

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ КОЛЕДЖ**

Для спеціальності
5.05070205 Обслуговування і
ремонт електроустаткування
автомобілів і тракторів

Методичний посібник
для проведення практичних робіт студентів
з навчальної дисципліни Основи автоматики

2017р.

Методичний посібник для проведення практичних робіт студентів
з дисципліни “Основи автоматики ” студентів спеціальності
5.05070205 Обслуговування і ремонт електроустаткування автомобілів і
тракторів/ Укладач: Багач Руслан Володимирович – ХДПК, 2017.

Методичний посібник розглянутий та рекомендований цикловою комісією з
електромеханіки

Протокол № _____ від “ ____ ” _____ 20 ____ р.

Голова циклової комісії _____ (_____)

Схвалено методичною радою Харківського державного політехнічного
коледжу

Протокол № _____ від “ ____ ” _____ 20 ____ р.

Голова методичної ради _____ (_____)

Практична робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕГУЛЮВАННЯ

Мета роботи: закріплення знань з методики розрахунку основних показників якості процесу регулювання.

Теоретичні відомості

Автоматична система регулювання повинна бути не лише стійкою, а й забезпечувати якість процесу регулювання. Основні вимоги до процесу регулювання, які дозволяють оцінити роботу майже всіх систем регулювання, називають *показниками процесу регулювання*. Показники характеризують поведінку системи під час перехідних процесів.

Якість процесу регулювання – це здатність автоматичного регулятора підтримувати з достатньою точністю заданий закон зміни регульованого параметра. Якість процесу регулювання тим вища, чим менше відхилення $\Delta X_{\text{вих}}$ регульованого параметра від заданого його значення $X_{\text{вих}}(t)$ допускається регулятором і чим швидше практично встановлюється заданий усталений режим.

Одже, першою ознакою якості регулювання є точність підтримання заданого значення регульованого параметра, коли на АСР діють будь-які зовнішні збурюючі фактори. Другою ознакою якості регулювання є характеристика перехідних процесів, які виникають при дії на АСР різних за характером і формою зовнішніх збурень.

Показниками якості є час регулювання, коливальність процесу, статична похибка, характер затухання перехідного процесу, запас стійкості.

Максимальне залишкове відхилення, яке буває при максимально можливому в цій системі навантаженні, називається *статичною похибкою АСР*.

Часто статичну похибку $\delta, \%$, обчислюють у відсотках від номінального значення регульованої величини за формулою:

$$\delta_{\text{дон}} = \frac{Y_0 - Y_{\text{вст}}}{Y_0} \cdot 100, \text{де} \quad (1)$$

Y_0 – задане значення регульованої величини;

$Y_{\text{вст}}$ – встановлене значення регульованої величини.

Для реальних статичних систем статична похибка не повинна перевищувати 3-5 %.

Якість процесу регулювання оцінюється також спотворенням (викидом) - максимальним відхиленням регульованої величини, яке не повинно перевищувати допустимого значення, тобто:

$$Y_{\max} \leq Y_{\text{дон}} \quad (2)$$

Спотворення $\nu, \%$, виражається у відсотках і визначається за формулою:

$$\nu = \frac{Y_{\max} - Y_0}{Y_0} \cdot 100, \text{ де} \quad (3)$$

$Y_{\max}$ – максимальне відхилення регульованої величини.

Якість процесу регулювання оцінюють також за **похибкою**, яка залишається після закінчення перехідного процесу, тобто за похибкою в усталеному режимі роботи. За технічними умовами це відхилення не повинно перевищувати $\pm 5\%$.

Тому практично **тривалістю регулювання** t_p називають проміжок часу (від початку перехідного процесу t_1), протягом якого абсолютна величина перехідної похибки стає менше від передбаченої.

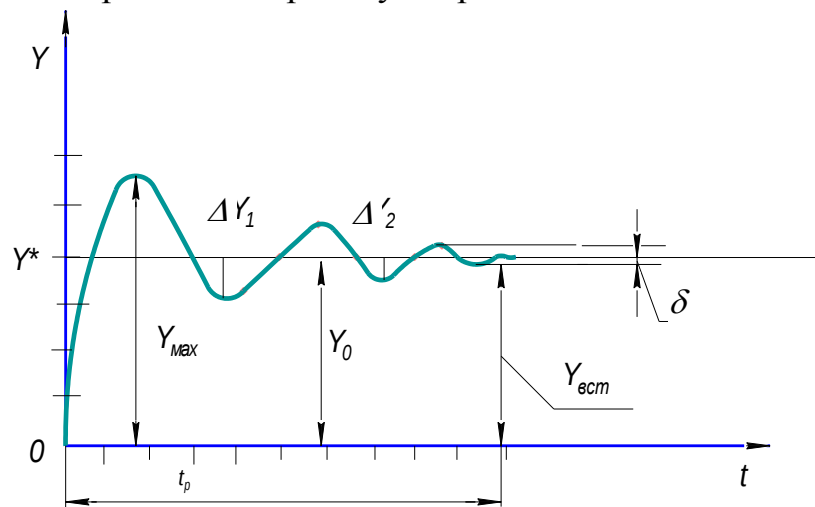
Коливальність процесу d характеризується кількістю коливань регульованої величини за час регулювання і визначається за формулою:

$$d = \ln \frac{\Delta Y_1}{\Delta Y_2} \cdot \text{де} \quad (4)$$

ΔY_1 – більша амплітуда відхилення характеристики;

ΔY_2 – менша амплітуда відхилення характеристики.

Чим більше значення d , тим швидше затухання перехідного процесу. Характеристика перехідного процесу зображена на мал.1



Мал.1 Характеристика перехідного процесу

Порядок виконання роботи

1. Відповідно до завдання варіанта (табл.1) побудувати характеристику перехідного процесу (мал.1).
2. Дати коротке письмове визначення основних показників якості процесу регулювання.
3. Визначити час регулювання автоматичної системи.
4. Розрахувати спотворення за формулою (3).
5. Розрахувати статичну похибку за формулою (1).
6. Розрахувати логарифмічну дискрименту затухання (коливальність процесу) за формулою (4).
7. Визначити характер затухання перехідного процесу.

Завдання варіантів

Таблиця 1 - Завдання варіантів

Номер варіанту	$Y_{\text{вст}}$	ΔY_1	ΔY_2	Y_{max}	Y_0	t^*, c
1	2	3	4	5	6	7
1	70	50	20	200	120	20
2	140	55	25	210	150	12
3	170	60	15	250	180	30
4	25	15	8	61	29	60
5	23	10	9	50	25	21
6	100	100	80	300	220	33
7	90	65	50	200	125	52
8	78	70	30	100	80	45
9	8,5	5	2	15	10	10
10	17	10	8	30	25	13
11	8	30	25	70	45	26
12	60	55	30	100	68	18
13	88	77	55	120	90	31
14	71	65	60	110	78	40
15	91	86	70	140	98	50
16	80	70	55	120	90	60
17	56	40	35	80	60	52
18	59	45	30	85	60	47
19	31	33	20	60	45	28
20	42	38	37	63	50	34
21	48	40	20	70	58	45

Продовження таблиці № 1						
1	2	3	4	5	6	7
22	37	28	20	55	40	59
23	40	31	30	60	45	41
24	17	13	10	25	21	32
25	11	8	6	15	12	28
26	82	71	56	120	92	63
27	47	45	27	70	57	45
28	54	54	38	35	48	34
29	36	11	7	25	35	44
30	50	23	15	50	74	96

Приклад

Визначити показники якості процесу регулювання автоматичної системи регулювання.

Вихідні дані: характеристика перехідного процесу, максимальне відхилення регульованої величини $Y_{\max} = 15$, задане значення регульованої величини $Y_0 = 11.5$, встановлене значення регульованої величини $Y_{\text{вст}} = 11$, амплітуди відхилення характеристики $\Delta Y_1 = 8$, $\Delta Y_2 = 6$

Хід виконання роботи

1. У прикладі письмове визначення основних показників якості процесу регулювання не наводиться.
2. Час регулювання системи визначається відповідно до варіанту та масштабу на графіку.
3. Перерегулювання σ , %, автоматичної системи регулювання визначається за формулою:

$$\sigma = \frac{Y_{\max} - Y_0}{Y_0} \cdot 100\% = \frac{15 - 11.5}{11.5} \cdot 100 = 30\%$$

Статичну похибку δ , %, автоматичної системи регулювання обчислюють у відсотках від номінального значення регульованої величини за формулою:

$$\delta_{\text{дон}} = \frac{Y_0 - Y_{\text{вст}}}{Y_0} \cdot 100\% = \frac{11.5 - 11}{11.5} \cdot 100 = 4.3\%$$

Коливальність процесу d , за час регулювання визначається за формулою:

$$d = \ln \frac{\Delta Y_1}{\Delta Y_2} = \ln \frac{8}{6} = 0.29$$

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Розрахунки показників.
4. Характеристика перехідного процесу.
5. Коротке письмове визначення основних показників якості процесу регулювання.
6. Висновки по роботі.

Контрольні питання:

- 1 Що називають показниками процесу регулювання?
- 2 Що таке якість процесу регулювання
- 3 Які показники характеризують об'єкт автоматизації?
- 4 Які показники характеризують якість процесу регулювання, як вони визначаються?
- 5 Що таке час регулювання, коливальність процесу, статична похибка, характер затухання перехідного процесу, запас стійкості?

Література

1. Мартиненко І.І., Піддубний А.П. Основи автоматики та мікропроцесорної техніки – К.; Вища школа 1988.
2. Колесов Л.В. Основи автоматики – М.; Колос, 1984-288с.
3. Бородин И.Ф. Технические средства автоматики, М.; Колос, 1982.

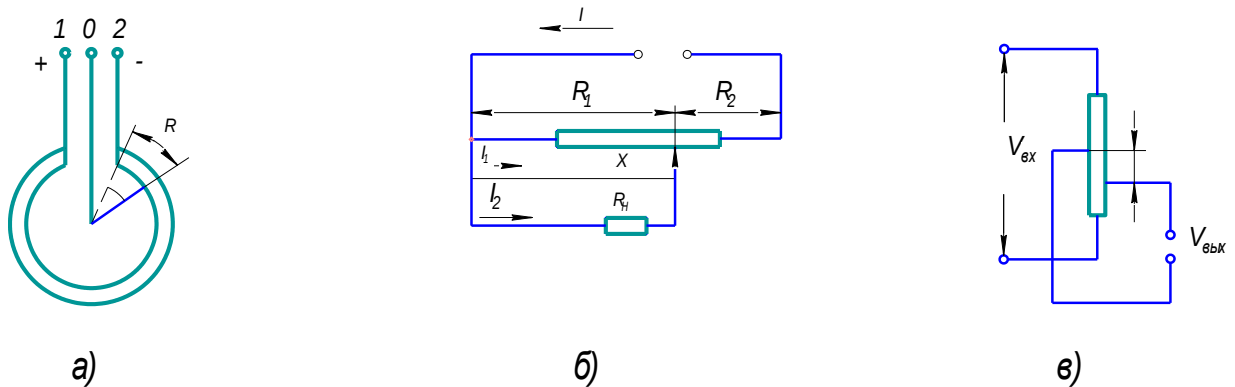
Практична робота № 2

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ДАТЧИКА

Мета роботи: ознайомлення з властивостями потенціометричних датчиків та закріплення методики розрахунку параметрів.

Теоретичні відомості

Параметричні датчики – це пристрої, які за рахунок зміни свого електричного опору перетворюють кутове і лінійне переміщення вимірювального органу в зміну напруги постійного або змінного струму. Для датчиків різного типу можна встановити залежність вихідної величини від вхідної. Схематично датчики зображені на мал. 1.



Мал.1 Схеми параметричних датчиків:

а - з кутовим переміщенням контакту;

б, в - з лінійним переміщенням контакту

Хід виконання роботи

Розрахунок параметрів датчика виконується поетапно.

1. Діаметр проводу в обмотці d , мм, розраховується за виразом:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot I}{\pi \cdot i}} \text{ де} \quad (1)$$

I – струм потенціометра, А;

i - щільність струму в обмотці ($i = 10 \text{ А/мм}^2$).

2. Повний опір обмотки R_{0i} , знаходиться за формулою:

$$R = \frac{U}{I}, \text{ де} \quad (2)$$

U – напруга живлення, В

3. Кількість витків $W, \text{шт}$ при заданій довжині каркаса розраховується за виразом:

$$W = \frac{L_n}{d}, \text{шт} \quad (3)$$

L_n - довжина обмотки, мм.

4. Довжина проводу обмотки, L_n , знаходиться за формулою:

$$L_n = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot R}{4 \cdot \rho}, \text{де} \quad (4)$$

ρ - питомий опір провідника, $\text{Ом} \cdot \text{м}$,

5. Довжина одного витка, $l, \text{м}$, розраховується за формулою:

$$l = \frac{L_n}{W} \quad (5)$$

6. Товщина каркаса, $a, \text{мм}$, знаходиться за рівністю:

$$a = 4 \cdot d \quad (6)$$

7. Ширина каркаса, $b, \text{мм}$, знаходиться за виразом:

$$b = \frac{l - 2 \cdot a}{2} \quad (7)$$

8. Виткова похибка $\delta, \frac{\text{Ом}}{\text{вит}}$, визначається за формулою:

$$\delta = \frac{0.5 \cdot R}{W} \quad (8)$$

Питомий опір провідника з константану $\rho = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{Ом} \cdot \text{м}$, а манганіну – $\rho = 0,4 \cdot 10^{-6} \text{Ом} \cdot \text{м}$.

Вихідні дані для розрахунків згідно з варіантом занесені в табл.1

Таблиця 1 - Вихідні дані для розрахунків

Варіанти	Напруга живлення U, В	Сила струму I, А	Довжина обмотки, L_n , мм	Матеріал проводу
1	2	3	4	5
1	12	0,1	30	Манганін
2	12	0,09	25	Манганін
3	12	0,08	30	Манганін
4	12	0,07	26	Манганін

Продовження таблиці № 1				
1	2	3	4	5
5	18	0,3	25	Константан
6	18	0,25	30	Константан
7	18	0,15	25	Константан
8	18	0,3	40	Константан
9	6	0,3	30	Манганін
10	6	0,25	25	Манганін
11	6	0,4	20	Константан
12	6	0,2	30	Константан
13	10	0,08	20	Манганін
14	10	0,1	25	Манганін
15	10	0,15	30	Манганін
16	10	0,2	40	Манганін
17	24	0,1	40	Манганін
18	24	0,08	30	Манганін
19	24	0,09	25	Константан
20	24	0,24	30	Константан
21	12	0,12	30	Константан
22	12	0,24	25	Константан
23	6,3	0,1	30	Манганін
24	6,3	0,08	20	Манганін
25	6,3	0,2	35	Манганін
26	12	0,1	30	Константан
27	10	0,2	40	Константан
28	10	0,1	25	Манганін
29	12	0,2	30	Константан
30	10	0,1	40	Манганін

Приклад

Розрахувати параметри потенціометричного датчика з вихідними даними:

$$U = 18V; I = 0,2A; l_H = 25\text{мм}$$

Хід виконання роботи:

4 Розрахуємо діаметр проводу d , м за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot I}{\pi \cdot i}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2}{3,14 \cdot 10 \cdot 10^6}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

5 Повний опір обмотки R , Ом, знаходиться за формулою:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{18}{0,2} = 90 [\text{Ом}]$$

6 Кількість витків при заданій довжині каркасу розраховується за формулою:

$$W = \frac{l_n}{d} = \frac{0,025}{1,6 \cdot 10^{-4}} = 156 \text{ вит}$$

7 Довжина проводу обмотки знаходиться за формулою:

$$l_n = \frac{\pi \cdot d \cdot R}{4 \cdot \rho} = \frac{3,14 \cdot (1,6 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 90}{(4 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6})} = 3,6 [\text{м}]$$

6, Довжина одного витка l , м розраховується за виразом:

$$l = \frac{l_n}{W} = \frac{3,6}{156} = 0,029 [\text{м}]$$

7 Товщина каркасу a , мм знаходиться за рівністю:

$$a = 4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-4} = 0,000638 [\text{м}]$$

8 Ширина каркасу b , мм знаходиться за виразом:

$$b = \frac{l - 2 \cdot a}{2} = \frac{0,029 - 2 \cdot 6,4 \cdot 10^{-4}}{2} = 14 [\text{мм}]$$

9 Виткова похибка δ , Ом/вит, знаходиться за формулою:

$$\delta = \frac{0,5 \cdot R}{W} = \frac{0,5 \cdot 90}{156} = 0,288 [\text{Ом} / \text{вит}]$$

Хід виконання роботи:

Розрахувати параметри датчика за вихідними даними.

1 Розрахувати діаметр проводу.

2 Розрахувати повний опір обмотки.

3 Розрахувати кількість витків при заданій довжині каркасу.

4 Розрахувати довжину проводу обмотки.

5 Розрахувати довжину одного витка обмотки.

6 Розрахувати товщину каркасу.

- 7 Розрахувати ширину каркасу.
- 8 Розрахувати виткову похибку.
- 9 Зробити висновки по роботі.

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Дані варіанта.
4. Проведені розрахунки.
5. Висновки по роботі.

Література

1. І.І. Мартиненко, А.П. Піддубний Основи автоматики та мікропроцесорної техніки.-К. Вища школа, 1988
2. Л.В. Колесов Основи автоматики.-М.:Колос,1984.-288с.
3. Основи автоматики Навчально – методичний посібник щодо виконання практичних робіт.-2007.-78с.

Практична робота №4

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА

Мета роботи: ознайомитись з температурними давачами та навчитись проводити розрахунок їх параметрів.

Теоретичні відомості

При автоматизації виробничих процесів широке застосування мають напівпровідникові первинні перетворювачі температури - терморезистори. Під час нагрівання напівпровідникових терморезисторів їх електропровідність збільшується. Їх температурний коефіцієнт від'ємний, а його величина в 6-10 разів більша, ніж у металевих термометрів опору.

Характеристикою терморезистора, з точки зору температурних змін, є залежність його опору від температури.

Хід виконання роботи

Розрахунок температурної залежності терморезистора виконується поетапно:

1. Визначаємо сталу матеріалу B , K терморезистора за формулою:

$$B = 1365 \cdot \ln \frac{R_{293}}{R_{373}}, \text{ де} \quad (1)$$

$\frac{R_{293}}{R_{373}}$ – відношення опорів при різних температурах.

2. Користуючись формулою

$$R_m = R_{293} \cdot e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{293}\right)}, \text{ де} \quad (2)$$

R_{293} – опір резистора при початковій температурі, кОм;

T – задана температура, К.

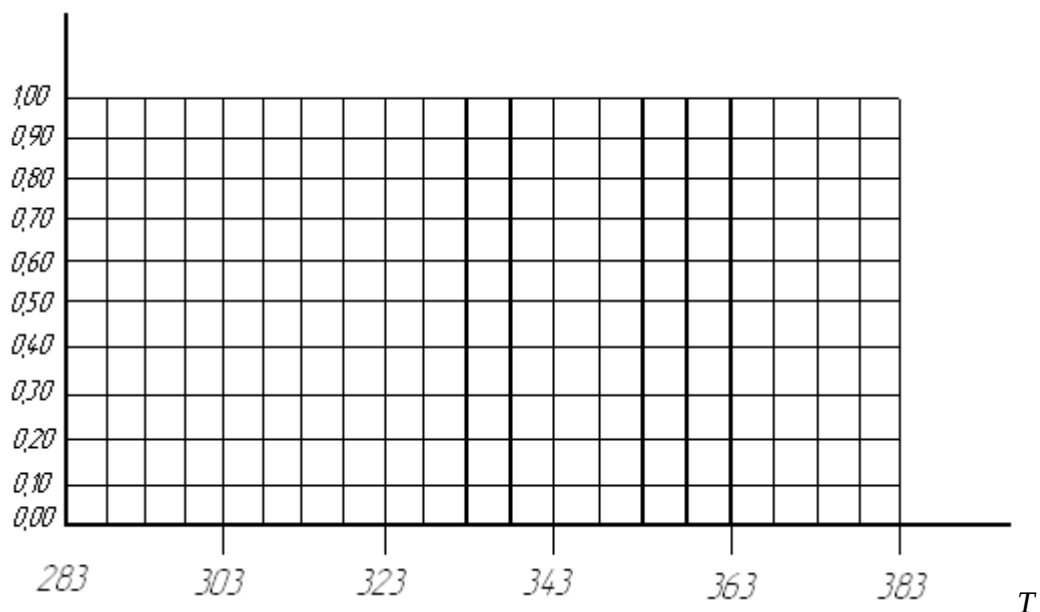
Задаючись значеннями температури, $T = 293 - 373\text{K}$, знаходимо відповідні значення R_m .

Результати розрахунків заносимо в табл.1:

Таблиця 1 - Результати розрахунків

T, K	293	303	313	323	333	343	353	373
$R_{m, \text{кОм}}$								

$R_{m, \text{кОм}}$



Мал. 1 Графік залежності $R_m = f(T)$

3. За даними табл.1 будемо графік залежності $R_m = f(T)$
4. Температурний коефіцієнт α , терморезистора знаходиться за виразом:

$$\alpha = -\frac{B}{T} \quad (3)$$

5. Чутливість терморезистора S , кОм/градус, при заданій температурі T , обраховується за формулою (R_3 – опір при температурі T_3):

$$S = \alpha \cdot R_3 \quad (4)$$

6. Дати письмову відповідь на запитання 1 і 2.
- Вихідні дані роботи вказані в табл.2

Таблиця 2 - Вихідні дані

Варіанти	Тип терморезистора	Опір резистора при 293К (R_{293} , кОм)	Відношення $\frac{R_{293}}{R_{373}}$	Задана температура T_3, K
1	ММТ-1	4	8	333
2	ММТ-1	20	7	323
3	ММТ-1	6	6	343
4	ММТ-1	100	5	353
5	ММТ-1	40	6	323
6	ММТ-1	50	8	333
7	КМТ-1	20	18	343
8	КМТ-1	30	20	353

Продовження таблиці № 2				
1	2	3	4	5
9	KMT-1	60	22	323
10	KMT-1	80	24	333
11	KMT-1	120	25	323
12	MMT-4	15	8	333
13	MMT-4	12	5	333
14	MMT-4	9	6	323
15	MMT-4	35	7	343
16	MMT-4	60	8	343
17	KMT-4	100	18	333
18/	KMT-4	200	30	353
19	KMT-4	300	28	323
20	KMT-4	400	25	323
21	KMT-4	500	20	333
22	KMT-10	600	35	323
23	KMT-10	700	40	323
24	KMT-10	800	35	343
25	KMT-10	900	40	343
26	MMT-4	8	9	323
27	MMT-4	36	10	343
28	MMT-1	5	8	353
29	MMT-1	30	6	343
30	MMT-1	15	7	333

Приклад

Розрахувати параметри температурного датчика згідно з вихідними даними.

Вихідні дані: ММТ – 1; $R_{293} = 4 \text{ кОм}$; $\frac{K_{293}}{K_{373}} = 6$; $T_3 323 \text{ K}$

Хід виконання роботи

1. Визначимо сталу матеріалу В, К терморезистору:

$$B = 1365 \cdot \ln \frac{K_{293}}{K_{373}} = 1365 \cdot \ln 6 = 2445 \text{ K}$$

2. Користуючись формулою:

$$R_T = R_{293} \cdot e^{\left(\frac{B}{T} - \frac{B}{293}\right)}, \text{ визначимо:}$$

$$R_{293} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{293} - \frac{2445}{293}\right)} = 4 [\text{кОм}];$$

$$R_{303} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{303} - \frac{2445}{293}\right)} = 3,03[\kappa O M];$$

$$R_{313} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{313} - \frac{2445}{293}\right)} = 2,34[\kappa O M];$$

$$R_{323} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{323} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,84[\kappa O M];$$

$$R_{333} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{333} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,46[\kappa O M];$$

$$R_{343} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{343} - \frac{2445}{293}\right)} = 1,18[\kappa O M];$$

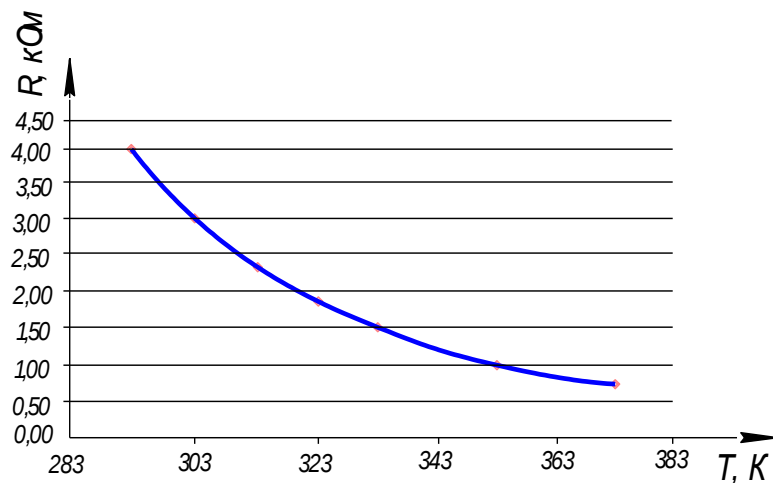
$$R_{353} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{353} - \frac{2445}{293}\right)} = 0,96[\kappa O M];$$

$$R_{373} = 4 \cdot e^{\left(\frac{2445}{373} - \frac{2445}{293}\right)} = 0,66[\kappa O M].$$

3. Результати розрахунків заносяться до табл.4 і будується графік залежності:

Таблиця 4 - Результати розрахунків

T, K	293	303	313	323	333	343	353	373
R, кОм	4	3,03	2,34	1,84	1,46	1,18	0,96	0,66



Мал. 2 Графік залежності

4. Знаходимо температурний коефіцієнт α терморезистора при температурі T_3 :

$$\alpha = -\frac{B}{T_3} = -\frac{2445}{323} = -7,57$$

5. Чутливість терморезистору S , кОм/град при температурі T_3 обрахуємо за формулою:

$$S = \alpha \cdot R_3 = -7,57 \cdot 1,84 = -13,9[\kappa O M / \text{град}]$$

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Дані варіанта.
4. Проведені розрахунки.
5. Графік залежності опору від температури.
6. Висновки по роботі.

Література

1. І.І. Мартиненко, А.П. Піддубний Основи автоматики та мікропроцесорної техніки.-К. Вища школа, 1988
2. Л.В. Колесов Основи автоматики.-М.:Колос,1984.-288с.
3. Основи автоматики Навчально – методичний посібник щодо виконання практичних робіт.-2007.-78с.
4. И.Ф. Бородин Технические средства автоматики.-М.: Колос , 1982.-303с.

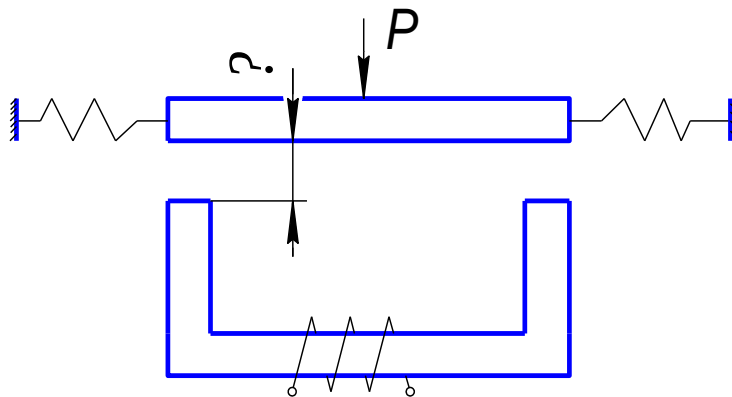
Практична робота № 3

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ІНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА

Мета роботи: ознайомлення з властивостями індуктивних датчиків та проведення розрахунків їх параметрів.

Теоретичні відомості

Індуктивні давачі, принцип дії яких побудований на зміні індуктивного опору котушки при переміщенні в ній феромагнітного осердя або при зміні повітряного проміжку δ в осерді з розміщеною на ньому котушкою. Широке використання знаходять внаслідок простоти і надійності конструкції, великої потужності на виході і відсутності рухомих контактів, використання при вимірюванні тисків, втрат різних рідин і газів, лінійних і кутових переміщень. Ці давачі працюють від мережі змінного струму на частотах від 50 Гц до декількох кГц (мал.1).



Мал.1 Конструкція індуктивного давача з рухомим якорем

Індуктивні давачі з рухомим якорем використовують для вимірювання та контролю дуже малих (до 2 мм) переміщень. Коли рухомий якорь під дією механічної сили P змінює положення по відношенню до нерухомого магнітопроводу, зменшується повітряний проміжок δ , який є вхідною величиною давача, що викликає зміну індуктивного опору котушки, а відповідно, і вихідної величини-силу струму I , оскільки

$$Z = \omega \cdot L = 2\pi fL, \text{ де} \quad (1)$$

Z – повний опір котушки давача, Ом

Індуктивність котушки L , Гн, можна визначити за формулою:

$$L = \frac{n^2 \cdot F \cdot \mu}{\delta}, \text{ де} \quad (2)$$

n – число витків котушки;

F – переріз магнітопроводу, м^2 ;

μ – магнітна проникність, Гн/м, вакууму ($\mu = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$).

Так як активний опір R котушки незначний в порівнянні з індуктивним ($\omega L \gg R$), то його можна не враховувати.

$$Z \approx 2\pi \cdot f \cdot L \quad (3)$$

Тоді сила струму в котушці I , А, вираховується за виразом:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U \cdot \delta}{\omega \cdot n^2 \cdot F \cdot \mu} \quad (4)$$

Чутливість S , А/м, давача визначається як

$$S = \frac{U}{\omega \cdot n^2 \cdot F} \quad (5)$$

Хід виконання роботи

Розрахунок параметрів давача виконується згідно вихідних даних варіанту (табл.1) в такій послідовності:

1. Індуктивність, L , Гн, розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{n^2 \cdot F \cdot \mu}{\delta}, \text{ де} \quad (6)$$

δ – задана величина повітряного проміжку, м.

2. Повний опір Z , Ом, котушки датчика обчислюємо за формулою:

$$Z = \omega L = 2\pi \cdot f \cdot L, \text{ де}$$

f – частота мережі, Гц.

3. Сила струму датчика розраховується за формулою:

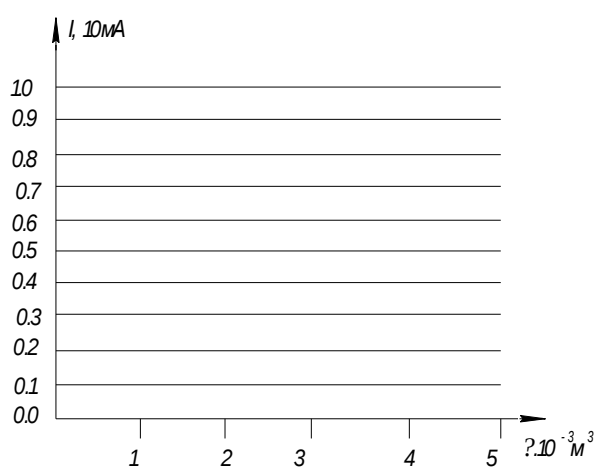
$$I = \frac{U}{Z} \text{ де}$$

U – напруга мережі, В.

Результати обчислювань зводимо в табл.1

Таблиця 1 - Результати обчислювань

Позначення величин	Одиниці вимірювання	Результати при заданому повітряному зазорі				
		δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
δ	мм					
L	Гн					
Z	Ом					
I	мА					



Мал.1 Координатна площина графіка

Таблиця 2 - Вихідні дані

Номер за пор.	Напруга, В	Кількість витків, шт.	Частота, Гц	Площа перер. магніто-пров., мм ²	Довжина повітряного зазору				
					мм	мм	мм	мм	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	220	14000	50	200	0,7	1,6	2,8	4,5	8,0
2	220	13000	50	250	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
3	220	12000	50	200	1,0	1,5	2,0	3,1	4,0
4	220	11000	50	160	0,5	1,0	1,5	2,5	3,6
5	220	10500	200	130	0,6	1,5	1,8	2,4	5,2

Продовження таблиці 2									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	220	10000	200	100	0,4	0,6	0,8	2,0	4,2
7	220	10000	200	170	0,8	1,5	2,0	2,7	6,5
8	220	9000	200	150	0,8	1,0	1,2	2,0	4,0
9	220	8000	50	150	0,6	1,0	1,5	2,0	3,0
10	220	500	50	150	1,0	1,5	2,5	3,0	6,0
11	36	6000	50	130	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
12	36	2000	50	100	0,5	2,0	3,0	5,0	7,0
13	36	1200	200	100	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
14	36	1000	200	140	0,5	3,0	5,0	7,0	10,0
15	36	1000	200	120	0,5	1,2	3,0	4,0	6,0
16	24	1000	200	120	1,0	1,2	5,0	7,0	9,0
17	36	1000	50	160	0,6	2,0	2,4	3,6	6,0
18	24	950	50	120	0,4	1,5	5,0	4,8	7,2
19	24	900	50	100	0,7	1,0	2,5	6,7	10,0
20	24	900	50	100	0,5	1,5	2,0	4,0	5,0
21	24	350	200	100	0,2	1,5	2,5	3,0	4,0
22	24	800	200	110	0,15	0,5	3,0	6,0	8,0
23	24	800	200	100	1,0	1,5	2,0	5,0	7,0
24	24	750	200	100	0,5	1,2	1,5	2,0	2,5
25	24	600	50	90	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
26	24	1000	60	130	0,4	1,6	4,8	5,2	7,2
27	48	1100	100	160	0,6	2,1	2,4	4,0	6,0
28	48	1000	50	150	0,5	1,2	1,6	2,5	4,0
29	48	900	50	140	0,7	1,5	2,2	2,0	3,0
30	48	800	50	120	0,9	1,6	2,0	4,0	5,0

Приклад

Розрахувати параметри індуктивного датчика згідно з вихідними даними.

Вихідні дані: довжина повітряного зазору: 0,6 мм; 1 мм; 1,5 мм; 2,4 мм; 5,2 мм; $U=200V$; $n=10500$; $f=200$ Гц; $F=130$ м кв.

Хід виконання роботи

1. Розрахуємо індуктивність L , Гн за формулою:

$$L = \frac{n^2 F \mu}{\delta},$$

$$L_1 = \frac{10500^2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{0.6 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ Гн},$$

$$L_2 = \frac{10500^2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{1.0 \cdot 10^{-3}} = 18 \text{ Гн}$$

$$L_3 = \frac{10500^2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{1.5 \cdot 10^{-3}} = 12 \text{ Гн}$$

$$L_4 = \frac{10500^2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2.4 \cdot 10^{-3}} = 7.5 \text{ Гн}$$

$$L_5 = \frac{10500^2 \cdot 1.3 \cdot 10^{-4} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{5.2 \cdot 10^{-3}} = 3.46 \text{ Гн}$$

2. Обчислюємо повний опір котушки Z , кОм датчика за формулою:

$$Z = \omega L = 2\pi f L$$

$$Z_1 = 2\pi \cdot 200 \cdot 30 = 37680 [\text{Ом}] = 37.7 \text{ кОм}$$

$$Z_2 = 2\pi \cdot 200 \cdot 18 = 22608 [\text{Ом}] = 22.6 \text{ кОм}$$

$$Z_3 = 2\pi \cdot 200 \cdot 12 = 15072 [\text{Ом}] = 15.1 \text{ кОм}$$

$$Z_4 = 2\pi \cdot 200 \cdot 7.5 = 9420 [\text{Ом}] = 9.4 \text{ кОм}$$

$$Z_5 = 2\pi \cdot 200 \cdot 3.46 = 4345 [\text{Ом}] = 4.346 \text{ кОм}$$

3. Визначимо силу струму датчика I , А за формулою:

$$I = \frac{U}{Z},$$

$$I_1 = \frac{200}{37.7} = 5.30 \text{ mA}; \quad I_2 = \frac{200}{22.6} = 8.85 \text{ mA};$$

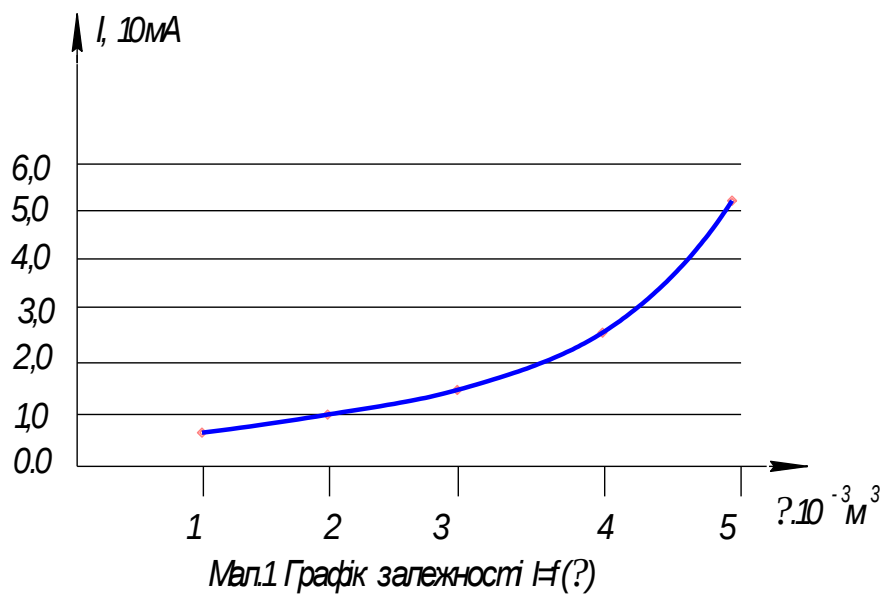
$$I_3 = \frac{200}{15.1} = 13.24 \text{mA}; \quad I_4 = \frac{200}{9.4} = 21.27 \text{mA};$$

$$I_5 = \frac{200}{4.346} = 46 \text{mA}$$

4. Результати зведемо у табл.3 і будується графік залежності:

Таблиця 3 – Результати розрахунків

δ	мм	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5
L	Гн	30	18	7,5	12	3,46
Z	кОм	37,7	22,6	9,4	19,1	4,346
I	мА	5,30	8,85	13,24	21,27	46



Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Дані варіанта.
4. Проведені розрахунки.
5. Графік залежності сили струму від δ
6. Висновки по роботі.

Література

1. І.І. Мартиненко, А.П. Піддубний Основи автоматики та мікропроцесорної техніки.-К. Вища школа, 1988
2. Л.В. Колесов Основи автоматики.-М.:Колос,1984.-288с.
3. Основи автоматики Навчально – методичний посібник щодо виконання практичних робіт.-2007.-78с.

Практична робота № 5

ПЕРЕТВОРЕННЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНИХ СХЕМ АВТОМАТИКИ В БЕЗКОНТАКТНІ

Мета роботи: вивчення методики аналізу релейних схем (визначення умов і послідовності роботи кожного реле, мінімізація кількості контактів); перетворення релейно-контактних схем в безконтактні.

Теоретичні відомості

Величини алгебри логіки і елементів релейних схем мають загальну властивість-приймати два взаємовиключних значення. Наприклад, контакт реле може бути замкнутим або розімкнутим, транзистор відкритим або закритим, коло замкнутим або розімкнутим, сигнал на вході присутнім або відсутнім. Умовно ці стани позначають символами «1» або «0». Тому алгебру логіки називають ще війковою алгеброю або булевою алгеброю (за ім. ям її автора – відомого англійського математика Джона Буля). Вивчивши основні закони алгебри логіки, необхідно пам'ятати, що **формули алгебри виражають не кількість відношень, а стан елементів.**

Зображення схеми релейної системи, де показані кількість і склад структурних елементів, а також конфігурація з'єднань між елементами, називають **структурою релейної схеми**. Частку релейної схеми, яка містить в собі тільки контакти, називають **контактною схемою**.

При вивченні релейних схем автоматики вирішують в основному дві задачі: перша зводиться до **аналізу релейних схем**, тобто до визначення умов роботи кожного реле і послідовності їх дії; друга – до **синтезу схем**, тобто до знаходження структури схеми по заданим умовам її роботи. Аналіз і синтез дають можливість одержати електричну схему системи з мінімально можливою кількістю реле і контактів.

Ось чому при вивченні сталих станів окремих елементів релейних систем автоматики, без урахування їх поведінки в часі, широко користуються спеціальним математичним апаратом алгебри логіки.

Релейну схему автоматики можна показати не тільки за допомогою графічних символів. Якщо позначити котушки елементів великими буквами латинського алфавіту, замикаючі контакти – малими буквами і розмикаючі контакти – малими буквами з рискою над ними (знак інверсії), то можна скласти схеми, використовуючи тільки буквені позначення. Більш того, позначивши послідовне з'єднання між контактами знаком множення, а паралельне – знаком складання, структуру релейних схем записують у вигляді аналітичних виразів, які називаються **структурними формулами схем**.

В алгебрі логіки виділяють три основні логічні функції:

1. логічне множення (або кон'юнкція «І»);
2. логічне складання (або діз'юнкція «АБО»);
3. логічне заперечення (або інверсія «НІ»).

При аналізі та синтезі виникає потреба у спрощенні (мінімізації) структурної формули. При цьому користуються основними законами алгебри логіки та їх наслідками:

1. Переміщуваний (комутативний) закон відносно додавання:

$$a + b + c = b + c + a$$

відносно множення:

$$abc = cba$$

2. З'єднувальний (асоціативний) закон відносно додавання:

$$(a + b) + c = a + (b + c)$$

відносно множення:

$$((ab) \cdot c = a \cdot (bc))$$

3. Розподільчий (дистрибутивний) закони додавання відносно множення:

$av + c = (a + c) \cdot (v + c)$ (Увага! Це є специфічний закон алгебри логіки);

множення відносно додавання:

$$(a + v) \cdot c = ac + vc$$

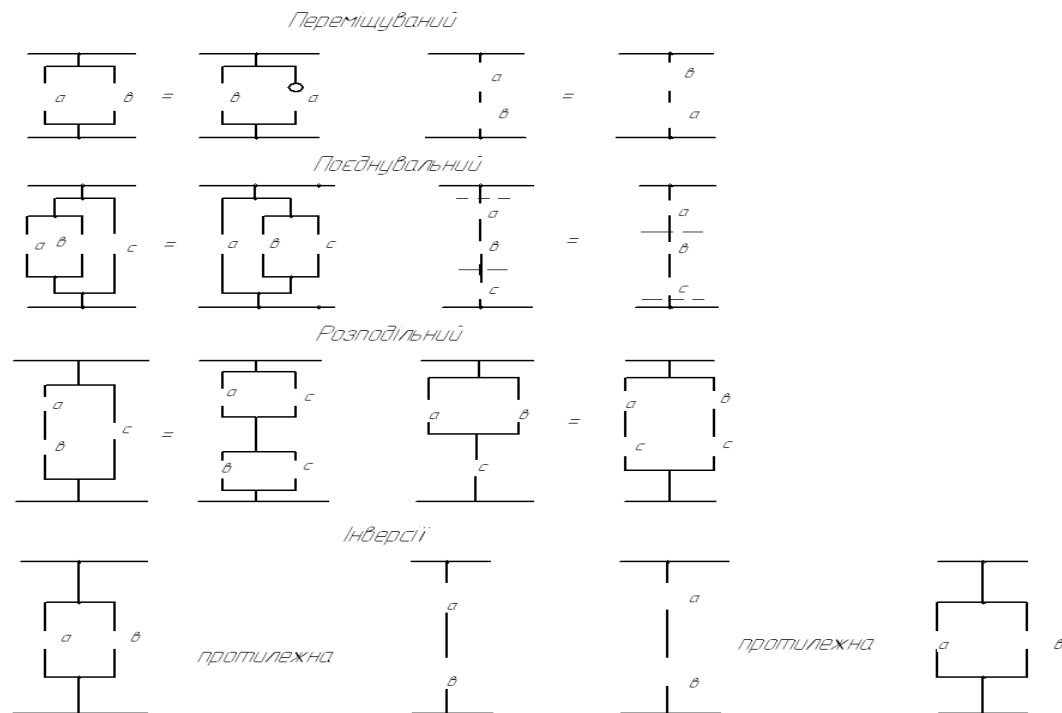
4. Закони інверсії:

відносно додавання: $\overline{a + v} = \bar{a} \cdot \bar{v}$

відносно множення: $\overline{a \cdot v} = \bar{a} + \bar{v}$

Риска над лівими частинами рівняння означає, що береться заперечення від даного виразу (інверсія), а в правій частині одержуються вирази, які мають обернене значення щодо відношення до вихідного.

На мал.1 надана графічна ілюстрація до законів теорії релейних схем.

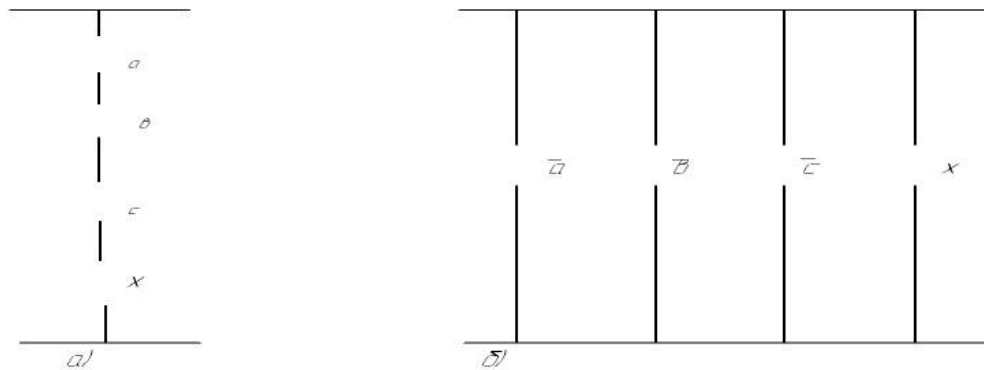


Мал.1 Схеми-ілюстрації законів теорії релейних схем

Оскільки в контактних релейних схемах будь-який контакт може мати тільки два положення (замкнуте або розімкнуте), вся структурна формула теж матиме замкнуте або розімкнуте коло. При цьому замкнутому стані контактів відповідає значення «1», а розімкнутому – «0».

З порівняння схем, наданих на мал.2, випливає, що елемент Х буде робити в обох схемах, якщо будуть робити елементи А, В, С; при цьому

контакти а, в, с в першій схемі замкнуться, а в другій – розімкнуться. Отже, по своїй дії схеми рівносильні, адже схемне рішення різне. По аналогії для будької релейної схеми можна знайти рівносильну по дії схему, в якій всі послідовно ввімкнуті контакти і обмотки контакторів (реле) будуть замінені на паралельно ввімкнуті, а всі паралельні кола - на послідовні; всі замикаючі контакти - на розмикаючі, а розмикаючі – на замикаючі.



Мал.2 Пряма (а) і інверсна (б) схеми вмикання

Контакти, які замикаються при подачі напруги на котушку управління, називають **замикаючими**, а контакти, які розмикаються при подачі напруги на котушку управління, називають **розмикаючими**. Графічне зображення таких контактів надано на мал.3.



Мал.3 Зображення контактів (а) - нормально закритий, (б) - нормально відкритий

Закони алгебри логіки мають ряд наслідків, які широко використовуються для перетворення структурних формул:

$a + 0 = a$	$a \cdot 0 = 0$	$a + a \cdot b = a \cdot (1 + b) = a$
$a + 1 = 1$	$a \cdot 1 = a$	$a \cdot (a + b) = a$
$a + a = a$	$a \cdot a = a$	$a + \bar{a} \cdot b = a + b$
$a + \bar{a} = 1$	$a \cdot \bar{a} = 0$	$\bar{a} + ab = \bar{a} + b$

Мінімізація релейних схем припускає мінімізацію структурних формул, яка здійснюється згідно з законами алгебри логіки та їх наслідками, іншими методами, які розглядаються в спеціальних розділах.

Запис, який містить подвійні змінні, з'єднані знаками логічного додавання, множення або інверсії, називається **логічним виразом**.

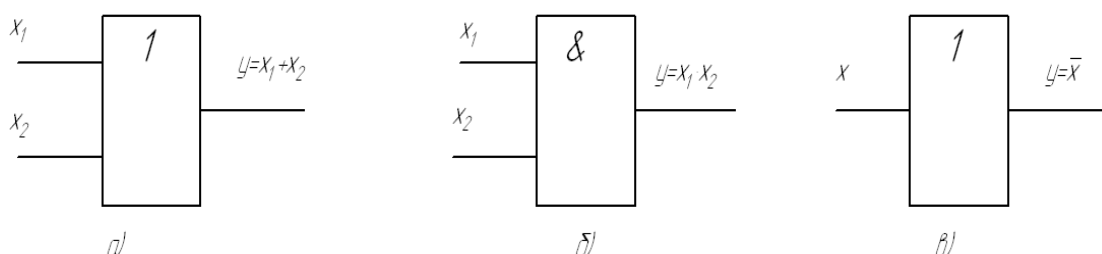
Логічна функція може бути заданою за допомогою структурної формули, яка є рівністю, в лівій частині якої записана буква, означаюча логічну функцію, а в правій – логічний вираз.

Схема, за допомогою якої з входніх змінних $x_1, x_2, \dots, x_n$ утворюється їх логічна сума, називається **логічним елементом «АБО»**.

Схема, за допомогою якої з входніх елементів $x_1, x_2, \dots, x_n$ утворюється їх логічне множення, називається **логічним елементом «І»**.

Схема, за допомогою якої здійснюється логічне заперечення, називається **логічним елементом «НІ»**.

Графічне зображення наведених схем представлено на мал.4.



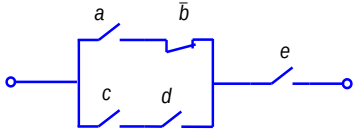
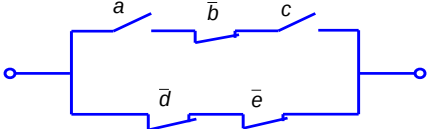
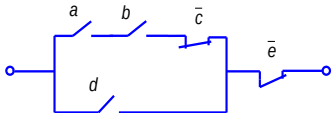
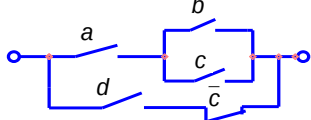
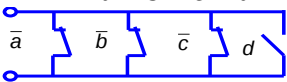
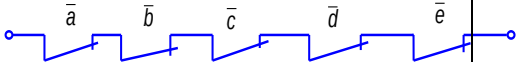
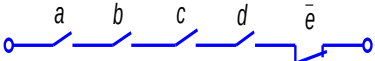
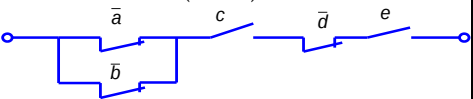
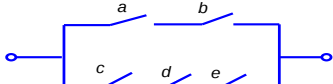
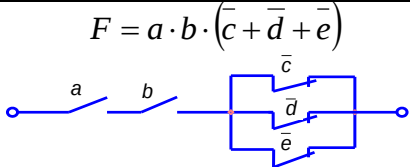
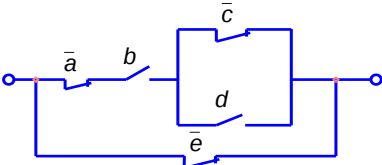
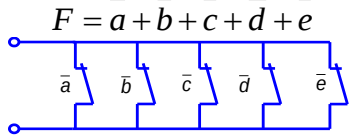
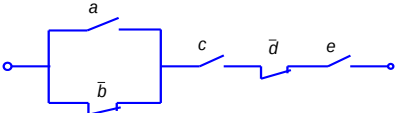
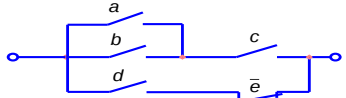
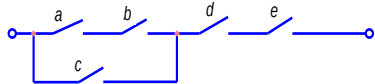
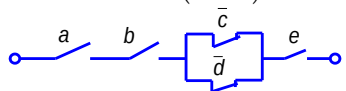
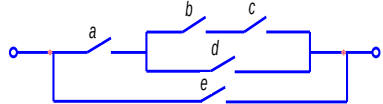
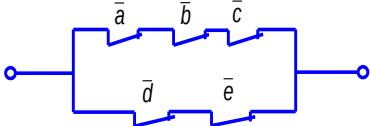
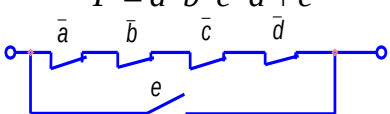
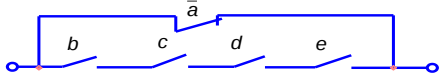
Мал.4 Графічне зображення логічних елементів: а) – /Е "АБО"; б) – /Е "І"; в) – /Е "НІ"

Порядок виконання роботи

Згідно з варіантом завдання, користуючись логічним виразом і РКС, в основному базисі «І», «АБО», «НІ» замінити РКС на безконтактну схему, яка реалізує логічну функцію F.

Таблиця 1 - Вихідні дані

№ варіанту	Логічний вираз РКС	№ варіанту	Логічний вираз РКС
1	$F = (a \cdot b + c \cdot d) \cdot e$	16	$F = a + cde$
2	$F = (\bar{a} \cdot b + cd) \cdot e$	17	$F = (\bar{a} \cdot b + \bar{c}) \cdot e$

3	$F = (a\bar{b} + cd) \cdot e$ 	18	$F = a \cdot \bar{b} \cdot c + \bar{d} \cdot \bar{e}$ 
4	$F = (abc + d) \cdot \bar{e}$ 	19	$F = a \cdot (b + c) + d \cdot \bar{c}$ 
5	$F = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + d$ 	20	$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} \cdot \bar{e}$ 
6	$F = a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot \bar{e}$ 	21	$F = (\bar{a} + \bar{b}) \cdot c \cdot \bar{d} \cdot e$ 
7	$F = a \cdot b + c \cdot d \cdot e$ 	22	$F = a \cdot b \cdot (\bar{c} + \bar{d} + \bar{e})$ 
8	$F = \bar{a} \cdot b \cdot (\bar{c} + d) + \bar{e}$ 	23	$F = \bar{a} + \bar{b} + \bar{c} + \bar{d} + \bar{e}$ 
9	$F = (a + \bar{b}) \cdot c \cdot \bar{d} \cdot e$ 	24	$F = (a + b) \cdot c + d \cdot \bar{e}$ 
10	$F = (a \cdot b + c) \cdot d \cdot e$ 	25	$F = ab \cdot (\bar{c} + \bar{d}) \cdot e$ 
11	$F = a \cdot (bc + d) + e$ 	26	$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} + \bar{d} \cdot \bar{e}$ 
12	$F = \bar{a} \cdot \bar{b} \cdot \bar{c} \cdot \bar{d} + e$ 	27	$F = \bar{a} + b \cdot c \cdot d \cdot e$ 
13	$F = \bar{a} \cdot b \cdot \bar{c} + d + \bar{e}$	28	$F = [a \cdot (\bar{b} + \bar{c}) + \bar{d}] \cdot \bar{e}$

14	$F = (a + b) \cdot (c + d) \cdot e$	29	$F = abcd + \bar{e}$
15	$F = (\bar{a} + \bar{b} + \bar{c}) \cdot d + \bar{e}$	30	$F = (a + \bar{b} \cdot \bar{c}) \cdot \bar{d} \cdot \bar{e}$

Хід виконання роботи

1. В загальному випадку проводиться мінімізація логічного виразу з використанням основних законів алгебри логіки та їх наслідків.
2. В нашому випадку логічні вирази мінімізовані. В варіантах завдання надані мінімізовані РКС, які реалізують ці логічні функції.
3. Мінімізована РКС перетворюється в безконтактну. При цьому доцільним є перехід від основного базису І-АБО-НІ до універсального І-НІ.
4. Зробити порівняльний аналіз структурних схем, які реалізують задану логічну функцію.

Зміст звіту

1. Тема роботи.
2. Мета роботи.
3. Мінімізація логічної функції
4. Побудова релейно-контактної схеми по аналітичному запису логічної функції..
5. Побудова безконтактної схеми, яка реалізує мінімізовану логічну функцію.
6. Висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. Як класифікують контактні схеми?
2. Що таке логічний вираз і логічна функція?
3. Назвіть основні логічні функції та логічні елементи, за допомогою яких вони реалізуються.
4. Як використовується закон інверсії для перетворення послідовного з'єднання контактів в паралельне і навпаки?
5. Як замінити замикаючі контакти на розмикаючі і навпаки, використовуючи для цього закони інверсії?

Рекомендована література:

1. Конспект лекцій.
2. Колесов Л.В. Основы автоматики.- М., «Колос», 1978, 278с.,
(Учебное пособие для сельскохозяйственных техникумов)
3. Гольденберг Л.М., Бутыльский Ю.Т. и др. Цифровые устройства на интегральных схемах в технике связи,- М., «Связь», 1979, 232с.
4. Бородин И.Ф. Технические средства автоматики, -М. «Колос», 1982.
5. Бохан Н.И. Бородин И.Ф. Средства автоматики и телемеханики –М. Агропромиздат, 1992.
6. Головинский О.И. Основы автоматики,-М. «Колос», 1984.