

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З КУРСУ
«ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ IV–V КУРСІВ ДЕННОЇ, ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ
ФОРМ НАВЧАННЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 151 «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА
КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Затверджено на засіданні кафедри
комп'ютерно-інтегрованих
технологій і метрології
Протокол № 5 від 28.10.2016 р.

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з курсу «Основи проектування систем автоматизації» для студентів IV–V курсів денної, заочної та дистанційної форм навчання спеціальності 151 – “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” / Укл.: Олійник О.Ю., Тітова О.В. – Д.: ДВНЗ УДХТУ, 2016. – 43 с.

Укладачі: О.Ю. Олійник, канд. техн. наук
О.В. Тітова, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск Ю.К. Тараненко, д-р техн. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з курсу «Основи проектування систем автоматизації» для студентів IV–V курсів денної, заочної та дистанційної форм навчання спеціальності 151 – “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Укладачі: ОЛІЙНИК Ольга Юріївна
ТІТОВА Олена Василівна,

Технічний редактор В.П. Синицька
Комп’ютерна верста В.П. Синицька

Підписано до друку 09.11.16. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Умов. друк. арк. 2,01. Обл.-вид. арк. 2,12. Тираж 100 прим. Зам. № 128.
Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2015

ДВНЗ УДХТУ, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, 5, 49005

Редакційно-видавничий відділ

ВСТУП

Методичні вказівки (МВ) призначені для роботи студентам спеціальності 151 – “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” у процесі вивчення курсу «Основи проектування систем автоматизації» і має за мету дати їм основи знань, що необхідні для вирішення виробничих задач, пов'язаних із розробкою принципів електричних схем. Опанувавши практичні методи синтезу та аналізу принципів схем на базі математичної логіки і теорії перемикаючих схем, студент повинен вміти проектувати логічні пристрої, цифрові автомати, дешифратори, матричні перетворювачі та інше, вибирати технічні засоби для їх реалізації.

Другим напрямом практичних занять є розв'язання розрахункових співвідношень для проектування систем живлення технічних засобів вимірювання та керування.

Ще одним напрямом практичних занять за даним курсом є вивчення особливостей монтажу та експлуатації засобів й систем автоматичного управління шляхом підготовки рефератів та їх обговорення на практичних заняттях.

Матеріал МВ поділений на 3 розділи, кожен з яких надає основні поняття, співвідношення, нормативні документи, схеми, приклади.

Студентам рекомендована література, перелік якої наведений наприкінці вказівок, та необхідні інформаційно-довідкові дані.

В додатку наведені приклади і задачі для розв'язання.

1 АЛГЕБРА ЛОГІКИ І ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ

1.1 Елементи математичної логіки

Математична логіка є частиною формальної логіки і слугує теоретичною основою побудови електронних обчислювальних машин та цифрових пристроїв. Найбільше застосування з області математичної логіки отримала алгебра логіки [1, 2].

Базою алгебри логіки є поняття про висловлювання, істинність та помилковість висловлювання, і зв'язках між висловлюваннями. Висловлення, або логічний аргумент, залежно від значення, буває істинним або помилковим. Значення висловлювання може змінюватися із зміною обставин, і таким чином висловлювання міняє оцінку своєї істинності. З точки зору логіки висловлювання можна розділити:

- висловлювання постійно істинне (математично їх приймають рівними 1);
- висловлювання постійно помилкове (математично їх приймають рівними 0);
- висловлювання, які можуть бути істинними або помилковими залежно від певних умов, тобто приймати значення 1 або 0 наперемінно.

За змістом висловлювання бувають прості та складні. Просте висловлювання – логічний аргумент (змінна) входить до складу складного висловлювання логічної функції, що залежить від істинності або помилковості аргументу. Зазвичай просте висловлювання позначається малими буквами латинського алфавіту: *x, e, z, m, p, a, b*. Складні висловлювання або логічні функції позначають великими буквами латинського алфавіту: *A, F, P, X, Y, S, Q*. Зв'язки між висловлюваннями – аргументами за своєю логікою різні, і від цього значення складного висловлювання непостійне.

Різні комбінації значень вхідних змінних у логічних функціях називаються наборами. Функція є цілком заданою, якщо вказані її значення для всіх наборів значень вхідних змінних. Зіставляючи кожному набору значення функції, рівне 0 або 1, можна отримати табличне завдання даної функції, яке називається таблицею відповідності.

Розглянемо логічні функції *n* аргументів, задаючись набором аргументів і таблицею істинності, в якій визначається значення функції для кожного поєднання аргументів. Для визначення кінцевого числа функцій використовується формула 2^n , отже, для двозначної системи набір функцій двох змінних дорівнює 16, а від однієї змінної – 4. Логічні двійкові функції отримали назву Бульових на ім'я англійського математика XIX віку Дж. Буля. Найменування, позначення і значення всіх шістнадцяти Бульових функцій для двозначної системи двох змінних надані в табл. 1.1 разом з назвами схем логічних елементів.

Таблиця 1.1

Значення Бульових функцій

№ п/п	Значення Бульових функцій залежно від аргументів <i>x</i> та <i>y</i>					Позначення функцій	Назва функції	Назва або позначення схеми логічного елемента
	<i>x</i>	0	0	1	1			
	<i>y</i>	0	1	0	1			
1	$F_0(x,y)$	0	0	0	0	0	Константа нуль	Генератор нуля
2	$F_1(x,y)$	0	0	0	1	$x \wedge y$	Кон'юнкція, логічне множення, I	Кон'юнктор, I, &
3	$F_2(x,y)$	0	0	1	0	$x \Delta y$	Заборона на <i>x</i> , заперечення імплікації	Схема заборони
4	$F_3(x,y)$	0	0	1	1	<i>x</i>	Змінна <i>x</i>	Повторювач <i>x</i>
5	$F_4(x,y)$	0	1	0	0	$y \Delta x$	Заборона за <i>y</i> , заперечення імплікації	Схема заборони
6	$F_5(x,y)$	0	1	0	1	<i>y</i>	Змінна <i>y</i>	Повторювач <i>y</i>
7	$F_6(x,y)$	0	1	1	0	$x \oplus y$	Сума за модулем 2, логічна нерівнозначність	Додавання за модулем 2, M2
8	$F_7(x,y)$	0	1	1	1	$x \vee y$	Диз'юнкція, логічне додавання, АБО	Диз'юнктор, АБО

Продовження таблиці 1.1

9	$F_8(x,y)$	1	0	0	0	$x \downarrow y$ $x \vee y$	Стрілка Пірса, заперечення диз'юнкції	Елемент Пірса, АБО-НІ
10	$F_9(x,y)$	1	0	0	1	$x \equiv y$	Еквівалентність	Рівнозначність
11	$F_{10}(x,y)$	1	0	1	0	y	Заперечення, інверсія у	Інвертор НІ
12	$F_{11}(x,y)$	1	0	1	1	$y \rightarrow x$	Імплікація від у до х	Елемент імплікації
13	$F_{12}(x,y)$	1	1	0	0	$\bar{x}$	Заперечення, інверсія х	Інвертор НІ
14	$F_{13}(x,y)$	1	1	0	1	$x \rightarrow y$	Імплікація від х до у	Елемент імплікації
15	$F_{14}(x,y)$	1	1	1	0	x/y	Штрих Шеффера, заперечення кон'юнкції	Елемент Шеффера, І-НІ
16	$F_{15}(x,y)$	1	1	1	1	1	Константа одиниця	Генератор одиниці

1.2 Основні закони алгебри логіки

У алгебрі логіки введена система аксіом, що визначає властивості і відносини основних операцій:

$$\begin{aligned}
 a + b &= b + a, \\
 a \cdot (b + c) &= ab + ac, \\
 a + bc &= (a + b)(a + c), \\
 a + \bar{a} &= 1, \\
 a + \bar{a} &= b + \bar{b}, \\
 a\bar{a} &= b\bar{b}.
 \end{aligned}$$

На основі цих аксіом виводяться всі теореми, що виражають основні закони алгебри логіки. Їх ще називають системою рівносильних перетворень функції або рівносильностями.

1. Закони нульової безлічі

$$\begin{aligned}
 0 \cdot a &= 0, \\
 0 + a &= a, \\
 0 \cdot abc \dots z &= 0,
 \end{aligned}$$

тобто кон'юнкція будь-якого числа змінних обертається в нуль, якщо яка-небудь одна змінна має значення 0, незалежно від значень інших змінних.

2. Закони універсальної множини

$$\begin{aligned}
 1 \cdot a &= a, \\
 1 + a &= 1, \\
 1 + a + b + \dots + z &= 1.
 \end{aligned}$$

тобто диз'юнкція будь-якого числа обертається в одиницю, якщо хоч би одна з її змінних має значення 1, незалежно від значень інших змінних.

3. Закони ідемпотентності (повторення, тавтології)

$$\begin{aligned}
 aa \dots a &= a, \\
 a + a + \dots + a &= a.
 \end{aligned}$$

4. Закони подвійної інверсії

$$\overline{\overline{a}} = a,$$

тобто подвійну інверсію можна зняти.

5. Закони додатковості

а) логічне протиріччя

$$a\overline{a} = 0,$$

тобто кон'юнкція будь-якої змінної та її інверсії є 0.

б) закон виключеного третього

$$a + \overline{a} = 1,$$

тобто диз'юнкція будь-якої змінної та її інверсії є 1.

6. Комутативний (переміщення) закон

$$ab = ba,$$

$$a + b = b + a,$$

тобто результати виконання операцій кон'юнкції і диз'юнкції не залежать від того, в якому порядку слідує змінні.

7. Асоціативні (сполучення) закони

$$a(bc) = (ab)c = abc,$$

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

тобто для запису кон'юнкції або диз'юнкції дужки можна опустити.

8. Дистрибутивні (розподільні) закони:

а) кон'юнкції відносно диз'юнкції

$$a(b + c) = ab + ac;$$

б) диз'юнкції відносно кон'юнкції

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

9. Закони поглинання

$$a(a + b) = a,$$

$$a(a + b)(a + c) \dots (a + w) = a,$$

$$a + ab = a,$$

$$a + ab + ac + \dots + aw = a,$$

$$a(\overline{a} + b) = ab,$$

$$a + \overline{a}b = a + b.$$

10. Закони склеювання (поширення)

$$ab + a\overline{b} = a,$$

$$(a + b)(a + \overline{b}) = a.$$

11. Закони узагальненого склеювання

$$ab + ac + bc = ab + ac,$$

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

$$(a + b)(a + c) = ac + ab.$$

12. Закони де Моргана (закони інверсії):

а) для двох змінних:

$$\overline{ab} = \overline{a} + \overline{b},$$

тобто інверсія кон'юнкції є диз'юнкція інверсій:

$$\overline{a + b} = \overline{a} \overline{b},$$

тобто інверсія диз'юнкції є кон'юнкція інверсій;

б) для n змінних

$$\overline{abc \dots w} = \overline{a} + \overline{b} + \overline{c} + \dots + \overline{w}$$

$$\overline{a + b + c + \dots + w} = \overline{abc \dots w}$$

13. Теорема розкладання

$$F(a, b, \dots, w) = aF(1, b, \dots, w) + \overline{a}F(0, b, \dots, w),$$

$$F(a, b, \dots, w) = [a + F(0, b, \dots, w)] \times [\overline{a} + F(1, b, \dots, w)]$$

14.

$$aF(a, \overline{a}, b, c, \dots, w) = aF(1, 0, b, c, \dots, w),$$

$$\overline{a}F(a, \overline{a}, b, c, \dots, w) = \overline{a}F(0, 1, b, c, \dots, w),$$

$$a + F(a, \overline{a}, b, c, \dots, w) = a + F(0, 1, b, c, \dots, w),$$

$$\overline{a} + F(a, \overline{a}, b, c, \dots, w) = \overline{a} + F(1, 0, b, c, \dots, w).$$

1.3 Форми логічних функцій та їх використання для синтезу логічних схем

Залежність вихідних змінних y_i , виражена через сукупність вхідних змінних $x_{n-1} \dots x_1 x_0$ за допомогою операцій алгебри логіки, носить назву функції алгебри логіки. Для n -розрядного двійкового коду $x_{n-1} \dots x_1 x_0$ існує 2^n різних значень y_i .

Функція називається повністю визначеною, якщо задані 2^n її значень. Якщо частина значень функції не задана, то вона називається частково визначеною або недовизначеною.

Іноді відомо, що за умовами роботи пристрою поява деяких вхідних кодів неможлива, і тому значення функції алгебри логіки на цих кодах не задаються. При цьому виникають так звані факультативні або необов'язкові значення функції, які можуть задаватися довільними. Вхідні коди, для яких функція алгебри логіки має факультативні значення, називаються забороненими.

Для опису функцій алгебри логіки можуть бути використані різні способи. Основними з них є опис функцій в словесній формі, у вигляді таблиць істинності, алгебраїчних виразів, послідовностей десяткових чисел, а також кубічних комплексів.

Словесний опис функцій алгебри логіки. Словесний вид опису найчастіше застосовується для первинного, початкового опису поведінки логічного пристрою.

Приклад. Логічна функція трьох змінних дорівнює одиниці, якщо хоча б дві вхідні змінні дорівнюють одиниці.

Опис функцій алгебри логіки у вигляді таблиці істинності. Таблиця, що містить всі можливі комбінації вхідних змінних $x_{n-1} \dots x_1 x_0$ та відповідні їм значення вихідних змінних y_i , називається таблицею істинності або

комбінаційною таблицею. У загальному випадку таблиця істинності містить 2^n рядків.

Приклад. Складемо таблицю істинності для функцій алгебри логіки (див. табл. 2.2) з попереднього прикладу.

Таблиця 1.2

Таблиця істинності логічної функції трьох змінних

x_2	x_1	x_0	y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Опис функцій алгебри логіки у вигляді алгебраїчного виразу.

Алгебра логіки дозволяє утворювати складні функції, аргументи яких є функціями інших двійкових аргументів. Операція заміни аргументом однієї функції іншими, більш простими функціями, носить назву суперпозиції функцій. Багаторазове використання принципу суперпозиції дає можливість отримати функції бажаного числа аргументів.

Елементарна кон'юнкція утворюється кон'юнкцією кінцевої безлічі логічних змінних та їх заперечень.

Наприклад: $P(x, y, z) = xyz$.

Елементарна диз'юнкція утворюється диз'юнкцією кінцевої безлічі логічних змінних та їх заперечень.

Наприклад: $P(x, y, z) = x + y + \bar{z}$.

Кількість змінних в елементарній кон'юнкції (диз'юнкції) називається її довжиною і визначає її ранг.

Наприклад: $P(x, y, z, w) = x + y + \bar{z} + w$ є диз'юнкцією четвертого рангу.

Мінтермом називають функцію, що приймає одиничне значення при одному з усіх можливих наборів аргументів, а макстермом називають функцію, яка приймає нульове значення при одному з можливих наборів і одиничне значення при усіх інших. Мінтерм алгебраїчно являє собою кон'юнкцію аргументів, а макстерм – диз'юнкцію аргументів. Якщо використовується двійкова система і число наборів аргументів n , то число мінтермів або макстермів $N = 2^n$.

Диз'юнкція будь-якого числа елементарних кон'юнкцій називається диз'юнктивною нормальною формою (ДНФ).

Наприклад, $a + bc + \bar{a}bc + \bar{a}\bar{b}c$.

Кон'юнкція будь-якого числа елементарних диз'юнкцій називається кон'юнктивною нормальною формою (КНФ).

Наприклад: $a(a+b)(\bar{b}+c)(\bar{a}+b+\bar{c})$.

Нормальні форми логічних функцій прийнято називати канонічними. Логічну функцію, задану будь-яким аналітичним вираженням, можна безпосередньо перетворити до нормальної диз'юнктивної (або кон'юнктивної) форми. Для цього необхідно:

- 1) виразити всі операції через операції кон'юнкції, диз'юнкції та інверсій;
- 2) позбутися інверсії над цілими виразами, перейшовши до форми, в якій є інверсії тільки окремих змінних;

3) розкрити дужки, застосовуючи закон дистрибутивності;

4) привести кон'юнкції (диз'юнкції) до елементарних.

Якщо до складу логічної формули входять набори елементарних кон'юнкцій однакового рангу, зв'язані диз'юнкцією, то така форма представлення логічної функції отримала назву довершеної диз'юнктивної нормальної форми (ДДНФ). Правило утворення ДДНФ функції n аргументів складається в наступному.

1. За кожним набором двійкових змінних, при якому функція приймає значення одиниці, скласти елементарні кон'юнкції (мінтерми).

2. В елементарну кон'юнкцію записати неінвертованими змінні, що задані одиницею в таблиці істинності, інвертованими ті змінні, які в таблиці істинності задані нулем. Отримані сполучення називають конститутантами одиниці.

3. Елементарні кон'юнкції з'єднати знаком диз'юнкції.

Довершеною нормальною кон'юнктивною формою (ДКНФ) логічної функції прийнято називати таке її вираження, яке містить елементарні диз'юнкції одного рангу, пов'язані кон'юнкцією. Правило утворення ДКНФ та аргументів складається в наступному:

1. За кожним набором двійкових змінних, при якому функція приймає значення нуля, скласти елементарні диз'юнкції (макстерми).

2. У елементарні диз'юнкції записати неінвертованими змінні, задані нулем в таблиці істинності, а інвертованими ті змінні, які в таблиці істинності задані одиницею. Отримані суми називають конститутантами нуля.

3. Елементарні диз'юнкції з'єднати знаком кон'юнкції.

Приклад. Нехай таблицею істинності задана функція $F(x_2, x_1, x_0)$ (див. табл. 1.3) і потрібно утворити її ДДНФ і ДКНФ.

За таблицею знаходимо, що функція F приймає значення одиниці при чотирьох наборах аргументів, тому функція F в ДДНФ буде складатися з суми чотирьох мінтермів:

$$F(x_2, x_1, x_0) = \bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0 + \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 + x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0 + x_2 x_1 x_0.$$

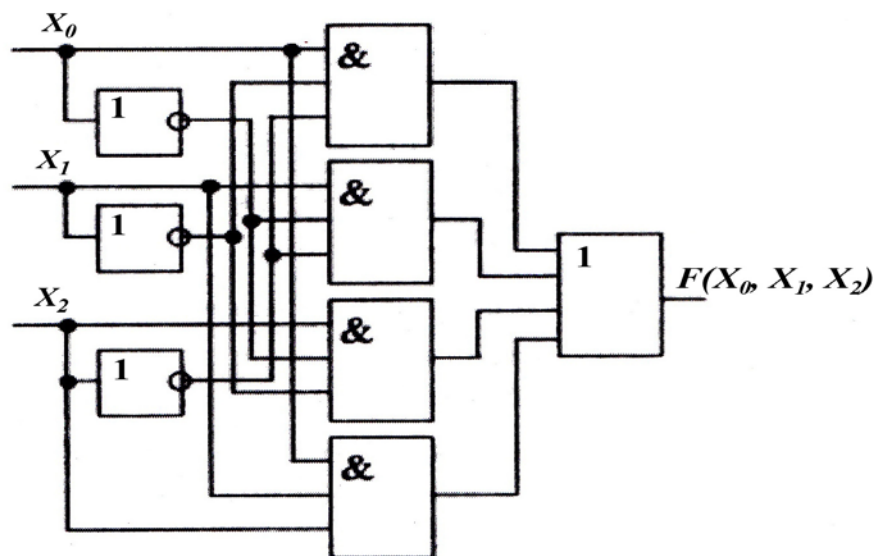
Функція $F(x_2, x_1, x_0)$ в ДКНФ приймає значення нуля при чотирьох наборах аргументів і буде складатися з логічного сполучення чотирьох макстермів:

$$F(x_2, x_1, x_0) = (x_2 + x_1 + x_0)(x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0)(\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0)(\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0).$$

Таблиця істинності функції $F(x_2, x_1, x_0)$

Значення аргументу			Значення функції F	ДДНФ	ДКНФ
x_2	x_1	x_0		мінтерм	макстерм
0	0	0	0	—	$x_2 + x_1 + x_0$
0	0	1	1	$\bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0$	—
0	1	0	1	$\bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0$	—
0	1	1	0	—	$x_2 + \bar{x}_1 + \bar{x}_0$
1	0	0	1	$x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$	—
1	0	1	0	—	$\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0$
1	1	0	0	—	$\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0$
1	1	1	1	$x_2 x_1 x_0$	—

ДКНФ використовується рідше за ДДНФ у процесі перетворення логічних виразів. Отримані формули функції, якщо не застосовувати ніяких перетворень, можна використати для синтезу функціональних схем логічних пристроїв. Так, для реалізації $F(x_2, x_1, x_0)$ в ДДНФ можна прийняти схему рис. 1.1.

Рисунок 1.1 – Реалізація функції $F(x_2, x_1, x_0)$

Від будь-якої ДНФ можна перейти до ДДНФ функції за допомогою рівносильних перетворень. Такий перехід називається розгортанням. Для цього необхідно:

- ввести бракуючі змінні в кожен кон'юнкційний множитель її на рівносильність вигляду $a + \bar{a} = 1$, де a – бракуюча змінна;
- розкрити дужки, застосовуючи комутативний закон ($ab = ba$);

– позбутися кон'юнкцій, що повторюються, на основі закону ідемпотентності ($a + a = a$).

Приклад. Нехай ДНФ функції має вигляд:

$$F = \overline{a}\overline{b}c + a\overline{c}.$$

Керуючись викладеним правилом переходу до ДДНФ, отримаємо:

$$F = \overline{a}\overline{b}c + a\overline{c}(b + \overline{b}) = \overline{a}\overline{b}c + \overline{a}b\overline{c} + \overline{a}\overline{b}\overline{c}.$$

Перехід від КНФ до ДКНФ здійснюється аналогічно з переходом від ДНФ до ДДНФ. Для цього необхідно:

– ввести бракуючі змінні в кожен диз'юнкцій, використовуючи закон суперечності $a\overline{a} = 0$ (a – бракуюча змінна);

– виробити перетворення, застосовуючи другий закон дистрибутивності $a + bc = (a + b)(a + c)$ і комутативний закон $a + b = b + a$;

– позбутися диз'юнкцій, що повторюються, на основі закону ідемпотентності $aa = a$.

Приклад. Розгортання КНФ вигляду:

$$F = (a + b)(\overline{b} + c)(\overline{a} + \overline{c})$$

в ДКНФ здійснюється таким чином:

$$\begin{aligned} F &= (a + b + 0)(\overline{b} + c + 0)(\overline{a} + \overline{c} + 0) = \\ &= (a + b + c\overline{c})(\overline{b} + c + a\overline{a})(\overline{a} + \overline{c} + b\overline{b}) = \\ &= (a + b + c)(\overline{b} + c + a)(\overline{a} + \overline{c} + b)(a + b + \overline{c})(\overline{b} + c + \overline{a})(\overline{a} + \overline{c} + \overline{b}). \end{aligned}$$

Опис функцій алгебри логіки у вигляді послідовності десятичних чисел. Іноді для скорочення запису функцію алгебри логіки надають у вигляді послідовності десятичних чисел. При цьому послідовно записують десяткові еквіваленти двійкових кодів відповідних конститuent одиниці або нуля.

Приклад. Записати у вигляді послідовності чисел функцію $F(x_2, x_1, x_0)$ з попереднього прикладу.

Рішення. У ДДНФ перша конститuenta "одиниця" відповідає двійковому коду 001. Десятковий еквівалент цього коду рівний 1. Аналогічно записуються інші конституенти:

$$F(x_2, x_1, x_0) = \sum(1, 2, 4, 7) = \vee(1, 2, 4, 7),$$

$$F(x_2, x_1, x_0) = \prod(0, 3, 5, 6) = \wedge(0, 3, 5, 6).$$

– позбутися кон'юнкцій, що повторюються на основі закону ідемпотентності.

Кубічні комплекси. Основою кубічної форми є представлення кожного набору вхідних змінних як n -мірний вектор. Вершини цих векторів геометрично можуть бути представлені як вершини n -мірного куба. Відмічаючи точками вершини векторів, для яких функція дорівнює одиниці, отримуємо геометричне представлення функції у вигляді куба.

1.4 Логічні елементи і схеми. Принцип подвійності

Відповідно до переліку логічних операцій розрізняють три основні логічних елемента (ЛЕ): І, АБО, НІ. Умовні графічні позначення цих ЛЕ показані на рис. 2.2.

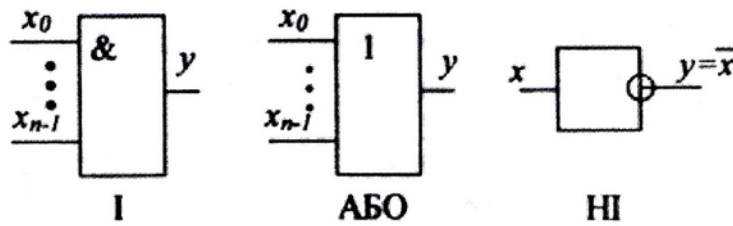


Рисунок 1.2 – Умовні графічні позначення логічних елементів

Число входів елементів І, АБО може бути довільним, а елемент НІ має завжди тільки один вхід.

При порівнянні операцій І та АБО, можна помітити, що якщо в умовах, які визначають операцію І, значення усіх змінних та самої функції замінити їх інверсією, а знак логічного множення – знаком логічного додавання, отримаємо постулати, що визначають операцію АБО:

$$\text{якщо } x_1 \cdot x_0 = y, \text{ то } \bar{x}_1 + \bar{x}_0 = \bar{y},$$

$$\text{якщо } x_1 + x_0 = y, \text{ то } \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_0 = \bar{y}.$$

Ця властивість взаємного перетворення постулатів операцій логічного додавання і множення носить назву принципу подвійності.

Дві функції алгебри логіки називаються подвійними, якщо одна виходить з іншої заміною кожної операції кон'юнкції на операцію диз'юнкції і навпаки. Принцип подвійності формулюється так: якщо функції F_1 та F_2 рівносильні, то рівносильні їм функції F_1^* та F_2^* .

Наприклад, для функції $F(a,b) = ab + \bar{a}\bar{b}$ подвійною є функція $F^*(a,b) = (a+b)(\bar{a}+\bar{b})$.

Потрібно відрізнити подвійні форми функції від інверсних функцій, які виходять із вихідних їх інвертуванням. При цьому не тільки усі операції замінюються на подвійні, але й всі змінні замінюються їх інверсіями.

Наприклад, для функції $F(a,b) = ab + \bar{a}\bar{b}$ інверсною є функція

$$\bar{F}(a,b) = \overline{ab + \bar{a}\bar{b}} = (\bar{a} + \bar{b})(a + b).$$

Важливим практичним наслідком принципу подвійності є той факт, що при записі логічних виразів і, отже, побудові логічних схем, можна обійтися тільки двома типами операцій. Наприклад операціями І та НІ чи АБО та НІ.

Сукупність ЛЕ, що дозволяє реалізувати логічну схему довільної складності, називається функціонально повною системою. Таким чином, системи двох елементів І та НІ, а також АБО та НІ нарівні з системою з трьох елементів І, АБО, НІ є функціонально повними. На практиці широкое застосування знайшли ЛЕ, що суміщають функції елементів вказаних вище функціонально повних систем. Це елементи І-НІ та АБО-НІ (див. рис. 1.3) кожний з яких так само утворить функціонально повну систему.

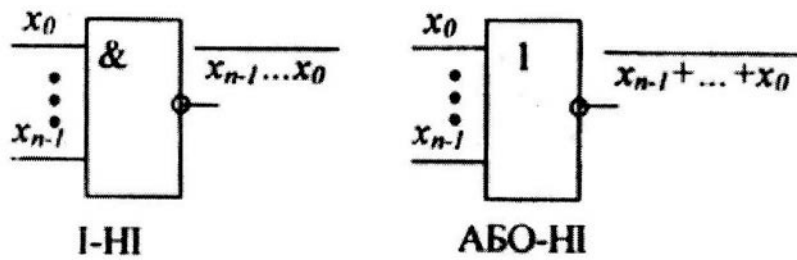


Рисунок 1.3 – Умовні графічні позначення логічних елементів І-НІ та АБО-НІ

Розглянемо виконання операцій І, АБО, та НІ на елементах АБО-НІ.

Згідно з принципом подвійності, якщо $x_1 \cdot x_0 = z$, то $\bar{x}_1 + \bar{x}_0 = \bar{z}$. Інвертуючи праву і ліву частини першого виразу, отримуємо $\overline{\bar{x}_1 + \bar{x}_0} = \overline{\bar{z}} = \overline{\overline{x_1 x_0}}$, тобто логічна операція І може бути замінена операціями АБО та НІ. На рис. 1.4 наведені приклади реалізації основних логічних операцій з використанням тільки елементів АБО-НІ.

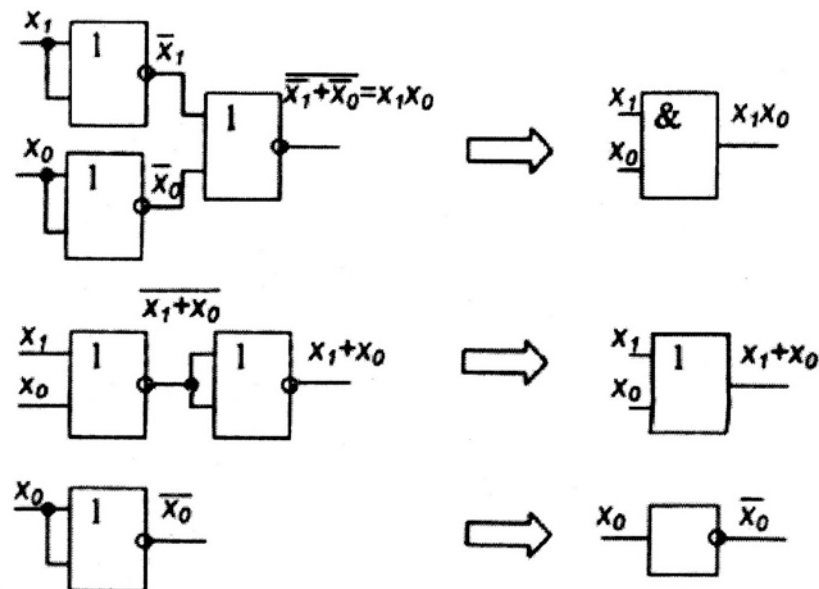


Рисунок 1.4 – Реалізація логічних операцій І, АБО, НІ на базі елементів 2АБО-НІ

На основі аналогічних міркувань можна показати виконання основних логічних операцій з використанням тільки елемента І-НІ (рис. 1.5).

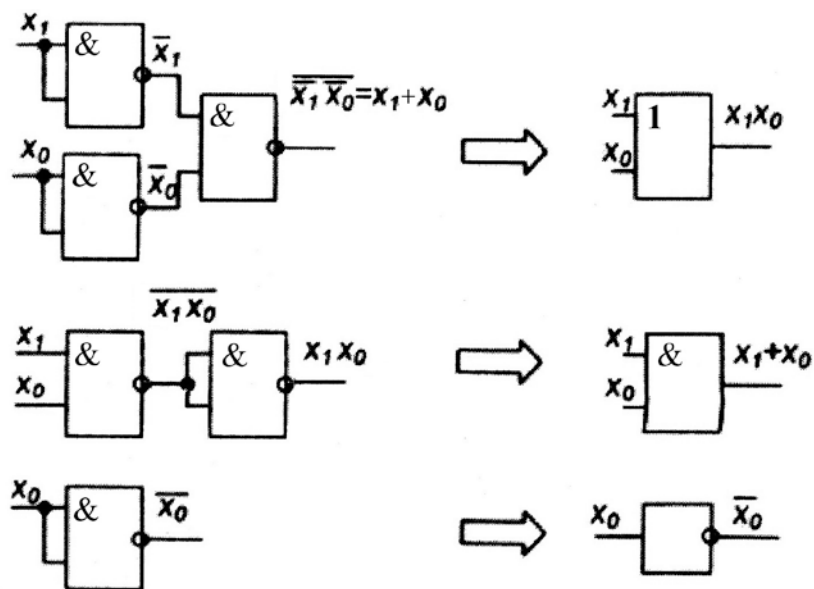


Рисунок 1.5 – Реалізація логічних операцій на базі елементів 2І-НІ

1.5 Класифікація логічних пристроїв

Логічні пристрої можуть бути класифіковані за різними ознаками. За способом вводу-виводу (інформації) логічні пристрої поділяються на послідовні, паралельні і послідовно-паралельні.

Послідовним називається пристрій, в якому вхідні змінні подаються на вхід, а вихідні змінні знімаються з виходу не одночасно, а послідовно, розряд за розрядом.

Паралельним називається пристрій, в якому всі розряди вхідних змінних подаються на вхід, і всі розряди вихідних змінних знімаються з виходу одночасно.

У послідовно-паралельних пристроях вхідні і вихідні змінні представлені в різних формах. Або на вхід змінні подаються послідовно символ за символом, а з виходу вони знімаються одночасно, або навпаки.

За принципом дії всі логічні пристрої діляться на два класи: комбінаційні та послідовні.

Комбінаційними пристроями або автоматами без пам'яті називають логічні пристрої, вихідні сигнали яких однозначно визначаються тільки діючою в даний момент на вході комбінацією змінних і не залежить від значень змінних, що діяли на вході раніше.

Послідовними пристроями або автоматами з пам'яттю, називають логічні пристрої, вихідні сигнали яких визначаються не тільки діючою в даний момент на вході комбінацією змінних, але й усією послідовністю вхідних змінних, що діяли в попередні моменти часу.

1.6 Методи мінімізації булевих функцій

1.6.1 Цілі мінімізації логічних пристроїв. Логічну схему, що реалізує заданий алгоритм перетворення сигналів, можна синтезувати безпосередньо за вираженням, поданим у вигляді ДДНФ або ДКНФ. Проте отримана при цьому

схема, як правило, не оптимальна з погляду її практичної реалізації. Тому вихідну логічну функцію звичайно мінімізують.

Ціллю мінімізації логічної функції є зменшення вартості її технічної реалізації. Критерій, відповідно до якого виконується мінімізація, далеко не однозначний і залежить як від типу задачі, так і від рівня розвитку технології.

Основними вимогами до задачі синтезу є: мінімальне число елементарних кон'юнкцій або диз'юнкцій у логічній формулі та однорідність використовуваних операцій. Крім вимог мінімізації ставиться ряд обмежень і умов на вибір елементарної бази для синтезованого пристрою.

1.6.2 Метод безпосередніх перетворень. Безпосереднє спрощення вихідної логічної функції, заданої у вигляді ДДНФ, виконується в наступному порядку:

1. Для кожної з можливих пар сусідніх конститuentів ДДНФ застосовується операція повного склеювання. При цьому з них виключається по одній змінній. Потім виконується приведення подібних членів. Цей процес повторюється доти, поки в отриманому вираженні не буде більше кон'юнкцій, що відрізняються один від одного значенням однієї змінної. Отримана у такий спосіб форма називається скороченою нормальною формою. Кон'юнкції, що входять у скорочену нормальну форму, називаються простими імплікантами. Кожній логічній функції відповідає лише одна скорочена форма.

2. Застосовуючи до скороченої нормальної форми операцію узагальненого склеювання, виключають із неї зайві кон'юнкції (імпліканти). Отримана в результаті послідовного ряду таких перетворень форма, що не допускає подальших склеювань, називається тупиковою формою логічної функції. Тупикових форм для однієї функції може бути декілька.

3. Отримана тупикова форма може випадково виявитися мінімальною. Мінімальною формою є тупикова форма мінімальної довжини. У загальному випадку для пошуку мінімальної форми необхідний перебір тупикових форм, що дозволяє знайти одну або декілька мінімальних форм логічної функції.

Для вихідної функції, заданої у вигляді ДКНФ, мінімізація методом безпосереднього спрощення виконується в такий спосіб:

1. Спочатку до членів ДКНФ застосовують операцію повного склеювання.

2. Користуючись законом дистрибутивності, розкривають дужки в отриманому вираженні.

3. Назводять подібні члени і застосовують операцію поглинання.

4. Отриману в такий спосіб ДНФ мінімізують у зазначеному вище порядку.

Приклад. Знайти мінімальну форму функції, заданої ДДНФ

$$F(a, b, c) = a\bar{b}c + \bar{a}b\bar{c} + \bar{a}\bar{b}c + \bar{a}b\bar{c} + ab\bar{c} = abc.$$

Застосовуючи операцію повного склеювання до сполучень кожного з конститuentів із усіма сусідніми і наводячи подібні члени, одержуємо скорочену нормальну форму:

$$F(a,b,c) = \bar{a}\bar{b} + \bar{b}c + ac + ab + b\bar{c} + \bar{a}\bar{c}.$$

Застосування операції узагальненого склеювання до імплікант можна здійснити в кількох варіантах. Кожному з них відповідає одна з наступних тупикових форм:

$$F_1(a,b,c) = ac + \bar{b}c + b\bar{c} + \bar{a}\bar{c};$$

$$F_2(a,b,c) = ac + b\bar{c} + \bar{a}\bar{b};$$

$$F_3(a,b,c) = \bar{b}c + ab + \bar{a}\bar{c}.$$

Очевидно, що аналізованій функції відповідають дві мінімальні нормальні форми $F_2(a,b,c)$ та $F_3(a,b,c)$.

1.6.3 Метод Карно-Вейча. Метод діаграм Вейча, удосконалений Карно, застосовується в тому випадку, коли число аргументів не більше 5–6. Карти Карно – це графічне наведення таблиць істинності. Кожній комбінації змінних можна поставити у відповідність клітину карти Карно. У клітину записуються значення функції (0 або 1) для даної комбінації вхідних змінних. Вхідні змінні розташовуються по зовнішніх сторонах карти навпроти її рядків і стовпчиків. При цьому значення кожної із вхідних змінних відноситься до всього рядка або стовпчика і дорівнює 1, якщо навпроти рядка (стовпчика) стоїть під дужкою позначення цієї змінної; для інших рядків (стовпчиків) значення цієї змінної дорівнює 0.

Кожна з вхідних змінних ділить по-своєму будь-яку карту Карно на дві рівні частини, в одній з яких значення цієї змінної дорівнює 1, а в іншій 0. Кожній клітині карти відповідає певна комбінація значень усіх вхідних змінних, а кожна сторона клітини являє собою межу між значеннями змінних. Число клітин карти Карно визначається величиною 2^n , де n дорівнює числу вхідних.

Приклад. Для функції трьох змінних $F(a,b,c)$, заданою таблицею істинності (табл. 1.4), карта Карно наведена на рис. 1.6.

Таблиця 1.4 – Значення функції $F(a,b,c)$

a	b	c	F(a,b,c)
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

	1	0	1	0
a [	0	0	1	1

Рисунок 1.6 – Карта Карно для функції трьох змінних

Карта Карно для логічної функції, заданої алгебраїчним вираженням, може бути складена в наступному порядку:

- за числом змінних, входних у вираженні заданої функції, будується карта Карно і розташовуються змінні; задане алгебраїчне вираження приводиться до ДДНФ;
- у карті Карно для кожної конституенти одиниці ДДНФ знаходиться відповідна клітина (із таким же набором змінних), у якій записується 1, в інші клітини карти записуються 0.

Властивості карти Карно:

1. Комбінації значень змінних для сусідніх клітин карти Карно розрізняються значенням лише однієї змінної. При переході з однієї клітини в сусідню завжди змінюється значення лише однієї змінної від свого прямого значення до його інверсії та навпаки.

2. Сусідніми між собою є крайні ліві клітини карти Карно з крайніми правими і крайні верхні клітини карти з крайніми нижніми (ніби карти були згорнуті в циліндри по вертикалі і по горизонталі).

Всі клітини, що відрізняються значенням тільки однієї змінної, є сусідніми, незважаючи на те, що іноді вони розташовані не поруч (для функцій п'яти змінних і більше).

Приклад. Розглянемо карту для п'яти змінних (рис. 1.7), не приймаючи до уваги значення функції в клітинах карти.

Випишемо комбінації значень змінних для клітин другого рядка, рухаючись зліва направо:

1. $\bar{a}b\bar{c}\bar{d}\bar{e}$; 3. $\bar{a}b\bar{c}de$; 5. $\bar{a}bcd\bar{e}$; 7. $\bar{a}bcde$;
2. $\bar{a}b\bar{c}\bar{d}e$; 4. $\bar{a}b\bar{c}d\bar{e}$; 6. $\bar{a}bcd\bar{e}$; 8. $\bar{a}bcde$.

Клітина 1 є сусідньою з клітиною 2 (відрізняється значенням змінної e), із клітиною 8 (відрізняється значенням змінної c), та з клітиною 4 (відрізняється значенням змінної d). Клітина 5 є сусідньою з клітиною 4 (змінна c), 6 (змінна e), і 8 (змінна d). Аналогічно встановлюється сусідство інших клітин.

Рисунок 1.7 – Карта Карно для функції п'яти змінних

Для деякої логічної функції, наданої за допомогою карти Карно, можна записати декілька алгебраїчних виражень різноманітної складності в диз'юнктивній або кон'юнктивній формі.

При цьому варто керуватися рядом правил:

1. Всі одиниці (при записі функції в диз'юнктивній формі) і всі нулі (при записі в кон'юнктивній формі) повинні бути замкнуті в прямокутні контури. Одиничні контури можуть об'єднувати декілька одиниць, але не повинні містити усередині нулів. Нульові контури можуть об'єднувати декілька нулів, але не повинні містити усередині одиниць. Однойменні контури можуть накладатися один на одного, тобто та сама одиниця (або нуль) може входити у декілька одиничних (нульових) контурів.

2. Площа будь-якого контуру повинна бути симетричною щодо меж змінних, пересічених даним контуром. Іншими словами, число клітин у контурі дорівнює 2^n , де $n=0,1,2,3,4,\dots$, тобто число клітин виражається числами 1,2,4,8,16,32,...

3. Щоб уникнути одержання зайвих контурів їх побудову варто починати з тих одиниць або нулів, що можуть увійти в один єдиний контур. Зайвими називаються контури, усі клітини яких увійшли вже в інші контури.

4. У контури можна об'єднувати тільки сусідні клітини, що містять одиниці або нулі. Дотримання цього правила особливо необхідно перевіряти при числі змінних, більше чотирьох, коли сусідні клітини можуть бути розташовані не поруч і тому контури можуть зазнавати видимого розриву.

5. Кожній одиничній клітині відповідає кон'юнкція вхідних змінних, що визначають дану клітину. Кожній нульовій клітині відповідає диз'юнкція інверсій вхідних змінних, що визначають дану клітину.

6. У контурі, що об'єднує дві клітини, одна зі змінних змінює своє значення, тому вираження контуру з двох клітин не залежить від цієї змінної, а представляється усіма іншими змінними. Це правило відноситься і до контурів,

7. Вираження логічної функції може бути записане за відповідною їй картою Карно в диз'юнктивній або кон'юнктивній формі. Диз'юнктивна форма складається у вигляді диз'юнкції кон'юнкцій, що відповідають одиничним контурам, виділеним на карті для визначення функції; кон'юнктивна – у вигляді кон'юнкції диз'юнкцій, що відповідають нульовим контурам.

Для одержання за картою Карно мінімального вираження логічної функції варто керуватися, крім загальних правил, викладених вище, правилом: одиниці або нулі повинні об'єднуватися мінімальним числом найбільших контурів.

Наявність знаків умовного значення функції в клітинах карти Карно дозволяє включати ці клітини в контури з одиницями або нулями (на розсуд проектувальника), що сприяє одержанню мінімальних алгебраїчних виражень для даної логічної функції.

0	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1	1
~	~	~	~	~	~	~	~
0	1	1	0	0	0	1	0

19

Дотримуючись правил визначення алгебраїчних виражень за картою Карно, керуючись правилом мінімізації і з огляду на наявність умовних значень функції, можна записати наступні вираження для даної логічної функції:

по одиничних контурах

$$Z = ac + a\bar{d} + c\bar{d} + c\bar{e};$$

по нульових контурах

$$Z = (a + c)(c + \bar{d})(a + \bar{d} + \bar{e}).$$

Метод мінімізації за допомогою карт Карно дозволяє наочно і достатньо просто здійснювати мінімізацію логічної функції чотирьох–шести змінних, хоча іноді його застосовують і для мінімізації функцій більшого числа змінних. Проте при збільшенні числа змінних застосування карт Карно ускладнюється, тому що з'являються ускладнення при визначенні сусідніх станів (клітин).

Приклади завдань для розв'язання за другим розділом наведені у додатку.

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розрахунок виконується відповідно до керівних матеріалів Проектмонтажавтоматики [3].

У додатку 2 наведені таблиці для вибору перерізів мідних та алюмінієвих проводів та жил кабелів у різних умовах прокладки.

Потрібно вибрати апарати управління та захисту, а також розрахувати переріз жил проводів та кабелів схеми електроживлення системи автоматизації, наведеної на рис. 2.1.

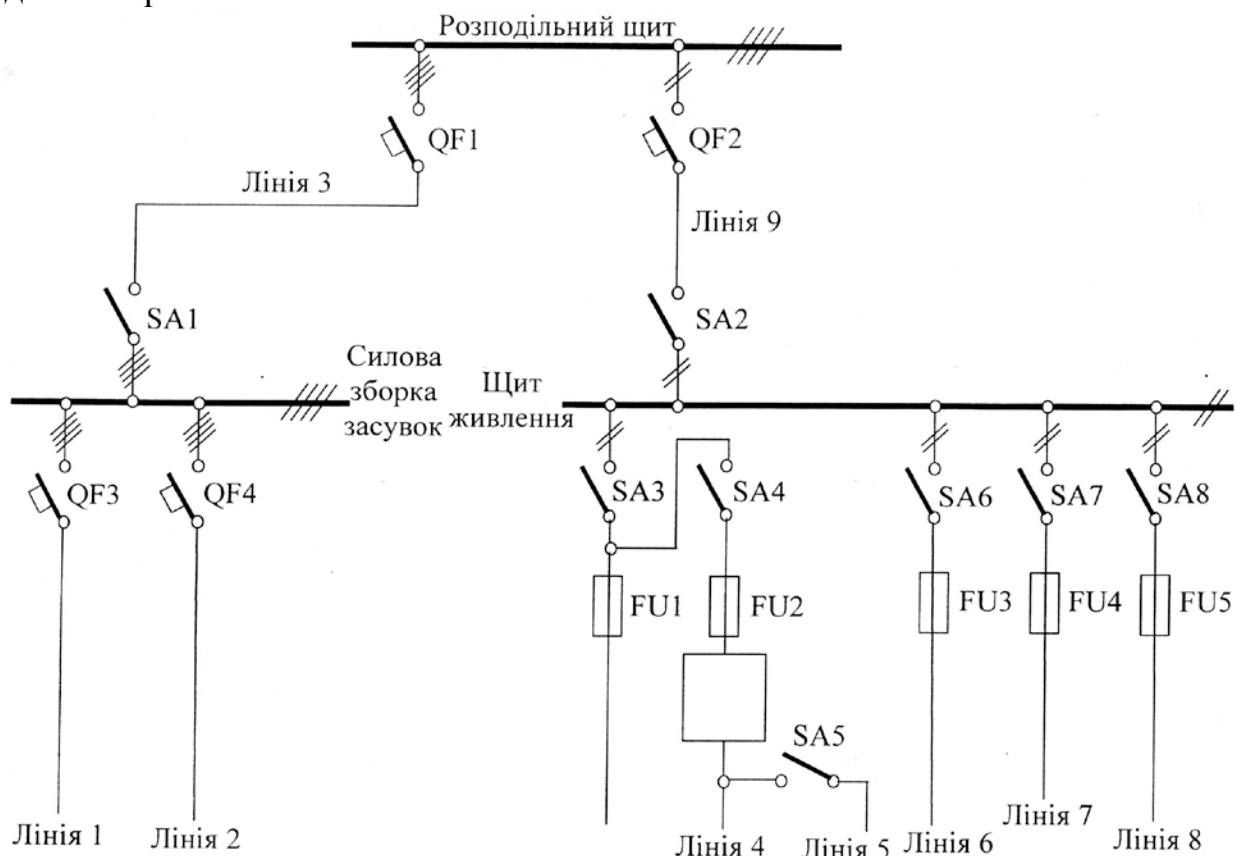


Рисунок 2.1 – Схема електроживлення

Від шин розподільного щита одержують живлення силова зборка засувки та щит живлення.

Від силової зборки живляться два електроприводи засувки з асинхронними двигунами з короткозамкнутим ротором. Електродвигуни, силова зборка і пускова апаратура встановлені в приміщенні з нормальним середовищем. Технічні характеристики двигунів зазначені в табл. 2.1. Режим роботи двигунів виключає можливість тривалих перевантажень, умови їхнього пуску неважкі. Обидва двигуни можуть працювати одночасно.

До щита живлення підключені:

а) система регулювання температури, споживачами електроенергії якої є магнітний підсилювач типу УМД-25, виконавчий механізм типу МЭО-25/100, показчик положення типу ДУП-Б та електронні прилади типу РПИБ-Т та КПИ-Т. Останні живляться через стабілізатор напруги типу С-0,16;

б) електронний потенціометр типу ПС1-01;

в) електронний міст типу ЭМР-209РМЗ;

г) схема сигналізації, в якій споживачами електроенергії є П реле типу МКУ-48 та 10 ламп Ц-220-0. Технічні характеристики цих електроприймачів зазначені у табл. 2.2.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики електродвигунів

№ лінії	Тип	Ном. потужність, Р, Вт	Ном. напруга, $U_{\text{н}}$, В	Ном. струм, $I_{\text{н}}$, А	Кратність пускового струму	Пусковий струм, $I_{\text{пуск}}$, А
1	A02-62-2	17000	380	32,5	7	228
2	A02-51-4	7500	380	14,8	7	103,5

Таблиця 2.2

Технічні характеристики електроприймачів

№ лінії	Найменування і тип електроприймача	Ном. потужність S, ВА (Р,Вт)	Ном. напруга, $U_{\text{н.ф.}}$, В
{ 4	Система регулювання температури: а) підсилювач УМД-25 б) виконавчий механізм МЭО-25/100 в) показчик ДУП-Б	300	220
{ 5	Система регулювання температури: г) електронний регулюючий прилад РПИБ-Т д) електронний коригуючий прилад КПИ-Т	40 30	стабілізоване 220
6	Електронний потенціометр ПС1-01	60	220
7	Електронний міст ЭМР-209РМЗ	150	220
8	Схема сигналізації: а) 11 реле МКУ-48 б) 10 ламп Ц-220-10	110 (100)	220 220

*Як приклад, наведений розрахунок конкретної електросхеми, яка знаходиться в експлуатації; частково прилади, що входять до складу схеми, з виробництва зняті або замінені іншими, однак для цілей даних МВ це значення не має.

Усі електроприймачі та апарати живлення встановлені на щитах, що знаходяться у приміщенні з нормальним середовищем.

Електропроводка від силового трансформатора до розподільного щита виконана кабелем з алюмінієвими жилами, а решта – проводами з алюмінієвими жилами, прокладеними у захисних трубах.

Відповідно до вимог, викладених у даних МВ, вибір апаратів управління, захисту та перерізів провідників доцільно вести у наступній послідовності:

- визначаються тривалі та короточасні розрахункові струми ліній;
- за величиною розрахункових струмів ліній здійснюється вибір апаратів управління та захисту;
- здійснюється вибір перерізів провідників за величиною розрахункових струмів ліній і за умовою відповідності вибраним апаратам захисту, а також перевіряється відповідність вибраних перерізів жил проводів та кабелів найменшим допустимим перерізам провідників за механічною міцністю.

2.1 Визначення розрахункових струмів ліній

Лінія 1

Тривалим розрахунковим струмом лінії є номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{трив}} = I_{\text{н.дв.}} = 32,5 \text{ A.}$$

Короточасним струмом лінії буде пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{кор}} = I_{\text{пуск}} = 228 \text{ A.}$$

Лінія 2

Тривалим розрахунковим струмом лінії є номінальний струм двигуна:

$$I_{\text{трив}} = I_{\text{н.дв.}} = 14,8 \text{ A.}$$

Короточасним струмом лінії буде пусковий струм двигуна :

$$I_{\text{кор}} = I_{\text{пуск}} = 103,5 \text{ A.}$$

Лінія 3

Тривалим розрахунковим струмом лінії буде сума номінальних струмів двигунів:

$$I_{\text{трив}} = \Sigma I_{\text{н.дв.}} = 32,5 + 14,8 = 47,3 \text{ A.}$$

Короточасним струмом лінії визначиться із умови, що двигун № 2 працює, а двигун № 1 пускається:

$$I_{\text{кор}} = I_{\text{н.дв.2}} + I_{\text{пуск.1}} = 14,8 + 228 = 242,8 \text{ A.}$$

Лінія 4

Розрахунковий струм лінії визначається за формулою:

$$I = \frac{1000 \cdot S}{U_{\text{н.ф.}}} = \frac{1000 \cdot 0,3}{220} = 1,37 \text{ A.}$$

Лінія 5

Розрахунковий струм лінії дорівнює:

$$I = \frac{1000 \cdot S}{U_{н.ф.}} = \frac{1000 \cdot 0,07}{220} = 0,32 \text{ A.}$$

Лінія 6

Розрахунковий струм лінії дорівнює:

$$I = \frac{1000 \cdot S}{U_{н.ф.}} = \frac{1000 \cdot 0,06}{220} = 0,27 \text{ A.}$$

Лінія 7

Розрахунковий струм лінії дорівнює:

$$I = \frac{1000 \cdot S}{U_{н.ф.}} = \frac{1000 \cdot 0,15}{220} = 0,68 \text{ A.}$$

Лінія 8

Розрахунковий струм лінії визначається з виразу:

$$I = \Sigma I_p + 0,1 \Sigma I'_e,$$

який враховує, що частина реле і ламп схеми сигналізації можуть працювати одночасно, а частина – в той же час може вмикатися. У прикладі, що розглядається, одночасно можуть працювати 5 реле і 5 ламп. Струм, що протікає через одне реле МКУ-48, дорівнює:

$$I = \frac{1000 \cdot S}{U_{н.ф.}} = \frac{1000 \cdot 0,01}{220} = 0,046 \text{ A.}$$

Струм через одну лампу Ц-220-10 дорівнює:

$$I = \frac{1000 \cdot P}{U_{н.ф.}} = \frac{1000 \cdot 0,01}{220} = 0,046 \text{ A.}$$

$$\Sigma I_p = 0,046 \cdot 5 + 0,46 \cdot 5 = 0,46 \text{ A.}$$

Одночасно можуть вмикатися 2 реле і 2 лампи:

$$\Sigma I'_e = 0,046 \cdot 2 + 0,046 \cdot 2 = 0,148 \text{ A.}$$

Тоді розрахунковий струм лінії буде:

$$I = 0,46 + 0,1 \cdot 0,148 = 0,48 \text{ A.}$$

Лінія 9

Розрахунковий струм лінії визначається як сума розрахункових струмів ліній 4, 5, 6, 7, 8.

$$I = 1,37 + 0,32 + 0,27 + 0,68 + 0,48 = 3,12 \text{ A.}$$

Величини розрахункових струмів усіх ліній зведені у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Номер лінії		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розрахунковий струм	тривалий	32,5	14,8	47,3	1,37	0,32	0,27	0,68	0,48	3,12
	короткочасний	228	103,5	242,8						

2.2 Вибір апаратів управління та захисту

Застосовуємо наступні апарати управління та захисту:

- а) в лініях 1 та 2 – автомати і магнітні пускачі;
- б) в лінії 3 – автомат, встановлений у розподільчому щиті і вимикач – на вводі у силову збірку засувок;
- в) в лініях 4, 5, 6, 7, 8 – вимикачі та запобіжники;
- г) в лінії 9 – автомат, встановлений у розподільчому щиті і вимикач – на вводі у щит живлення.

2.2.1 Вибір апаратів управління

Лінія 3

Вибираємо пакетний вимикач типу ПВМ3-100, з огляду на умови:

$$U_n \geq U_{н.мережі} \sim 380V = \sim 380V.$$

$$I_n \geq I_{трив.} 63A > 47,3A.$$

Лінії 4, 5, 6, 7, 8, 9

Вибираємо пакетні вимикачі типу ПВМ2-10, враховуючи що найбільший тривалий струм дорівнює 3,12 А (лінія 9):

$$U_n \geq U_{н.мережі} \sim 220V = \sim 220V.$$

$$I_n \geq I_{трив.} 10A > 3,12A.$$

Основні технічні дані апаратів управління, встановлених у схемі, що розглядається, зведені у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Основні технічні дані апаратів управління

Номер лінії	3	4	5	6	7	8	9
Позначення апарата	B1	B3	B4	B6	B7	B8	B2
Тип апарата	ПВМ3-100	ПВМ2-10					
Номінальна напруга, $U_{н.,B}$	$\sim 380V$	$\sim 220V$					
Номінальний струм, $I_{н.,A}$	63	10					

3.2.2 Вибір апаратів захисту

Лінія 1

Вибираємо автоматичний вимикач типу АП50-3МТ, з огляду на умови:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.} \sim 500V > \sim 380V.$$

$$I_{н.а.} \geq I_{трив.} 50A > 32,5A.$$

Визначаємо номінальний струм комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{н.розч.} \geq I_{н.дв.} I_{н.розч.} \geq 32,5A.$$

Вибираємо розчіплювач з номінальним струмом $I_{н.розч.}=40A$.

Визначаємо струм уставки відсічення електромагнітного елемента комбінованого розчіплювача:

$$I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25 I_{пуск.}, I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25 \cdot 228 = 285A.$$

$$\frac{I_{уст.ел.магн.}}{I_{н.розч.}} = \frac{285}{40} = 7,1$$

Приймаємо $I_{уст.ел.магн.} = 8 I_{н.розч.}$.

Визначаємо номінальний струм уставки теплового елемента комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{уст.ел.магн.} \geq I_{н.дв.}, I_{н.уст.тепл.} \geq 32,5A.$$

Налагоджуємо автомат на $I_{н.уст.тепл.} = 33A$.

Лінія 2

Вибираємо автоматичний вимикач типу АП50-3МТ, з огляду на умови:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.}, \sim 500V > \sim 380V.$$

$$I_{н.а.} \geq I_{трив.}, 50A > 14,8A.$$

Визначаємо номінальний струм комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{н.розч.} \geq I_{н.дв.}, I_{н.розч.} \geq 14,8A.$$

Вибираємо розчіплювач з номінальним струмом $I_{н.розч.} = 16A$.

Визначаємо струм уставки відсічення електромагнітного елемента комбінованого розчіплювача:

$$I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25 I_{пуск.}, I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25 \cdot 103,5 = 130A.$$

$$\frac{I_{уст.ел.магн.}}{I_{н.розч.}} = \frac{130}{16} = 8,1.$$

Приймаємо $I_{уст.ел.магн.} = 8 I_{н.розч.}$.

Визначаємо номінальний струм уставки теплового елемента комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{н.уст.тепл.} \geq I_{н.дв.}, I_{н.уст.тепл.} \geq 14,8A.$$

Налагоджуємо автомат на $I_{н.уст.тепл.} = 15A$.

Лінія 3

Вибираємо автоматичний вимикач типу АП50-3МТ, з огляду на умови:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.} \sim 500В > \sim 380В.$$

$$I_{н.а.} \geq I_{триг.}, 50А > 47,3А.$$

Визначаємо номінальний струм комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{н.розч.} \geq I_{н.дв.}, I_{н.розч.} \geq 47,3А.$$

Визначаємо струм уставки відсічення електромагнітного елемента комбінованого розчіплювача :

$$I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25(\Sigma I_{н.дв.} + I'_{пуск.}), I_{уст.ел.магн.} \geq 1,25 \cdot 242,8 = 304А.$$

$$\frac{I_{уст.ел.магн.}}{I_{н.розч.}} = \frac{304}{50} = 6,1.$$

Приймаємо $I_{уст.ел.магн.} = 8 I_{н.розч.}$

Визначаємо номінальний струм уставки теплового елемента комбінованого розчіплювача за формулою

$$I_{н.уст.тепл.} \geq I_{н.дв.}, I_{н.уст.тепл.} \geq 47,3А.$$

Налагоджуємо автомат на $I_{н.уст.тепл.} = 48А.$

Лінія 4

Вибираємо запобіжники типу ПТ, з огляду на умови:

$$U_{н.зан.} \geq U_{н.мережі.} \sim 250В > \sim 220В.$$

$$I_{н.вст.} \geq I_{н.триг.}, I_{н.вст.} \geq 1,37А.$$

Приймаємо $I_{н.вст.} = 2А.$

Лінія 5

Вибираємо запобіжники типу ПТ, з огляду на умови:

$$U_{н.зан.} \geq U_{н.мережі.} \sim 250В > \sim 220В.$$

$$I_{н.вст.} \geq I_{н.триг.}, I_{н.вст.} \geq 0,32А.$$

Приймаємо $I_{н.вст.} = 0,5А.$

Лінія 6

Вибираємо запобіжники типу ПТ, з огляду на умови:

$$U_{н.зап.} \geq U_{н.мережі}, \sim 250В > \sim 220В.$$
$$I_{н.вст.} \geq I_{н.трив.}, I_{н.вст.} \geq 0,27А$$

Приймаємо $I_{н.вст.} = 0,5 А$.

Лінія 7

Вибираємо запобіжники типу ПТ, з огляду на умов:

$$U_{н.зап.} \geq U_{н.мережі}, \sim 250 В > \sim 220 В.$$
$$I_{н.вст.} \geq I_{н.трив.}, I_{н.вст.} > 0,68 А.$$

Приймаємо $I_{н.вст.} = 1 А$.

Лінія 8

Вибираємо запобіжники типу ПТ, з огляду на умов:

$$U_{н.зап.} \geq U_{н.мережі}, \sim 250В > \sim 220 В.$$
$$I_{н.вст.} \geq I_{н.трив.}, I_{н.вст.} > 0,48 А.$$

Приймаємо $I_{н.вст.} = 0,5 А$.

Лінія 9

Вибираємо автоматичний вимикач типу АП50-2М, з огляду на умови:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с.}, \sim 500В > \sim 380 В.$$
$$I_{н.вст.} \geq I_{н.трив.}, 50 А > 3,12 А.$$

Визначаємо номінальний струм електромагнітного розчіплювача за розрахунковим струмом лінії, що дорівнює $I_{розр.} = 3,12 А$.

$$I_{н.розч.} > 3,12 А.$$

Вибираємо розчіплювач з номінальним струмом $I_{н.розч.} = 4 А$.

Так як автомат встановлений у колі живлення електроприймачів, при вмиканні яких не виникають кидки пускового струму, тоді струм уставки електромагнітного розчіплювача вибираємо мінімально можливим,

$$I_{уст.ел.магн.} = 3,5 I_{н.розч.}$$

Основні технічні характеристики апаратів захисту, встановлених у схемі, зведені у табл. 3.5.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики апаратів захисту

Номер лінії	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позначення апарата	QF3	QF4	QF1	FU1	FU2	FU3	FU4	FU5	QF2
Тип розчіплювача	АП50-3MT								АП50-2М
Струм розчіплювала автомата, $I_{н.розч.}, A$	40	16	50	–	–	–	–	–	4
Струм уставки ел. магн. розчіплювала, $I_{уст.ел.магн.}, A$	81 н.розч.			–	–	–	–	–	$3,5 I_{н.розч}$
Струм уставки теплового розчіплювала, $I_{н.уст.тепл.}, A$	33	15	48	–	–	–	–	–	–
Струм плавкої вставки запобіжника	–	–	–	2	0,5	0,5	1	0,5	–

2.3 Вибір магнітних пускачів і теплових релеЛінія 1

Вибираємо магнітний пускач типу ПА-300 без теплових реле. Захист від перевантажень даної лінії здійснюється тепловим елементом комбінованого розчіплювача автоматичного вимикача.

Лінія 2

Вибираємо магнітний пускач типу ПМЕ-200 без теплових реле. Захист від перевантажень даної лінії здійснюється тепловим елементом комбінованого розчіплювача автоматичного вимикача.

Вибір перерізів провідниківЛінія 1

Допустимий тривалий струм для провідників визначається як найбільша величина із наступних значень:

$$I_{н.д.} \geq I_{трив.}, I_{н.д.} \geq 32,5 A$$

$$I_{н.д.} \geq K_3 I_3, I_{н.д.} \geq 0,66 \times 40 = 26,4 A$$

Значення $I_{трив.}$ визначене за табл. 3.3; K_3 – за табл. 2.1. додатка 2; I_3 – за табл. 3.5.

Таким чином, розрахунковим струмом для вибору перерізів провідників є струм $I_{н.д.} \geq 32,5 A$.

Для даного значення струму й прийнятого виду електропроводки за табл. 2.2 додатка 2 вибираємо проводи перерізом 10 мм^2 , для яких тривале допустиме навантаження дорівнює 39 А.

Вибраний переріз проводів задовольняє також умові механічної міцності.

Вибір перерізів провідників для інших ліній проводиться аналогічно.

Лінія 2

$$I_{н.д.} \geq 14,8 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,66 \times 16 = 10,6 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 3

$$I_{н.д.} \geq 47,3 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,66 \times 50 = 33 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом 16 мм^2 з тривалим допустимим навантаження 55 А.

Лінія 4

$$I_{н.д.} \geq 1,37 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,33 \times 2 = 0,66 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 5

$$I_{н.д.} \geq 0,32 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,33 \times 2 = 0,66 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 6

$$I_{н.д.} \geq 0,27 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,33 \times 0,5 = 0,165 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 7

$$I_{н.д.} \geq 0,68 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,33 \times 1 = 0,33 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 8

$$I_{н.д.} \geq 0,48 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,33 \times 0,5 = 0,165 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Лінія 9

$$I_{н.д.} \geq 3,12 \text{ А.}$$

$$I_{н.д.} \geq 0,22(3,5 \times 4) = 3,08 \text{ А.}$$

Вибираємо проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ з тривалим допустимим навантаження 19 А.

Вибрані перерізи проводів зведені у табл. 2.6

Таблиця 2.6

Перерізи проводів

№ лінії	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Переріз проводу, мм^2	10	2,5	16	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

У додатку 2 наведені додатково таблиці для вибору проводів та жил кабелів у різних умовах прокладання (табл. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6).

3 МОНТАЖ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ. ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У цьому розділі розглянуті особливості монтажу основних видів технічних засобів вимірювання та регулювання ліній зв'язку.

Теми та зміст питань, що розглядаються, наведені у додатку 3.

Література, що рекомендується за даним розділом, наведена у списку літератури.

Приклади завдань для розв'язання за другим розділом

Практична робота №1

Логічні функції, операції та зв'язки

Мета роботи: вивчення способів завдання логічних функцій, одержання практичних навичок описання цифрових автоматів.

Завдання 1. Надати функціональну схему цифрового автомата за заданою формулі (таблиця 1). Скласти таблицю істинності.

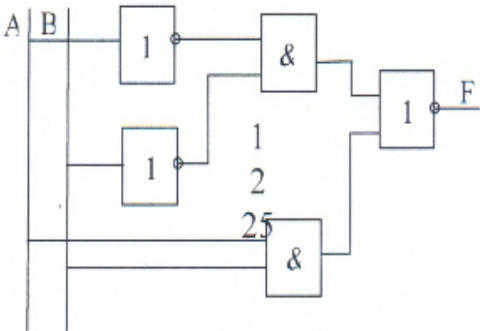
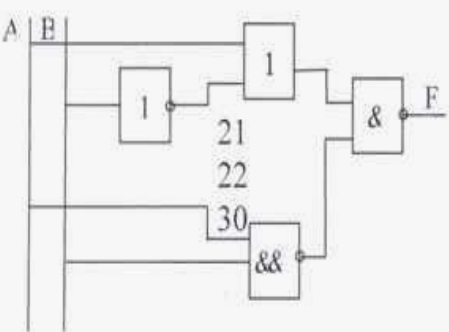
Завдання 2. Надати формулу, яка описує роботу цифрового автомата відповідно до наданої схеми (таблиця 2). Скласти таблицю істинності.

Завдання 3. Надати формулу логічної функції F (таблиця 3). Побудувати схему цифрового автомата на елементах І, АБО, НІ.

Таблиця 1

Варіант	
1	$F = (\bar{A} \vee B) \& A \& B$
2	$F = \bar{B} \& A \vee \bar{A}$
...	
30	$F = A \& B \vee \bar{B} \vee \bar{A}$

Таблиця 2

Варіант	
	
...	
	

Таблиця 3

A	0	0	0	0	1	1	1	1
B	0	0	1	1	0	0	1	1
C	0	1	0	1	0	1	0	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
F	1	0	0	1	1	0	0	0

Практична робота № 2

Спрощення логічних виразів

Мета роботи: одержання практичних навичок спрощення логічних виразів за допомогою законів і тотожностей алгебри логіки.

Завдання 1. Використовуючи закони і тотожності алгебри логіки, одержати кінцевий варіант спрощення логічних виразів (таблиця 1).

Завдання 2. Застосовуючи закони і тотожності алгебри логіки, одержати мінімальну форму логічної функції (таблиця 2). Скласти таблицю істинності. Одержати СДНФ і СКНФ.

Таблиця 1

Варіант	Логічні вирази
1	$(1 \vee X) \& (X \vee \bar{X})$ $\bar{X} \& X \vee \bar{X}$
2	$(1 \vee \bar{X}) \& X \vee \bar{X}$ $\bar{X} \& X \vee X$
...	
30	$(1 \vee X \vee \bar{X}) \& \bar{X}$ $(0 \vee X) \& (X \vee \bar{X})$

Таблиця №2

Варіант	Логічні вирази
1	$F = X \vee \bar{X} \vee YZ \& (\bar{X} \vee YZ)$ $F = \bar{X} \vee \bar{X} \vee YZ \vee \bar{X} \& \bar{Y}\bar{Z}$ $F = X \vee \bar{X} \vee YZ \& (X \vee YZ)$
2	$F = \bar{X}\bar{Y} \& XY\bar{Z} \& XY$ $F = \bar{X}\bar{Y} \& \bar{X}\bar{Y} \& Z \& \bar{X}\bar{Z}$ $F = XY \vee XY \vee \bar{Z} \vee XZ$
...	
30	$F = XZ \& XY \& \bar{Z} \vee XY$ $F = \bar{X}\bar{Y} \& \bar{X}\bar{Y} \vee \bar{Z} \& \bar{X}\bar{Z}$ $F = X \vee \bar{X} \vee YZ \& (X \vee YZ)$

Практична робота № 3

Синтез пристроїв з декількома виходами

Мета роботи: опанування прийомів синтезу логічних схем з декількома виходами за методом карт Карно.

Завдання 1. За методом карт Карно виконати синтез перетворювача двійкового коду у семисегментний для виводу на індикацію латинських літер відповідно з вказаними наборами вхідних змінних (див. таблицю).

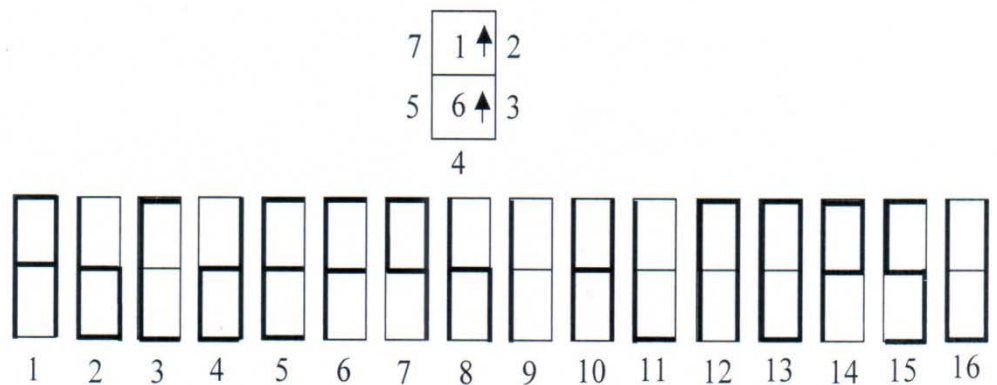
1) скласти таблицю істинності роботи перетворювача для всіх наборів вхідних змінних;

2) скласти карти Карно вихідних функцій перетворювача;

3) одержати МДНФ вихідних функцій перетворювача;

4) побудувати схему на елементах 1, АБО, НІ.

При розв'язанні задачі врахувати вказану нумерацію сегментів індикатора та прийняте зображення літер.



Інформаційно-довідкові дані за третім розділом

Таблиця 2.1

Мінімальні кратності допустимих струмових навантажень на проводи та кабелі відносно до нормальних струмів або струмів спрацювання захисних апаратів

Струм захисного апарату I _з	Кратність допустимих тривалих струмів K _з			
	Мережа, для яких захист від перевантажень обов’язковий			Мережі, які не потребують захисту від перенавантажень
	Провідники з гумовою та аналогічною за тепловими характеристиками ізоляцією		Кабелі з паперовою ізоляцією	
	вибухо- та пожежонебезпечні приміщення та ін.	невибухо- та пожежонебезпечні приміщення промислових підприємств		
Номінальний струм плавкої вставки запобіжника	1,25	1,0	1,0	0,33
Струм спрацювання (уставки) автоматичного вимикача, який має лише електромагнітний розчіплювач (максимальний миттєво діючий розчіплювач)	1,25	1,0	1,0	0,22
Номінальний струм розчіплювача (теплового або комбінованого) автоматичного вимикача з нерегульованою зворотною залежною від струму характеристикою (незалежно від наявності чи відсутності відсічення)	1,0	1,0	1,0	1,0
Струм спрацювання (спрацьовування) розчіплювача автоматичного вимикача з регульованою зворотно залежною від струму характеристикою (при наявності на автоматичному вимикачі відсічення її кратність струму не обмежується)	1,0	1,0	0,8	0,66

Таблиця 2.2

Допустимий тривалий струм проводів з гумовою та поліхлорвініловою ізоляцією з алюмінієвими жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струмові навантаження, А					
	Проводи, прокладені відкрито	Проводи, прокладені в одній трубі				
		Два одножильних	Три одножильних	Чотири одножильних	Один двожильний	Один трижильний
2,0	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55

Таблиця 2.3

Допустимий тривалий струм проводів з гумовою та поліхлорвініловою ізоляцією з мідними жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струмові навантаження, А					
	Проводи, прокладені відкрито	Проводи, прокладені в одній трубі				
		Два одножильних	Три одножильних	Чотири одножильних	Один двожильний	Один трижильний
0,5	11	–	–	–	–	–
0,75	15	–	–	–	–	–
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2,0	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3,0	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	4	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70

Таблиця 2.4

Допустимий тривалий струм проводів з мідними жилами, з гумовою ізоляцією у металевих захисних оболонках та кабелів з мідними жилами, з гумовою ізоляцією у свинцевій, поліхлорвініловій, наірітовій або гумовій оболонках, броньованих та неброньованих

Переріз струмопро відної жили, мм ²	Струмові навантаження, А				
	Проводи та кабелі				
	Одножильний	Двожильний		Трижильний	
		При прокладці			
	у повітрі	у повітрі	в землі	у повітрі	в землі
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115

Таблиця 2.5

Допустимий тривалий струм кабелів з алюмінієвими жилами, з гумовою або пластмасовою ізоляцією у свинцевій, поліхлорвініловій та гумовій оболонках, броньованих та неброньованих

Переріз струмопр овідної жили, мм ²	Струмові навантаження, А				
	Проводи та кабелі				
	Одножильний	Двожильний		Трижильний	
		При прокладці			
	у повітрі	у повітрі	в землі	у повітрі	в землі
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90

Таблиця 2.6

Допустимий тривалий струм проводів з алюмінієвими жилами

Номінальний переріз проводу, мм ²	Допустиме струмове навантаження, А			
	Проводи, прокладені відкрито	Проводи, прокладені в одній трубі		
		2 проводи	3 проводи	4 проводи
1,5	22,3	18,7	16,4	14,1
2,5	29,6	24,9	23,7	23,7
4,0	39,6	34,8	34,8	28,8
6,0	51,1	46,1	41,1	38,6
10,0	68,7	57,6	54,3	45,4

Практичне заняття № 1
Монтаж електричних проводок

1. Розмітка трас електропроводок.
2. Установка опорних конструкцій.
3. Прокладка захисних труб та коробів.
4. Затяжка проводів та кабелів у захисні труби.
5. Захисне заземлення.
6. Кінцеві зачистки кабелів.
7. З'єднання кабелів. З'єднувальні та протяжні коробки.
8. Прокладка електропроводок крізь стіни та перекриття.
9. Прокладка електропроводок у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях.
10. Маркування електричних проводок.
11. Правила техніки безпеки при прокладанні електропроводок.

Практичне заняття № 2
Монтаж трубних проводок

1. Обробка труб (правка, розмітка, свердління отворів, згинання, фарбування).
2. Прокладка одинарних труб.
3. Прокладка групових труб.
4. Блочний монтаж трубних проводок.
5. Кріплення та з'єднання трубних проводок.
6. Монтаж пластмасових трубних проводок.
7. Монтаж багатотрубного кабелю.
8. Монтаж трубних проводок у пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях.
9. Монтаж зовнішніх проводок.
10. Правила техніки безпеки при монтажі трубних проводок.

Практичне заняття № 3
Перевірка та випробування змонтованих засобів автоматизації

1. Здача змонтованих установок та організація налагоджувальних робіт.
2. Стендова повірка приладів засобів автоматизації.
3. Технічні засоби, що використовуються для налагодження приладів та засобів автоматизації.
4. Випробування та здача трубних проводок (металевих та пластмасових).
5. Випробування та здача електричних проводок.
6. Випробування та здача захисних трубних проводок для електричних ліній зв'язку.
7. Правила техніки безпеки при перевірці та випробування засобів автоматизації.

Практичне заняття № 4

Монтаж щитів і пультів

1. Загальні відомості.
2. Будівельне завдання на щитові приміщення.
3. Вимоги, які висуваються до щитових приміщень.
4. Монтаж місцевих та агрегатних щитів.
5. Монтаж центральних щитів.
6. Монтаж допоміжних щитів.
7. Транспортування щитів і пультів у зоні монтажу.
8. Вводи у щити і пульти кабелів та проводів.
9. Монтаж заземлення та огорожі щитів і пультів.
10. Задача в експлуатацію змонтованих щитів і пультів.
11. Правила техніки безпеки при монтажі щитів і пультів.

Практичне заняття № 5

Монтаж приладів для вимірювання температури

1. Загальні положення з установки та технічні вимоги до монтажу:
 - термометри розширення;
 - манометричних термометрів;
 - термометрів опору;
 - термопара;
 - пірометрів випромінювання.
2. Способи зменшення похибки при вимірюванні температури термопарами.
3. Схеми підключень термопар до пірометричних мілівольтметрів та автоматичних потенціометрів.
4. Схеми підключень термометрів опору до манометрів і автоматичних мостів.
5. Підключення багатоточечних потенціометрів і мостів.
6. Вимоги з техніки безпеки та протипожежної безпеки.

Практичне заняття № 6

Монтаж приладів для вимірювання тиску і розрідження

1. Класифікація приладів для вимірювання тиску і розрідження.
2. Установка вибірних пристроїв тиску і розрідження.
3. Особливості монтажу приладів для вимірювання тиску і розрідження:
 - монтаж приладів на щитах;
 - приєднання приладів;
 - монтаж технічних манометрів на трубопроводах та технологічному обладнанні;
- монтаж електропроводок до приладів для вимірювання тиску і розрідження;

4. Сигналізатори тиску:
 - загальні положення з монтажу;
 - установка різних типів сигналізаторів тиску.
5. Техніка безпеки при монтажі манометрів, вакуумметрів та ін.

Практичне заняття № 7

Монтаж приладів для вимірювання витрати та кількості рідини та газів

1. Установка приймальних перетворювачів витратомірів змінного перепаду тиску.
2. Установка (монтаж) диференціальних манометрів, у т.ч. "Сапфир 22 ДД".
3. Монтаж з'єднувальних ліній при вимірюванні витрати рідин.
4. Монтаж з'єднувальних ліній при вимірюванні витрати газу.
5. Монтаж з'єднувальних ліній при вимірюванні витрати водяної пари.
6. Допоміжні пристрої для виконання з'єднувальних ліній.
7. Установка лічильників кількості рідин та газів.
8. Техніка безпеки при монтажі.

Практичне заняття № 8

Монтаж приладів для вимірювання та регулювання рівня

1. Установка поплавкових та буйкових приладів для вимірювання, регулювання, контролю та сигналізації рівня рідини. Особливості монтажу окремих типів.
2. Установка електронних приладів для вимірювання, регулювання, контролю та сигналізації рівня рідини, а також сипучих речовин.
3. Установка радіоізотопних та інших безконтактних приладів для вимірювання та сигналізації рівня.
4. Установка рівномірів, що вимірюють тиск (п'єзометричний рівномір) та перепад тиску.
5. Правила техніки безпеки при монтажі.

Практичне заняття № 9

Монтаж виконавчих механізмів

1. Монтаж пневматичних виконавчих механізмів.
2. Монтаж електричних виконавчих механізмів.
3. Монтаж виконавчих механізмів з контактним управлінням.
4. Зчленування виконавчих механізмів з регулюючим органом.
5. Розрахунок діаметра умовного проходу регулюючого органа та продуктивності клапана.
6. Заходи зі зменшення транспортного запізнення.
7. Похибки регулювання, причини появи, способи усунення.
8. Правила техніки безпеки при монтажі.

Методичні вказівки до самостійної роботи студента

Вид та тема завдання	Кількість годин самостійної роботи	Методичні вказівки до самостійної роботи студента
1	2	3
1. Підготовка до :		Студент повинен:
– лекцій		а) опрацювати теоретичні основи прослуханого лекційного матеріалу використовуючи конспект складений під час лекції;
– лабораторних робіт	40	б) також поглиблено вивчити рекомендовану літературу на тему лекції; в) провести пошук додаткової інформації використовуючи спеціальну літературу і Internet.
– практичних занять (семінарів)	24	При підготовці до лабораторної роботи студент повинен: а) ознайомитись з теорією і методикою виконання лабораторної роботи, які наведені в методичних вказівках до лабораторних робіт з дисципліни «Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації» ; б) опрацювати теоретичний матеріал, знання якого необхідне для виконання лабораторної роботи, використовуючи рекомендовану літературу; в) після виконання лабораторної роботи студент повинен скласти звіт, провести необхідні розрахунки і зробити висновки. При підготовці до практичних занять студент повинен: а) повторити матеріал, який розглядався на попередньому практичному занятті; б) опрацювати теоретичні основи наступного практичного заняття, викладені в методичних вказівках до практичних занять з дисципліни «Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації» і рекомендованій літературі. в) виконати завдання згідно вказівок викладача і прикладів, наведених в методичних вказівках, провести необхідні розрахунки і зробити висновки, скласти звіт

1	2	3
2. Опрацювання питань, які не викладаються на лекціях:	20	За допомогою рекомендованої, спеціальної літератури та Internet студенти самостійно опрацьовують теми, що не викладаються на лекціях. 1. Автоматизированные системы управления технологическими процессами: Справочник/ Под ред. Б.В. Тимофеева, Киев: Техника, 1983. – 349 с. 2. Клюев А.С. и др.. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – 2 изд.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с. 3. Системы автоматизированного проектирования. Учебное пособие/ Под ред.. И.П. Норенков – М.: Высшая школа, 2000. – 264 с. 4. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с. 5. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с. 6. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 2. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с. 7. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 576 с.
3. Підготовка до модульних контрольних робіт	20	Білет з МКР містять теоретичні запитання і практичні завдання і задачі. При підготовці до МКР студент повинен: а) повторити теоретичні основи прослуханого лекційного матеріалу використовуючи конспект складений під час лекції, рекомендовану і додаткову літературу; б) повторити теоретичні основи, викладені в методичних вказівках до лабораторних робіт і практичних занять; в) повторити матеріал самостійного опрацювання тем, що не викладаються на лекціях; г) розглянути приклади вирішення практичних завдань і задач, які розглядалися під час практичних занять.

Продовження таблиці

1	2	3
4. Виконання індивідуальних завдань: – розрахункові, графічні (або інші) роботи – курсовий проект – курсова робота	54	При підготовці до виконання курсового проекту студент повинен: а) ознайомитись з теорією і методикою виконання роботи, які наведені в методичних вказівках до виконання курсової роботи з дисципліни «Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації»; б) опрацювати теоретичний матеріал, знання якого необхідне для виконання курсової роботи, використовуючи рекомендовану літературу; в) після виконання роботи студент повинен скласти звіт, провести необхідні розрахунки, зробити висновки і захистити курсовий проект

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев А.С. и др. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – 2 изд.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
2. Системы автоматизированного проектирования. Учебное пособие / Под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высшая школа, 2000. – 264 с.
3. Haaparanta, Leila (ed.), 2009, *The Development of Modern Logic*, New York and Oxford: Oxford University Press.
4. Mancosu, Paolo, Richard Zach, and Calixto Badesa, 2009, “The Development of Mathematical Logic from Russell to Tarski: 1900–1935”, in Haaparanta 2009: 318–471.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
6. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2006. – 552 с.
7. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 2. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. – 944 с.
8. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 576 с.
9. Gabbay, Dov. M. & John Woods (eds.), 2004, *Handbook of the History of Logic. Volume 3, The Rise of Modern Logic: From Leibniz to Frege*, Amsterdam et al.: Elsevier North Holland.
10. Федоров Ю.Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств. В 2-х томах. – М.: СИНТЕГ, 2006.