

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНИХ СХЕМ АВТОМАТИКИ

Тривалість лабораторної роботи – 4 год.

Тривалість домашньої роботи – 4 год.

Мета роботи – практично перевірити різні методи синтезу одноктактних та багатоктактних схем, засвоїти вивчені методи синтезу дискретних схем автоматики шляхом дослідження їх релейно-контактних варіантів.

3.1. Основні теоретичні відомості

Основні методи синтезу релейно-контактних схем описано в основних теоретичних відомостях до **лабораторної роботи №1** “Логічний синтез та дослідження схем на логічних елементах АБО-НІ та діод них приставках І та АБО” .

Синтез схем з технологічними затримками. У деяких системах промислової автоматики потрібно забезпечувати певну затримку часу між операціями, що виконуються робочою машиною. У схемах таких систем застосовуються елементи часу, які затримують сигнали елементів, що реалізують проміжні функції.

З’ясуємо особливості синтезу схем із спеціальними технологічними затримками. На першому етапі синтезу – формулюванні умов роботи необхідно зазначити, які операції супроводжуються затримками і вказати величини затримок. Ці затримки потрібно записати в таблицю переходів.

Основна особливість процесу синтезу з урахуванням технологічних затримок виявляється під час вибору кількості проміжних змінних і розміщення їх станів. Кожному переходу схеми з одного стану в інший з незалежною затримкою має відповідати змінювання значення однієї проміжної змінної з 1 на 0 або з 0 на 1.

Отже, якщо затримки часу в разі змінювання змінної в обох напрямках можна встановлювати незалежно, то за допомогою n проміжних змінних можна забезпечити $2n$ незалежних затримок. Якщо затримка забезпечується змінюванням змінної тільки в одному напрямку, то кількість незалежних затримок не може перевищувати n .

Отже, потрібну кількість проміжних змінних визначають умовою:
у першому випадку

$$n \geq \frac{t}{2}, \quad (3.1)$$

у другому:

$$n \geq t, \quad (3.2)$$

де t – кількість незалежних затримок часу.

Більшість реальних елементів часу, що застосовуються в схемах промислової автоматики, забезпечують регульовану затримку часу тільки в разі змінювання сигналу на їх вході з 0 на 1. Сигнал на виході елемента часу зникає одночасно зі зникненням сигналу на його вході. Такі ж самі функції виконують програмно реалізовані таймери логічних програмованих контролерів. Тому кількість проміжних змінних будемо визначати за формулою (3.2).

Друга особливість синтезу схем із затримками – у таблиці переходів з'являються рядки, що не мають стійких станів. Схема перебуває в таких нестійких станах протягом технологічної затримки.

Розглянемо приклади синтезу схем з технологічними затримками. Човниковий транспортер – це вантажна платформа I , що переміщується за допомогою тягового троса між одним пунктом завантаження A і двома пунктами розвантаження B , C (рис. 3.1). Під час прибуття в ці пункти вантажна платформа замикає кінцеві вимикачі 2, 3, 4 (сигнали a , b , c).

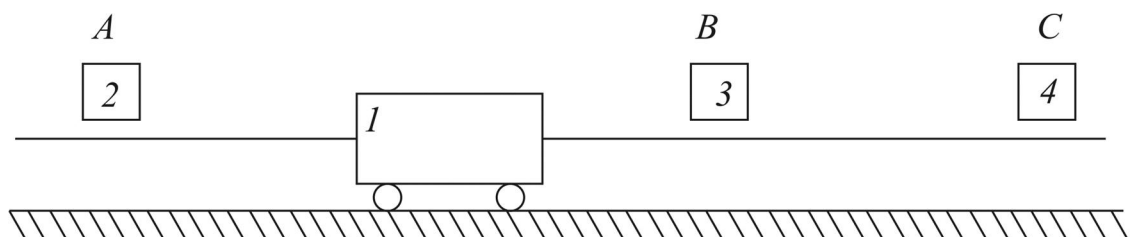


Рис. 3.1. Човниковий транспортер

Виконати синтез схеми керування, що забезпечує такий цикл переміщення платформи: стояння в пункті завантаження A протягом часу t_1 , переміщення у перший пункт розвантаження B , стояння в пункті B протягом часу t_2 , переміщення в другий пункт розвантаження C , стояння в пункті C протягом часу t_3 , переміщення в пункт завантаження A без проміжної зупинки в пункті B . Після цього цикл роботи повторюється.

Як виконавчі елементи вибираємо магнітні пускачі двигунів човникового транспортера «праворуч» і «ліворуч». Відповідні вихідні сигнали позначимо через X і Y ($X = 1$ і $Y = 1$, коли пускачі ввімкнено).

Виходячи з умов роботи схеми, робимо висновок, що вона може перебувати у таких станах: 1 – стояння в пункті завантаження A ; 2 – рух від пункту A до пункту B ; 3 – стояння в пункті B ; 4 – рух від пункту B до пункту C ; 5 – стояння в пункті C ; 6 – рух від пункту C до пункту A .

Первинну таблицю переходів показано на рис. 3.2, *а*. Усі комбінації, в яких більш ніж одна вхідна змінна має значення 1, неможливі через те, що кінцеві вимикачі замикаються вантажною платформою по чергові. У відповідних стовпцях таблиці ставимо риси.

Стани 1, 3, 5 не можуть бути стійкими, оскільки без змінювання будь-яких зовнішніх сигналів вони переходять у стани 2, 4 і 6 із затримками часу t_1 , t_2 , t_3 відповідно. Перехід до стану 2 відбувається, якщо $a = 1$, $b = 0$, $c = 0$. Стійкий стан 2 зберігається, якщо $a = 0$, $b = 0$, $c = 0$, коли транспортер починає рухатися і сигнал кінцевого вимикача стає рівним нулю. Перехід від стану 2 до стану 3 відбувається, якщо $a = 0$, $b = 1$, $c = 0$. Проте в третьому рядку записується не стійкий стан $\langle 3 \rangle$, а нестійкий стан 4 через те, що за цього набору вхідних сигналів після закінчення затримки часу t_2 без будь-якої зміни зовнішніх сигналів схема переходить у стійкий стан $\langle 4 \rangle$, записаний у четвертому рядку. Цей стан зберігається, якщо $a = 0$, $b = 0$, $c = 0$, і переходить у стан 5 у разі досягнення платформою пункту розвантаження C (сигнал $c = 1$). Нестійкий стан 5 через час t_3 переходить у стійкий стан $\langle 6 \rangle$ (повернення

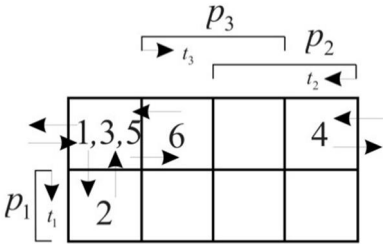
платформи в пункт *A*), який зберігається, якщо $a = 0, b = 0, c = 0$ і $a = 0, b = 1, c = 0$. Якщо $a = 1, b = 0, c = 0$, цей стан переходить в стан 1 і цикл роботи повторюється.

Номер вихідного стану	Затримки	Наступні стани								Вихідні змінні	
										<i>X</i>	<i>Y</i>
1	t_1	-	2_{t_1}	-	-	-	-	-	-	0	0
2	-	<2>	<2>	-	3	-	-	-	-	1	0
3	t_2	-	-	-	4_{t_2}	-	-	-	-	0	0
4	-	<4>	-	-	<4>	-	-	-	5	1	0
5	t_3	-	-	-	-	-	-	-	6_{t_3}	0	0
6	-	<6>	1	-	<6>	-	-	-	<6>	0	1

a

Номер вихідного стану	Наступні стани							
1, 3, 5	-	2_{t_1}	-	4_{t_2}	-	-	-	6_{t_3}
2	<2>	<2>	-	3	-	-	-	-
4	<4>	-	-	<4>	-	-	-	5
6	<6>	1	-	<6>	-	-	-	<6>

б



в

	P_1	P_2	P_3	<i>X</i>	<i>Y</i>
1, 3, 5	0	0	0	0	0
2	1	0	0	1	0
4	0	1	0	1	0
6	0	0	1	0	1

г

Рис. 3.2. Синтез схеми керування човниковим транспортером: *a* – первинна таблиця переходів; *б* – стиснена таблиця переходів; *в* – карта відповідності; *г* – таблиця відповідності

Кількість рядків первинної таблиці переходів (рис. 3.2, *a*) можна зменшити, об'єднавши перший, третій і п'ятий рядки. Стиснену таблицю переходів показано на рис. 3.2, *б*.

Розглянемо питання про вибір кількості і розміщення станів проміжних змінних. Будемо вважати, що елемент часу зумовлює затримку тільки в разі змінювання вхідного сигналу від 0 до 1. Тому згідно з виразом (3.2) кількість проміжних змінних $n = 3$ (P_1, P_2, P_3).

Карту відповідності показано на рис. 3.2, *в*. Стрілками позначено напрямки змінювання проміжних змінних, що супроводжуються затримками t_1, t_2, t_3 .

Таблицю відповідності, складену за картою відповідності, показано на рис. 3.2, *г*. У ній, крім проміжних змінних, указано також значення вихідних змінних X і Y .

За картами визначено такі алгебричні вирази

$$P_1 = \bar{p}_2 \bar{p}_3 \bar{b} \bar{c}; \quad (3.3)$$

$$P_2 = \bar{p}_1 \bar{p}_3 \bar{a} \bar{c}; \quad (3.4)$$

$$P_3 = p_3 \bar{a} + \bar{p}_2 \bar{c}; \quad (3.5)$$

$$X = p_1 + p_2; \quad (3.6)$$

$$Y = p_3. \quad (3.7)$$

Вирази (3.3), (3.4), (3.5) заздалегідь перетворено до вигляду

$$P_1 = \overline{p_2 + p_3 + b + c};$$

$$P_2 = \overline{p_1 + p_3 + a + c};$$

$$P_3 = \overline{\overline{p_3 \cdot a \cdot p_2 c}}.$$

Крім того, враховано, що таймери затримують сигнали проміжних змінних P_1, P_2, P_3 , а сигнали p_1, p_2, p_3 – це вихідні сигнали таймерів.

У розглянутому прикладі вдалось обійтись мінімально необхідною кількістю проміжних змінних, що дорівнює кількості затримок часу. В таблиці переходів з'явилися додаткові рядки, що відповідають нестійким станам, зумовленим затримками. Крім того, вихідні змінні було визначено як комбінаційні функції проміжних змінних. Це можливо тільки в тому разі, коли під час синтезу первинна таблиця переходів не стискалася або під час стиснення об'єднувалися рядки з однаковими значеннями вихідних змінних.

Синтез схем з технологічними затримками методом циклограм. Під час синтезу схем з технологічними затримками на циклограмі позначаються величини затримок часу і лінії дії елементів часу (таймерів). Нехай, наприклад, елемент X треба ввімкнути із затримкою часу t після надходження сигналу a і вимкнути без затримки часу в разі його зникнення. Час дії сигналу a перевищує величину затримки t .

Циклограму, що відповідає цим умовам роботи, зображено на рис.3.3.

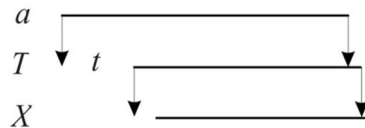


Рис. 3.3. Циклограма, що відображає вмикання елемента X із затримкою часу t

Виконаємо синтез схеми.

Умови спрацьовування елемента X

$$f'_X = t,$$

умови неспрацьовування

$$\bar{f}''_X = \bar{t} = t.$$

Перша та друга перевірки задовольняються, тому

$$X = tt = t.$$

Третя перевірка також задовольняється і вираз для X залишається незмінним.

Для елемента часу T умови спрацьовування та неспрацьовування такі:

$$f'_T = a; \quad \bar{f}''_T = a$$

$$T = a.$$

Отже, в результаті синтезу отримали найпростіші вирази для елементів X і T . Це стало можливим тому, що ці елементи вмикаються тими самими сигналами, що й вимикаються.

Якщо тривалість сигналу, що дає команду починати відлік затримання часу, менша за величину затримки часу, то цей сигнал не можна безпосередньо застосовувати для керування таймером. У цьому разі необхідно ввести проміжний елемент, змінювання стану якого дає команду починати відлік затримання часу. Надалі стан цього елемента не повинен змінюватися принаймні до кінця затримки часу.

Логічні формули для таймерів визначають за тими ж самими правилами, що й для вихідних та проміжних елементів. Розглянемо приклад. Керування трьома двигунами $M1$, $M2$, $M3$ виконують за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп». Натисненням кнопки «Пуск» вмикають двигун $M1$ без затримки часу, потім через час t_1 – двигун $M2$ і після цього через час t_2 – двигун $M3$. Натисненням кнопки «Стоп» двигун $M3$ вимикають без затримки часу, потім через час t_3 – двигун $M2$ і після цього через час t_4 – двигун $M1$. Виконати синтез схеми керування двигунами $M1$, $M2$, $M3$.

Уведемо такі позначення: a – сигнал кнопки «Пуск»; b – сигнал кнопки «Стоп»; X_1 , X_2 , X_3 – сигнали керування двигунами $M1$, $M2$, $M3$ відповідно; T_1 , T_2 , T_3 , T_4 – таймери, що забезпечують затримки часу t_1 , $t_1 + t_2$, t_3 , $t_3 + t_4$.

Циклограму, що відповідає заданим умовам роботи схеми, зображено на рис. 3.4.

Час натиснення кнопки «Пуск» менший за затримку часу t_1 , але вводити проміжну змінну немає потреби. Замість неї можна використати сигнал X_1 , який набуває значення 1 без затримки після натиснення кнопки «Пуск» і не змінюється протягом часу, що перевищує t_1 . Сигнал X_1 подає команду на початок відліку часу таймером T_1 . Цей самий сигнал подає команду на початок відліку

часу також таймером T_2 , тому затримка часу цього таймера становить не t_2 , а $t_1 + t_2$.

Час натиснення кнопки «Стоп» (сигнал b) менший за затримки часу t_3 , тому вводимо проміжну змінну P , яка набуває значення 1 без затримки і подає команду на початок відліку часу t_3 таймером T_3 та часу $t_3 + t_4$ таймером T_4 . Сигнал b подає команду на вимикання X_3 , сигнал таймера T_3 – X_4 і таймера T_4 – X_1 . Таймери T_1 і T_2 вимикаються сигналом X_1 , а таймери T_3 і T_4 – сигналом P , тобто такими самими сигналами, якими вони вмикалися. Проміжна змінна P вимикається сигналом X_1 .

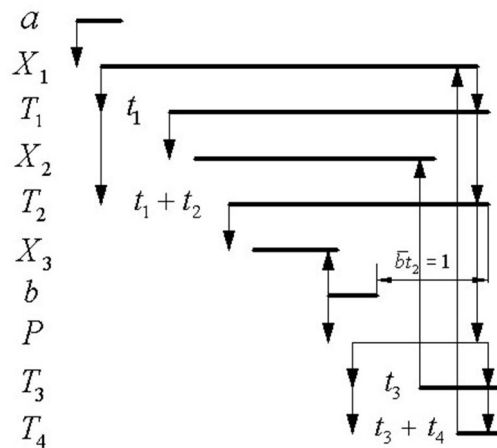


Рис. 3.4. Циклограма до прикладу

За циклограмою визначаємо такі логічні формули:

$$\begin{aligned} X_1 &= (a + x_1)\bar{t}_4; & X_2 &= t_1\bar{t}_3; & X_3 &= t_2\bar{b}\bar{p}; & T_1 &= x_1; & T_2 &= x_1; \\ T_3 &= p; & T_4 &= p; & P &= (b + p)x_1. \end{aligned}$$

Під час визначення виразу для X_3 враховано, що не виконується третя перевірка. Дійсно, умови спрацьовування $f'_{x_3} = t_2$, умови неспрацьовування $\bar{f}''_{x_1} = \bar{b}$. Перша та друга перевірки виконуються. Проте вираз $t_2\bar{b}$ набуває значення 1 у частині вимикального періоду елемента X_3 , показаній на рис. 3.4. Уводити нову проміжну змінну немає потреби. Можна використати змінну P , яка дорівнює нулю у вмикальному періоді X_3 і дорівнює одиниці, якщо $t_2\bar{b} = 1$ у вимикальному періоді. Тому остаточно вираз X_3 набуває вигляду $t_2\bar{b}\bar{p}$.

За логічними виразами, що описують роботу схеми, на рис. 3.5 зображено її релейно-контактний варіант.

Отримані логічні вирази дають змогу побудувати схему на будь-якій елементній базі або скласти програму для логічного програмованого контролера. Водночас циклограму дуже зручно використовувати для аналізу роботи релейно-контактної схеми, тому що на циклограмі чітко визначається послідовність спрацьовування елементів схеми та вказується, під дією яких сигналів ці спрацьовування відбуваються.

У схемі на рис. 3.5 після натиснення кнопки «Пуск» (сигнал а) без затримки часу вмикається контактор X_1 і залишається ввімкненим після відпускання цієї кнопки завдяки самоблокуванню. Контакт x_1 умикає таймери T_1 і T_2 . Із затримкою часу замикаються контакти t_1 і t_2 та вмикаються відповідно контактори X_2 і X_3 .

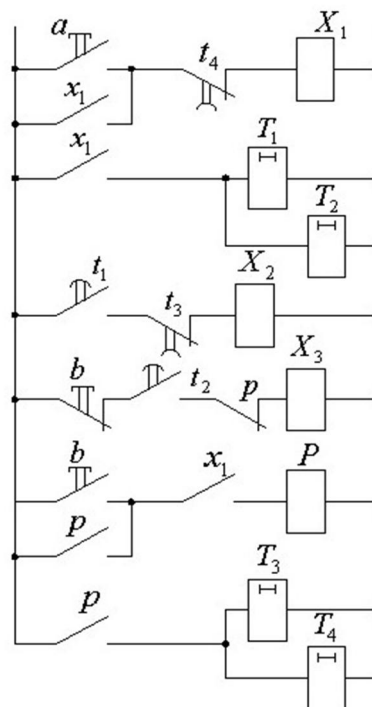


Рис. 3.5. Релейно-контактна схема до прикладу

Після натиснення кнопки «Стоп» (сигнал б) без затримки часу вимикається контактор X_3 та вмикається реле P . Після відпускання кнопки «Стоп» контактор X_3 залишається вимкнутим, оскільки контакт p у колі його котушки буде розімкненим (у цьому сенс виконання третьої перевірки

реалізованості циклограми). Контакт p проміжного реле P вимикає таймери T_3 і T_4 . Із затримкою t_3 вимикається контактор X_2 , а потім із затримкою t_4 – контактор X_1 . Контакт x_1 контактора X_1 вимикає таймери T_1 і T_2 , а також проміжне реле P , яке вимикає таймери T_2 і T_4 .

3.2. Програма роботи

За варіантом, наведеним у таблиці 3.1, виконати наступні завдання:

1. Виконати логічний синтез схеми керування.
2. За отриманими алгебричними виразами у пункті 1 спроектувати релейно-контактну схему.
3. Зібрати схему на стенді.
4. Перевірити відпрацювання заданих умов роботи.
5. Оформити звіт по лабораторній роботі та зробити висновки.

Таблиця 3.1

Бригада	Номери завдань
1	1, 7, 9, 16
2	2, 8, 10, 15
3	3, 5, 11, 14
4	4, 6, 12, 13
5	1, 8, 11, 14
6	2, 5, 9, 15

Умови роботи схем

1. Умови роботи схеми задано наступними функціями:

$$f_1 = a\bar{b}c + d\bar{b}$$

$$f_2 = d\bar{c} + \bar{a}bc$$

2. Умови роботи схеми задано наступними функціями:

$$f_1 = cd + da\bar{b}$$

$$f_2 = cba + a\bar{b}\bar{c}$$

3. Умови роботи схеми задано наступними функціями:

$$f_1 = \overline{a}\overline{c}d + cb$$

$$f_2 = ac\overline{d} + d\overline{a}$$

4. Умови роботи схеми задано наступними функціями:

$$f_1 = \overline{a}d\overline{b} + c\overline{a}$$

$$f_2 = c\overline{d}b + ba$$

5. Схема має три вхідні a , b , c і один вихідний X сигнали. Сигнал X набуває значення 1 після надходження сигналів a або b і зберігає це значення після зняття цих сигналів. Сигнал X вимикається ($X=0$) після надходження сигналу c незалежно від стану сигналів a і b .

6. Схема має чотири вхідні a , b , c , d і один вихідний X сигнали. Сигнал X набуває значення 1 після надходження сигналів a і c або b і зберігає це значення після зняття цих сигналів. Сигнал X вимикається ($X=0$) після надходження сигналу d незалежно від стану сигналів a, b, c .

7. Умови роботи схеми подано циклограмою на рис. 3.6.

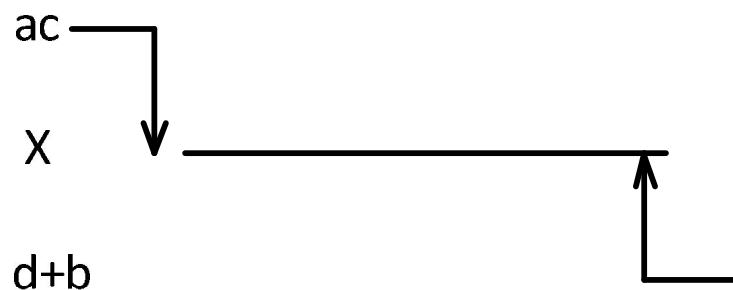


Рис.3.6

8. Умови роботи схеми подано циклограмою на рис. 3.7.

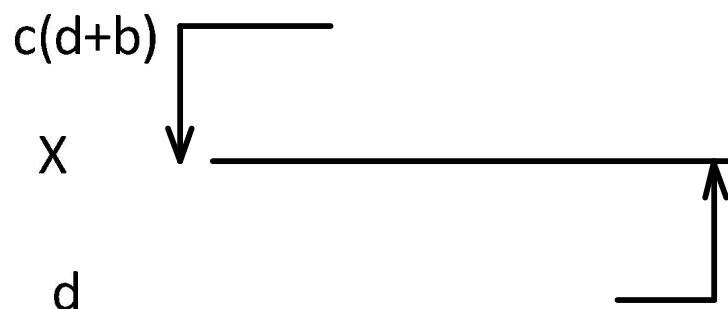


Рис.3.7

9. Схема має два вхідні сигнали a , b і два вихідні сигнали X та Y . Стан входів – двійкове число. Якщо це число при зміні входів збільшувалося, то $X=1$, $Y=0$; якщо зменшувалося, то $X=0$, $Y=1$.

10. Схема має два вхідні сигнали a , b і два вихідні X , Y . Сигнал $X=1$, якщо обидва сигнали a і b дорівнюють 1, але сигнал a надійшов раніше, ніж сигнал b . Сигнал $Y=1$, якщо $a=1$, $b=1$, але сигнал b надійшов раніше, ніж сигнал a . У будь-який момент часу може змінюватися стан не більше ніж одного виходу.

11. Схема має два вхідні сигнали a , b і один вихідний X . Якщо $b=1$, то значення X співпадає зі значенням a , якщо ж $b=0$, то X повинен зберігати своє останнє значення, яке було до того моменту, коли сигнал b став рівним нулю. У будь-який момент часу може змінюватися стан не більше ніж одного виходу.

12. Схема має два вхідні сигнали a , b і два вихідні X , Y . Якщо сигнал a набуває значення 1 першим, то $X=1$, а якщо сигнал $b=1$ перший, то $Y=1$.

13. Виконати синтез схеми керування за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп». Світлодіод вмикається із затримкою 3с після натискання кнопки «Пуск» і вимикається із затримкою 8с після натиснення кнопки «Стоп». Час натиснення кнопок менший за затримку часу.

14. Виконати синтез схеми керування за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп». Світлодіод вмикається із затримкою 3с після відпускання кнопки «Пуск» і вимикається після натиснення кнопки «Стоп». Час натиснення кнопок менший за затримку часу.

15. Виконати синтез схеми керування за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп». Світлодіод вмикається після натискання кнопки «Пуск» і вимикається із затримкою 8с після відпускання кнопки «Стоп». Час натиснення кнопок менший за затримку часу.

16. Виконати синтез схеми керування за допомогою кнопок «Пуск» і «Стоп». Світлодіод вмикається із затримкою 7с після натиснення кнопки

«Пуск» і вимикається після відпускання кнопки «Стоп». Час натиснення кнопок менший за затримку часу.

3.3. Опис лабораторної установки

Схема передньої панелі лабораторного станду для дослідження релейно-контактних схем автоматики представлено на рисунку 2.8.

На функціональній схемі представлено такі елементи :

- проміжні реле X1-X5 (мають 4 пари розмикаючих/закриваючих контактів), що використовуються у якості вихідних та проміжних змінних;
- реле часу T1, T2;
- клеми для складання схеми;
- кнопки з самоблокуванням SB1-SB5, які використовуються у якості вхідних змінних;
- світлодіодні лампочки HL1-HL7, що фіксують наявність вихідного сигналу на кожному реле та HL11, що сигналізує наявність напруги живлення станду;
- автоматичний вимикач QF1, за допомогою якого подається та знімається живлення станда.

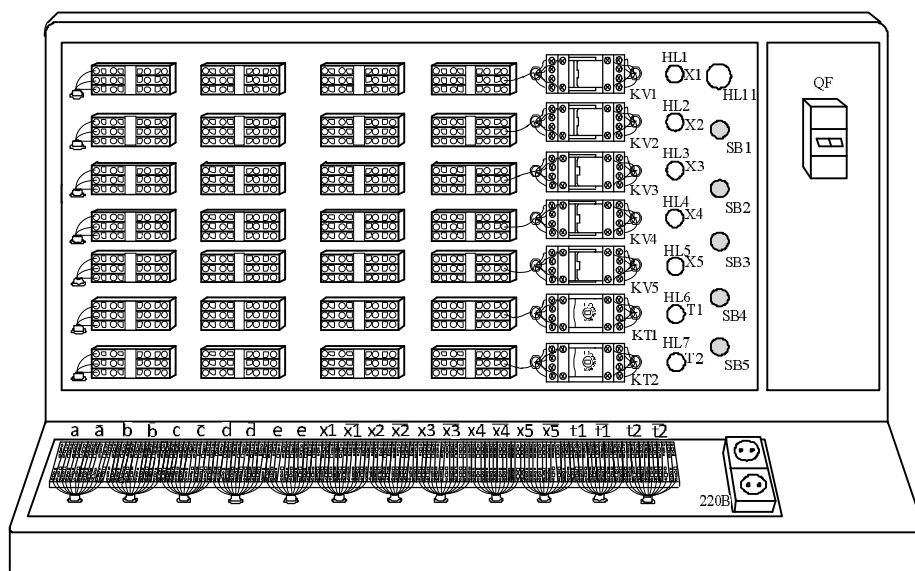


Рис. 2.8 – Зовнішній вигляд передньої панелі лабораторного станда

3.4 Методичні вказівки

Принцип роботи лабораторного стенда полягає у наступному:

Живлення +24 В подається на кожну ліву клему передньої панелі. За допомогою крайня ліва клемка з'єднується з крайньою правою, через середні клеми або напрямку, формуючи потрібну релейно-контактну схему. Оскільки середні клеми не підключені до живлення та до реле, то їх можна використовувати у довільному порядку та конфігурації. Останній контакт у кожному колі необхідно підключати до клеми, що з'єднана із необхідним реле. У нижній частині стенду виведені за допомогою клем контакти кнопок та реле. Кожна кнопка та кожне реле мають по три замикаючих або розмикаючих контактів, які нумеруються 1-3 відповідно. Якщо завдання потребує використання реле часу, то потрібно налаштувати реле на необхідну затримку по часу. Для налаштування реле часу треба вибрати потрібну затримку на його корпусі (0,1 с. – 100 год.). Після всіх налаштувань та зібрання релейно-контактної схеми на стенд подається живлення та перевіряються умови, які задані в завданнях.

При виконанні лабораторної роботи важливо пам'ятати, що кожне реле містить 4 пари розмикаючих/замикаючих контактів, причому одна з них застосовуються для керування світлодіодом сигналізації спрацювання реле. Отже, релейно-контактну схему, яка містить більше трьох однакових прямих/інверсних контактів неможливо зібрати, тому її необхідно перетворити.

3.5 Зміст звіту

Звіт має містити такі матеріали дослідження кожної схеми:

1. умови роботи схеми – словесне формулювання або циклограму;
2. логічний синтез схеми;

3. логічні вирази за якими безпосередньо можна побудувати принципові схеми;
4. принципові схеми, дослідження яких виконано в лабораторії;
5. висновки про відповідність роботи схеми заданим умовам.

3.6 Контрольні запитання

1. Яким чином вибирається кількість проміжних змінних та розміщуються їх стани під час синтезу з урахуванням технологічних затримок ?
2. У якому випадку необхідно ввести проміжний елемент, змінювання стану якого дає команду починати відлік затримання часу?
3. Яким чином відбувається з'єднання схем на лабораторному стенді?
4. Яке обмеження вхідних/вихідних і проміжних сигналів має стенд при збиранні релейно-контактних схем?
5. Яким чином відбувається налаштування таймерів?
6. За допомогою яких елементів реалізуються проміжні змінні?