - k_1 f_1,$$

регулятора

$$T_1^2 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + T_2 \frac{d\mu}{dt} + \mu = k_2 \Delta F,$$

Параметри:

F - тиск газу в резервуарі (регульована величина); F_0 - заданий тиск газу в резервуарі; $\Delta F = F_0 - F$ - відхилення тиску; μ - переміщення регульовального клапана; f - еквівалентне збурне діяння; Q_1 і Q_2 - витрати газу відповідно на вході і виході системи.

2.6. Схема 6

Рівняння елементів системи:

теплового двигуна (ТД) - об'єкта

$$T_0 \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_0 \mu - k_1 M,$$

відцентрового вимірювача частоти (ВВЧ)

$$T_1^2 \frac{d^2 l}{dt^2} + T_2 \frac{dl}{dt} + l = k_2 \Delta \omega,$$

виконавчого пристрою (ВП)

$$d\mu/dt = k_3 l,$$

Параметри:

ω_0 і ω - задане і дійсне значення частоти обертання; M – момент навантаження; l - переміщення золотника ВП; μ – переміщення клапана.

2.7. Схема 7

Рівняння елементів системи:

об'єкта

$$T_0 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_0 \mu - k_1 f,$$

чутливого елемента

$$\rho = k_2 \theta,$$

вимірювальної схеми

$$\varepsilon = k_3 \rho,$$

підсилювача

$$U = k_4 \varepsilon_1,$$

двигуна з регулювальним органом

$$T_1 \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d\mu}{dt} = k_5 \frac{dU}{dt} + \frac{k_6}{T_u} U.$$

Сигнал неузгодження

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 - \varepsilon.$$

Параметри:

θ - поточне значення температури в приміщенні; ρ - сигнал чутливого елемента; μ - переміщення регулювального елемента; f – еквівалентне збурне діяння; T_u – час ізодрому; ε_0 - вхідне діяння.

Схема 1

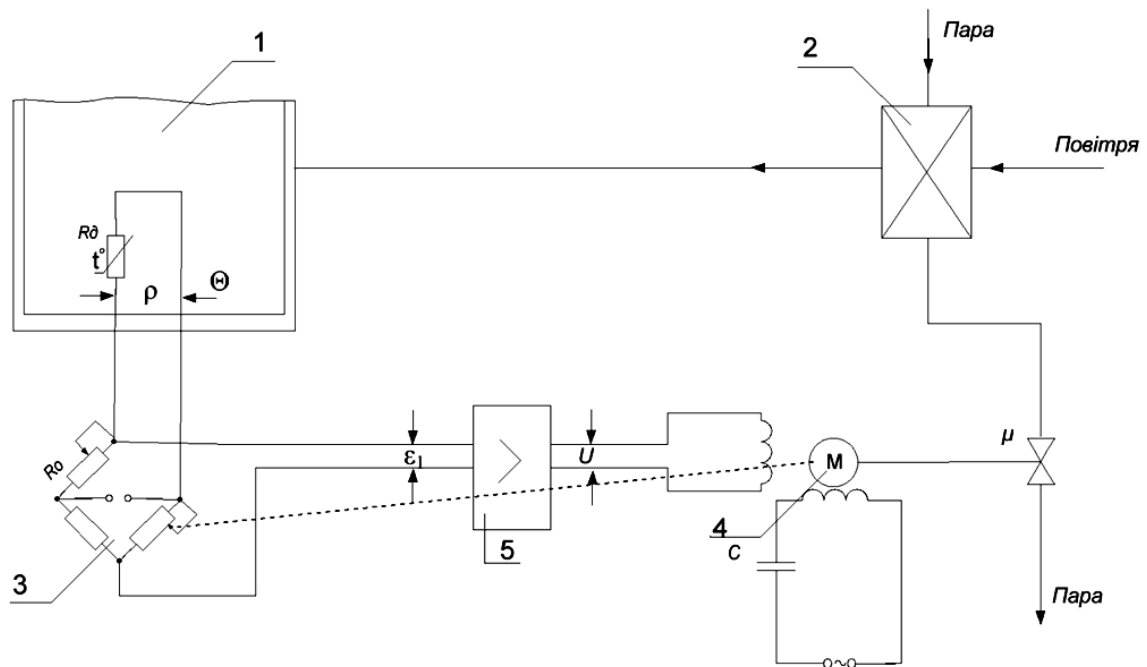


Рис.1

Принципова схема системи автоматичного регулювання температури повітря:

- 1- приміщення;**
- 2- теплообмінник (калорифер);**
- 3- вимірювальна мостова схема;**
- 4- двофазний виконавчий двигун;**
- 5- фазочутливий підсилювач.**

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 1

Варіанти	T_0, c	T_1, c	$k_0, \text{град/см}$	$k_1, \text{град/см}$	$k_2, \text{Ом/град}$	$k_3, B/Ом$	k_4	$k_5, \text{см/B}$	$f, \text{см}$
1	1000	0,060	20,0	2,0	20	0,001	100	0,30	1,1
2	2000	0,070	22,0	2,5	30	0,001	200	0,25	1,2
3	3000	0,080	24,0	3,0	25	0,001	700	0,28	0,8
4	4000	0,090	27,0	3,5	20	0,002	800	0,35	0,6
5	5000	0,100	30,0	4,0	20	0,002	400	0,40	0,5
6	100	0,050	12,0	0,8	25	0,002	300	0,10	1,3
7	120	0,055	10,0	0,95	40	0,004	750	0,12	1,0
8	200	0,060	10,5	1,01	40	0,004	100	0,15	0,9
9	300	0,060	11,0	1,05	20	0,003	90	0,17	1,2
10	400	0,065	13,0	1,15	15	0,003	250	0,20	1,4
11	500	0,070	14,0	1,25	45	0,002	340	0,22	1,5
12	600	0,075	15,5	1,40	25	0,02	600	0,25	1,8
13	700	0,080	16,0	1,60	35	0,004	200	0,15	2,0
14	800	0,085	17,0	1,55	20	0,002	400	0,10	1,9
15	1000	0,090	18,0	1,85	30	0,001	300	0,30	0,8
16	500	0,095	19,0	2,0	40	0,003	150	0,35	2,4
17	2000	0,100	20,0	2,5	20	0,003	200	0,40	2,6
18	3000	0,110	22,0	4,0	25	0,004	440	0,45	1,3
19	4000	0,120	24,0	3,0	25	0,004	650	0,50	2,0
20	6000	0,140	26,0	4,5	40	0,005	500	0,55	3,0

Схема 2

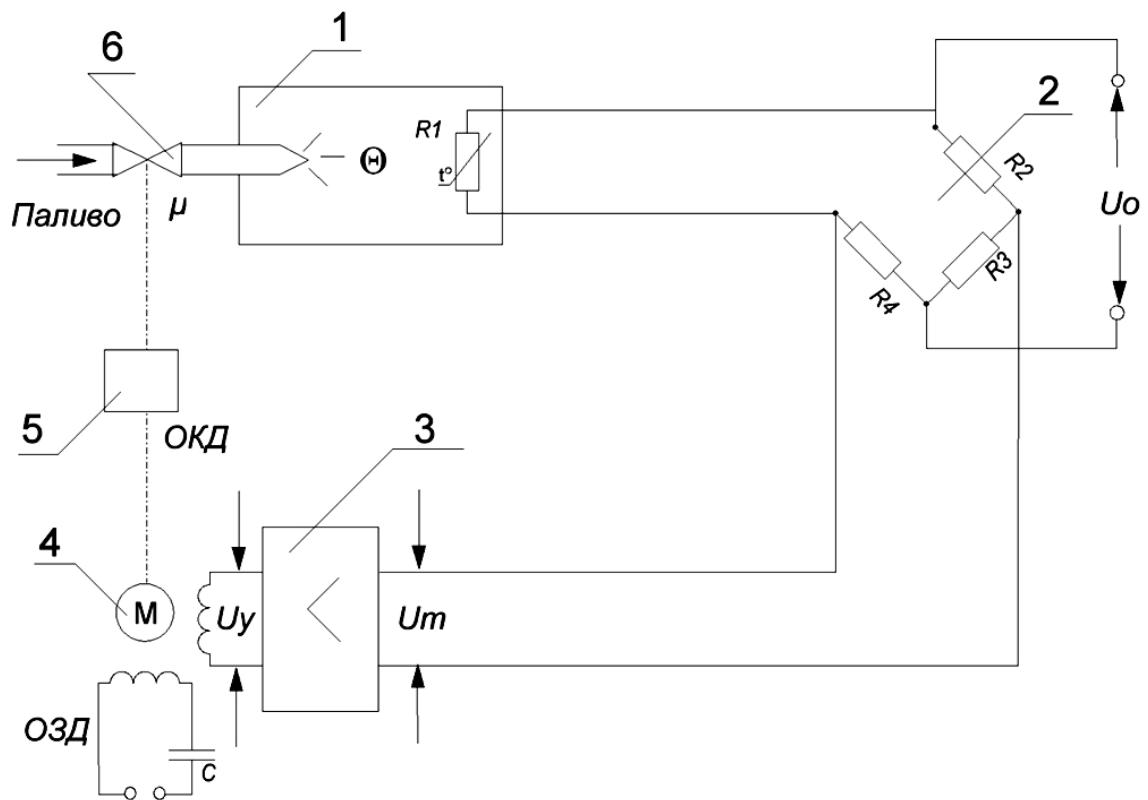


Рис.2

Принципова схема системи автоматичного регулювання температури:

- 1- нагрівальна піч;
- 2- вимірювальна мостова схема;
- 3- підсилювач;
- 4- виконавчий двигун;
- 5- редуктор;
- 6- клапан;
- ОКД - обмотка керування двигуна;
- ОЗД - обмотка збудження двигуна.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 2

Варіанти	T_0, c	$k_0, град/см$	$k_1, град/см$	$k_2, B/град$	k_3	T_1, c	$k_4, см/В c$	$f, см$
1	2,0	5,0	1,2	0,8	20	0,050	0,10	0,5
2	1,8	4,5	1,5	0,9	15	0,040	0,15	0,6
3	1,7	4,0	2,0	1,0	10	0,030	0,20	0,7
4	1,6	3,5	0,5	0,5	20	0,020	0,50	0,8
5	1,5	3,0	0,6	0,4	25	0,015	0,40	0,9
6	1,4	2,5	0,7	0,3	22	0,016	0,35	1,0
7	1,3	2,0	0,8	0,1	18	0,017	0,30	1,1
8	1,2	1,5	0,3	1,2	14	0,022	0,35	1,5
9	5,0	1,0	0,4	1,3	12	0,024	0,25	0,2
10	4,5	0,8	0,5	1,4	10	0,026	0,20	0,3
11	2,2	0,5	1,1	1,5	20	0,028	0,15	0,4
12	2,0	1,5	1,2	1,6	15	0,030	0,25	0,3
13	4,2	2,0	1,3	1,7	18	0,033	0,30	0,8
14	3,8	2,5	1,4	0,2	25	0,036	0,15	0,7
15	3,4	3,2	1,5	0,5	30	0,038	0,20	0,6
16	2,5	3,8	1,6	0,4	10	0,040	0,25	2,0
17	2,2	4,0	1,7	0,7	12	0,042	0,15	1,2
18	2,0	4,2	1,8	0,8	15	0,045	0,12	1,3
19	4,2	4,4	1,9	0,6	18	0,050	0,15	1,4
20	3,8	4,6	2,0	1,0	20	0,055	0,10	1,5

Схема 3

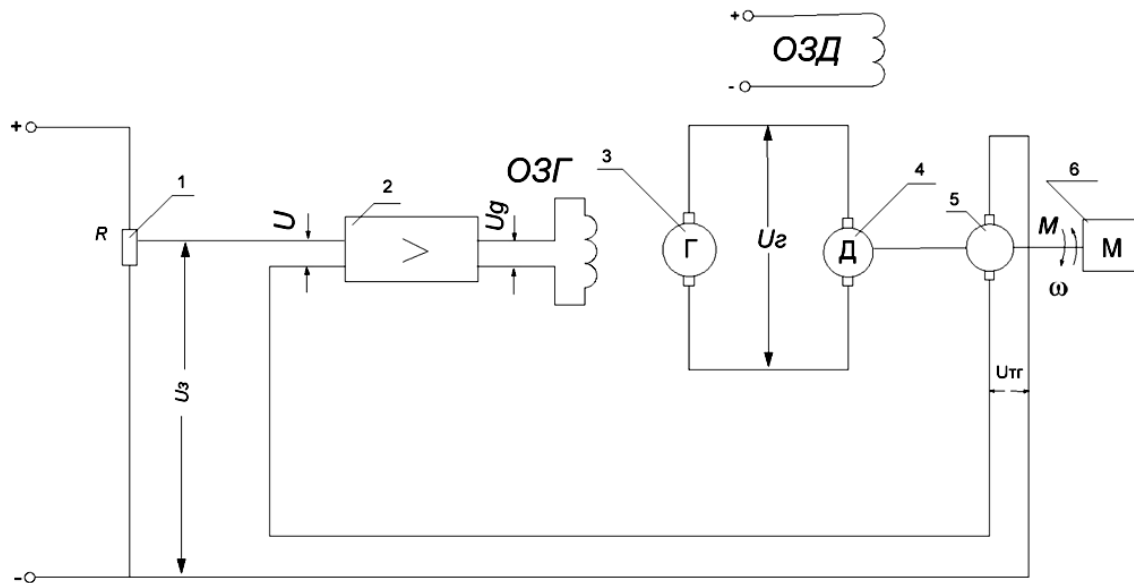


Рис.3

Принципова схема системи автоматичного регулювання частоти обертання електродвигуна постійного струму:

- 1- задавач (потенціометр);
- 2- підсилювач;
- 3- генератор;
- 4- електродвигун постійного струму;
- 5- тахогенератор постійного струму;
- 6- робочий механізм (навантаження);
- O3Г- обмотка збудження генератора;
- O3Д - обмотка збудження двигуна.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 3

Варіанти	T_{γ}, c	k_{γ}	k_{Γ}	T_{Γ}, c	$k_{дв}, об/хвВ$	$T_{дв}, c$	$k_{м}, об/хвкГм$	$M, кГм$	$k_{тг}, Вхв/об$
1	0,020	4,0	2,0	0,10	10,0	0,50	0,2	5,0	0,10
2	0,015	5,0	1,8	0,12	9,5	0,60	0,3	6,0	0,09
3	0,018	4,5	1,7	0,15	8,5	0,70	0,4	7,0	0,08
4	0,022	6,0	1,5	0,20	8,0	0,80	0,5	8,0	0,07
5	0,020	5,8	1,6	0,16	15,0	0,65	0,6	9,0	0,06
6	0,025	4,2	2,0	0,25	14,0	0,75	0,7	10,0	0,05
7	0,020	3,5	2,7	0,22	13,0	0,80	0,8	0,8	0,04
8	0,028	6,0	2,1	0,30	12,0	0,75	1,2	0,09	0,05
9	0,018	6,5	2,3	0,16	10,0	0,50	1,3	0,6	0,06
10	0,014	7,0	2,5	0,20	12,5	0,80	1,5	0,7	0,07
11	0,012	4,5	1,7	0,25	13,5	0,85	0,8	2,5	0,08
12	0,016	5,0	1,4	0,22	14,5	0,60	0,7	0,5	0,09
13	0,017	10,0	1,6	0,15	11,0	0,55	0,6	0,3	0,05
14	0,015	6,0	1,8	0,12	15,0	0,50	0,5	0,4	0,08
15	0,011	7,0	2,3	0,10	6,0	0,60	0,4	0,8	0,08
16	0,018	10,0	1,9	0,17	7,2	0,75	0,8	1,5	0,10
17	0,025	4,8	1,3	0,28	7,7	0,80	0,7	2,2	0,07
18	0,020	5,5	1,2	0,29	8,4	0,85	0,6	3,7	0,05
19	0,028	4,0	2,2	0,16	6,2	0,70	0,4	4,6	0,09
20	0,013	7,2	2,6	0,30	15,5	0,60	0,5	6,3	0,08

Схема 4

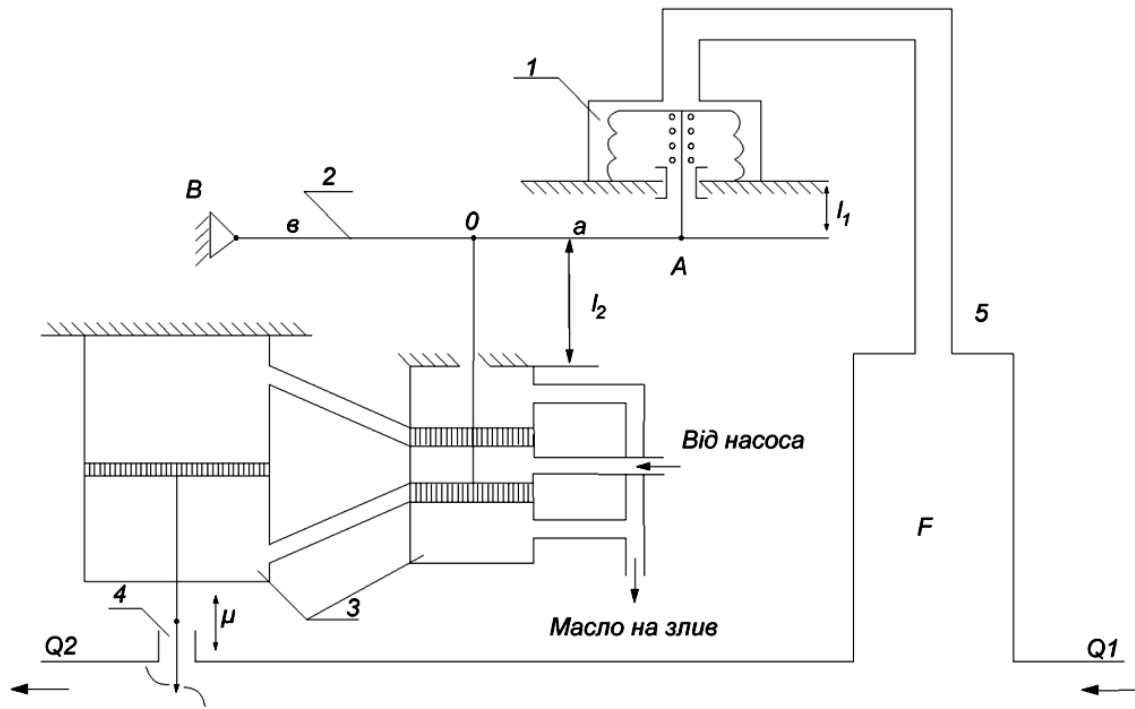


Рис.4

Принципова схема системи автоматичного регулювання тиску повітря в резервуарі (ресивері)

- 1- датчик тиску;
- 2- важіль;
- 3- гідравлічний механізм;
- 4- клапан;
- 5- резервуар (ресивер);

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 4

Варіанти	k_1 , см/кг	T_1 , с	T_2 , с	k_2 , 1/с	k_0 , кг/см ²	k_3	T_0 , с	f , см	k_4 , кг/см ²
1	0,4	0,015	0,060	5,0	2,0	0,5	1,5	0,5	0,2
2	0,5	0,020	0,020	4,5	2,5	0,5	2,0	0,4	0,1
3	0,3	0,020	0,040	8,0	1,5	0,5	0,8	0,3	0,1
4	0,6	0,030	0,060	7,6	2,5	0,5	0,6	0,2	0,3
5	0,5	0,030	0,030	6,0	3,0	0,5	0,5	0,1	0,2
6	0,4	0,030	0,090	10,0	2,5	0,5	0,7	0,2	0,4
7	1,0	0,040	0,030	5,0	2,0	0,5	1,0	0,3	0,5
8	0,9	0,025	0,075	4,0	2,0	0,5	1,1	0,4	0,4
9	0,8	0,025	0,050	3,0	1,5	0,5	1,2	0,5	0,3
10	0,7	0,025	0,025	5,0	2,5	0,5	1,3	0,6	0,2
11	0,6	0,035	0,080	4,5	2,0	0,7	1,4	0,7	0,5
12	0,5	0,020	0,030	7,5	2,2	0,7	1,5	0,8	0,1
13	0,4	0,015	0,060	10,0	3,0	0,7	1,6	0,9	0,3
14	0,3	0,015	0,100	10,0	3,0	0,7	1,7	1,0	0,2
15	0,2	0,020	0,100	8,0	3,5	0,7	1,8	0,4	0,4
16	0,6	0,025	0,040	6,5	3,5	0,7	1,9	0,6	0,1
17	0,4	0,035	0,060	7,0	4,0	0,7	2,0	0,3	0,5
18	0,5	0,045	0,090	4,5	4,0	0,7	2,0	0,3	0,5
19	0,7	0,050	0,030	5,5	3,5	0,7	1,7	0,7	0,2
20	0,9	0,010	0,075	4,0	3,5	0,7	1,5	0,8	0,3

Схема 5

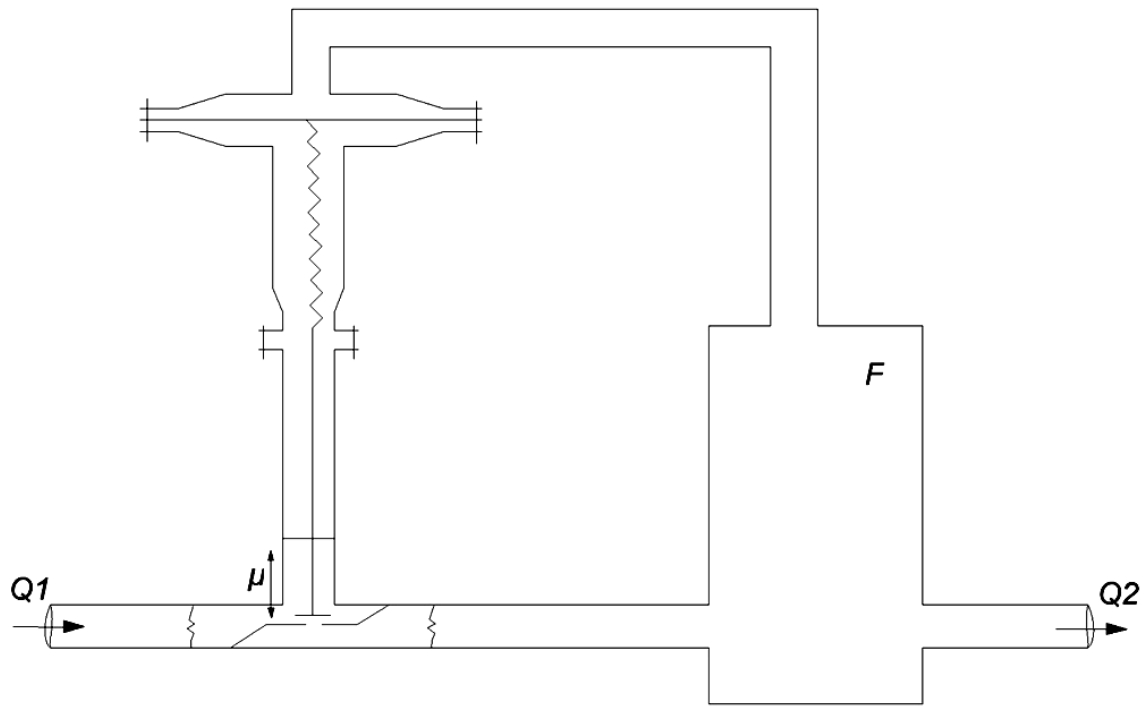


Рис.5

Принципова схема системи автоматичного регулювання тиску повітря в рисивері

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 5

Варіанти	T_0, c	T_1, c	T_2, c	$k_0, \kappa z/cm^3$	$k_1, \kappa z/cm^3$	$k_2 \text{ см}^3/\kappa z$	$f, \text{ см}$
1	0,75	0,035	0,20	0,50	0,1	10,0	0,6
2	0,70	0,040	0,20	0,60	0,2	12,0	0,8
3	0,80	0,035	0,025	0,70	0,2	10,0	1,0
4	0,85	0,045	0,30	0,80	0,5	8,0	0,7
5	0,70	0,033	0,22	0,90	0,4	10,0	0,4
6	0,80	0,025	0,15	0,55	0,3	12,0	0,5
7	0,10	0,020	0,25	0,65	0,4	11,0	0,4
8	0,75	0,025	0,30	1,20	0,5	5,0	0,2
9	0,60	0,030	0,24	1,10	0,3	6,0	0,3
10	0,70	0,040	0,30	0,80	0,5	10,0	0,6
11	0,55	0,035	0,25	0,70	0,3	11,0	0,8
12	0,70	0,025	0,40	0,60	0,1	12,0	0,7
13	0,65	0,020	0,20	0,55	0,2	15,0	0,6
14	0,50	0,030	0,25	0,45	0,4	13,0	0,4
15	0,80	0,025	0,18	0,35	0,3	26,0	0,5
16	0,70	0,040	0,30	0,45	0,2	18,0	0,6
17	0,85	0,035	0,25	0,40	0,5	20,0	0,3
18	0,60	0,022	0,34	0,35	0,4	25,0	0,4
19	1,25	0,040	0,25	0,40	0,3	21,0	0,5
20	1,50	0,045	0,20	0,45	0,5	22,0	0,4

Схема 6

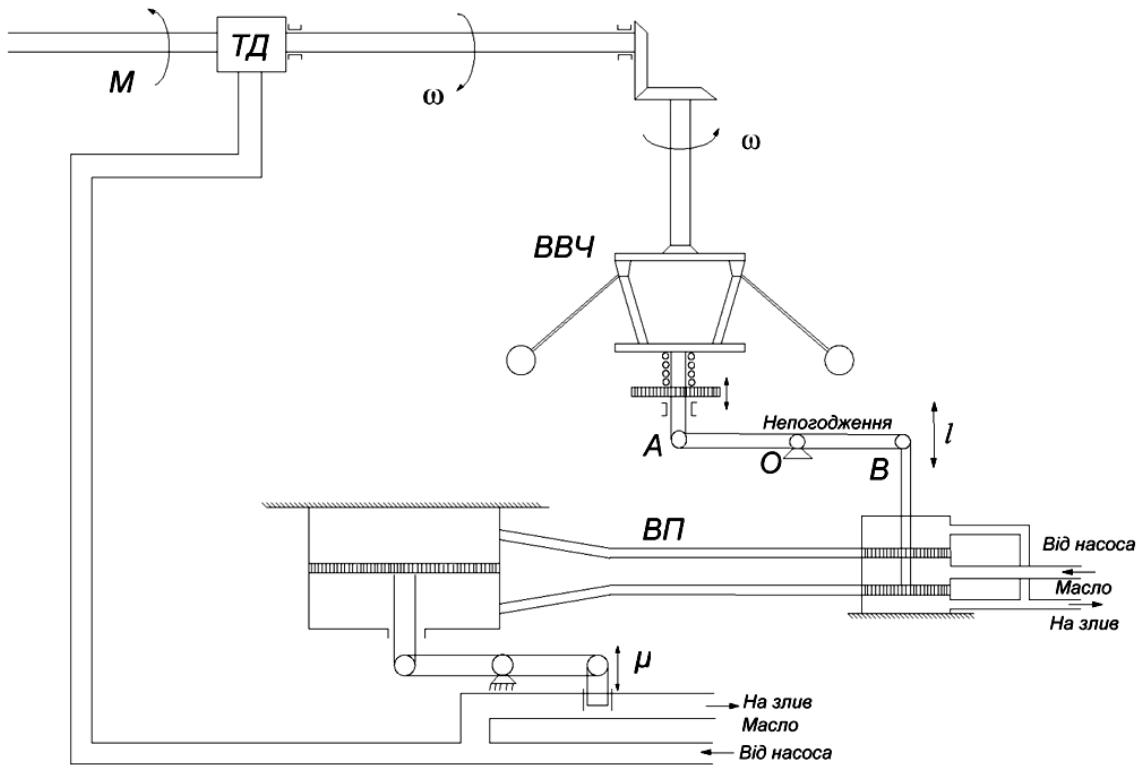


Рис.6

Принципова схема системи автоматичного регулювання частоти обертання теплового двигуна:

ТД- тепловий двигун;

ВВЧ – відцентровий вимірювач частоти;

ВП – виконавчий пристрій.

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 6

Варіанти	T_0, c	T_1, c	T_2, c	$k_0, рад/с·кГм$	$k_1, рад/с·кГм$	$k_2, см·с/рад$	$k_3, 1/c$	$M, кГм$
1	2,0	0,015	0,015	10,0	1,5	0,10	5,0	50,0
2	1,5	0,015	0,030	8,0	2,0	0,20	4,0	60,0
3	0,8	0,020	0,050	5,0	3,0	0,30	5,0	100,0
4	0,5	0,030	0,040	2,0	2,5	0,40	10,0	20,0
5	1,2	0,025	0,045	3,0	5,0	0,50	8,0	40,0
6	0,7	0,040	0,100	2,0	2,0	0,60	5,0	50,0
7	0,8	0,035	0,060	3,0	1,5	0,70	4,0	20,0
8	1,2	0,016	0,030	4,0	2,5	0,80	2,5	10,0
9	1,3	0,022	0,040	3,0	4,0	0,90	3,0	25,0
10	1,5	0,018	0,030	1,5	5,0	1,00	5,0	50,0
11	0,8	0,028	0,050	2,0	2,0	1,10	5,5	30,0
12	1,2	0,040	0,090	0,7	10,0	1,20	10,0	50,0
13	2,0	0,020	0,060	0,5	5,0	1,30	15,0	70,0
14	1,6	0,025	0,040	0,5	3,0	1,40	12,0	60,0
15	1,2	0,030	0,050	1,5	0,5	1,50	5,0	50,0
16	0,5	0,010	0,021	2,5	2,4	0,25	4,5	10,0
17	0,6	0,015	0,033	3,5	3,5	0,35	5,5	20,0
18	0,7	0,022	0,037	4,2	4,0	0,45	6,5	30,0
19	0,8	0,032	0,045	5,4	4,5	0,55	7,0	40,0
20	1,0	0,038	0,055	6,2	1,8	0,75	8,5	50,0

Схема 7

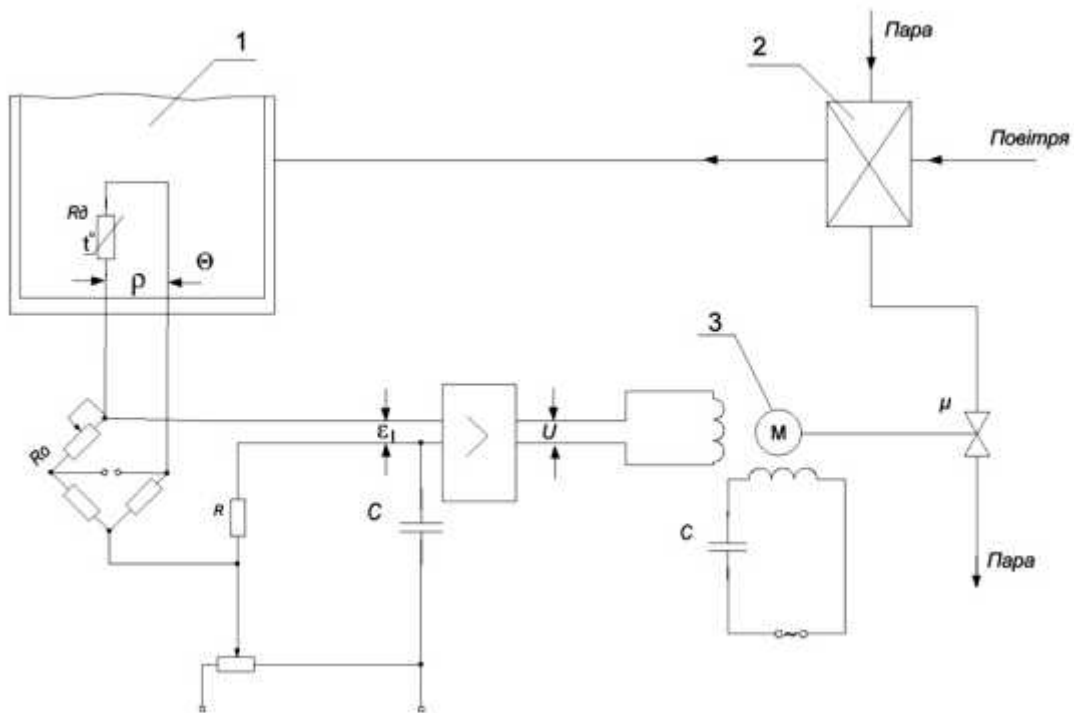


Рис.7

Принципова схема системи автоматичного регулювання температури повітря в приміщенні:

- 1- приміщення;
- 2- калорифер;
- 3- виконавчий двигун

ВХІДНІ ДАНІ ДЛЯ СХЕМИ 7

Варіанти	T_0, c	T_1, c	$T_{и}, c$	k_0 , град/см	k_1 , град/см	k_2 , Ом/град	k_3 , В/Ом	k_4	k_5 , см/В	k_6 , см/В	f , см
1	100	0,050	0,12	11,0	1,7	20,0	0,001	100	0,20	0,6	0,5
2	150	0,044	0,20	12,0	1,02	20,0	0,002	200	0,10	0,7	0,6
3	200	0,065	0,22	13,0	1,05	30,0	0,003	300	0,15	0,5	0,4
4	300	0,071	0,31	14,0	1,07	30,0	0,003	400	0,18	0,4	0,3
5	400	0,075	0,25	15,0	2,05	25,0	0,015	500	0,20	0,3	0,8
6	500	0,082	0,38	16,0	2,08	25,0	0,015	90	0,025	0,2	0,1
7	600	0,088	0,44	17,0	2,55	25,0	0,015	120	0,30	0,1	0,5
8	700	0,095	0,52	18,0	2,47	25,0	0,005	400	0,32	0,4	0,6
9	800	0,055	0,63	19,0	2,65	20,0	0,005	400	0,35	0,5	0,7
10	900	0,099	0,48	20,0	3,00	20,0	0,004	200	0,17	0,6	1,0
11	1000	0,150	0,60	22,0	3,25	15,0	0,004	100	0,15	0,7	1,2
12	1500	0,100	0,72	24,9	1,37	15,0	0,006	150	0,24	0,8	1,5
13	2000	0,115	0,44	26,0	1,43	40,0	0,006	250	0,26	0,9	2,5
14	2500	0,130	0,36	30,0	1,72	40,0	0,007	320	0,32	0,8	2,8
15	3000	0,120	0,82	38,0	4,12	10,5	0,007	340	0,36	0,7	3,4
16	4000	0,095	0,76	25,0	4,33	10,5	0,004	380	0,38	0,6	3,8
17	5000	0,075	0,88	24,0	4,00	35,0	0,004	400	0,44	0,8	4,5
18	6000	0,111	0,97	20,0	3,20	35,0	0,005	600	0,40	0,7	4,0
19	7000	0,118	0,75	15,0	3,40	20,0	0,011	800	0,45	0,9	3,5
20	8000	0,140	0,95	23,0	3,50	20,0	0,009	900	0,50	0,5	3,0

Рекомендована література

1. Зайцев Г.Ф. Теорія автоматичного управління / Зайцев Г.Ф., В.К. Стеклов, О.І. Бріцький: за ред. Г.Ф. Зайцева. – К.: Техніка, 2002. – 688 с.
2. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
3. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук.-К.:Либідь, 1997.-544 с.
4. Кондратець В.О. Теорія і технічні засоби системи: підручник / Кондратець В.О. – К.: Вища шк.,1993. – 319с. –(Автоматика та автоматизація виробництва с/г машин: У 2 ч.; ч 1).
5. Кондратець В.О. Системи керування технологічними та виробничими процесами і проектуванням: підручник / Кондратець В.О. – К.: Вища шк., 1993. – 256 с. – (Автоматика та автоматизація виробництва с/г машин: У 2 ч.; ч 2).
6. Автоматизація ферм та спеціалізованих комплексів / [Кондратець В.О., Кондратець К.В., Носов Г.Р. и др.]. - К.:СГП, 1995. – 86с.
7. Типові пристрої автоматизації технологічних процесів тваринницьких фермерських господарств / [Кондратець В.О., Віхрова М.С., Осадчий С.І. та ін.]. – Кіровоград: КНТУ, 2005. – 112 с.
8. Автоматизация процессов доения на животноводческих комплексах / [Носов Г.Р., Кондратец В.А., Пащенко В.Ф. и др.].- К.:Вища шк., 1985.- 215с.
9. Автоматика и автоматизация мобильных сельскохозяйственных машин / [Носов Г.Р., Кондратець В.А., Сакало Л.Г. и др.].- К.:Вища шк., 1984. -248с.
10. Теория автоматического управления, ч 1. Теория линейных систем автоматического управления. Под ред. А.А.Воронова., - М.:Высш. шк., 1977. – 303 с.
11. Теория автоматического управления, ч 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления. Под ред. А.А.Воронова. – М.:Высш. шк., 1977. – 288с.
12. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы системы / Иващенко Н.Н.-М.: Машиностроение, 1978.- 736с.
13. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Кн. 2. Усилительные устройства, корректирующие элементы и устройства: Под ред. В.В. Солодовникова. – М.:

- Машиностроение, 1975. – 687 с. – (Техническая кибернетика. Серия инженерных монографий).
- 14.Халаймейзер М.В. Автоматические установки искусственного климата / Халаймейзер М.В. -М.: Машиностроение, 1969.-219с.
 - 15.Мартиненко І.І., Гірний М.І. Електриавтоматизація у сільському господарстві / І.І. Мартиненко, М.І. Гірний. -К.:Урожай, 1973.-203с.
 - 16.Иванов А.А. Теория автоматического управления и регулирования / Иванов А.А.-М.:Недра,1970.-352 с.
 - 17.Основы теории автоматического регулирования: учебник / [Крутов В.И., Данилов Ф.М., Кузьмин И.П. и др.] – М.: Машиностроение, 1984.- 368с.
 - 18.Основы автоматического регулирования и управления / [Каргу Л.И., Литвинов А.П., Майборода Л.А. и др.].-М.: Высш. шк., 1967-408с.
 - 19.Гузенко А.И. Основы автоматического регулирования / Гузенко А.И.-М.:Высш. шк., 1977. – 519с.
 - 20.Воронов А.А. Основы теории автоматического регулирования и управления / Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н.-М.: Энергия, 1980 – 312с.
 - 21.Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем / Воронов А.А.-М.:Энергия, 1980. – 312с.
 - 22.Зайцев Г.Ф. Основы автоматического управления и регулирования / Зайцев Г.Ф., Костюк В.И., Чинаев П.И. -К.:Техніка, 1977.-362с.
 - 23.Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчёта и справочный материал) / И.М. Макаров, Б.М.Менский. – М.: Энергия, 1968.-420с.
 - 24.Егоров К.В. Основы теории автоматического регулирования / Егоров К.В.-М.:Энергия, 1968.-420с.
 - 25.Чижов А.А. Автоматическое регулирование и регуляторы пищевой промышленности / А.А. Чижов, Л.М Федоринский..-М.: Пищевая промышленность, 1974.-362с.
 - 26.Беседы по автоматике. Под ред. П.И. Чинаева.-К.:Техніка, 1973.-216с.
 - 27.Бесекерский А.В. Теория систем автоматического регулирования / А.В. Бесекерский, Е.П. Попов.-М.:Наука, 1975.-436с.
 - 28.Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления. Под ред. В.А.Бесерского.-М.: Наука, 1978.-512с.
 - 29.Гитис З.И. Техническая кибернетика / Гитис З.И., Данилович Г.А., Самойленко В.И.-М.: Советское радио, 1968.- 486с.