

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, Р. В. Воронов

РОЗРОБКА БЕЗПЛОТНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної
та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2022

Єсаулов С. М. Розробка безпілотних систем керування транспортних засобів : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, Р. В. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 111 с.

Автори:

канд. техн. наук, доц. С. М. Єсаулов,
канд. техн. наук, доц. О. Ф. Бабічева,
канд. техн. наук, ст.викл. Р. В. Воронов

Рецензент

А. К. Бабіченко, кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу (Харківський національний технічний університету «ХПІ»)

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту протокол № 7
від 13.12.2021*

© С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, Р. В. Воронов, 2022

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	6
2 КІНЕМАТИКА, СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ПЕРЕДАВАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ.....	7
3 КОНСТРУЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ШВИДКОСТІ.....	17
4 ОСНОВИ РОЗРОБКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	18
5 СИНТЕЗ ФУНКЦІЙ КЕРУВАННЯ МЕХАНІЧНИМ ПРИСТРОЄМ	25
6 РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ.....	28
7 АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	31
7.1 Розробка автономного джерела електричного живлення	34
8 РОЗРОБКА СИЛОВОГО ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА	45
9 ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕМО.....	47
9.1 Дистанційні дискретні системи автоматизації.....	55
10 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ.....	58
11 ПРОГРАМОВАНІ ПРИСТРОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	59
11.1 Мови програмування мікроконтролерів	61
11.2 Програми для прошивки мікроконтролерів	62
11.3 Особливості програмування мікроконтролерів	62
11.4 Застосування мікроконтролерних засобів автоматики.....	66
11.5 Штучні нейронні мережі в системах автоматики	71
11.6 Обробка інформації в системах автоматики.....	80
12 ТЕХНІЧНИЙ ДИЗАЙН КЕРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ	85
13 ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	89
14 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	96
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	110

ВСТУП

Сучасні інженерні рішення часто пов'язані з реалізацією прикладного взаємозв'язку механічних, електричних і електронних компонентів, що є єдиними електромеханічними системами і пристроями різної складності. Усі ці технічні компоненти використовуються в безпілотних системах. Вони можуть відрізнятися різною мірою автономності – від керованих дистанційно до повністю автоматичних без участі оператора чи їх групи.

Безпілотні транспортні засоби обладнюються різними автономними і програмованими електронними пристроями, серед яких можна виділити системи, що забезпечують повернення керма, зміну передач, прискорення, гальмування при русі по дорожньому покриттю або поза дорогами та ін. Інформацію про навколишнє оточення формують блоки, в яких використовуються сенсори, лідари (далекоміри оптичного розпізнавання) і датчики спеціального призначення.

Можливість реалізації блоково-модульного принципу створення електромеханічного устаткування дозволили конструкторам поєднати знання силової і точної механіки, електричних і безліч мініатюрних багатофункціональних пристроїв, створених на базі мікроелектроніки. Застосування програмованої електроніки значною мірою спростило електронні компоненти і заклало основу розвитку мехатроніки, розробки в якій з кожним роком стають реальними в самих різних сферах господарювання і в побуті. Очевидно, що розуміння і освоєння сучасних електромеханічних технічних рішень вимагають абсолютно інший набір знань, якими повинен володіти інженер для застосування їх на практиці при розробці, наладці, ремонті та діагностуванні складного устаткування. Найчастіше застосування знань є сукупністю алгоритмів, які дозволяють синтезувати, правильно розраховувати і вибирати окремі компоненти, реалізувати інженерні задуми з різними корисними властивостями при їх використанні.

Популярні алгоритми розробки дискретних систем керування, електричного двигуна, вентилятора, насоса чи інших технічних пристроїв стають типовими рішеннями в самих різних сферах застосування електромеханічного обладнання. Особливу увагу отримали мехатронні пристрої, які складаються з електричного приводу – електродвигуна, точного або силового передатного і виконавчого механізмів. Виконавчі механізми – це механічні редуктори, засувки, лінійні повзуни та інші технічні рішення, виконані від малих до значних розмірів на різних пристроях, які встановлюються на об'єктах.

Останніми роками дуже багато технологічних процесів, пристроїв і транспортних засобів розробляються для експлуатації їх без участі оператора і тому такі безпілотні автоматизовані технічні системи привертають до себе увагу багатьох фахівців з різних галузей інженерної творчості.

Дуже часто мехатронні пристрої є закінченими самостійними електромеханічними пристроями з системами керування. Очевидно, що системи керування в електромеханічних устаткуваннях виконують особливі функції, вирішення яких можливе за допомогою використання однакових елементів, і застосовуються для величезного числа потреб й автономних завдань на транспорті, в технологічних процесах, багатьох спеціальних установках і великої чисельності складних технічних комплексів. Таким чином, створення електромеханічного устаткування є взаємозв'язок дослідницьких, конструкторських, винахідницьких і розрахункових підходів, які дозволяють синтезувати обладнання різного призначення.

Важливо відмітити, що в Харкові до першого прототипу безпілотної системи керування на транспорті слід віднести комп'ютерну диспетчерську службу метрополітену, яка багато років тому забезпечувала повний контроль й управління рухом всього рухомого складу, вдосконалення якої триває і досі.

1 СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОБЛАДНАННЯ

Структура сучасного електромеханічного обладнання (далі – ЕМО) та пристроїв (далі – ЕМП) включають наступні базові компоненти (рис. 1.1): привід (далі – Пр); механізм перетворення (Mechanics) (далі – МП); обертання валів, електрообладнання (Electrical equipment) – джерела електроенергії змінного чи постійного струму, включаючи акумулятори електроенергії, перетворювачі сонячної енергії; засоби автоматики (Automatics), які включають приймальні, сенсорні елементи (далі – СЕ), перетворювачі (далі – ПЕ) та формувачі інформаційних сигналів, виконавчі елементи (далі – ВЕ) та механізми (далі – ZZ), що містять аналогові, дискретні та комбіновані елементи, засоби оповіщення, сигналізації, зв'язку.

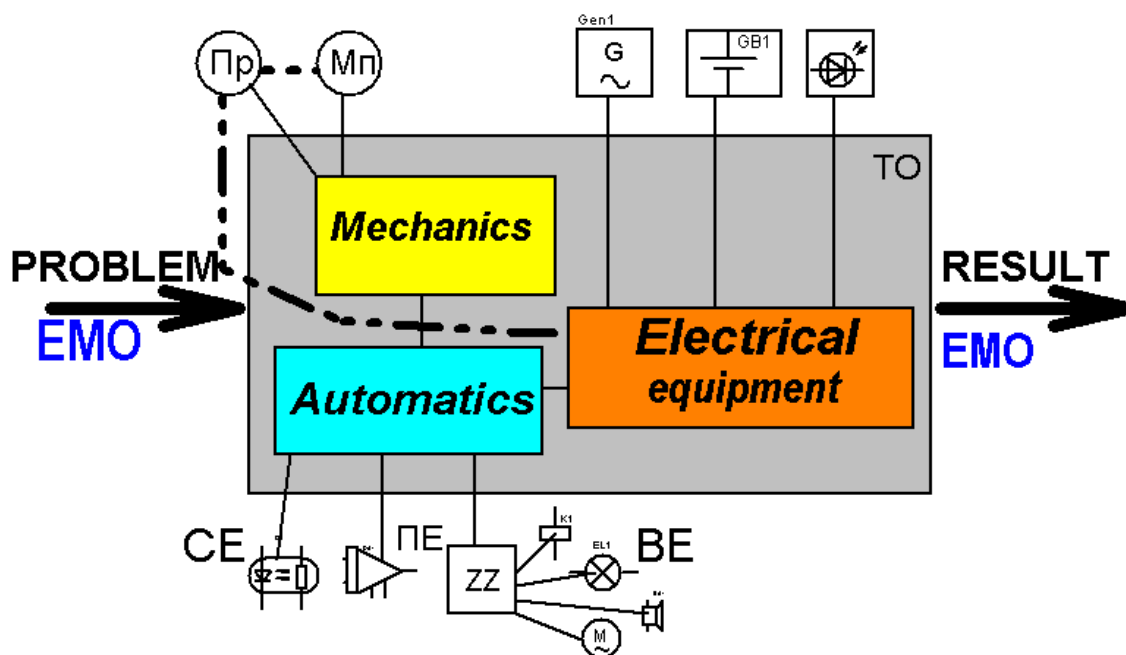


Рисунок 1.1 – Структурна схема ЕМО

Структуру безпілотних електромеханічних пристроїв можна представити у наступному вигляді (рис. 1.2): тяговий двигун (далі – ТД), компоненти механічного обладнання (далі – МехО), пристрій керування (далі – ПК), пристрої діагностики справності обладнання (далі – ПД) та сигналізації

Основними джерелами електроенергії в розглянутих пристроях є акумуляторні батареї для силових GB1 та низьковольтних GB2 компонентів, а також сонячні панелі автономного або мобільного застосування та спеціалізовані зарядні блоки живлення.



Пристрій, який приводить у рух машину або механізм, називається привод. У загальному вигляді привод містить двигун (ТД) і передавальний

механізм (далі – ПМ), який представляє собою різні вали, муфти та інші взаємопов’язані між собою окремі механічні компоненти цілісного механізму.

Приводи більшості ЕМО допускають використання стандартних двигунів, муфт та механічних передач. Механічні приводи загального призначення класифікують за числом і типом двигуна, а також за типом передач, які використовуються. За кількістю двигунів приводи поділяються на групові, одно- і багатодвигунні. Груповий привід слугує для руху кількох окремих робочих органів машини. Привід для такого типу пристроїв використовується в металообробних верстатах, будівельних та вантажно-розвантажувальних машинах. Груповий привід має великі габаритні розміри, складну конструкцію та низький ККД.

Одновигунний привід найбільш поширений, особливо в машинах з одним робочим органом, який рухається від одного двигуна, в більшості випадків від електродвигуна.

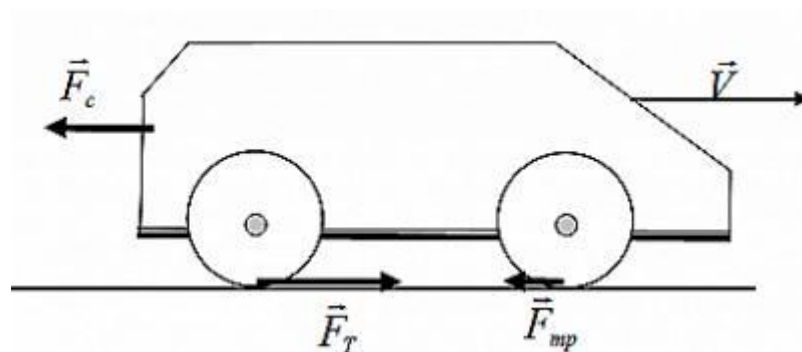


Рисунок 2.1 – Приклад розгляду силових векторів механічного транспортного засобу

Багатодвигунний привід використовується в складних машинах, які мають кілька робочих органів або один робочий орган, що споживає велику кількість енергії (наприклад, конвеєр протяжної довжини). Такі приводи використовуються в підйомно-транспортних машинах, складних металообробних верстатах та ін.

За типом двигунів розрізняються такі приводи: з електродвигунами, двигунами внутрішнього згоряння, паровими та газовими, гідро— та пневматичними двигунами.

Електродвигуни зазвичай стандартизовані та випускаються різних типів розмірів у діапазоні потужностей від 10 Вт до 400 кВт та більше.

Електродвигуни можуть застосовуватись у різних кліматичних умовах, на відкритому повітрі, у запилених приміщеннях, у вологих та хімічно активних середовищах. Електродвигуни поділяються на двигуни постійного та змінного струму. Двигуни постійного струму забезпечують плавне регулювання швидкостей у широких межах, мають відповідні механічні характеристики, дають можливість досягти достатньої точності руху. Асинхронні електродвигуни з перетворювачами частоти також стали застосовуватися замість електромашин постійного струму, проте вони складні за конструкцією.

До основних типів сучасних електродвигунів відносяться асинхронні трифазні електродвигуни серій 4А, 4АС, 4АР, МТКФ, МТФ, МТН. Трифазні асинхронні двигуни єдиної серії 4А з короткозамкненим ротором випускаються потужністю у діапазоні від 0,06 Вт до 400 кВт і висотою осі обертання ротора від 50 до 355 мм.

Трифазні асинхронні електродвигуни виготовляють із числом пар полюсів p від 1 до 6 при промисловій частоті струму $f = 50$ Гц.

Синхронна частота обертання валу їх визначається залежністю:

$$n_c = \frac{3000}{p}. \quad (2.1)$$

Ряд синхронних частот обертання можна уявити послідовністю:
 $n_c = 3\,000; 1\,500; 1\,000; 750; 600; 500 \text{ хв}^{-1}.$

Тихохідні електродвигуни мають значні габарити і вони завжди значно дорожчі за швидкохідних. Тому застосовувати електродвигуни із частотою обертання 750 хв^{-1} і менше слід лише у технічно обґрунтованих випадках.

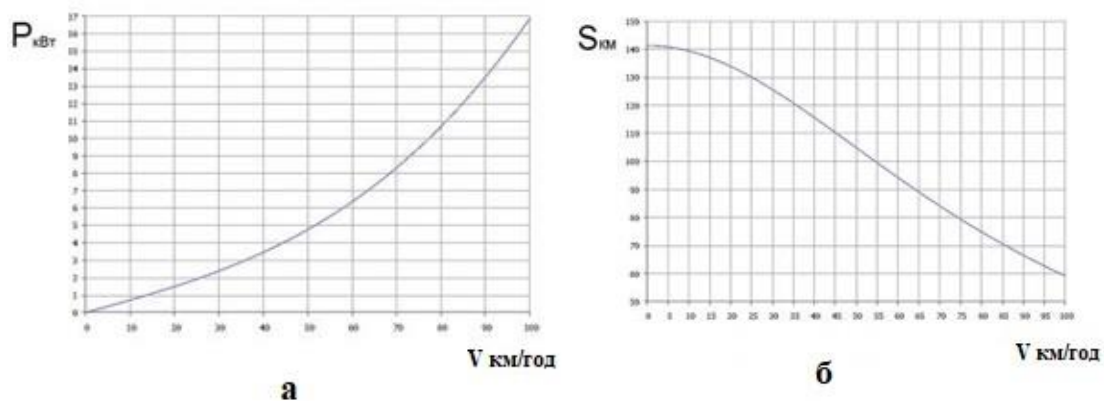


Рисунок 2.2 – Графічні прийоми вибору електродвигуна:

а – на основі дослідження силових; б – на основі швидкісних характеристик

Передавальний механізм як інструмент зміни кінематичних та силових параметрів зазвичай представляють у вигляді кінематичної схеми послідовно або паралельно з'єднаних елементів (ланок). До складу механічних приводів можуть входити різні типи передач: зубчасті (циліндричні та конічні), черв'ячні, з проміжним гнучким зв'язком (ременні, ланцюгові), передачі «гвинт-гайка». Передачі в приводі можуть бути як однотипними, так і комбінованими.

При проектуванні машин одним із найважливіших інженерних завдань завжди є вибір приводу. У деяких приводах взагалі можна обійтися без механічних передач (вал електродвигуна безпосередньо за допомогою муфти з'єднується з валом виконавчого механізму). В інших приводах використовуються дві або більше механічних передач. Одним з основних кінематичних параметрів, який визначає потребу у використанні механічної передачі у приводі, є його передаточне число. Загальне передаточне число приводу визначається відношенням частоти (кутової швидкості) обертання

валу двигуна до частоти приводного валу виконавчого механізму або робочого органу машини:

$$U_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв.}}}{n_{\text{пр}}} \quad (2.2)$$

$$U_{\text{заг}} = \frac{\omega_{\text{дв.}}}{\omega_{\text{пр}}} \quad (2.3)$$

Оскільки частота обертання валу більшості електродвигунів висока та постійна або змінюється в незначних межах, а частота обертання приводного валу виконавчого механізму зазвичай досить низька, то передаточне число приводу $U_{\text{заг}} > 1$. Якщо $U_{\text{заг}} = 1$, а зміна напрямку обертання приводного валу виконавчого механізму можна здійснити за рахунок реверсивного пристрою, то приводний вал робочого органу можна з'єднувати з валом електродвигуна безпосередньо за допомогою муфти. У всіх інших випадках складовою приводу є механічні передачі, характеристики яких представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняльні характеристики основних типів механічних передач

Тип передачі	Максимальна потужність, кВт	Максимальна кругова швидкість, м/с	Середній ККД	Передаточне число	Відносний габаритний розмір	Відносна вага	Відносна вартість
1	2	3	4	5	6	7	8
Зубчаста циліндрична	3 000	50	0,98	8	1,0	1,0	1,0
Зубчаста конічна	500	30	0,97	5	1,8	1,2	2,0
Черв'ячна	100	25	0,6...0,8	80	1,5	1,1	1,6
Ланцюгова	150	10	0,96	6	1,6	0,8	0,4
Клиноремінна	100	25	0,93	7	5,0	0,5	0,3

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Плоскоремінна	100	25	0,95	5	10,0	0,4	0,2
Фрикційна	20	25	0,94	6	3,0	1,5	0,8

Найбільш раціональним є використання механічних передач як окремих механізмів – зубчастих і черв'ячних редукторів, коробок зміни швидкостей, варіаторів. Редуктори мають високу здатність навантаження, малі габаритні розміри, можуть забезпечувати досить високі передавальні числа, є простими в експлуатації та обслуговуванні. Коробки швидкостей застосовуються для ступінчастого регулювання частоти обертання приводного валу виконавчого механізму або зміни напрямку обертання при постійному напрямку обертання валу електродвигуна.

Варіатори забезпечують можливість плавного безступінчастого регулювання передавального числа приводу та його реверсу. Вони дозволяють вибирати вигідніші режими роботи машини. Однак варіатори мають складну конструкцію та низьку здатність навантаження.

Використання в приводах окремих відкритих передач (ланцюгових, ремінних) частіше зумовлене компонованням машини, а також деякими їх особливостями та перевагами порівняно з іншими передачами.

Параметри обертального руху можна характеризувати набором кінематичних та енергетичних характеристик з оцінкою корисної потужності, яка підводиться до валу – P_i , передаточного відношення між входом та виходом ланок – T_i , числа обертів – n_i (або кутової швидкості обертання – ω_i) для кожного валу механізму.

У кожному передаточному механізмі розрізняють дві основні ланки: ведуча та ведена. Між ведучими та веденими ланками багатоступеневих передачах розміщуються проміжні ланки. Колесо, яке ініціює рух, називається ведучим.

Зазвичай задають параметри ведучого колеса (або валу) для конкретної схеми. На рисунку 2.3 показані схеми механічної передачі, характеристики

якої можна суттєво змінювати, вибираючи компоненти зі своїми конструктивними параметрами.

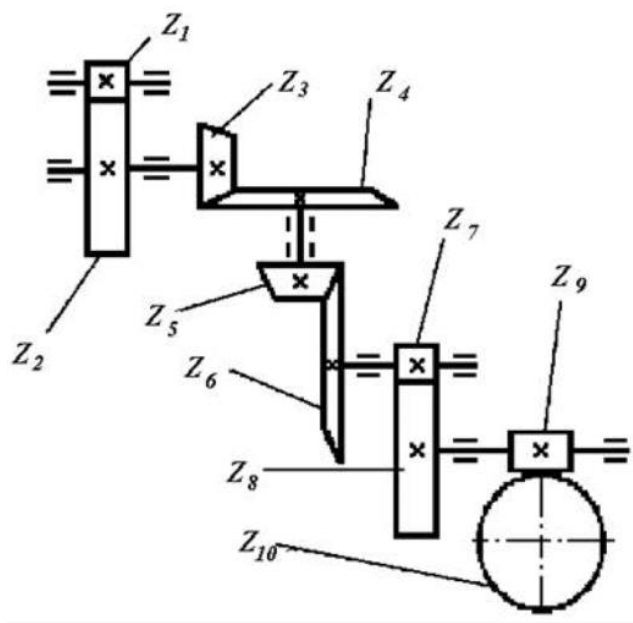


Рисунок 2.3 – Комплексний варіант застосування різних механічних передач

Використовуючи вихідні дані для розрахунку подібних механізмів, не складно визначити всі компоненти для отримання механізму із заданими властивостями.

Алгоритм інженерного розрахунку для вибору компонентів механізму зазвичай включає кілька етапів. Приймаючи корисну потужність, яка підводиться до першого валу P_1 , швидкість обертання першого валу ω_1 , то порядок визначення параметрів передавального механізму такий:

1. u_{1-2} – передаточне відношення між вхідними та вихідними ланками та кожної передачі окремо:

$$u_{1-2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (2.4)$$

2. ω – кутову швидкість (рад/с) або число обертів n (об/хв) розраховують:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{1-2}}. \quad (2.5)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot n}{30}. \quad (2.6)$$

3. Потужність і крутний момент кожного валу P (Вт) зменшується пропорційно ККД механічних пристроїв, які слугують для передачі руху з валу на вал:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_{\pi}, \quad (2.7)$$

де η_1 – ККД передачі;

η_{π} – ККД підшипників валу.

4. Величина обертового моменту на валу приводу (T – момент обертання, Нм). Для P у кВт:

$$T = \frac{P \cdot 103}{\omega}; \quad (2.8)$$

або

$$T = \frac{9\,550 \cdot P}{n}. \quad (2.9)$$

5. Загальний коефіцієнт корисної дії передачі кінетичної схеми з N послідовно встановлених пар:

$$U = U_{1-2} \cdot U_{2-3} \cdot U_{3-4} \cdot U_n. \quad (2.10)$$

6. Загальний ККД визначається за формулою:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_n. \quad (2.11)$$

Для розрахунків використовують довідкові значення ККД: для пари циліндричних коліс $\eta_{\text{ц}} = 0,97$; для пари конічних коліс $\eta_{\text{к}} = 0,95$; для черв'ячної передачі при одно-, дво-, чотирьохзахідного черв'яку – $\eta_{\text{ч}} = 0,7; 0,75; 0,8$; для пари підшипників кочення $\eta_{\text{п}} = 0,99$.

Перетворення обертання від ведучого до веденого вала полягає у визначенні передаточного відношення між вхідними та вихідними ланками та кожної передачі окремо, кутової швидкості, кількості обертів, потужності і крутного моменту кожного вала, загального коефіцієнта корисної дії двоступінчастої передачі, зображеної на рисунку 2.4.

Числа зубців коліс відповідних передач: $z_1 = 20$; $z_2 = 100$; $z_3 = 24$; $z_4 = 96$; ККД зубчастої циліндричної передачі $\eta_{\text{ц}} = 0,97$; ККД, яка враховує втрати в опорах одного вала, $\eta_{\text{п}} = 0,99$; корисна потужність, яка підводиться до першого вала $P = 10$ кВт; швидкість обертання першого вала $\omega_1 = 100^{-1}$.

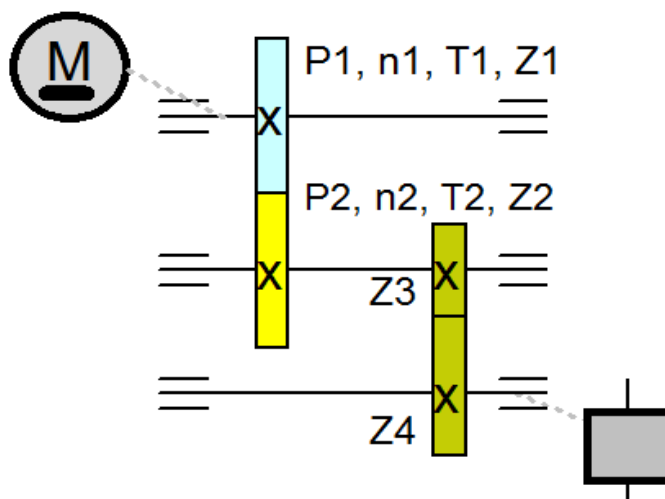


Рисунок 2.4 – Варіант передавального механізму із зубчастими колесами

Визначення параметрів передавального механізму:

1. Передаточне відношення передач розраховуємо за формулою (2.2):

$$u_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{100}{2} = 5;$$

$$u_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{96}{242} = 4;$$

тоді загальне передаточне відношення двоступінчастої передачі згідно з формулою:

$$u = u_1 \cdot u_2 = 5 \cdot 4 = 20.$$

2. Визначаємо кутові швидкості та частоти обертання валів за формулами (2.5) та (2.6):

$$\omega_1 = 100 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_1} = \frac{100}{5} = 20 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_2} = \frac{20}{4} = 5 \text{ с}^{-1}.$$

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega_1}{\pi} = \frac{30 \cdot 100}{3,14} = 955, 515 \text{ об/хв};$$

$$n_2 = \frac{30 \cdot \omega_2}{\pi} = \frac{30 \cdot 20}{3,14} = 191, 08 \text{ об/хв};$$

$$n_3 = \frac{30 \cdot \omega_3}{\pi} = \frac{30 \cdot 5}{3,14} = 47, 77 \text{ об/хв}.$$

3. Визначаємо потужності на валах передавального механізму за формулою (2.7):

$$P_1 = 10 \cdot \eta_{\pi} = 10 \cdot 0,99 = 9,9 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\mu} \cdot \eta_{\pi} = 9,9 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 9,507 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\mu} \cdot \eta_{\pi} = 9,507 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 9,13 \text{ кВт}.$$

4. Розраховуємо моменти на валах передавального механізму:

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 103}{\omega_1} = \frac{9,9 \cdot 103}{100} = 99 \text{ Нм};$$

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot 103}{\omega_2} = \frac{9,507 \cdot 103}{20} = 475,35 \text{ Нм};$$

$$T_3 = \frac{P_3 \cdot 103}{\omega_3} = \frac{9,13 \cdot 103}{5} = 1\,826 \text{ Нм}.$$

5. Загальний ККД передавального механізму розраховуємо за формулою (2.11):

$$\eta = \eta_{п3} \cdot \eta_{ц2} = 0,993 \cdot 0,972 = 0,913.$$

Усі такі розрахунки тепер легко виконувати, наприклад, за допомогою таблиць Excel або інших програмних продуктів, які доступні інженерам у мережі Інтернет та у Windows-програмах для учбових цілей.

3 КОНСТРУЮВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ШВИДКОСТІ

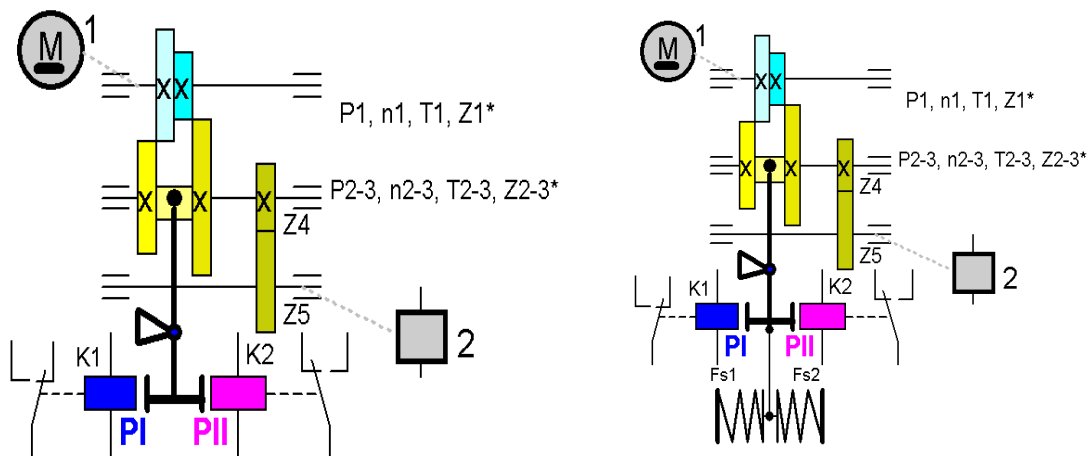


Рисунок 3.1 – Двоступінчастий механізм перетворення швидкості валу електродвигуна у виконавчому механізмі:

1 – електродвигун; 2 – виконавчий механізм; PI, PII – муфта механізму перемикача швидкості обертання веденого валу виконавчого механізму;

K1, K2 – електромагнітні соленоїди для вибору швидкості;

Fv1, Fv2 – поворотні пружини переведення муфти в нейтральне положення

4 ОСНОВИ РОЗРОБКИ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Розглянутий приклад використання зубчастих коліс у коробці зміни передач (далі – КЗП), рисунок 4.1, може містити інші рішення, до складу яких можуть входити ремінні, ланцюгові та інші варіанти передачі обертання від провідного приводу.

Такі технічні рішення представляють основу електромеханічних пристроїв різного призначення. Крім того, на їх основі створюються і функціональні схеми автоматизації КЗП, які останнім часом дуже часто використовуються в автомобільній техніці та іншому ЕМО.

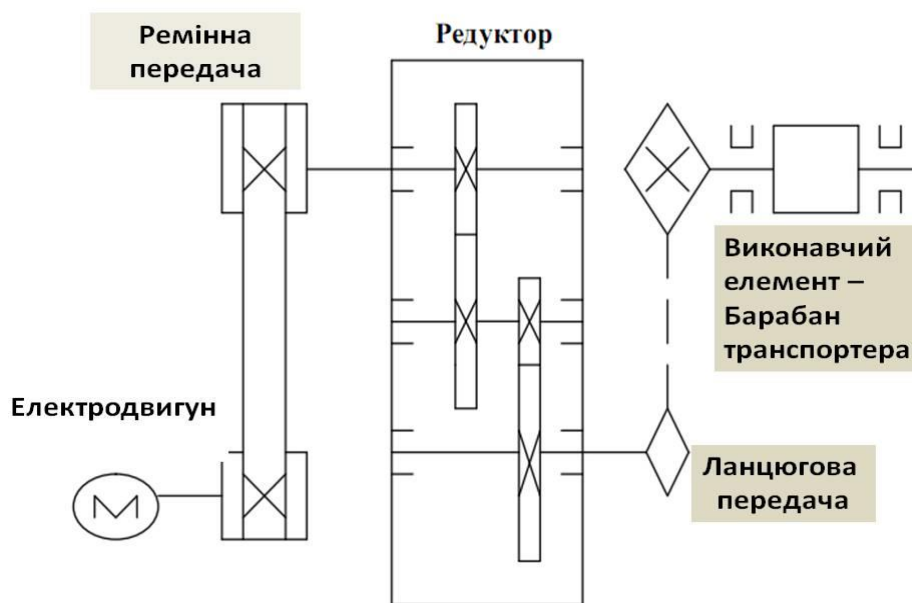


Рисунок 4.1 – Приклад комбінованої коробки зміни передач

У даний час для розробки функціональних систем автоматики використовують принцип зображення структурної схеми автоматики, де елементи позначають буквами (наприклад, І – показуючий прилад, R – реєструючий прилад, С – регулятор та ін.), замість звичних зображень блоків та інших функціональних компонентів систем автоматичного регулювання

(далі – САР). При цьому треба враховувати прийняті позначення параметрів контролю: температури – Т, тиску – Р, електричної величини – Е і т.д.

Будь-який конкретний елемент САР (датчик, прилад, орган керування тощо) зображають у вигляді кола або еліпса, які ділять навпіл межею: у верхній половині – записують буквені позначення функції конкретного компонента системи, які відображають в наступній послідовності (рис. 4.2): 1 – вимірювана величина – Е; 2 – показання – І; 3 – реєстрація – R; 4 – регулювання або керування – С; 5 – включення, перемикання – S; 6 – сигналізація – А.

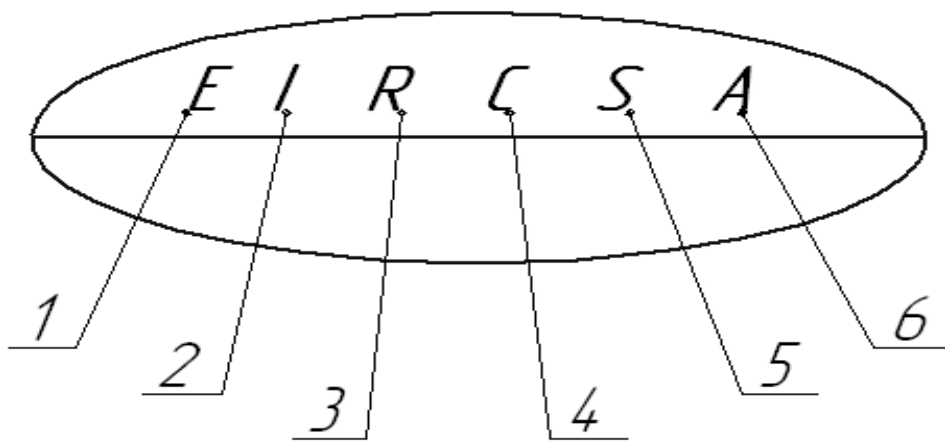


Рисунок 4.2 – Позначення засобів автоматики на функціональних схемах

У нижній частині – умовна нумерація всіх компонентів (наприклад, у вигляді 1–1.)

На функціональних схемах технологічні об'єкти (далі – ТО) зображають найчастіше їх силуетом, а місця установки конкретних компонентів САР – точками.

Щоб відтворити датчик температури на автомобілі, варто скористатися рисунком 4.2.

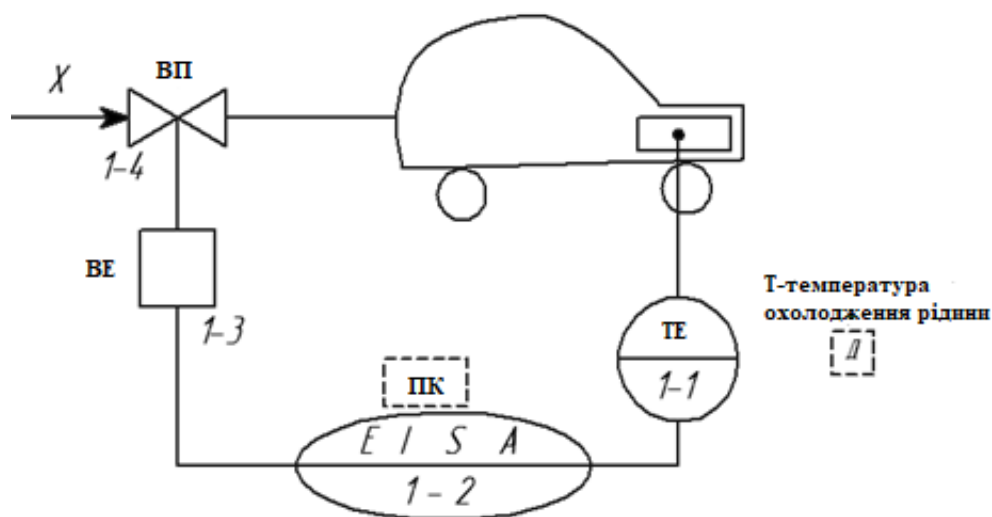


Рисунок 4.3 – Приклад функціональної схеми

Специфікації схем систем автоматизації – найбільш важливий етап при розробці функціональної схеми автоматики (табл. 4.1). У специфікації відображено: позиція – 1–1; умовні позначення заповнюють, якщо використовують буквені позначення компонентів САР, які відрізняються від прийнятих у стандарті; найменування – словесно вказують компонент САР, який прийнятий в номенклатурі виробників (наприклад, датчик-резистор); параметр – зазвичай вказують інтервал, контрольованої величини, в межах якої змінюється в часі експлуатований ТО; примітка – завод-виробник.

Таблиця 4.1 – Приклад специфікації функціональної схеми автоматики

Позиція	Умовні позначення	Найменування	Параметр	Примітка
1–1	ТО	Датчик резистивний	10 ÷ 1 000С (–50 ÷ 1 500С)	Завод-виробник

Перед проєктуванням систем автоматизації складається завдання на проєктування, яке містить:

- опис роботи технологічної схеми з характеристиками устаткування технологічного процесу (далі – ТП);
- перелік контрольованих і регульованих величин;

- вимоги до надійності систем автоматизації;
- результати науково-дослідних робіт з математичним описом статичних і динамічних властивостей об'єкту автоматизації по кожному каналу управління.

Основним технічним документом, що визначає структуру і характер системи автоматизації ТП, а також оснащення об'єкту автоматизації приладами і засобами автоматики, є функціональна схема.

Умовне позначення приладів – коло чи овал з межею, куди вписуються буквені позначення контрольованої і регульованої величин, та всі функціональні ознаки пристрою контролю.

Умовні позначення параметрів контролю і приладів представлені в таблицях 4.2, 4.3.

Слід пам'ятати, що при використанні позначень, не передбачених державними стандартами, застосовують резервні букви, які в одній документації не повинні повторюватися.

Таблиця 4.2 – Умовні позначення технологічних параметрів

Технологічна величина	Буквене позначення
Температура	T
Електрична величина	E
Ручна дія	H
Рівень	L
Концентрація	Q
Вологість	M
Тиск	P
Швидкість	S
Вимірювана величина	U
Інші	Резервні букви

Таблиця 4.3 – Умовні позначення приладів контролю

Функціональна ознака	Позначення
Показуючий	I
Реєструючий	R
Регулюючий	C
Перетворюючий, обчислюючий	Y
Сигналізуючий	A
Приймальний елемент	E
Задаюча верхня межа	H
Задаюча нижня межа	L
Дистанційна передача	T
Програмний	K
Станція управління	S
Інші	Резервні букви

Крім того, використовуються додаткові позначення, які визначають характеристики роботи приладів і засобів автоматизації (табл. 4.4).

Основні буквені позначення приладів для вимірювання і регулювання параметрів вносяться у верхнє поле умовного позначення приладу. У полі під межею вказують позиційне позначення даного приладу в конкретній схемі вимірювання, регулювання або сигналізації.

Таблиця 4.4 – Позначення характеристик роботи приладів

Позначення	Характеристика
1	2
Електричний сигнал	E
Пневматичний сигнал	P
Гідравлічний сигнал	G
Аналоговий сигнал	A

Продовження таблиці 4.4

1	2
Дискретний сигнал	D
Операція підсумовування	Σ
Перемноження двох сигналів	X
Ділення сигналів	/
Обмеження значення (верхнє)	max
Обмеження значення (нижнє)	min
Введення сигналу в мікропроцесорному пристрої	Bi
Виведення сигналу з мікропроцесорного пристрої	Bo

Порядок запису умовних позначень такий: вимірювана величина (E – електрична), показання (I), реєстрація (R), регулювання або керування (C), включення, відключення, перемикання (S), сигналізація (A).

Приклад виконання функціональної схеми автоматизації ТО ілюструє рисунок 4.4

Пристрій на рисунку 4.4 призначений для примусового охолодження випрямного агрегату. Режим автоматичного включення вентилятора здійснюється за сигналом з приймального елемента 1–1, який перетворюється підсилювачем 1–2 у керуючий сигнал і подається на виконавчий елемент 1–3 (електромагнітний пускач). За допомогою компонента 1–3 вмикаються електродвигун і вентилятори 1–4. Для ручного включення вентилятора в схемі передбачена кнопка 1–5, яка оснащена засобами світлової і звукової сигналізації.

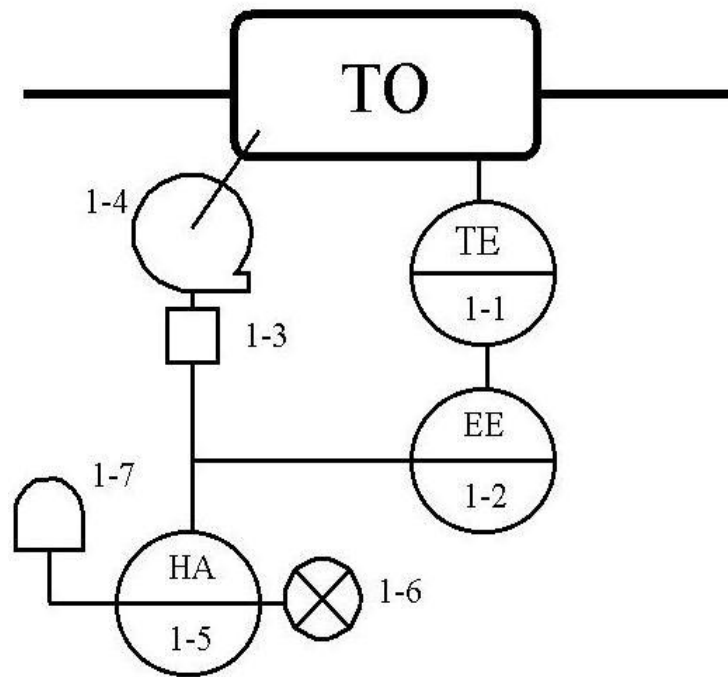


Рисунок 4.4 – Приклад виконання функціональної схеми автоматичного охолодження випрямного агрегату:

ТО – технологічний об’єкт (випрямний агрегат); ТЕ – приймальний елемент (датчик) контролю температури; ЕЕ – перетворювач сигналу (підсилювач);

1–3 виконавчий елемент (електромагнітний пускач);

1–4 – виконавчий механізм (електродвигун вентилятора);

НА – кнопка ручного керування; 1–6 – сигнальна лампа (світлодіод);

1–7 – звуковий сигнал (дзвінок, сирена, п’єзовипромінювач)

Прикладом функціональної схеми автоматизації технологічного об’єкту (рис. 4.4) може бути представлений з детальним опрацюванням розміщення компонентів на об’єкті (рис. 4.5), де всі компоненти відповідають вимогам зображення.

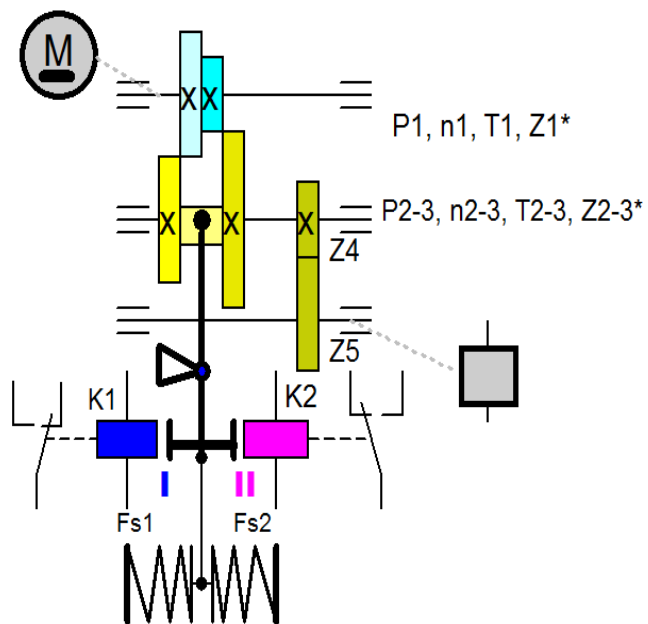


Рисунок 5.1 – Доповнення КЗП зворотніми пружинами

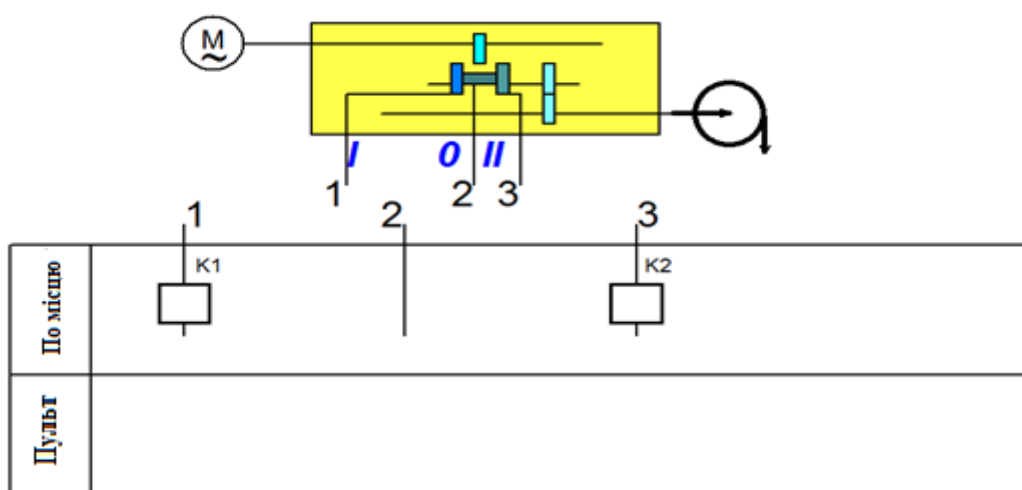


Рисунок 5.2 – Використання вихідної інформації для підготовки функціональної схеми керування КЗП

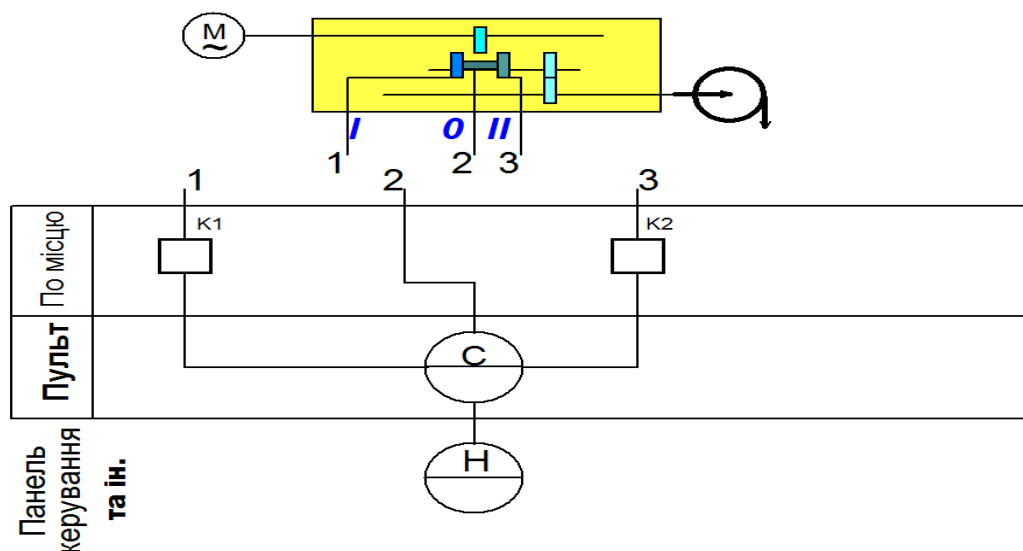


Рисунок 5.3 – Варіант ручного керування КЗП з використанням формувача керуючих сигналів

Подальший аналіз вихідної схеми дозволяє доповнити її відсутніми компонентами та підготувати функціональну схему автоматизації КЗП з урахуванням вимог.

У багатоступінчастій КЗП перемикання передач здійснюється за різних величин швидкості обертання вихідного валу (40, 60 км/год тощо). Подібні швидкісні умови задаються розробником пристрою за допомогою спеціального обладнання та подаються до технічних умов експлуатації ЕМО.

До функціональної схеми входять (рис. 5.4):

- датчик швидкості обертання вихідного валу КЗП;
- керуючий пристрій;
- куліса ручного управління;
- виконавчий елемент включення першої передачі КЗП;
- виконавчий елемент включення другої передачі КЗП.

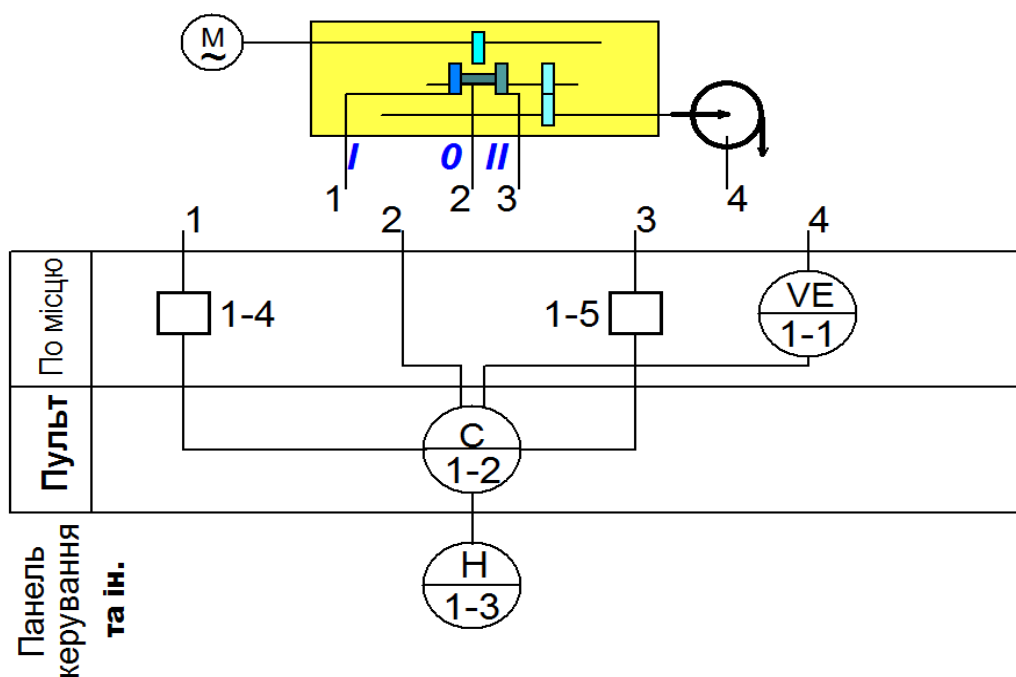


Рисунок 5.4 – Функціональна схема автоматизації КЗП

6 РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Обов'язково передбачаються додаткові функції у функціональних схемах, які ґрунтуються на основі досягнень сучасної електроніки за допомогою компонентів та мініатюрних засобів формування інформаційних сигналів, придатних для вдосконалення експлуатації обладнання. Популярними є сигнали оповіщення про нормальні та неприпустимі режими експлуатації обладнання. Перевагою таких пристроїв обумовлена доцільністю застосування засобів оповіщення операторів у реальному часі, а реалізація таких пристроїв не потребує суттєвого доопрацювання самого механічного обладнання. На рисунку 6.1 представлена функціональна схема автоматизації КЗП з елементами сигналізації.

На даній схемі представлено:

- 1–1 – датчик швидкості руху (обертання) вихідного валу КЗП;
- 1–2 – керуючий пристрій із сигналізацією;
- 1–3 – куліса ручного керування із сигналізацією;

- 1–6, 1–7 – сигнальні пристрої оповіщення;
- 1–8 – пристрій, який показує величину швидкості (спідометр) обертання вихідного валу КЗП.

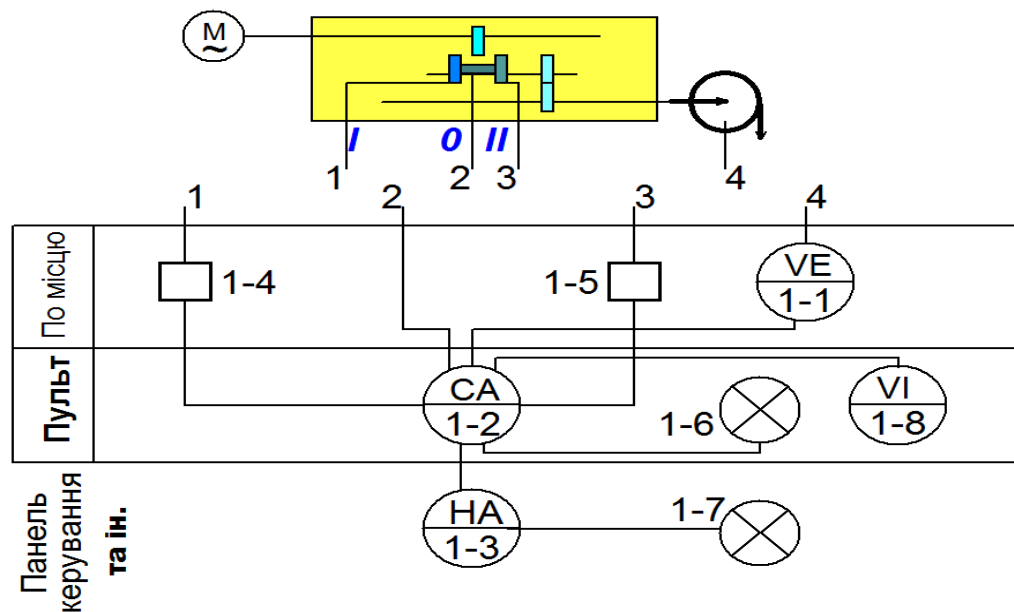
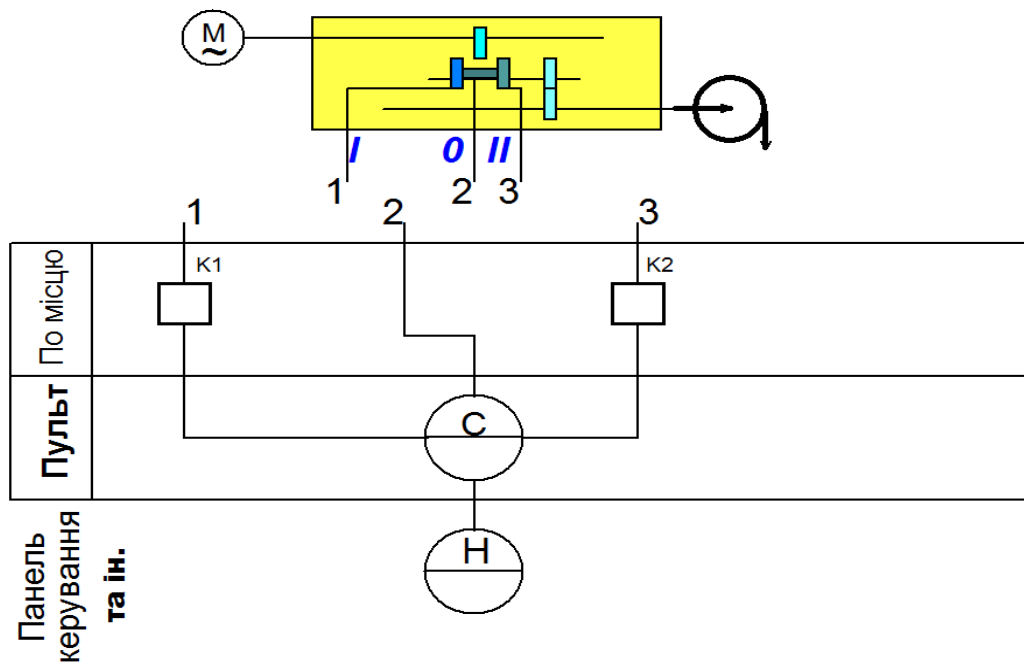


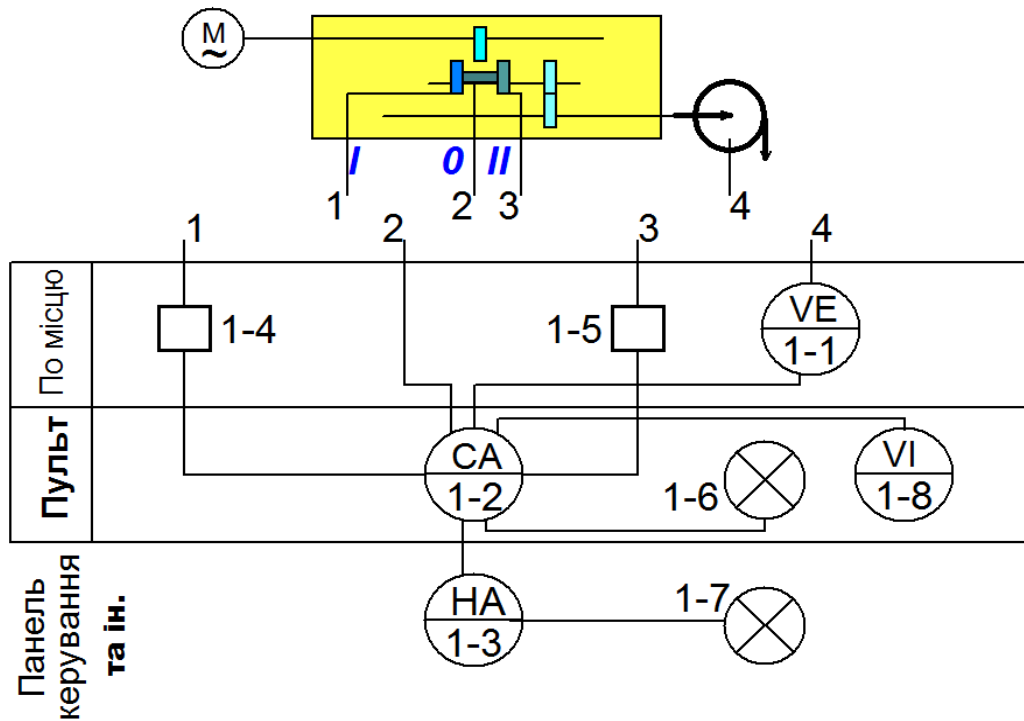
Рисунок 6.1 – Функціональна схема автоматизації КЗП

Таким чином, алгоритм синтезу функціональної схеми автоматизації КЗП ілюструє послідовне додавання компонентів, які сприяють реалізації певного набору функцій в автоматичному пристрої: ручне (Н) та автоматичне (С) керування, сигналізацію (А), параметричну візуалізацію (І) стану механізму при його експлуатації.

Очевидно, що розроблена функціональна схема автоматизації завжди включає всі доступні досягнення техніки, забезпечуючи удосконалення ЕМО та зручність його під час експлуатації.



а



б

Рисунок 6.2 – Удосконалення функціональної схеми автоматизації КЗП:
а – вихідна; б – функціональна

7 АВТОНОМНЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

У структурі ЕМО (рис. 1.1) блок Electrical equipment займає важливе місце, так як даний блок забезпечує енергопостачання всіх компонентів пристрою. При цьому особливості блоку електропостачання завжди залежать від споживачів електроенергії, які відрізняються властивостями та характеристиками при експлуатації їх у реальному часі.

Використовуючи функціональну схему автоматизації ЕМО (рис. 5.5), складається таблиця енергоспоживачів, кількість яких може досягати кількох десятків і навіть сотень варіантів. Очевидно, що такий асортимент джерел електропостачання доводиться розробляти в кожному випадку індивідуально.

Приклад таблиці енергоспоживачів наведений нижче.

Таблиця 7.1 – Таблиця енергоспоживачів ЕМО

Номер позиції	Назва	Напруга живлення, В	Споживаний струм, А	Характеристика джерела живлення
М	Електродвигун	$U_1 \sim 380$	~ 20	Регульований
1–4, 1–5	Соленоїди	$U_2 = 12$	0,5	Однонапівперіодний
1–6, 1–7	Сигнальні пристрої	$U_3 = 5$	0,05	Стабілізований
1–1	Перетворювач датчика швидкості обертання вихідного валу	$U_4 = 4$	0,04	Стабілізований
1–2	Пристрій керування	$U_5 = 14$	0,2	Двополярний
Інші				

У засобах автоматики всі відомі джерела електроживлення зустрічаються часто в широкому асортименті і навіть потребують суттєвих

доопрацювань, які зумовлені вимогами якості, точності, допустимих меж варіювання параметрів тощо.

Більшість джерел електроживлення створюються за допомогою трансформаторів, які перетворюють енергію промислової мережі 220/380 В з частотою 50 Гц у будь-які необхідні величини змінного чи постійного струму. Приклад трансформаторного джерела енергопостачання з випрямлячем на напівпровідниковому діоді представлений на рисунку 7.1

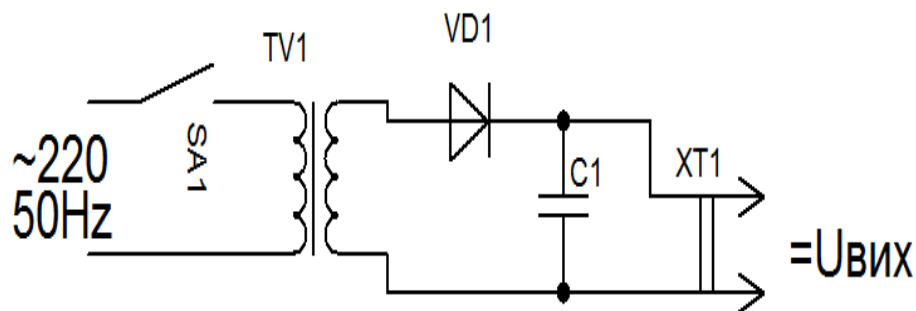


Рисунок 7.1 – Джерело енергопостачання з випрямлячем на напівпровідниковому діоді:

$TV1$ – підвищувачий або понижуючий трансформатор;

$VD1$ – напівпровідниковий діод випрямного пристрою;

$C1$ – фільтр гармонійних коливань струму в навантаженні однієї полярності (позитивної чи негативної); $U_{\text{вих}}$ – вихідна напруга джерела живлення;

$XT1$ – роз’єм підключення споживача енергії; $SA1$ – вимикає джерело живлення

Для зменшення пульсацій вихідної напруги $U_{\text{вих}}$ та підвищення якості роботи трансформаторного перетворювача напруги, застосовують різні схеми напівпровідникових випрямлячів, наприклад, двонапівперіодна схема випрямляча (рис. 7.2) з двома діодами $VD3$, $VD4$.

Головним недоліком розглянутих пристроїв є необхідність мати електричну мережу з промисловою частотою змінного струму, без якої

неможливо створювати мобільні технічні рішення, популярність яких постійно зростає.

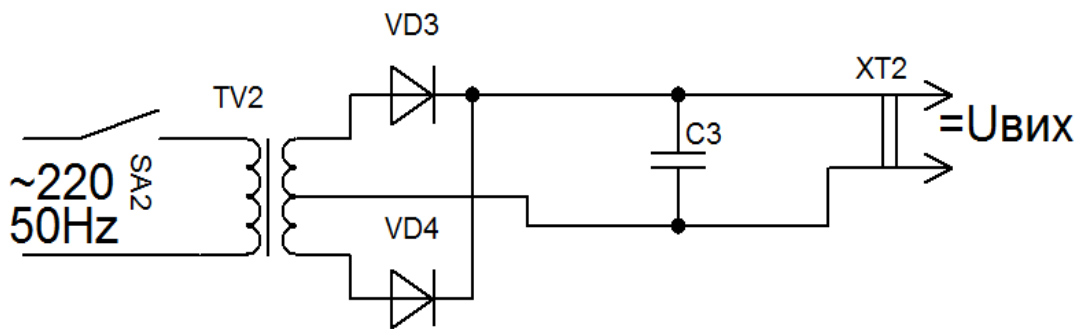


Рисунок 7.2 – Двонапівперіодна схема випрямляча

З розвитком напівпровідникової техніки стало можливим створювати генератори електричних коливань, включаючи генератори з промисловою частотою 50 Гц, що дозволило змінити ставлення до традиційних автономних джерел енергопостачання, створюваних на базі трансформаторів.

Приклад генератора електричних коливань заданої частоти представлений на рисунку 7.3, який можна використовувати замість електромеханічного генератора.

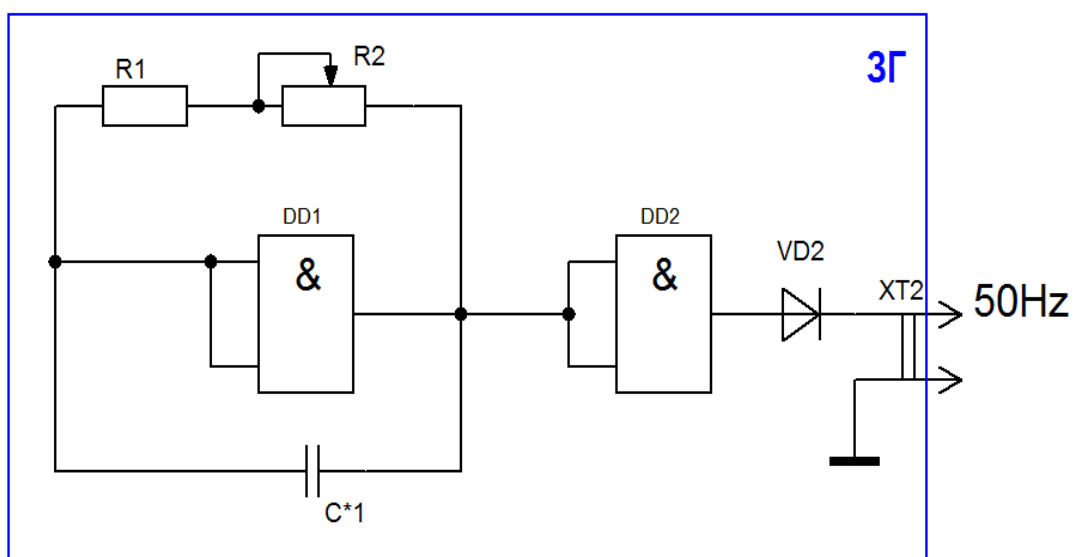


Рисунок 7.3 – Напівпровідниковий генератор електричних коливань заданої частоти

На схемі представлені: R1, R2 – резистори; DD1, DD2 – логічні елементи; VD2 – напівпровідниковий діод; XT2 – роз’єм вихідного сигналу генератора.

У цій схемі зміна величин C1, R2 призводить до зміни частоти генерації вихідних сигналів на роз’ємі XT2.

7.1 Розробка автономного джерела електричного живлення

Для надійного функціонування сучасних засобів автоматики у мобільних ЕМО розробляються автономні імпульсні джерела електричного живлення (далі – ІДЕЖ). Джерела електричного живлення мають порівняно невеликі габарити.

Перевагою ІДЕЖ є можливість одержання необхідного коефіцієнта потужності, що наближає форму споживаного струму до тієї, яка спостерігається при включенні в мережу чисто активного навантаження. ІДЕЖ відрізняються необхідною економічністю і відповідають міжнародним стандартам, які регламентують рівень гармонійних складових, що викликаються в однофазній мережі живлення, наприклад, з напругою від 220 В до 240 В, від якої живляться багато споживачів електроенергії. Група споживачів D (стандарт ІЕС–1000–3–2) містить у собі будь-яке електричне устаткування потужністю до 600 Вт, до якого можна віднести і дане технічне рішення, яке споживає струм менше 20 А (табл. 6.1).

Крім того, популярність ІДЕЖ обумовлена економічністю, можливістю створення пристроїв компенсації реактивної потужності, реалізацією режиму безперебійного електричного живлення пристроїв автоматики без суттєвих доопрацювань самого ІДЕЖ.

В ІДЕЖ важливим є правильний розрахунок трансформатора.

Для ІДЕЖ розраховують такі величини:

1. Споживану потужність P_n :

$$P_n = U_{np} \cdot I_{np} + U_{nv} \cdot I_{nv} + U_{nt} \cdot I_{nt}, \quad (7.1)$$

де U_{np} – напруга навантаження, В;

I_{np} – струм, споживаний навантаженням, А;

U_{nv} , U_{nt} – напруга на відповідних навантаженнях, В;

I_{nv} , I_{nt} – струми, споживані навантаженнями, А.

2. Використовувану потужність трансформатора:

$$P_{is} = 1,3 \cdot P_n. \quad (7.2)$$

3. Площа перетину трансформатора на торі:

$$S_C = 0,01 \cdot \frac{(D_D - D_d) \cdot H}{2}, \quad (7.3)$$

де D_D – зовнішній діаметр, см;

D_d – внутрішній діаметр, см;

H – висота осердя, см.

4. Площа вікна обраного осердя:

$$S_O = 0,01 \cdot \frac{\pi \cdot D_D \cdot D_d}{4}. \quad (7.4)$$

5. Габаритна потужність трансформатора на торі:

$$P_d = \frac{S_C \cdot S_O \cdot F \cdot B_m}{150}, \quad (7.5)$$

де F – частота коливань генератора, kHz;

B_m – магнітна індукція в осерді, Т.

Якщо використовувана потужність менше її габаритної, то варто застосовувати інший типорозмір осердя. У випадку, коли потужність не менша габаритної, то розрахунок необхідно продовжити:

6. Напруга на первинній обмотці:

$$U_1 = \frac{U_p}{2} - 1,6, \quad (7.6)$$

де U_p – напруга автономного джерела живлення, В.

7. Число витків первинної обмотки трансформатора:

$$W_1 = \frac{2,5 \cdot U_1}{F \cdot B_m \cdot S_c}. \quad (7.7)$$

8. Максимальний струм первинної обмотки:

$$I_1 = \frac{P_n}{0,8 \cdot U_1}. \quad (7.8)$$

9. Діаметр проводу для цієї обмотки:

$$D_1 = 0,6 \cdot \sqrt{I_1}. \quad (7.9)$$

10. Число витків вторинних обмоток:

$$W_i = \frac{W_1 \cdot U_i}{U_1}. \quad (7.10)$$

11. Діаметр проводів для кожної вторинної обмотки:

$$D_i = 0,6 \cdot \sqrt{I_i}. \quad (7.11)$$

Для автоматизації процесу розрахунку ІДЕЖ (7.1 – 7.11) розроблена програма «БП–ІТ», яка входить до пакету SinSys (рис. 7.4).

При введенні всіх вихідних даних до відповідного вікна інтерфейсу програми «БП–ІТ» результати розрахунку будуть показані після натискання на кнопку СЧЕТ. Якщо коефіцієнт використання трансформатора не виходить за допустимі межі, то результати обчислень можна прийняти за базові для розробки ІДЕЖ.

Приклад розрахунку для наступних вхідних величин:

- частота генератора дорівнює 30 kHz;
- напруги вторинних обмоток: обмотка 2–1 – $U_{н1} = 6,3$ В; обмотка 2–2 – $U_{н2} = 9$ В; обмотка 2–3 – $U_{н3} = 5$ В; обмотка 2–5 – $U_{н5} = 16$ В;
- струми вторинних обмоток: обмотка 2–1 $I_{н1} = 0,1$ А; обмотка 2–2 – $I_{н2} = 0,05$ А; обмотка 2–3 – $I_{н3} = 0,05$ А; обмотка 2–5 – $I_{н5} = 0,5$ А;
- напруга живлення перетворювача $U_{жив} = 12$ В;
- величина індукції осердя $B = 0,1$ Т.

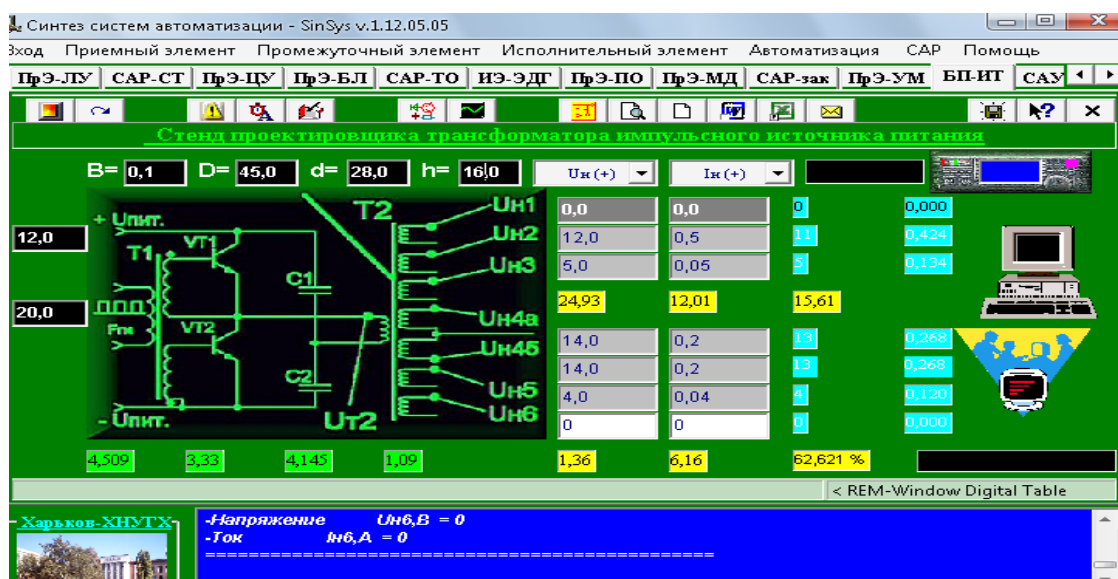


Рисунок 7.4 – Програма розрахунку автономного джерела електричного живлення

Після отримання результатів розрахунку можна побачити, що не всі розрахунки придатні для проєктованого пристрою. Аналіз отриманих конструктивних величин показує, що деякі з цих величин складно реалізувати на практиці або габаритна потужність виробу необґрунтовано перевищує необхідну. Для прикладу найбільш придатними можна визнати трансформатори з величинами габаритної потужності 16 Вт або 21 Вт.

У тих випадках, коли визначення параметрів трансформатора пов'язане із складними розрахунками, то можна використати програму «БП–ІТ», в якій передбачений автоматизований режим визначення.

Для запуску автоматизованого режиму розрахунку необхідно ввести вихідні дані у вікна обмотки U_{H6} , натиснути на кнопку <A> (AUTO) і вибрати для пошуку величину дискретного кроку за величинами напруги < $U_H(+)$ > або струму < $I_H(+)$ >. Зміна результатів розрахунку у відповідних вікнах інтерфейсу дозволить зупинити розрахунок при досягненні необхідного результату. Зупинку автоматизованого режиму виконують натисканням на кнопки <STOP–RESET>.

Стенд «БП–ІТ» ілюструє одну з програм, розробка яких направлена на зниження трудомісткості розрахунків при проєктуванні імпульсних джерел живлення. Стенд оснащений вікнами для введення початкових даних і табло для публікацій результатів розрахунку.

Програма стенда містить автоматизований аналізатор розрахунків, який без участі експериментатора стежить за отриманими даними і при необхідності інформує про їх неспроможність. Стенд оснащений засобами автоматичного розрахунку параметрів для однієї з обмоток (U_{H6}), у вікна якої зазвичай вносять початкові дані для найбільш відповідальної обмотки трансформатора. При виборі <Шаг ВОЛЬТ-добавки> величину <АМПЕР-добавки> обирають рівною <0,0 V>, а при виборі <АМПЕР-добавки> – <Шаг ВОЛЬТ-добавки> = <0,000 A>. Далі програма виконує розрахунок автоматично. Зупинку режиму розрахунку здійснюють натисканням на кнопку <AUTO>. Якщо, наприклад, коефіцієнт використання трансформатора або

інша величина, яка задається розробником, стане неможливою для реалізації, то програма подасть сигнал з попереджувальним написом на табло або зовсім вимкнеться, розцінивши подальші розрахунки недоцільними, про що слід пам'ятати користувачеві програми.

Таким чином, за вихідними даними таблиці 7.2 можна розробити схему автономного джерела живлення, яке матиме такий вигляд (рис. 7.5).

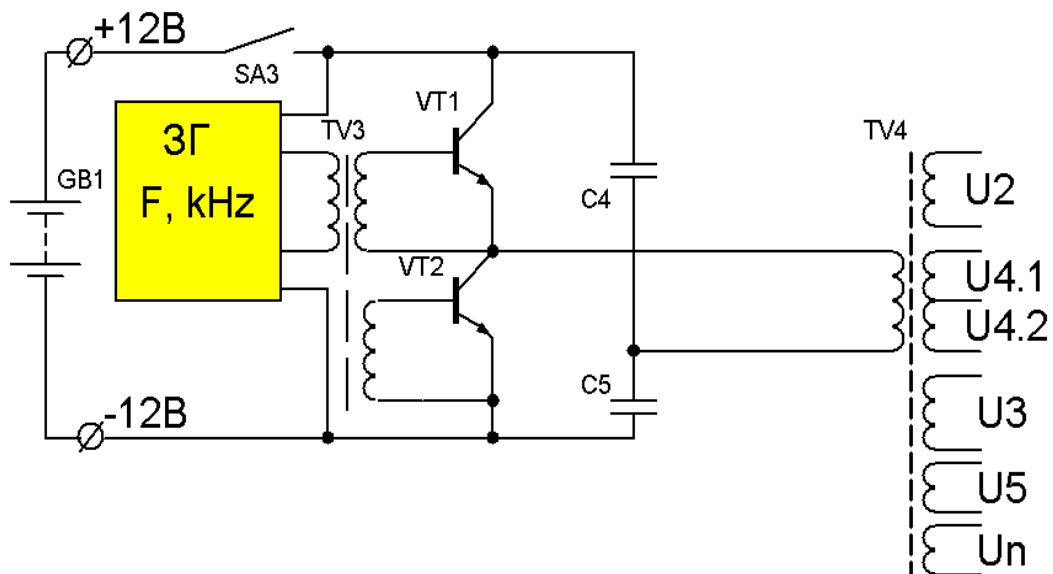


Рисунок 7.5 – Схема автономного джерела живлення

Вибір типів і розмірів феритових сердечників, які серійно випускаються, вибирався, виходячи з табличних даних (табл. 7.1, 7.2).

Таблиця 7.2 – Параметри магнітних матеріалів

Марка фериту	$f_{кр}^1$, МГц	B_{max} , T_l при H_{max} , А/м				μ^2	B_r , T_l
		40	80	240	800		
1	2	3	4	5	6	7	8
Ферити загального використання							
1000НН	0,4	0,095	0,167	0,226	0,270	169	0,15
2000НН	0,1	0,154	0,200	0,236	0,250	796	0,12
1000НМ	0,6	0,206	0,290	0,340	0,370	1 790	0,11
2000НМ	0,5	0,179	0,287	0,366	0,394	1 562	0,13

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
3000НМ	0,1	0,250	0,320	0,360	0,370	1 989	0,12
Термостабільні ферити							
1000НМ3	1,8	0,100	0,200	0,290	0,334	995	0,10
1500НМ1	0,6	0,146	0,240	0,320	0,350	1 393	0,10
1500НМ3	1,5	0,148	0,250	0,350	0,380	1 691	0,08
2000НМ1	0,5	0,165	0,244	0,312	0,340	1 233	0,12
Високопроникні ферити							
4000НМ	0,1	0,260	0,320	0,366	0,37	4 890	0,13
6000НМ	0,05	0,270	0,308	0,345	0,35	1 970	0,11
10000НМ	0,05	0,310	0,330	0,350	0,35	2 188	0,11
Ферити для телевізійної техніки							
2500НМС1	0,4	—	—	—	0,45	—	0,1
3000НМС	0,36	—	—	—	0,45	—	0,1
Ферити для імпульсних трансформаторів							
1000ННИ	0,5	—	—	—	0,3	—	0,09
1100НМИ	0,3	—	—	—	0,4	—	0,15

Таблиця 7.3 – Типорозміри осердь

Типорозмір	D, мм	d, мм	h, мм	m, г
1	2	3	4	5
K7×4×2	7±0,3	4±0,2	2±0,15	0,32
K10×6×3	10±0,3	6±0,2	3±0,15	0,86
K10×6×4,5	10±0,3	6±0,2	4,5±0,15	1,27
K12×5×5,5	12±0,4	5±0,2	5,5±0,15	2,83
K12×8×3	12±0,4	8±0,3	3±0,15	1,12
K16×8×6	16±0,4	8±0,3	6±0,25	4,9
K16×10×4,5	16±0,4	10±0,3	4,5±0,25	3,1
K20×10×5	20±0,5	10±0,3	5±0,25	6,3
K20×12×6	20±0,5	12±0,4	6±0,25	6,7
K28×16×9	28±0,6	16±0,4	9±0,4	20,4
K32×16×8	32±0,8	16±0,4	8±0,4	26,4
K32×20×6	32±0,8	20±0,5	6±0,25	16,4
K32×20×9	32±0,8	20±0,5	9±0,4	24,6
K38×24×7	38±0,8	24±0,5	7±0,4	26,6
K40×25×7,5	40±0,8	25±0,6	7,5±0,4	31,8

Продовження таблиці 7.2

1	2	3	4	5
K40×25×11	40±0,8	25±0,6	11±0,5	46,3
K45×28×8	45±0,9	28±0,6	8±0,4	42,9
K45×28×12	45±0,9	28±0,6	12±0,5	63,9
K65×40×9	65±1,5	40±0,8	9±0,4	110

Інтерфейс програми для розрахунку пропонованого джерела живлення представлений на рисунку 7.6.

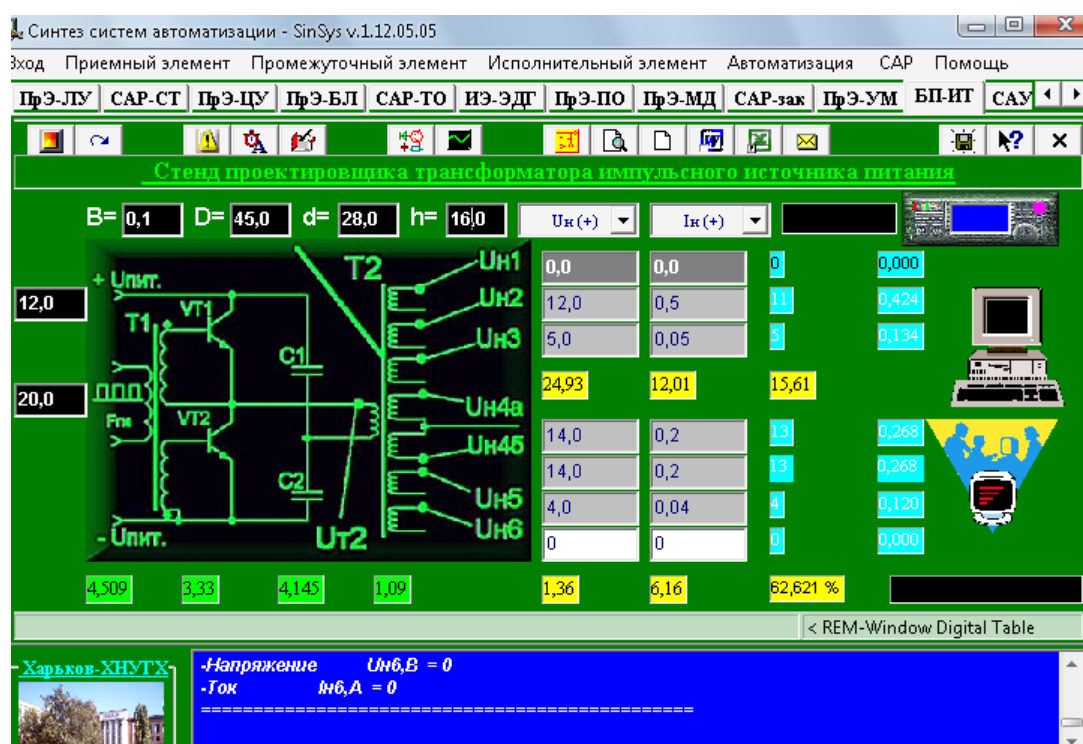


Рисунок 7.6 – Інтерфейс програми для розрахунку джерела живлення

Усі результати розрахунків, отримані за допомогою програми «БП–ІТ», представлені на рисунку 7.7.

Після розрахунку імпульсного джерела живлення розробляємо схему (рис. 7.8) необхідних фільтрів джерел електроживлення згідно з вимогами таблиці 7.1.

```

*Новый текстовый документ.txt – Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
===== Расчет ИИП soft SinSys =====
----- Трансформатор T1 -----
-Напряжение питания      Uпит,В  = 12,0
-Задающий генератор      Fгн,kHz = 20,0
----- Трансформатор T2 -----
-Индукция                  B,Т     = 0,1
-Диаметр наружный         D,мм    = 45,0
-Диаметр внутренний       d,мм    = 28,0
-Высота                   h,мм    = 16,0
-Площ.магнитопровода     Sm,см кв. = 1,36
-Площ.окна                So,см кв. = 6,16
-Коеф.использования      Ки      = 62,621 %
-Мощность габаритная     Pг,Вт  = 24,93
-Мощность нагрузки        Pн,Вт  = 12,01
-Мощность используемая    Pи,Вт  = 15,61
-----
----- Параметры обмоток T2 -----
----- Обмотка Wt2 -----
-Обмотка                  Wt2,вит = 4,145
-Диаметр провода         dt2,мм  = 1,09
-Напряжение              Ut2,В    = 4,509
-Ток                     It2,А     = 3,33
----- Обмотка Un1 -----
-Обмотка                  W1,вит  = 0
-Диаметр провода         d1,мм   = 0,000
-Напряжение              Un1,В    = 0,0
-Ток                     In1,А     = 0,0
----- Обмотка Un2 -----
-Обмотка                  W2,вит  = 11
-Диаметр провода         d2,мм   = 0,424
-Напряжение              Un2,В    = 12,0
-Ток                     In2,А     = 0,5
----- Обмотка Un3 -----
-Обмотка                  W3,вит  = 5
-Диаметр провода         d3,мм   = 0,134
-Напряжение              Un3,В    = 5,0
-Ток                     In3,А     = 0,05
----- Обмотки Un4a=Un4b -----
-Обмотка                  W4,вит  = 13
-Диаметр провода         d4,мм   = 0,268
-Напряжение              Un4,В    = 14,0
-Ток                     In4,А     = 0,2
----- Обмотка Un5 -----
-Обмотка                  W5,вит  = 4
-Диаметр провода         d5,мм   = 0,120
-Напряжение              Un5,В    = 4,0
-Ток                     In5,А     = 0,04
----- Обмотка Un6 -----
-Обмотка                  W6,вит  = 0
-Диаметр провода         d6,мм   = 0,000
-Напряжение              Un6,В    = 0
-Ток                     In6,А     = 0

```

Рисунок 7.7 – Розрахунок за допомогою програми «БП-ІТ»

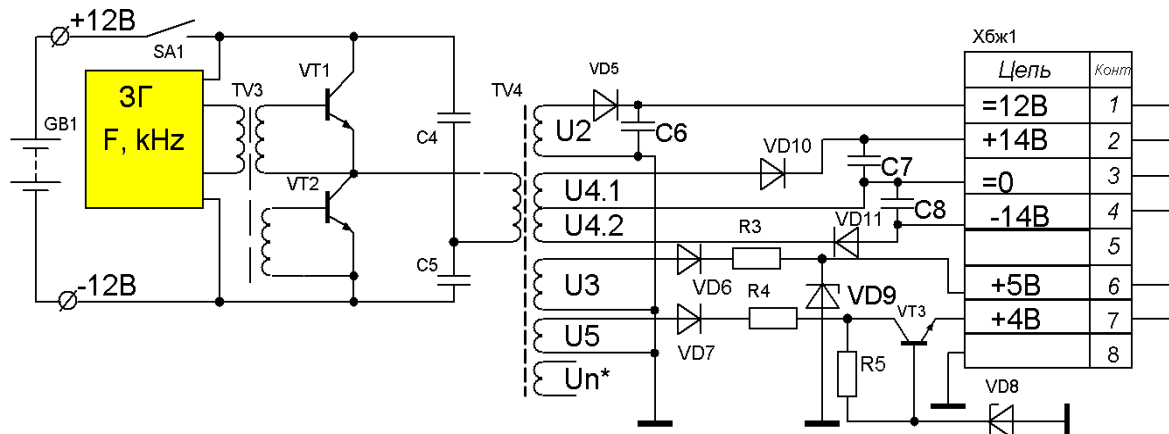


Рисунок 7.8 – Схема джерела живлення для ЕМО

Необхідні розрахунки для вибору компонентів, які серійно випускаються, для всіх фільтрів виконують за допомогою програмних

продуктів, що розроблені різними фірмами і компаніями, які є в інтернет-мережі.

Найбільш досконалі схеми таких блоків живлення тепер оснащуються також засобами сигналізації і діагностики справності компонентів.

Розрахунок компонентів діагностичного пристрою виконується за допомогою програмного забезпечення, інтерфейс якого представлений на рисунку 7.9.

Приклад схеми джерела живлення з сигнальним діагностичним пристроєм представлений на рисунку 7.10.

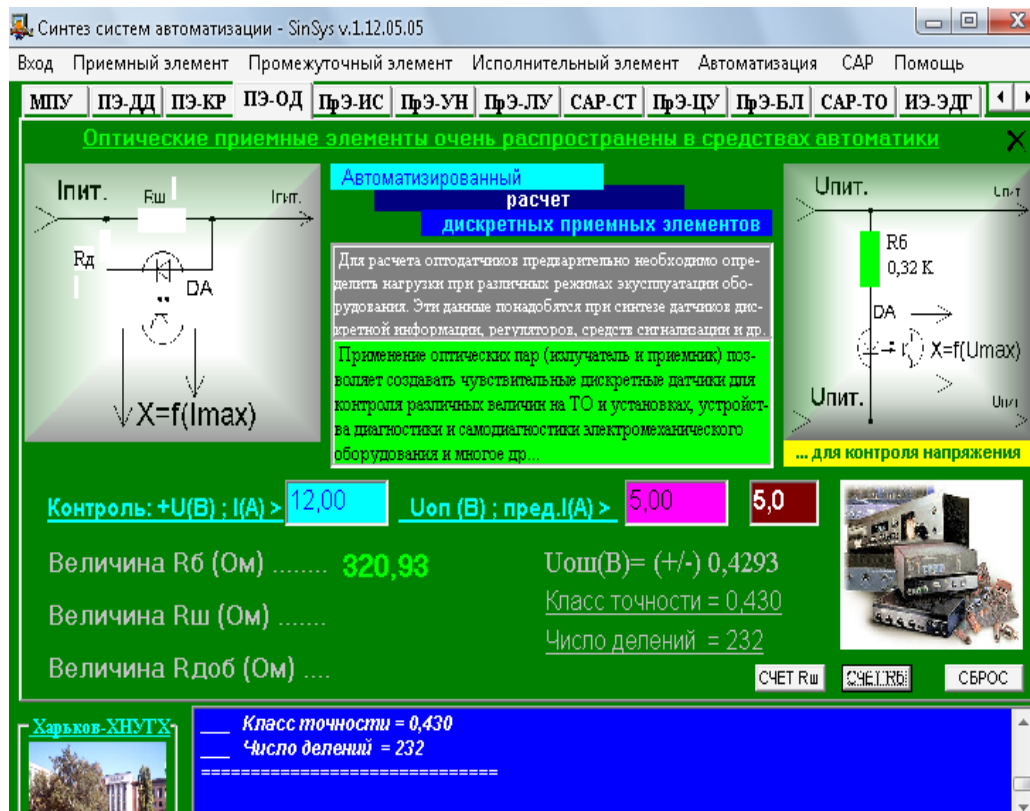


Рисунок 7.9 – Интерфейс програми для розрахунку компонентів діагностичного аналізатора блоку живлення

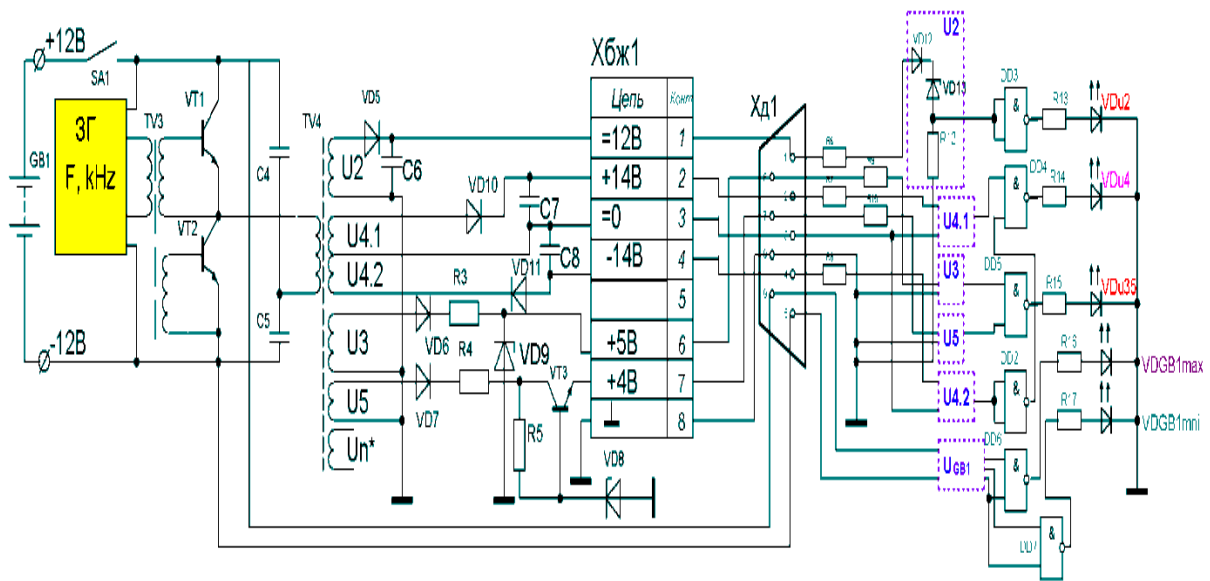


Рисунок 7.10 – Схема джерела живлення з сигнальним діагностичним пристроєм:

$X_{бж1}$ – вихідний роз’єм джерела живлення; $X_{д1}$ – роз’єм підключення плати діагностичного сигналізатора; VD_{u2} – несправність джерела напруги U_2 ; VD_{u35} – несправність стабілізаторів джерел напруги U_3 , U_5 ;
 VD_{u4} – несправність двополярного джерела напруги U_4 ;
 VD_{GB1max} – невідповідність максимального заряду акумуляторної батареї $GB1$; VD_{GB1min} – невідповідність мінімального заряду акумуляторної батареї $GB1$

Оскільки в блоці живлення передбачені сигнальні елементи діагностичного пристрою несправностей блоку живлення, очевидно, що їх слід передбачити доступними оператору. Тому вносимо засоби сповіщення (1–9) до раніше розробленої функціональної схеми автоматизації ЕМО (рис. 7.11).

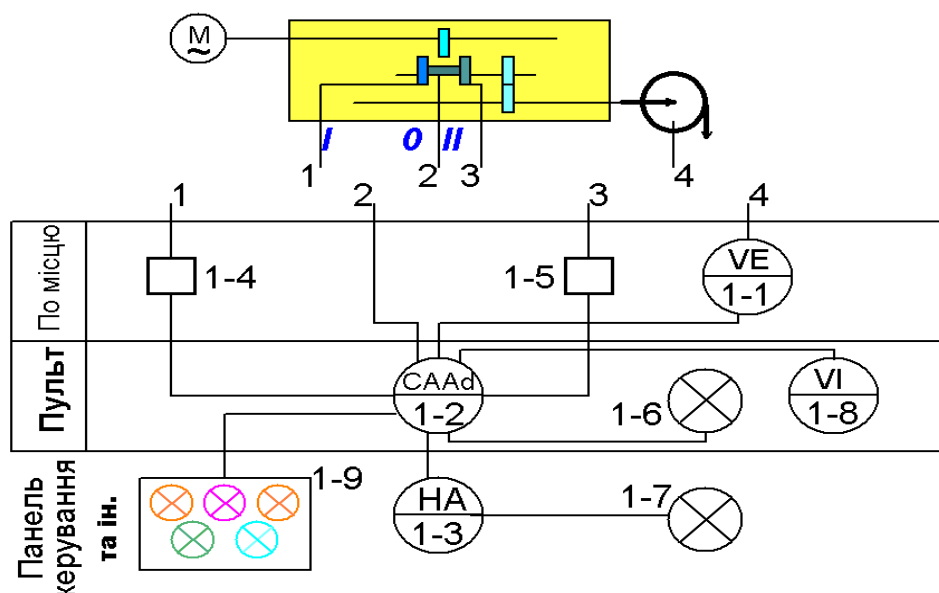


Рисунок 7.11 – Функціональна схема автоматизації КЗП з елементами сигналізації несправності елементів блоку живлення

8 РОЗРОБКА СИЛОВОГО ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Як відзначалося вище, для мобільного варіанту ЕМО джерело живлення має бути автономним з акумуляторною батареєю. Такі комплекти електропостачання популярні в сучасних електромобілях і відрізняються своїми інженерними рішеннями, які мають високий коефіцієнт використання автономних джерел живлення і тому часто є оригінальними. Принцип створення таких технічних рішень інженер-електромеханік може представити, користуючись відомими розробками, застосовуючи свої знання і досвід проєктування усіх компонентів ЕМО.

На основі структури відомих компонентів електроустаткування ЕМО нескладно представити блоковий принцип створення автономного джерела трифазної напруги для силового приводу, в якому використовується механізм з тяговим електродвигуном (рис. 8.1).

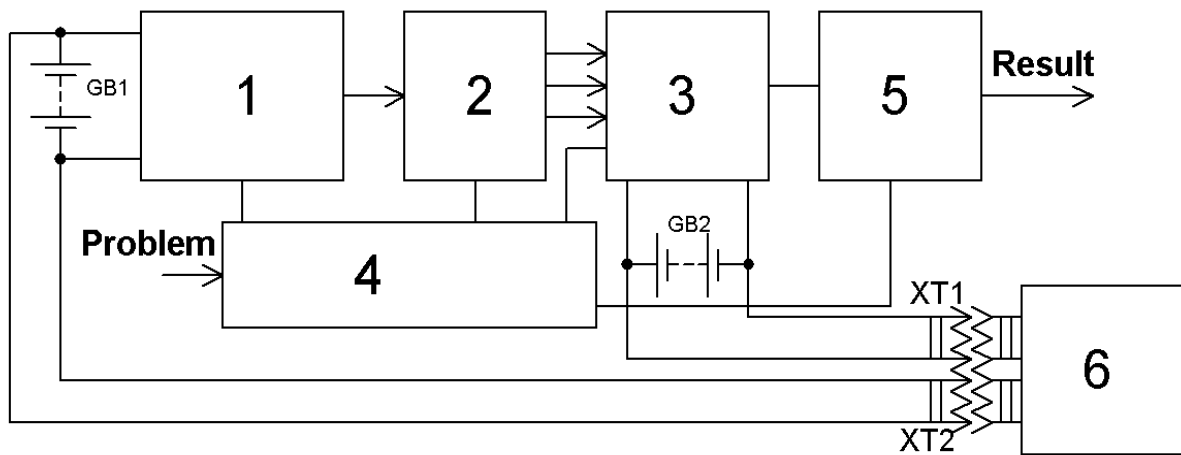


Рисунок 8.1 – Структура компонентів електроустаткування ЕМО:

1 – задаючий генератор; 2 – формувач імпульсів трьох фаз;
 3 – підсилювач потужності; 4 – блок системи управління; 5 – виконавчий механізм; 6 – зарядне джерело напруги; GB1, GB2 – низьковольтний і високовольтний акумулятори; XT1, XT2 – роз'єми для підключення зарядного пристрою

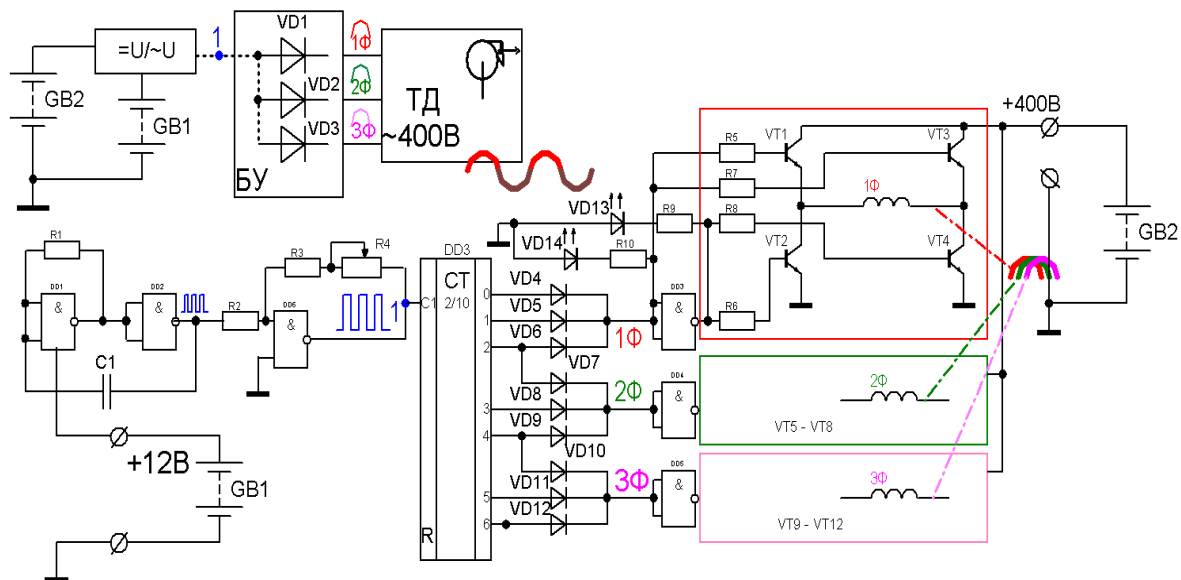


Рисунок 8.2 – Електрична принципова схема трифазного джерела напруги силового приводу ЕМО

9 ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕМО

Існуючі популярні приклади дискретного керування різними виконавчими елементами з використанням змінного набору вхідних двійкових кодів (бінарні коди) широко знайшли своє застосування в ЕМО, які реалізують дискретний принцип перемикання швидкості обертання валу, наприклад, в КЗП. Інтерфейс такого рішення представлений у програмі навчального пакету SinSys (рис. 9.1).

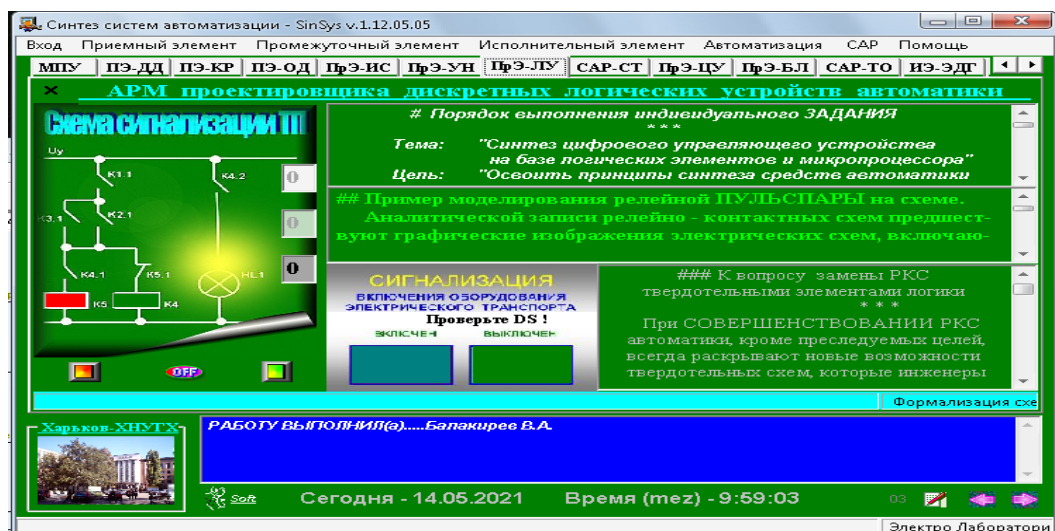


Рисунок 9.1 – Електронний стенд дискретного керування

Цей приклад наочно ілюструє, як змінюючи вхідний код (введення наборів від 000 до 111), змінюється активація виконавчих елементів і сигналізація їх роботи.

Кількість наборів двійкового коду визначається величиною $N = 2^3$, тобто, всього 8 можливих випадків, які можна задати, змінюючи в будь-якому порядку нулі та одиниці.

Бінарні пульти подібного принципу виконання застосовуються в робототехніці, багатьох дистанційно-керованих механічних пристроях, побутовій техніці, експериментальних моделях та ін. Так, маючи лише 8 варіантів бінарних наборів команд, можна керувати кількома виконавчими пристроями або змінювати функції механізмів під час їх експлуатації.

Для автоматизації керування можна розглянути такі випадки:

1 – включення першої передачі під час пуску ЕМО (зрушення з місця транспортного засобу);

2 – включення другої передачі при швидкості руху транспортного засобу, наприклад 20 км/год, враховуючи рельєф поверхні дороги та далі включення третьої передачі при 40 км/год, четвертої – понад 50 км/год тощо;

3 – вибір нейтрального стану КЗП передбачається за будь-яких перемикань передач і всіх можливих неприпустимих умов експлуатації ЕМО, для запобігання несправності механічного обладнання.

Для виконання 1 та 2 умов передбачається, що КЗП має експлуатуватися в автоматичному режимі без участі оператора (водія).

Насправді всі подібні завдання керування завжди синтезуються з урахуванням вибору приймальних пристроїв або чутливих елементів певних реально існуючих фізичних умов експлуатації устаткування. В ЕМО, яке являє собою транспортний засіб, необхідно контролювати якість поверхні дороги, наприклад, за допомогою фотометра на базі світлочутливого приймального елемента. Другою змінною величиною в даному випадку доцільно прийняти швидкість руху транспортного засобу при реальних дорожніх умовах.

Враховуючи електричні характеристики приймальних елементів, слід вибирати такі компоненти, які за будь-якого зовнішнього освітлення (фонова засвітка) дозволяють формувати надійні інформаційні електричні сигнали, тісно взаємопов'язані з відбивними властивостями поверхні дороги. Найбільш прийнятним варіантом для міських дорожніх умов можна вважати фотоприймач зі світлофільтром та зовнішнім опромінювачем на певну довжину хвилі монохромного світлового потоку. Практика застосування таких комплектів найчастіше розробляється в ультрафіолетовому спектрі довжин хвиль. Очевидно, що на базі такого фотометра в кожному випадку створюватиметься оригінальний фотоелектронний перетворювач з індивідуальними властивостями.

На основі фотоперетворювача та відомих ключових електронних схем можна отримати потрібний бінарний формувач інформаційного сигналу, який залежить від рівня потоку світла, що відбивається від поверхні дороги.

Відома схема транзисторного підсилювача з оптичним фоторезистором (рис. 9.2) була прийнята як вихідна для формувача інформаційного сигналу.

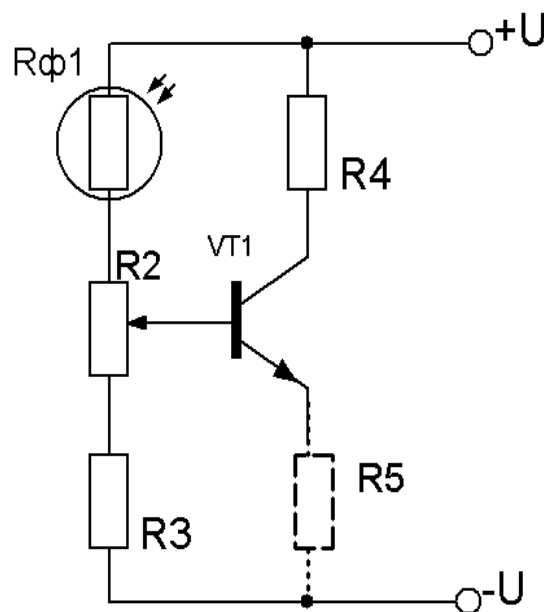


Рисунок 9.2 – Фотометричний підсилювач

Для реалізації схеми (рис. 9.2) необхідні транзистор VT1, фоторезистор Rφ1, резистори змінного – R2 та постійного – R3, R4 номіналів. Для розрахунку та вибору цих елементів використовуються типові методики, яких дотримуються всі розробники таких пристроїв.

Якщо емітер VT1 з'єднати з клемою джерела живлення – U, то залежно від зміни освітленості (внутрішнього опору Rφ1) та певного налаштування каскаду резистором R2, то схема запрацює так, що струм через транзистор VT1 теж змінюватиметься в пропорційній залежності від умов освітленості навколишнього середовища (на вулиці, в приміщенні, відображення світла від поверхонь та ін.). При цьому вольт-амперна характеристика (далі – ВАХ) такого пристрою найчастіше має лінійний характер, а це важливо для

отримання рівномірної шкали залежності інформаційного сигналу електричного датчика-перетворювача від умов контрольованої освітленості.

Як зазначено вище, при виборі фотоприймача треба звернути увагу на фотометричні властивості датчиків до світлових потоків різної довжини хвиль. Причиною тому є необхідність вирішення різних завдань керування, які визначаються світловими потоками, прикладом може бути дорожній світлофор, який використовується при регулюванні вуличного руху. Таким чином для транспортного засобу можна застосувати фотометричні рішення, для досягнення необхідної реакції в реальних дорожніх умовах, що вже активно застосовується в безпілотному транспорті.

Детальне знайомство з фотометричними пристроями дозволяє зробити висновок, що в них селективність до світлових потоків може досягатися не лише вибором окремих фотодатчиків, але також із застосуванням світлофільтрів певної пропускнуєї спроможності та спрямованої орієнтації чутливої частини фотодатчика у просторі.

Оскільки вихідна схема (рис. 9.1) для своєї реалізації потребує кодованих повідомлень з «0» і «1» рівнями сигналів, то для отримання таких величин можна використати стабілітрон у підсилювачі (ВАХ стабілітрона залежить від прикладеної до анода і катода напруги певного рівня) (рис. 9.3).

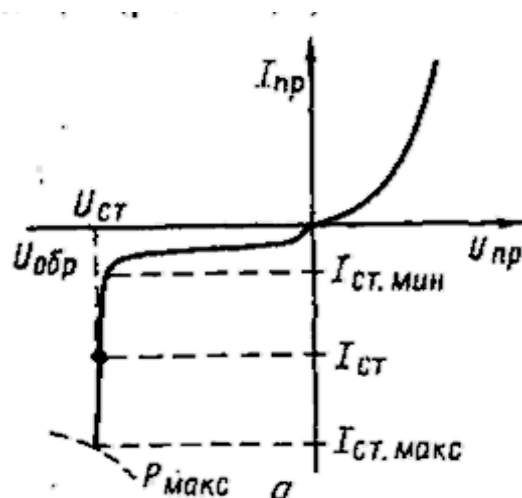


Рисунок 9.3 – ВАХ стабілітрона

Після введення стабілітрона VD1 у нашу схему (рис. 9.4) отримаємо пристрій, який формує ступінчастий вихідний сигнал U_d .

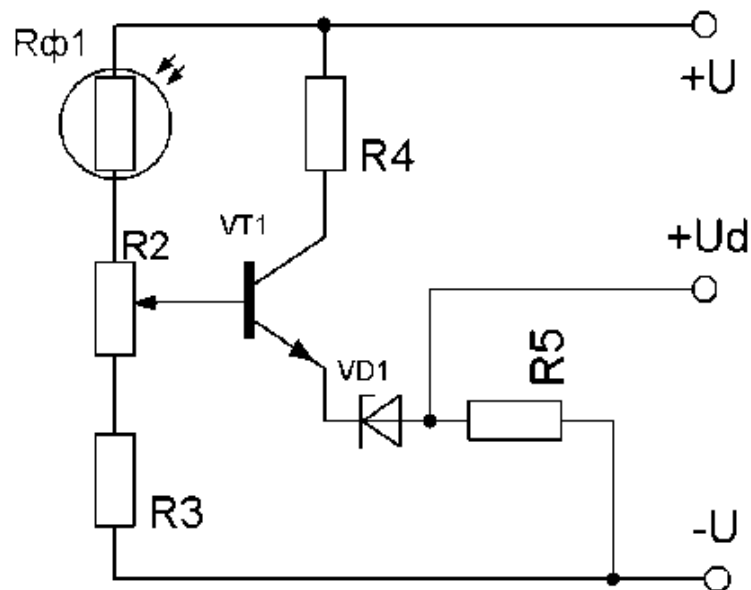


Рисунок 9.4 – Формувач логічної величини

У цій схемі вихідний дискретний сигнал U_d на резисторі R5 буде відповідати високому рівню U_d «1» (наприклад +2,5В) – при високому рівні освітленості поверхні дороги, а при низькому рівні – U_d «0» (+0,5В).

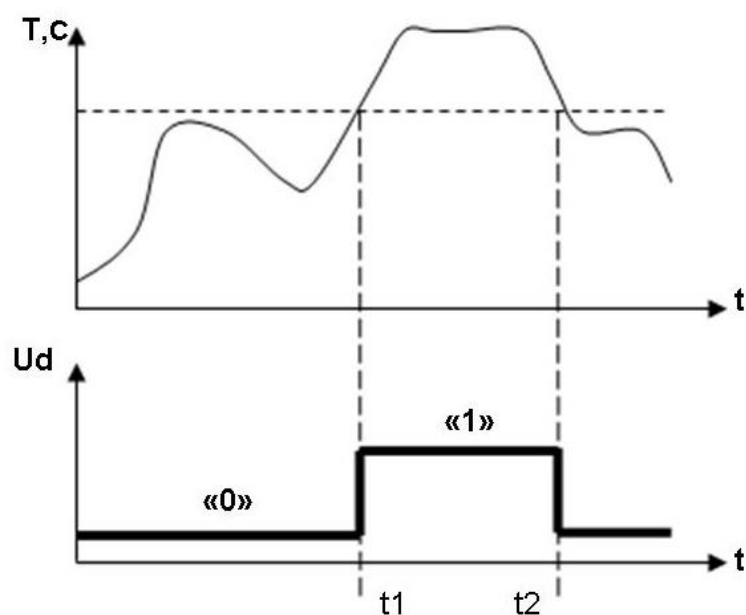


Рисунок 9.5 – Формування логічного електричного сигналу

Завдяки даному пристрою можна отримати можливість формувати дискретний інформаційний сигнал U_d у часі. При цьому в інтервалі t_1-t_2 завжди буде «1», коли найвищий ступінь відображення поверхні. В усіх інших умовах світловий потік матиме понижену інтенсивність. Слід зазначити, якщо потрібні інші рівні сигналів, то необхідно буде обирати кілька стабілітронів у схемі або інші радіоелементи, які забезпечують необхідні властивості формування логічних величин.

Для створення дискретного «Фотоперемикача» передач у КЗП розроблено таку схему (рис. 9.6).

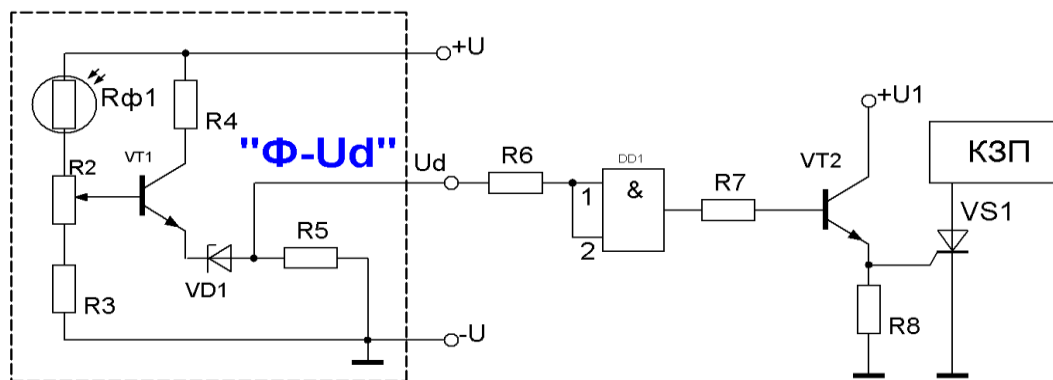


Рисунок 9.6 – Формувач сигналу керування КЗП

До фотометричного датчика-перетворювача «Ф– U_d » підключається селектор з логічним елементом DD1 та підсилювачем VT2. У даній схемі I – елемент DD1 із з'єднаними входами дозволяє отримувати стандартний вихідний сигнал, який забезпечує повторюваність і відтворюваність роботи безконтактного керуючого пристрою на базі тиристора VS1 (соленоїд K1), підключеного до КЗП.

Для перемикання двоступінчастої КЗП у положення другої передачі, попередні прийоми функціонування пристрою залишаються прийнятними без істотних змін. Однак додатково буде необхідний контроль швидкості обертання вихідного валу (швидкості руху транспортного засобу). Що стосується транспортного засобу, то для цього досить використати

тахогенератор, який взаємопов'язаний з вихідним валом КЗП або колесом автомобіля.

Розглядаючи взаємозв'язок між поверхнею дорожнього покриття та допустимою швидкістю руху по ній, очевидно, що можна задати рівні вихідних сигналів від двох розглянутих датчиків і створити електронний пристрій для контролю умов збігу інформаційних сигналів за різними реальними умовами експлуатації транспортного засобу, який містить КЗП. Для бінарної системи логічної оцінки можливих станів подій, які розглядаються, таблиця істинності має наступний вигляд (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – Таблиця істинності для двоступінчатої КЗП

№ з/п	Sign Udφ1	Sign UdG2	Вихідний сигнал Y1	Вихідний сигнал Y2	Вихідний сигнал Y3	Вихідний сигнал Y4	Функція КЗП
1	0	0	1	0	0	0	Нейтральне положення
2	0	1	0	1	0	0	Друга передача
3	1	0	0	0	1	0	Перша передача
4	1	1	0	0	0	1	Неможливо

Дотримуючись раніше розглянутого принципу формування сигналу Udφ1 для КЗП з датчиком контролю стану дорожнього покриття, необхідно створити додатковий дискретний пристрій, активація якого відбуватиметься при високому рівні Udφ1 і необхідному рівні інформаційного сигналу UdG2 від тахогенератора. Прийняті функціональні властивості КЗП (табл. 9.1) дозволяють зробити дискретну схему керування КЗП (рис. 9.7) для автоматичного перемикавання нейтральної, першої та другої передач КЗП. При більшому числі передач прийнятні всі аналогічні міркування, які повинні повторюватися стільки разів, скільки необхідно для забезпечення всіх реальних умов експлуатації КЗП, що відображаються відповідною таблицею

істинності (табл. 9.1), але з іншим набором функціональних властивостей пристрою.

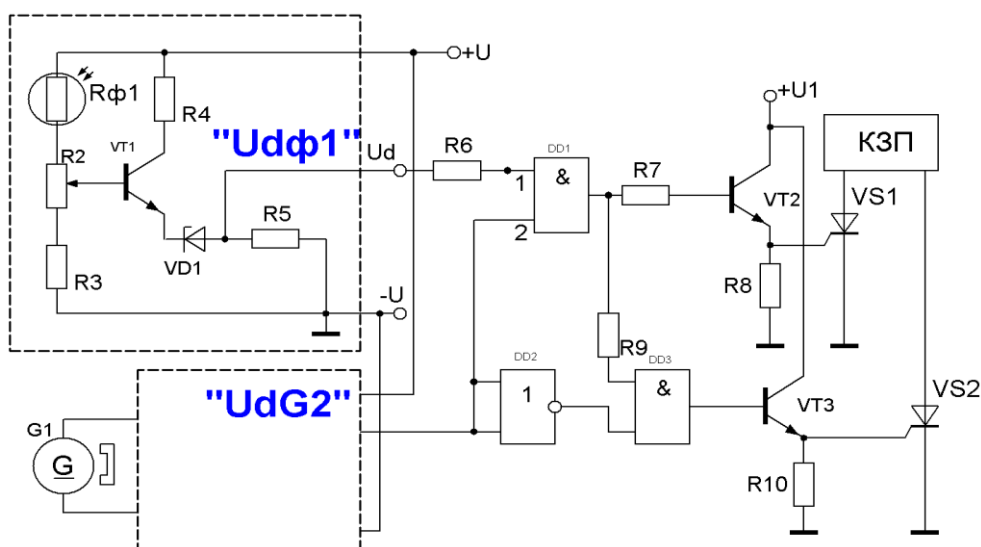


Рисунок 9.7 – Схема керування двошвидкісного КЗП

У даній схемі датчик-перетворювач «UdG2» з тахогенератором G1 нічим не відрізняється від «Udφ1» з фоторезистором Rφ1, крім власних електронних налаштувань. Однак, в елементі DD1 на вхід 1 повинен надходити інформаційний сигнал для включення першої передачі КЗП, а на вхід 2 надходитиме сигнал, який підтверджує логічні умови, коли досягнення заданої швидкості руху по конкретній поверхні дорожнього покриття відповідають умовам переходу на другий ступінь КЗП. Таке використання дискретних електричних величин ілюструє способи перемикання КЗП з будь-яким числом можливих ступенів передач. Безконтактні елементи VS1, VS2 у схемі, що розглядається, виконують функцію активаторів соленоїдів K1, K2, які змушують муфту переміщатися в положення першої та другої передач, відповідно. Для підвищення селективності приймальних елементів у таких пристроях застосовують різні додаткові електронні прийоми, які ускладнюють цю схему, але забезпечують досягнення заданих властивостей при експлуатації транспорту під час дощу, снігу або льоду на дорозі тощо.

9.1 Дистанційні дискретні системи автоматизації

Розглянуті прийоми схемотехніки широко використовують при розробці систем дистанційного керування електромеханічним обладнанням різного призначення. Наприклад, для керування трифазним тяговим електродвигуном (рис. 9.8) з додатковими функціями (рис. 9.9) можна скористатися традиційними сигналами світлофора, використовуючи фотометричні логічні формувачі керуючих сигналів з підсилювачами на транзисторах VT1–VT3.

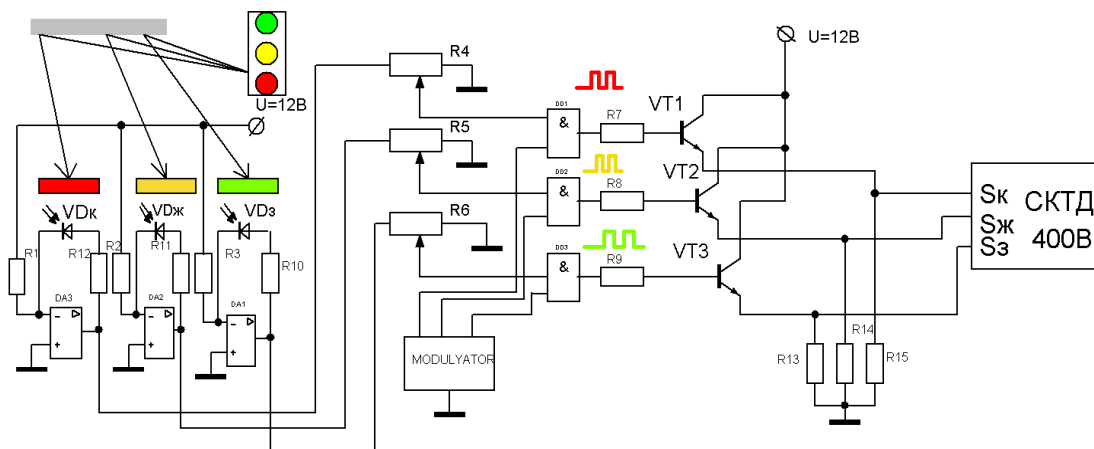


Рисунок 9.8 – Дистанційна система керування тяговим електроприводом

Сукупність розглянутих інженерних прийомів розробки подібних модулів керування для тягових електродвигунів ілюструє схема на рисунку 9.9, яка розроблена під час використання автономного джерела енергопостачання електроприводу транспортного засобу.

Система керування трифазним електродвигуном з оптичними сигналізаторами реалізує наступні функції електроприводу:

- Sз – сигнал дозволу (зелений);
- Sж – сигнал дозволу (жовтий);
- Sk – сигнал заборони (червоний);
- Spr – сигнал ручного регулювання швидкості;
- Zh – сигнал режиму «реверс».

Розглянуті приклади представляють собою індивідуальні варіанти реалізації попередньо сформульованих технічних завдань керування ЕМО, які зазвичай є ретельно продуманими функціональними компонентами схем, що визначаються початковими та експлуатаційними умовами роботи конкретного ЕМО, вимогами майбутніх фахівців та рівнем підготовленості розробників засобів автоматики.

Подробиці використання фотометричних сенсорів у транспортних засобах, які застосовують при створенні інфраструктур, вбудованих у дорожнє покриття або біля нього. Сучасні технології сприяють забезпечення автономного пересування транспорту в реальних умовах без участі оператора, виконуючи всі функції водія через електромеханічні впливи на виконавчі елементи, які змінюють положення керма, швидкість руху, позиціонування (GPS) та інші компоненти, асортимент яких постійно розширюється, сприяючи створення інтелектуальної системи, що реалізує складні алгоритми відстеження всіх подій на дорогах.

Для підвищення селективних властивостей приймаючих сенсорів і захищеності від перешкод інформаційних сигналів в умовах експлуатації транспортних засобів використовують радіотехнічні пристрої, які є більш надійними.

На рисунку 9.10 представлений приклад багатфункціонального діагностичного комплексу контролю справності всіх компонентів рухомої одиниці, які дистанційно активуються спеціальним трансивером безпосередньо на маршруті експлуатації. Результати дистанційного контролю всіх електромеханічних компонентів формуються обладнанням трансивера та передаються на пункт контролю технічного стану рухомих одиниць.

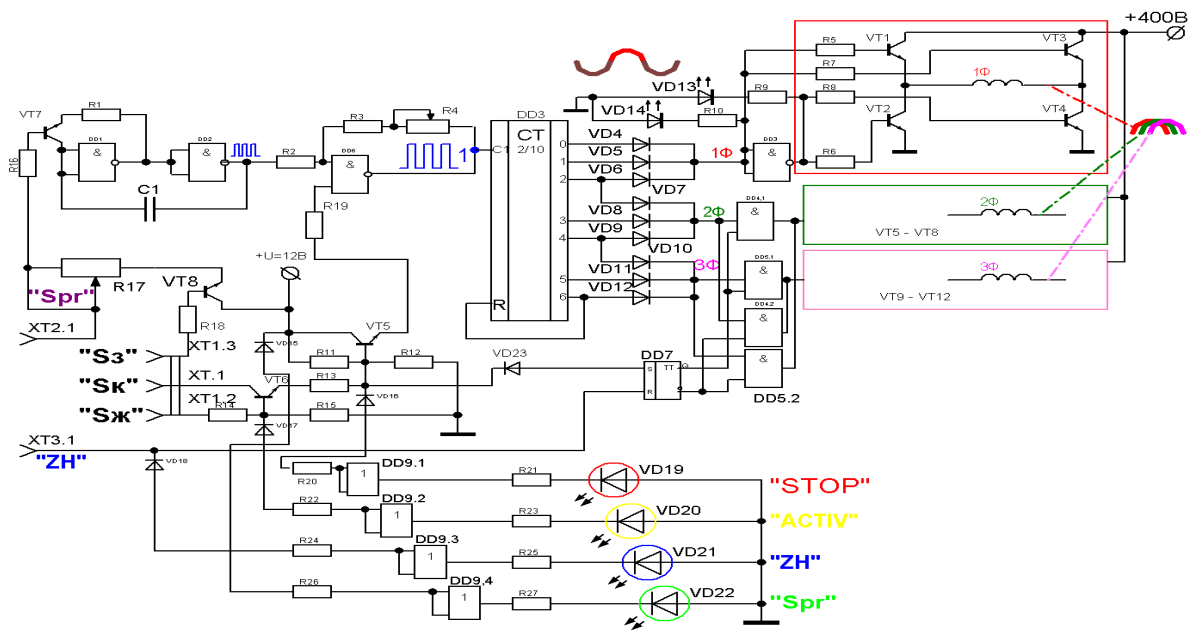


Рисунок 9.9 – Система керування трифазним двигуном із сигналізацією реалізованих

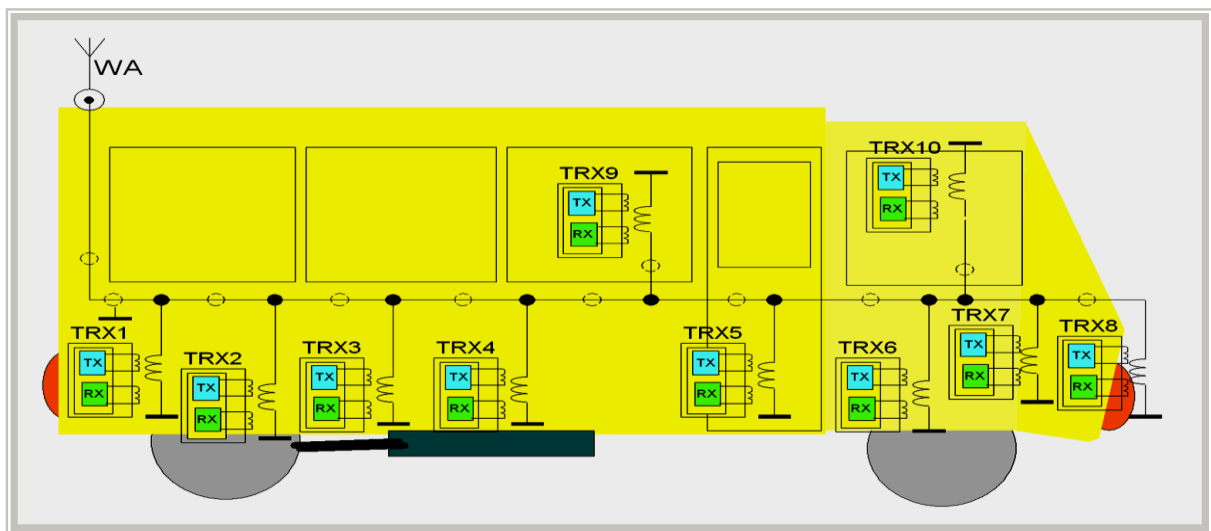


Рисунок 9.10 – Розміщення датчиків-перетворювачів на транспортному засобі:

- TRX1 – елементи бортової електричної мережі;
- TRX2 – електроприводи системи гальм; TRX3 – електроприводи системи безпеки; TRX4 – засоби експлуатації двигуна; TRX5 – електроприводи спеціального призначення; TRX6 – засоби контролю і керування;
- TRX7 – засоби ручного керування електроустаткуванням; TRX8 – засоби освітлення і сигналізації; TRX9 – елементи бортової електричної мережі;
- TRX10 – елементи бортової електричної мережі спеціального обладнання

10 ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Сучасні засоби візуалізації інформації реалізуються з урахуванням цифрових пристроїв. Вони складаються з популярних та відомих формувачів уніфікованих сигналів, аналого-цифрових перетворювачів (далі – АЦП), світлових індикаторів, елементів графічного представлення бінарної інформації та багато інших компонентів.

Застосування АЦП різної розрядності дозволяє вибирати найприйнятніші рішення, які забезпечують необхідну точність контролю змінних величин. Так, при використанні 4-х розрядного АЦП для вимірювання швидкості обертання валу механічного приводу з тахогенератором помилку вимірювань S можна визначити, використовуючи залежність:

$$\Delta S = \frac{UT}{24}, \quad (10.1)$$

де UT – вихідна напруга тахогенератора за максимально можливою швидкістю обертання валу механічного приводу, В.

При $UT = 10$ В маємо $\Delta S = \pm 0,625$ В для показуючого приладу, яким оснащується вимірювальний пристрій подібної конструкції. Для візуального показуючого приладу (спідометра) зі шкалою в одиницях вимірювання швидкості (км/год), яка має 100 поділів, при максимальному значенні швидкості 100 км/год помилка вимірювань складе $\pm 6,25$ км/год. Якщо застосувати 8-розрядний АЦП, то помилка вимірів знизиться до рівня $\pm 0,4$ км/год. Очевидно, що застосування вимірювальних приладів з різними АЦП у кожному випадку забезпечуватиме певну точність вимірювання параметра, яка визначається користувачем, а розробник враховує її при конструюванні оригінального приладу для візуального спостереження.

Приклад варіанта використання візуальних засобів для контролю та сигналізації швидкості обертання вихідного валу КЗП був розроблений на основі функціональної схеми та представлений на рисунку 10.1.

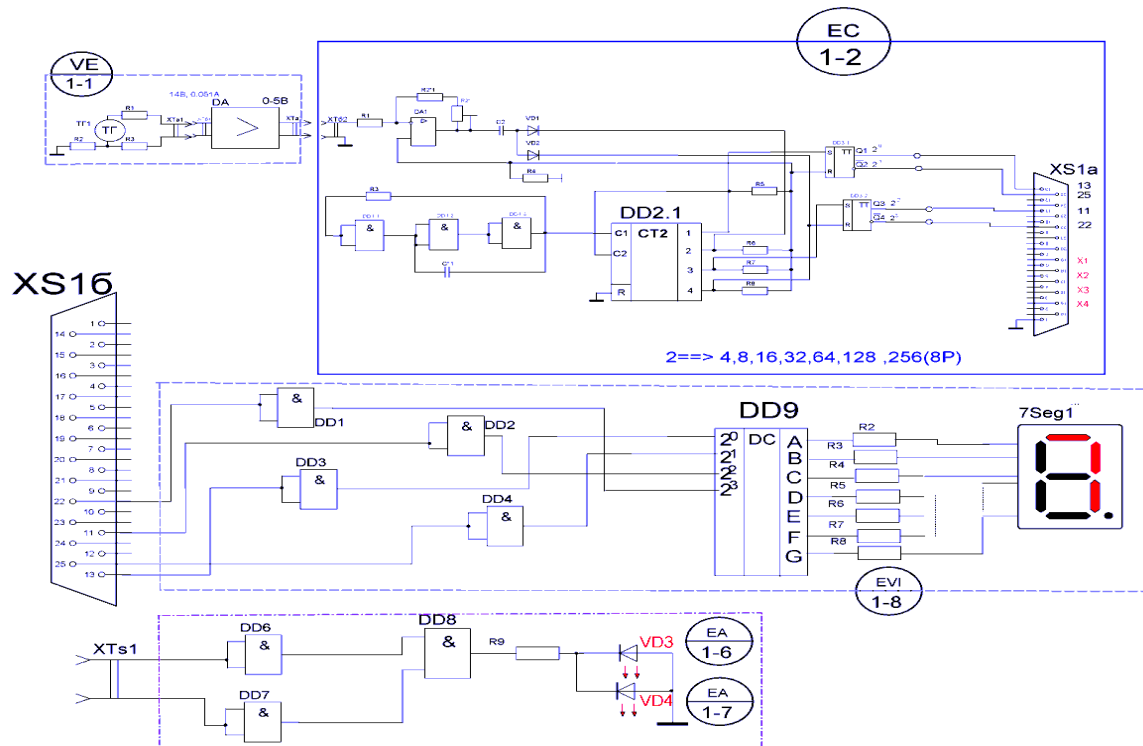


Рисунок 10.1 – Принципова електрична схема системи контролю в ЕМО

11 ПРОГРАМОВАНІ ПРИСТРОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

З появою великих інтегральних схем (далі – ВІС) почалася ера широкого використання програмованої електроніки. Розроблені мікроконтролери являють собою мікросхеми, які докорінно змінили існуючу елементну базу (транзистори, напівпровідникові логічні та аналогові мікросхеми), за допомогою яких стало можливим створювати пристрої, що задовольняють сучасним вимогам. Нові пристрої мають менший розмір та масу, що дозволило їх впроваджувати в механічне обладнання без суттєвих витрат на оновлення електромеханіки. Враховуючи постійне зростання вимог до електронного обладнання, зменшилась необхідність створювати великий асортимент мікросхем.

Дані програмовані мікросхеми можливо використовувати для різних пристроїв автоматизації об'єктів. Адже в більшості випадків завдання є типовими і відрізняються лише логікою керування ними. Тому програмування ставило за мету створення пристроїв із змінною логікою взаємозв'язку різних окремих операцій, які в мікросхемотехніці використовувались завжди за допомогою окремих мініатюрних модулів на базі мікросхем, що випускалися серійними партіями.

Будь-який мікропроцесор теж є мікросхемою, але в ньому на самому початку, як правило, розміщувалася лише керуюча програма. Інші складові такі як пам'ять, елементи введення-виводу інформації тощо, завжди реалізовувалися за допомогою додаткових периферійних вузлів на основі додаткових мікросхем, які були невід'ємною частиною цілісного програмованого пристрою.

Програмовані електронні рішення суттєво відрізняються від пристроїв із звичайними транзисторами. На жаль, навіть дуже прості мікропроцесорні пристрої завжди мали набір мікросхем: мікропроцесор, мікросхеми пам'яті, мікросхеми введення-виводу, тактові генератори тощо.

Наступний етап еволюції мікропроцесорних систем відзначається створенням мікроконтролерів, у яких поєдналися (в одному корпусі) багато частин типової мікропроцесорної системи. Таким чином, з'явилися і стали популярними зараз мікроконтролери, за допомогою яких можна створювати досить складні пристрої, наприклад, з різними режимами роботи обладнання, можливістю оновлювати функціональні властивості автоматики, змінюючи програму лише в одній мікросхемі тощо. Вартість простих мікроконтролерів істотно відрізняється від наборів периферійних компонентів і тому мікроконтролери дуже швидко завоювали популярність серед фахівців та знайшли застосування практично в будь-яких напрямках механізації процесів та виробництв.

У вимірювальній техніці та приладах для промислової автоматизації знайшли застосування програмовані логічні контролери (далі – ПЛК), які

становлять певну групу мікросхем, орієнтованих на вирішення специфічних технічних завдань.

Залежно від пред'явлених вимог мікроконтролери відрізняються своїм виконанням, так як вони повинні бути стійкими до ударних впливів, радіації, низьких температур та ін.

11.1 Мови програмування мікроконтролерів

Оскільки мікроконтролер (далі – МК) – це програмована мікросхема, то для проєктування пристроїв на їх основі, необхідно створювати спеціальні програмні продукти. Мов програмування сьогодні є величезна кількість. Багато з них має засоби розробки для написання програм мікроконтролерів.

Найбільшою перевагою користуються мови, які надаються самими розробниками та виробниками МК. З-поміж стандартних засобів розробки можна виділити тільки дві мови програмування: асемблер і Сі. Незважаючи на те, що асемблер складніший, його освоєння дуже допомагає в подальшому краще розуміти роботу МК і правильність логічної побудови кроків програмування при написанні програм.

Оскільки для створення програм МК необхідне середовище розробки, яке представляє спеціальну програму, то вона повинна обов'язково бути у розробника, щоб з її допомогою можна було писати, редагувати, налагоджувати і завантажувати готові продукти в конкретний мікроконтролер.

Є й інші корисні програми, які переважно використовуються для налагодження, емуляції роботи, аналізу покрокової реалізації програм у мікроконтролерах. Такі рішення дозволяють налагоджувати та перевіряти програми на комп'ютері без завантаження в мікроконтролер. На жаль, не всі стандартні програми оснащені необхідними засобами налагодження, що часто гальмує і стримує синтез прикладних програми для вирішення завдань автоматизації процесів.

11.2 Програми для прошивки мікроконтролерів

Завантаження готової програми в мікроконтролер називають «прошивкою». Необхідно пам'ятати, що будь-яку написану програму в МК можна завантажити лише за допомогою спеціального пристрою – програматора, який оснащений відповідним кабелем з'єднання. Для прошивки мікроконтролера часто використовують ті ж програми, за допомогою яких створюються необхідні програмні продукти. Однак, треба пам'ятати, що деякі мікроконтролери допускають лише одну прошивку або обмежену кількість перепрошивок. Тому, перед тим як завантажувати програму в МК, треба переконатися, що в ній немає помилок. У пошуку помилок допомагають засоби перевірки та налагодження програм на комп'ютерах, які розробляються виробниками мікросхем.

11.3 Особливості програмування мікроконтролерів

Програмування МК відноситься до найважливіших питань і воно має повністю відповідати керівництву конкретного мікроконтролера. Стосовно до МК будь-яке включення живлення виконує скидання всіх модулів мікроконтролера у вихідний стан, а програма завантажується в оперативну пам'ять і починає виконуватися. Зазвичай програма виконується у циклі, коли всі команди виконуються послідовно одна за одною. Після виконання останньої команди знову виконується перша і так до нескінченності – доки не буде відключено живлення або виконано відповідне скидання.

Тактовий генератор (далі – ТГ) задає тактову частоту багатьом компонентам пристрою. Це дозволяє синхронізувати за часом усі процеси, які відбуваються всередині мікроконтролера. Наприклад, якщо тактова частота 1000 Гц, це означає, що за секунду генератор видає 1000 тактових сигналів. Слід звернути увагу, що раніше розроблені схеми для автоматизації ЕМО часто мали власний задаючий генератор (далі – ЗГ), а в МК його роль виконує

ТГ з додатковими компонентами, які забезпечують необхідну синхронність роботи всіх блоків і вузлів.

Розглянуті раніше логіка і прийоми побудови керуючих схем є найкращим помічником при розробці програм для МК. Без засвоєння розглянутих раніше прийомів складно чи неможливо буде створити алгоритми (покрокові інструкції, де результат минулого кроку суворо визначений і використовується як вхідний для наступного кроку) реальних програмованих пристроїв автоматики. При цьому важливо враховувати, що кожен мікроконтролер має певний набір команд (інструкцій), з яких складається програма, що забезпечує реалізацію, наприклад, будь-якого раніше розглянутого електронного пристрою.

Існують команди для читання інформації на вході, встановлення виходу, виконання арифметичних операцій тощо. Виконання кожної команди програми займає один чи кілька тактів. Якщо команда займає 2 такти, то це означає, що при тактовій частоті 1 000 Гц вона виконується за $1/(1\,000/2) = 0,002$ с. Якщо в програмі буде 100 таких команд, це означатиме, що вся програма буде виконана за $0,002 \times 100 = 0,2$ с.

Програма, як правило, зчитує вхідні значення (електричні сигнали від приймальних елементів, вимірювальних схем, масштабних підсилювачів та ін.), обробляє їх, формує результати обробки даних, видає на виході сигнали відповідно до логіки програми, яка найчастіше повністю збігається з логікою роботи подібних електронних схем, але у масштабі часу. Тому розробнику завжди доводиться враховувати швидкість роботи мікроконтролера та досягати тих величин, які допускаються реальним технологічним процесом чи умовами експлуатації обладнання. Так, екстрене гальмування транспортного засобу за допомогою програмованого мікроконтролера може виявитися неприпустимо тривалим порівняно з аналогічним, який формується логічним пристроєм на мікросхемах.

Наприклад, два режими роботи (перемикання передач КЗП), які виконуються за допомогою виконавчих соленоїдів у програмі для МК,

важливо розглядати як логічні математичні описання, що відповідають таблиці 9.1. Залежно від цього, які надходять вхідні сигнали і коли активувати той чи інший виконавчий елемент (який режим обрано), важливо також враховувати динамічні властивості КЗП. Насамперед, тимчасові затримки в компонентах, зумовлені виконанням команд та отриманням необхідних результатів передбачуваних операцій. Особливості контролю певних змінних величин і часові інтервали почергової подачі сигналів на виході, зчитування або знімання сигналів з портів тощо теж грають важливу роль під час програмування пристрою.

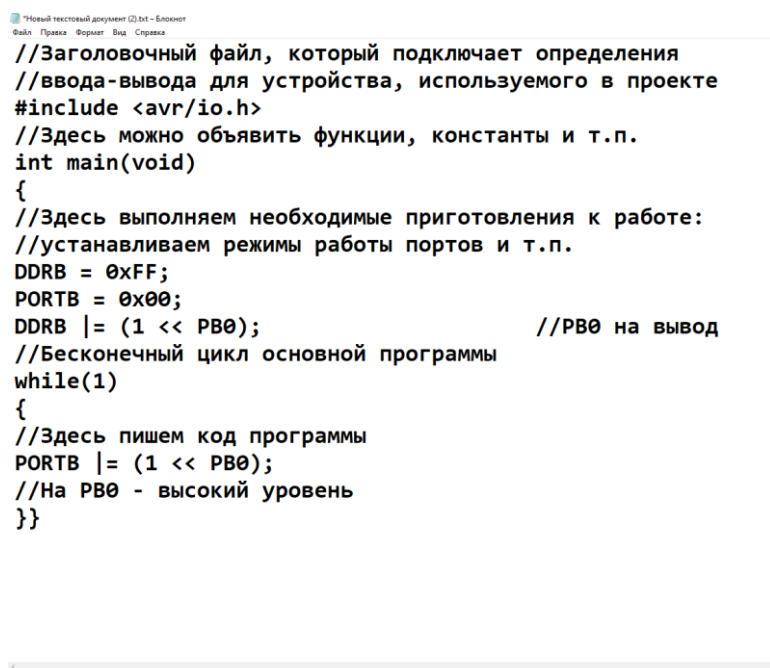
Очевидно, що під час програмування необхідно враховувати дуже багато факторів, без чого реальну програму створити складно і навіть неможливо. Спрощений принцип роботи МК, який включає зчитування інформації з входів, обробку отриманих даних, встановлення виходів насправді виглядає набагато складніше і вимагає від розробника професійних знань, глибокого знання процесів в об'єкті, постійного самонавчання та, звичайно, реальних практичних навичок застосування своїх розробок. Особливо без практичних результатів неможливо створювати програмовані пристрої автоматики.

Прикладом використання мікроконтролера може бути мікросхема Atmega103, яка увібрала в себе сучасні розробки RISC-архітектури, що спільно з flash-пам'яттю зробило його дуже привабливим серед 8 і 16 – розрядних чіпів. Гарні характеристики сімейства AVR забезпечують таку особливість архітектури: для програм використовується внутрішня flash – пам'ять; система команд складається із 120 інструкцій, причому всі інструкції 16 та 32 розрядні; пам'ять та шина команд разом із однорівневим конвеєром дозволяють виконати більшість інструкцій за один такт; пам'ять даних має 8-розрядну організацію; молодші 32 адреси простору займають регістри загального призначення, далі йдуть 64 адреси регістрів вводу-виводу, далі ОЗУ; внутрішню енергонезалежну пам'ять об'ємом до 4 Кб.

Важливою властивістю мікроконтролерів AVR є їхня сумісність за функціями висновків з мікроконтролерами архітектури MCS-51. Сімейство AVR включає близько двох десятків типів мікроконтролерів, які можна поділити на три класи:

1. Tiny AVR мікроконтролери зі схемою контролю напруги.
2. Classic AVR, flash – пам'ять 2–8 Кб, EEPROM 64–512 байт, ОЗУ до 512 байт.
3. Mega AVR, flash-пам'ять до 128 Кб, EEPROM 512 байт, ОЗУ до 4 Кб, вбудований АЦП, комутатор та компаратор.

На рисунку 11.1 представлений вихідний текст програми для мікроконтролера.



```
//Заголовочный файл, который подключает определения
//ввода-вывода для устройства, используемого в проекте
#include <avr/io.h>
//Здесь можно объявить функции, константы и т.п.
int main(void)
{
    //Здесь выполняем необходимые приготовления к работе:
    //устанавливаем режимы работы портов и т.п.
    DDRB = 0xFF;
    PORTB = 0x00;
    DDRB |= (1 << PB0); //PB0 на вывод
    //Бесконечный цикл основной программы
    while(1)
    {
        //Здесь пишем код программы
        PORTB |= (1 << PB0);
        //На PB0 - высокий уровень
    }
}
```

Рисунок 11.1 – Вихідний текст програми для мікроконтролера

Цей фрагмент програми для мікроконтролера мовою Сі ілюструє лише структуру будь-якої програми, яка дозволяє зрозуміти принцип написання прикладних лістингів для МК. Реальні програми завжди містять безліч формальних описів подій та доповнень до них, стосовно конкретного технологічного процесу, прийомів перетворення та масштабування різних

величин у задані електричні рівні, облік вимог та допусків можливих помилок при виконанні обчислювальних, логічних та дискретних перетворень, які виконуються програмними засобами та багато іншого.

11.4 Застосування мікроконтролерних засобів автоматики

Що стосується вирішення завдання автоматизації КЗП за допомогою мікроконтролера придатні всі міркування, які враховувалися під час створення таблиці істинності (табл. 9.1). Відразу слід зауважити, що більшість МК мають кілька дискретних портів для введення/виведення інформації та вбудований аналого-цифровий перетворювач (АЦП) певної розрядності. Виходячи з цих технічних характеристик, розробнику найчастіше і доводиться визначатися, як вирішувати те чи інше прикладне завдання автоматизації процесу. Слід пам'ятати, що для надійної роботи МК можуть знадобитися периферійні пристрої для підготовки вхідних та вихідних інформаційних повідомлень, які реалізуються спеціальними електронними схемами із застосуванням інверсних перетворювачів всередині самого вимірювального модуля. Розглянуті раніше приклади синтезу автономних джерел живлення з цієї причини стали популярними і широко застосовуються при проектуванні таких пристроїв не тільки розробниками програмованого устаткування, а й багатьма іншими кваліфікованими фахівцями.

Важливо виділити основні переваги, які можна отримати від використання мікроконтролерів:

1. Нові функціональні можливості можуть бути додані до діючого пристрою без необхідності модифікації плати.
2. Апаратне забезпечення, що реалізується на програмованій логіці, може налаштовуватися в залежності від конкретного завдання, тим самим, забезпечуючи найвищу продуктивність системи в поєднанні з широким спектром виконуваних завдань.

3. Підвищення надійності системи за рахунок скорочення кількості використовуваних мікросхем та застосування обмеженого набору перевірених макросів.

4. Значне зниження вартості кінцевого виробу при використанні можливості багаторазової зміни програмного або апаратного забезпечення за рахунок зниження витрат на розробку, зниження виробничих витрат, зменшення часу виходу на ринок нових виробів із зменшеним енергоспоживанням систем автоматики.

Для забезпечення гнучкого автоматичного керування КЗП розроблено схему з мікроконтролером, яка представлена на рисунку 11.2.

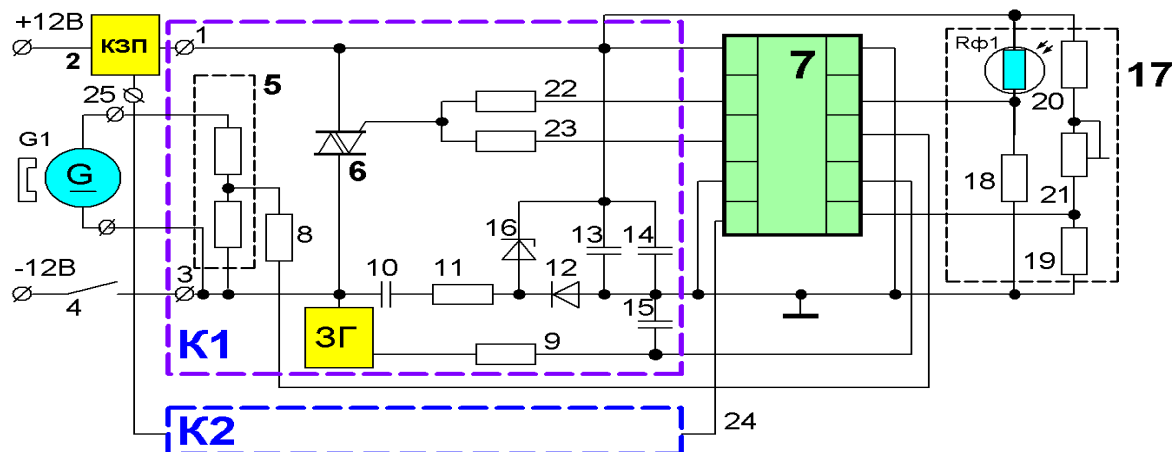


Рисунок 11.2 – Мікроконтролерна система керування коробкою зміни передач

Використовуючи досвід створення керуючого пристрою для автоматизації КЗП, у програмованому пристрої також були використані датчики швидкості руху транспортного засобу (тахометр G1) та датчики стану дорожнього покриття (фотометричний аналізатор Rφ1).

КЗП 2 з входами 1, 25 для підключення формувачів керуючих сигналів до соленоїдів K1, K2 являють собою програмну (у мікроконтролері 7) і периферійну частини на додаткових радіоелементах. Дільник напруги 5 периферійної частини схеми дозволяє використовувати будь-який тахометр

G1 як постійного, так і змінного струму, що відрізняє універсальність даного рішення. Фотометричний аналізатор з датчиком Rф1 зібраний на базі мостової схеми 17, діагоналі якої підключені до мікроконтролера 7 для формування інформаційного сигналу про стан дорожнього покриття. Запропоновані прийоми використання периферійних пристроїв дозволяють спростити програмну частину та підвищити точність визначення умов експлуатації КЗП з автоматичним перемиканням передач залежно від реальної обстановки та вимог до експлуатації КЗП.

Керуючі пристрої K1 і K2 однакові за конструкцією, але містять незалежні симістори 6, які дозволяють використовувати в КЗП соленоїди змінного та постійного струмів, чим досягається універсальність даної схеми керування з різними типами виконавчих елементів. Синхронізувати роботу мікроконтролера 7 для початку процесу керування симістором 6 використовується тактовий генератор ЗГ. При першому включенні мікроконтролера завжди відбувається зміна струму через симістор 6, починаючи з нуля, з поступовим нарощуванням струму до величини включення соленоїда 1 і як наслідок – оцінки дорожнього покриття світловим потоком, який потрапляє на поверхню освітлювальної дороги, яку контролює фоторезистор 20. Під дією світлового потоку, який потрапляє на фоторезистор Rф1, параметри останнього змінюються, що викликають зміну струму в плечі моста і рівня потенціалу у відповідній вершині вимірювальної діагоналі мостової схеми 17, підключеної до входів мікроконтролера 7. У протилежній вершині вимірювальної діагоналі мостової схеми 17, якщо при виведеному резисторі 2, визначається взаємозв'язок вибору параметрів застосовуваних компонентів вимірювальної схеми, які завжди дозволяють вибирати умову рівноваги моста, змінюючи величину змінного резистора 21 при довільних величинах опору фоторезистора 20, що залежать від стану дорожнього покриття.

Враховуючи класичну умову рівноваги вимірювальної схеми, яка визначається рівністю добутку протилежних плечей мостової схеми,

очевидно, що досягти цієї умови можна за рахунок зміни положення движка резистора 21 – задатчика освітленості. При цьому потенціали у вершинах моста з діагоналями, які включають фоторезистор 20 і резистор 21 зрівнюються, а отриману різницю потенціалів рівну нулю фіксує мікроконтролер 7, завершуючи процес зміни керуючого сигналу на симісторі 6. У результаті реалізації всіх вищевказаних дій регулювання струму через ланцюг живлення соленоїдів К1 або К2 і завершення процесів, мікроконтролер 7 переходить у режим очікування. При будь-яких виключеннях вимикача 4 (нейтральне положення КЗП) мікроконтролер 7 приймає цю комутацію як сигнал для подачі на керуючий електрод симістора 6 імпульсів, які обмежують кут відкриття симістора 6 і, відповідно, подачу керуючої напруги на клему 2. Результатом команди керування через нейтральне положення КЗП вимикач 4 завжди буде плавно зростати, а фіксація керуючого сигналу буде задаватися на заданому рівні за допомогою змінного резистора 21. Зміна завдання резистором 21 вимагає одноразового повторення вище розглянутого замикання вимикача 4 для автоматичної установки необхідного рівня керуючого сигналу, з подальшим зберіганням завдання яскравості при випадкових і примусових відключень КЗП, завжди буде включатися передача, яка відповідає умовам та експлуатації обладнання. Якщо задатчиком освітленості заданий «темновий» режим освітленості або завдання освітленості дорівнює або нижче рівня освітленості від сторонніх та природних джерел освітлення робочої зони (розміщення в гаражі, відключене бортове обладнання, можливі несправності тощо), мікроконтролер 7 ніколи не буде формувати сигнали керування симістором 6 та, звичайно, не буде можливим скористатися транспортним засобом, якщо не передбачено ручного режиму управління КЗП.

Крім того, для виключення будь-яких негативних подій при керуванні соленоїдами КЗП, у схемі передбачений дільний напруги 5, сигнал якого через вивід і резистор 8 надходить на вхід мікроконтролера 7, визначаючи своїм рівнем стан обладнання незалежно від положення вимикача 4. Завдяки такому

рішенню, сигнал з дільника 5 електронним шляхом формує команду START для мікроконтролера, якщо транспортний засіб почав рух. У будь-яких інших випадках керуючий пристрій не виконуватиме своїх функцій. Якщо передбачити примусове гальмування, то воно перешкоджатиме реалізації функції подальшого руху, активуючи лише функцію STOP.

Таким чином, виявляються нові можливості, які нескладно реалізувати за допомогою керуючого пристрою на базі мікроконтролера.

Елементи пристрою керування КЗП є традиційними і всі вони використовуються за прямим призначенням. Однак разом із вищезазначеними перевагами дане технічне рішення відрізняється також можливістю стабілізації режимів експлуатації обладнання на будь-якій з обраних передач, використання реверсивних режимів та різних комбінацій необхідних варіантів, які застосовуються в програмованих безпілотних транспортних та робототехнічних системах (повна автоматизація) з будь-яким числом передач у КЗП.

Розглянутий керуючий пристрій демонструє переваги мікроконтролерів у системах автоматики, які електронними та програмними засобами дозволяють удосконалювати подібні відомі технічні рішення, доповнюючи їх новими властивостями. Очевидно, що з мікроконтролером функціональна схема автоматизації виглядатиме більш насиченою додатковими компонентами, але реалізовані тільки програмними засобами. Крім того, сам пристрій матиме компактніше виконання з можливістю застосування ефективних засобів візуалізації. Важливо звернути увагу, що реалізувати багатофункціональність за допомогою одного мікроконтролера часто неможливо. Тому слід розглядати варіанти, які включають кілька пристроїв на основі автономного бортового мікроконтролера.

11.5 Штучні нейронні мережі в системах автоматики

У програмованих системах автоматизації, особливо на транспорті, знайшли застосування штучні інтелектуальні пристрої, які допомагають виконувати моніторинг ситуацій на дорогах, вибирати оптимальні маршрути руху, виконувати технічну діагностику справності електромеханічного обладнання та інші завдання в реальному часі. Усі ці питання традиційно вирішуються з використанням математичних описів, які допомагають виконувати експертні оцінки різного спрямування. Застосування теорії штучних нейронних систем (далі – ШНС) із прогнозуванням та самонавчанням стали важливим аспектом створення сучасних безпілотних систем автоматизації. ШНС є досить ефективним апаратом для моделювання складних технологічних процесів і мають універсальні апроксимуючі властивості, що підтверджує доцільність їх застосування для вирішення багатьох завдань прогнозування. Важливою стороною таких моделей є те, що вони відносяться до непараметричних моделей, які викликають складність інтерпретації параметрів реальних подій або процесів. Оскільки ШНС мають властивість самонавчання, коли синаптичні ваги мережі налаштовуються за допомогою конкретного адаптивного алгоритму, то можна вибрати таку архітектуру мережі, коли вирішення конкретної задачі визначатиметься найкраще. У більшості випадків розв’язання задач зводиться до визначення шарів відповідної ШНС.

Базовий штучний нейрон (однонейронний перцептрон) реалізує наступний параметр:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b_0. \quad (11.1)$$

Цей параметр залежить від зміщення b_0 , вагів зв’язку w_i й активаційної функції $f(S)$ (рис. 11.3).

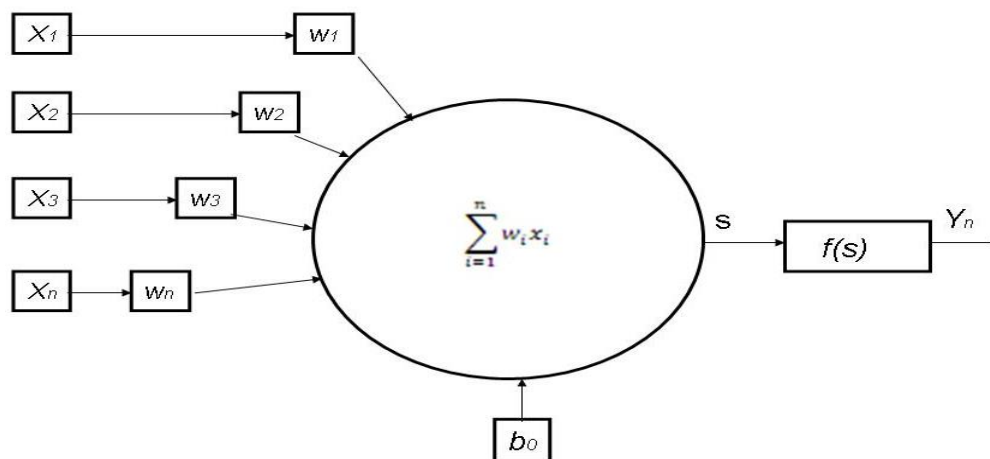


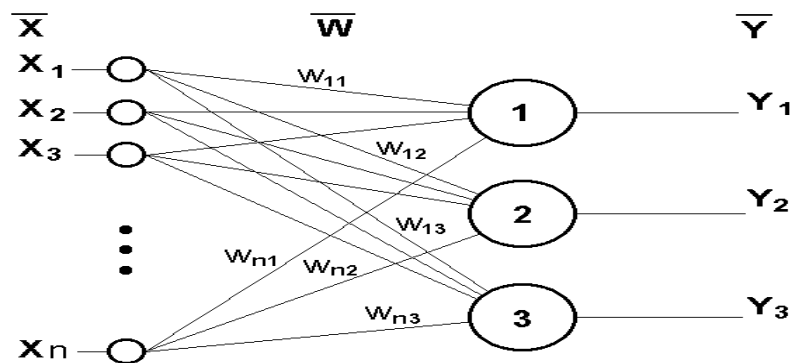
Рисунок 11.3 – Базовий штучний нейрон

В інженерній практиці завдання прогнозу подій найчастіше розглядаються двома частинами, коли спочатку розраховуються можливі результати і після цього виконується сам прогноз. Отже, для вирішення подібного завдання застосовується двошарова мережа (рис. 11.4) з передачею інформації, в якій перший шар – розрахунок розподілу, а другий – прогноз очікуваної кореспонденції.

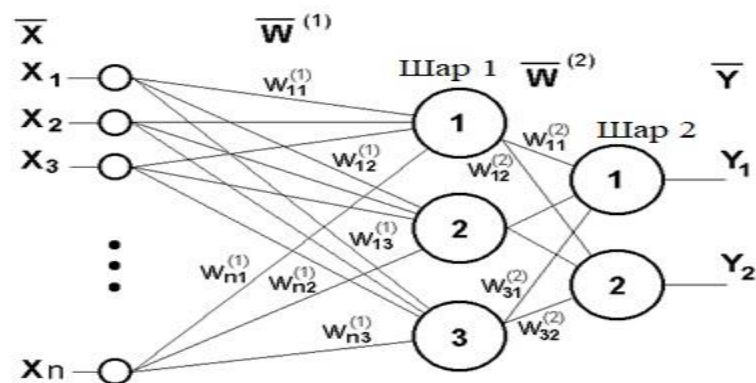
Застосування ШНС типу адаптивного лінійного елемента (ADALINE) у таких мережах привабливий тим, що ADALINE є одним із найпростіших ефективних нейронів, який можна обучити. У таких мережах з прямою передачею інформації в якості алгоритму самонавчання застосовують швидкодіючі алгоритми. При цьому вхідний сигнал у них є величиною, що змінюється в часі і просторі та, яка подається на перший нейрон мережі, який відповідає за розподіл параметра в умовах можливих перешкод.

Таким чином, формується послідовність електричних величин. Вихід другого нейрона із зовнішнім впливом, який є коригувальним коефіцієнтом, дозволяє розраховувати помилку параметра. Налаштування синаптичних вагів здійснюється за допомогою певного алгоритму. Далі вихідний сигнал з першого шару подається на ланцюг з елементів із запізненням в результаті чого на виході нейрона першого шару формується послідовність, що

надходить на ADALINE другого прихованого шару, яка в свою чергу відповідає за прогноз конкретного параметра.



а



б

Рисунок 11.4 – Перцептрони:

а – одношаровий; б – двошаровий

Оскільки на виході формується послідовність величин, то з урахуванням їх і визначається помилка навчання. Вихід вихідного нейрона порівнюється з сигналом прогнозу, після чого відбувається налаштування синаптичних вагів вихідного шару, для чого застосовують залежності оцінки прогнозу.

Кількість нейронів вхідного шару визначається кількістю ознак X_n , а вихідного Y_m – кількістю технічних станів (можливих керуючих величин) (рис. 11.5). Відповідно до евристичного правила, початкова кількість нейронів у прихованому шарі приймається рівним напівсумі числа вхідних і вихідних нейронів мережі з подальшим коригуванням їх чисельності.

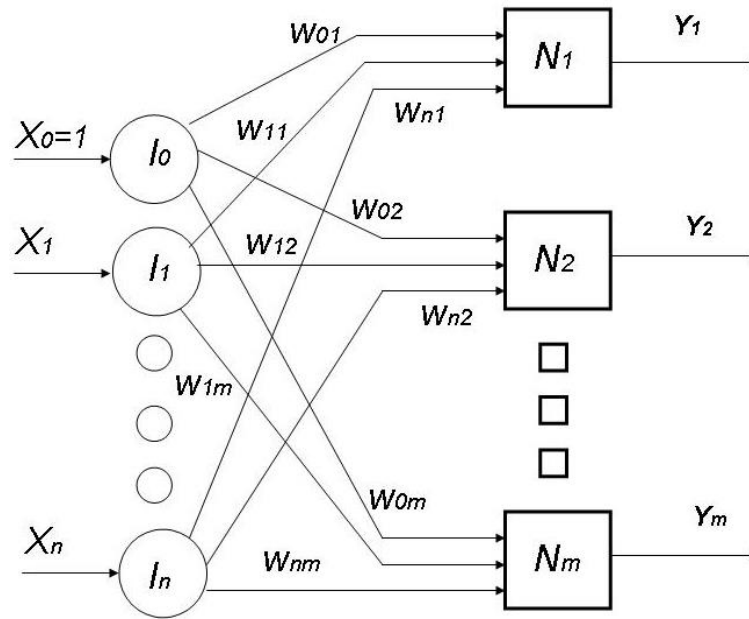


Рисунок 11.5 – Структура ШНС:

X_n – вихідні ознаки (вхідний вектор); Y_m – очікуваний стан (вихідний вектор)

Оскільки окремий нейрон N_m можна використовувати для розпізнавання двох образів, так як Y_m приймає два значення – 0 або 1, то одношарова нейронна мережа (рис. 11.5) теоретично здатна розпізнавати $2m$ класів стану, але для прикладного підвищення надійності ШНС кожен нейрон використовується тільки для одного фактора події з можливого їх асортименту. Хоча теоретична чисельність шарів і нейронів у шарах може бути довільною, то слід враховувати, що структурний вибір нейромережі при її реалізації визначає потребу та витрати апаратних та програмних засобів, здатних забезпечити вирішення завдань у заданих масштабах.

Враховуючи різницю діапазонів типових ознак подій, доцільно нормувати вхідні ознаки:

$$x' = 1 - \frac{x_{\max} - x}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (11.2)$$

де x' – нормоване значення ознаки x ;

$x_{\max}$, $x_{\min}$ – можливі максимальний та мінімальний рівні ознаки.

Такий прийом сприяє апроксимації всіх величин, але в одному бінарному діапазоні від 0 до 1.

Значення параметра ідентифікуються у вигляді бінарних величин, які використовуються для дискретного формування сигналів керування, оповіщення та ін. Таким чином, за допомогою теорії ШНС реалізуються можливості створення моделей в режимі реального часу, що для процесу керування транспортним засобом є важливим аспектом. Специфіка транспортних систем дозволяє застосовувати до них прості в архітектурі, але ефективні ШНС. Вирішення таких типових завдань із прямою передачею інформації з урахуванням двошарових ШНС привертає на себе увагу багатьох розробників, так як дозволяє адаптувати функціональне обладнання в реальному часі, які за різновидами, спостережуваністю, керованістю та іншими параметрами притаманні аналогічним досить складним технологічним системам.

Багатошарові ШНС на транспортних об'єктах застосовуються лише в тих випадках, коли допустимі значні витрати часу на реалізацію обґрунтованих етапів адаптації математичних описів до реальних процесів.

У випадках застосування ШНС використовують комбіновані пристрої, наприклад, з використанням електронного штучного нейрона. Фотометричний сенсор на базі напівпровідникових елементів є чутливим пристроєм до подій, що генеруються світловими потоками (рис. 11.6).

Результати формування вихідних сигналів (рис. 11.7) таким штучним нейроном являють собою змінні інформаційні повідомлення в реальному часі, які при програмуванні є дискретними величинами, складаючи масив даних, що використовується в алгоритмах адаптації моделі до реального технологічного процесу.

Використання електронної моделі нейрона засноване на прикладі спостереження технологічного процесу при всіх можливих процесах у ньому, які умовно поділені на збурені (висхідні) та гальмівні (низхідні) величини.

Таким чином, досягається генерація сигналів з різними параметрами, які є вхідними інформаційними повідомленнями в ШНС.

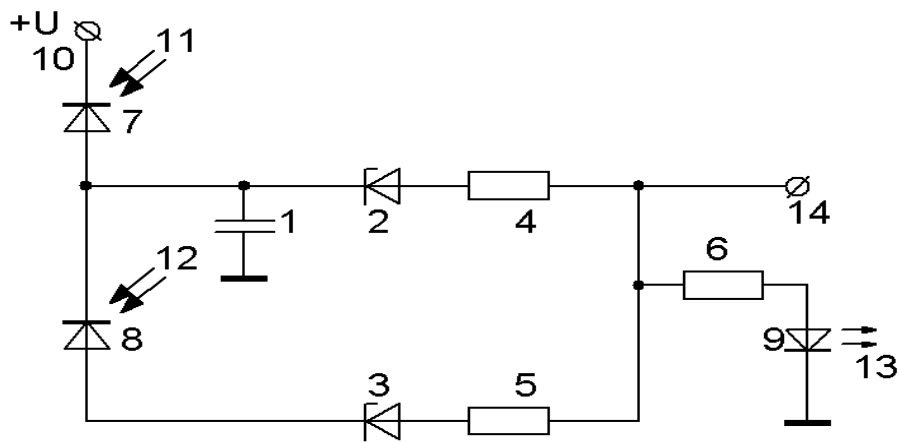


Рисунок 11.6 – Схема штучного нейрона з фотометричними сенсорами

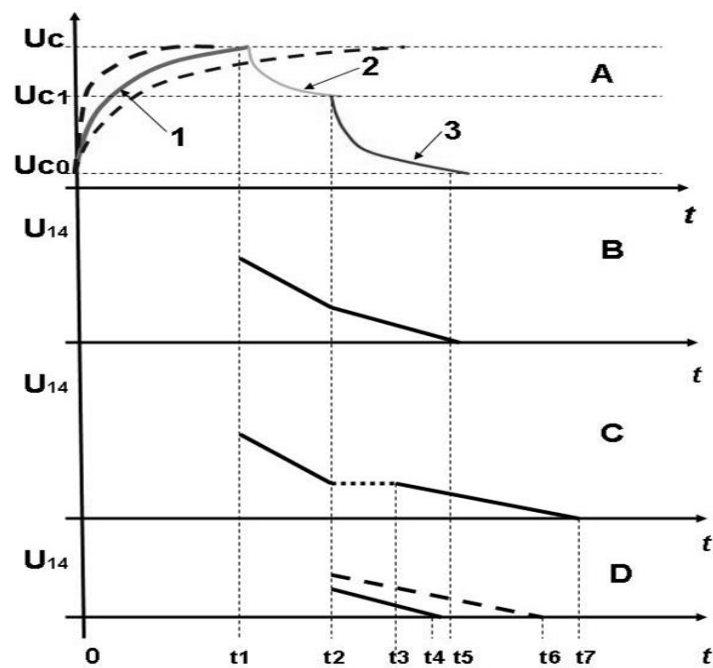


Рисунок 11.7 – Формування вихідних сигналів

Набір мінімальних мереж для вирішення задачі прогнозування результатів можна подати у наступному вигляді:

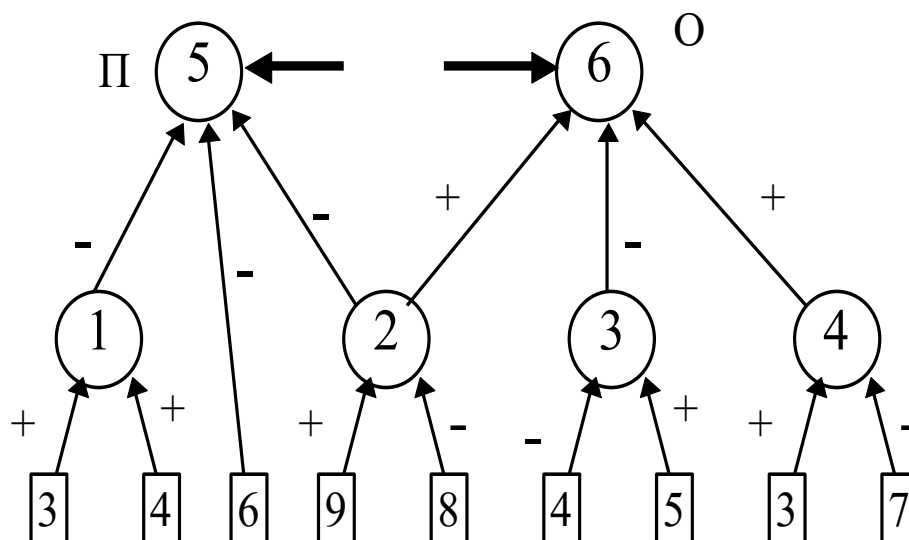


Рисунок 11.8 – Набір мінімальних мереж для вирішення задачі:

П – позитивні впливи; О – негативні впливи або гальмування; ① – нейрон;

□ – вхідний сигнал; → зв'язок між елементами мережі;

→ подача постійного сигналу; «+», «-» – знак зв'язку

Програмування варіантів вирішення завдань з ШНС обумовлено доцільністю використання реальних експериментальних даних, зумовлених можливими подіями на об'єкті.

Комп'ютерні варіанти структури нейромереж під час вирішення завдань за допомогою програмного забезпечення MATLAB представлені на рисунку 11.9.

Приклад кореляційної залежності змінних зазвичай має випадковий характер (рис. 11.10), що визначається набором вихідних інформаційних даних. При змінах параметрів завжди змінюється коефіцієнт кореляції R взаємопов'язаних величин, але це, в свою чергу, вимагає спеціальної обробки масивів вхідних змінних величин.

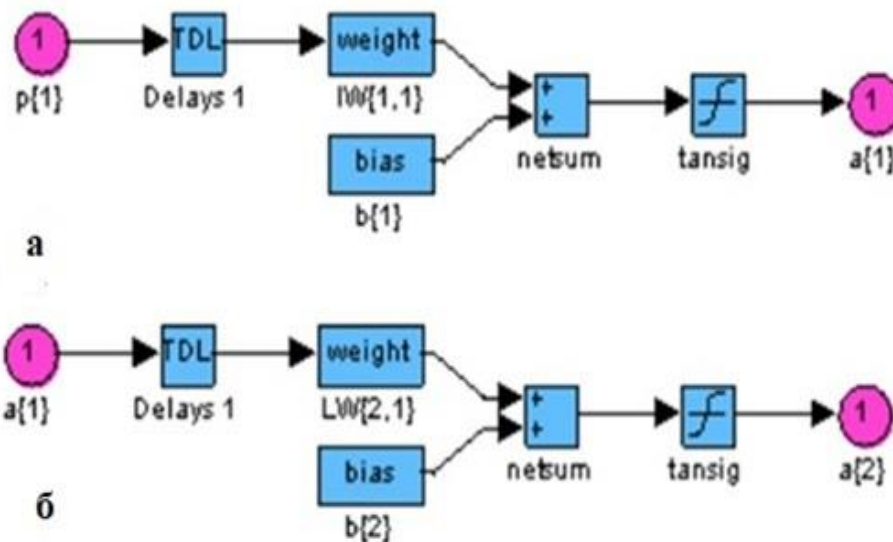


Рисунок 11.9 – Структури створення штучних нейромереж:

а – структура 1-го шару; б – структура 2-го шару

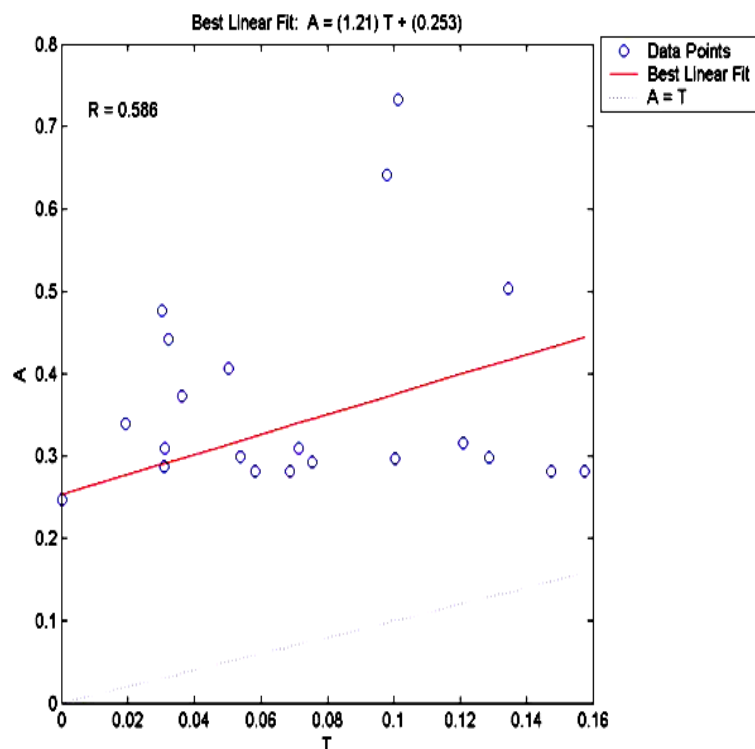


Рисунок 11.10 – Визначення кореляційного взаємозв'язку параметрів

Очевидно, що інтерполяція експериментальних даних майже завжди потребує оригінальних варіантів її реалізації, які вибираються на основі необхідної точності, що забезпечує задану помилку керування технологічним

процесом. Прикладом використання різних прийомів інтерполяції вихідних даних ілюструється на рисунку 11.11.

На жаль, накопичення експериментальних даних є дуже важливим при впровадженні нейронних мереж на реальних об'єктах транспорту. Це пов'язано із зберіганням наборів стохастичних величин, обробка яких позначається на швидкодії та ефективності системи автоматики. З цієї причини застосування нейронних мереж у транспортних системах керування, де фактор запізнення інформаційних сигналів може негативно вплинути на безпеку експлуатації ЕМО, використовуються з обережністю після необхідних перевірок їх придатності. Прийнятними до впровадження ШНС на транспорті можна віднести використання в системах діагностики можливих несправностей обладнання, аналізаторах економічних показників при експлуатації техніки, для вибору вигідних варіантів маршрутів при реалізації розкладу руху та інше.

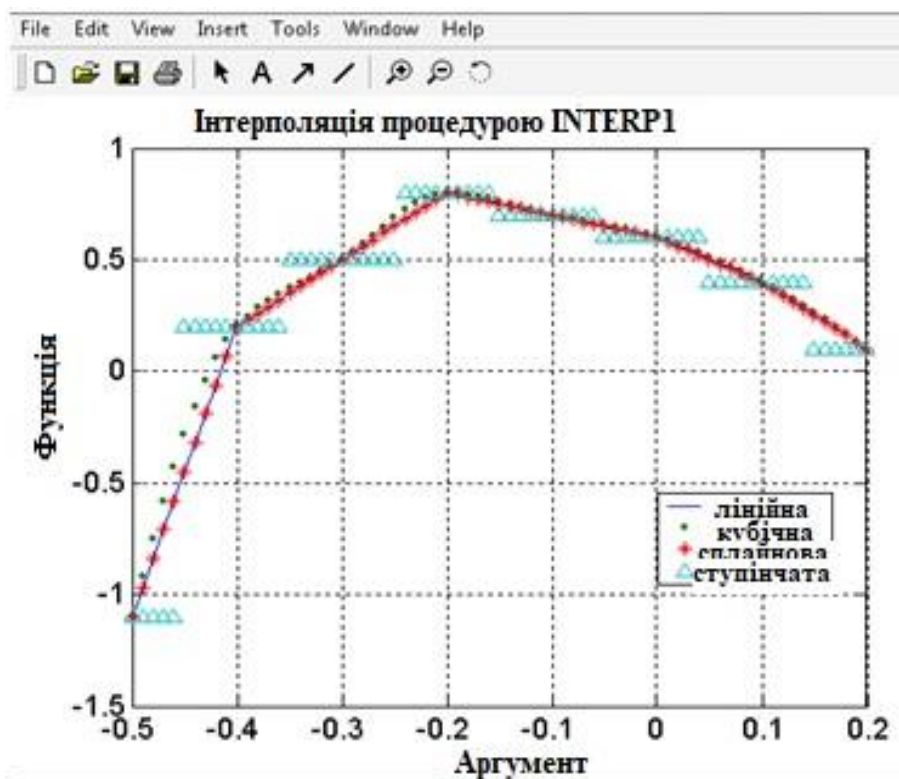


Рисунок 11.11 – Прийоми інтерполяції одного набору вихідних даних

Важливо, що при автоматизації безпілотників керуючі пристрої найчастіше створюються на основі Байєсівського методу одночасної локалізації та побудови алгоритмів (карт), які забезпечують комплексний збір величин від усіх сенсорів (real time), формують набори даних (offline) об'єктів, що рухаються (DATMO – detection and tracking of moving objects) у часі. Очевидно, що в таких пристроях теж є специфічні бібліотеки SLAM (simultaneous licalization and mapping), які створюються у спеціальному форматі, доступ до яких в даний час відкритий для всіх експериментальних компаній, що займаються синтезом обладнання різного призначення.

11.6 Обробка інформації в системах автоматики

Складання алгоритму будь-яким виконавцем під час вирішення технічного завдання завжди починається графічним способом з блок-схеми, яка складається з різних функціональних блоків. Ця робота включає такі етапи: 1 – постановку завдання; 2 – формалізацію задачі; 3 – побудова алгоритму; 4 – складання програми мовою програмування; 5 – налагодження та тестування програми. Сукупність величин, з якими працює програмований пристрій, є даними різного масштабу. По відношенню до самої програми розрізняють вихідні, остаточні (результати) та проміжні дані, які отримують у процесі обчислень. Існують алгоритми програми з лінійною структурою, конструкцією, яка розгалужується і циклічним виглядом.

Проведення розрахунків та аналіз отриманих результатів у будь-якій програмі виконуються багаторазово. Оператори присвоєння, процедури введення/виведення та інших функцій дуже популярні при розробці апаратної частини засобів автоматизації процесів та установок, які їх суттєво відрізняють від інших програмних продуктів, наприклад, створюваних для візуалізації подій в ігрових та розважальних пристроях.

Текст програми визначення середнього значення вихідного масиву даних мовою Сі наведений на рисунку 11.12.

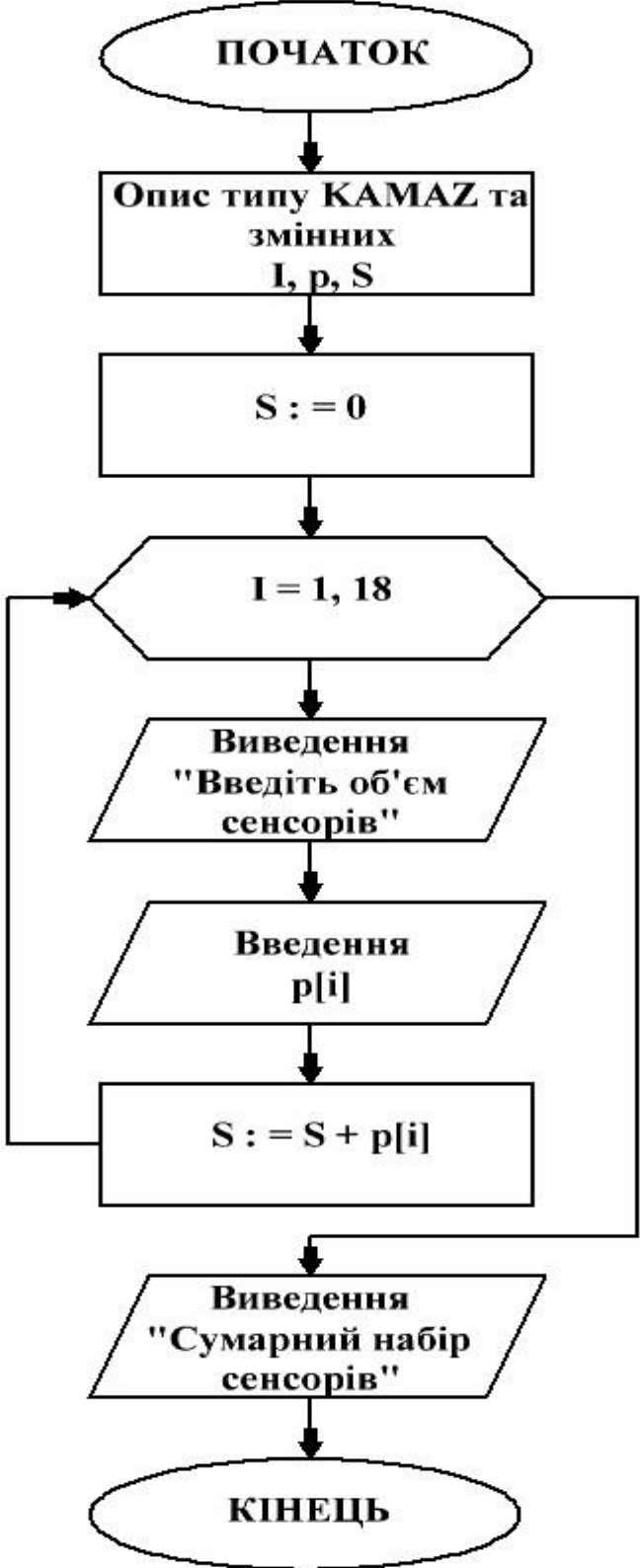
```
#include "stdafx.h"
int _tmain(int argc, _TCHAR* argv[])
{
    const int n=10;
    int i, Sum=0, Sred=0;
    int mas[n]={4,6,2,6,8,8,7,6,7,9};
    for (i=0;i<n;i++)
    { Sum+=mas[i];}
    Sred=Sum/n;
    printf("Sred=%i", Sred);
    return 0;
}
```

Рисунок 11.12 – Текст програми для визначення середнього значення вихідного масиву даних мовою Сі

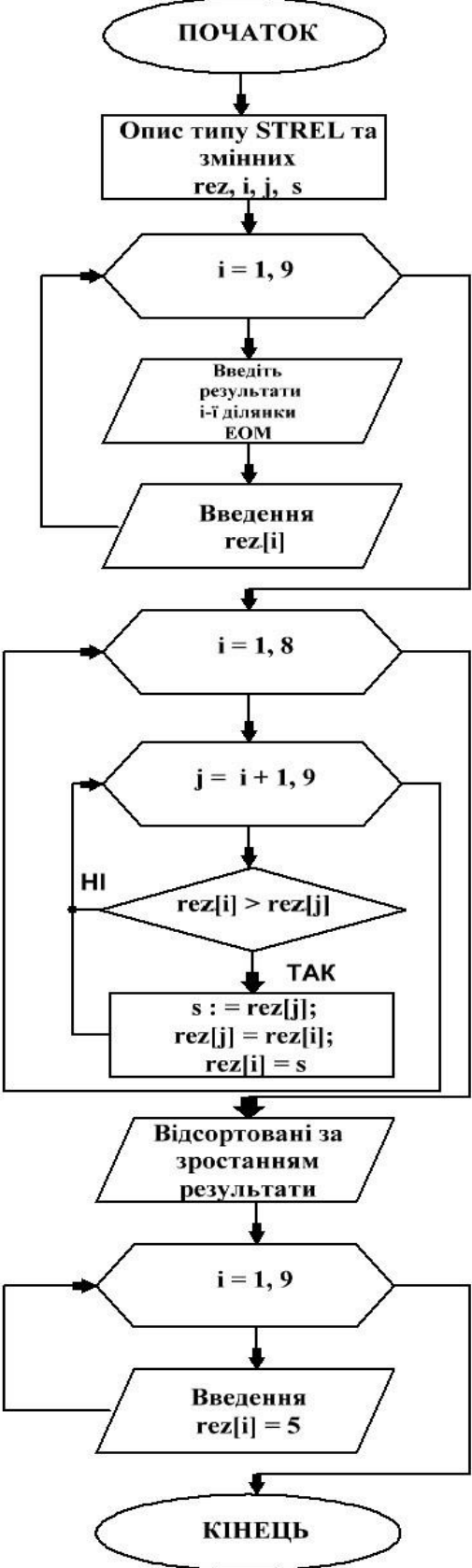
Досить популярні приклади програмування блок-схем алгоритмів обробки вихідних даних від сенсорів ЕМО представлені в таблиці 11.1, які ілюструють зміну блок-схеми алгоритмів обробки одного й того масиву даних із різною постановкою завдань отримання кінцевих результатів.

Для попереднього вирішення багатьох подібних інженерних завдань дуже зручно застосовувати доступні в середовищі офісних програм таблиці пакета Ms Excel, які мають багато функціональних математичних та логічних операцій придатних для вибору та перевірки вирішення задач із заданою точністю, які сприяють визначенню структури алгоритму програми.

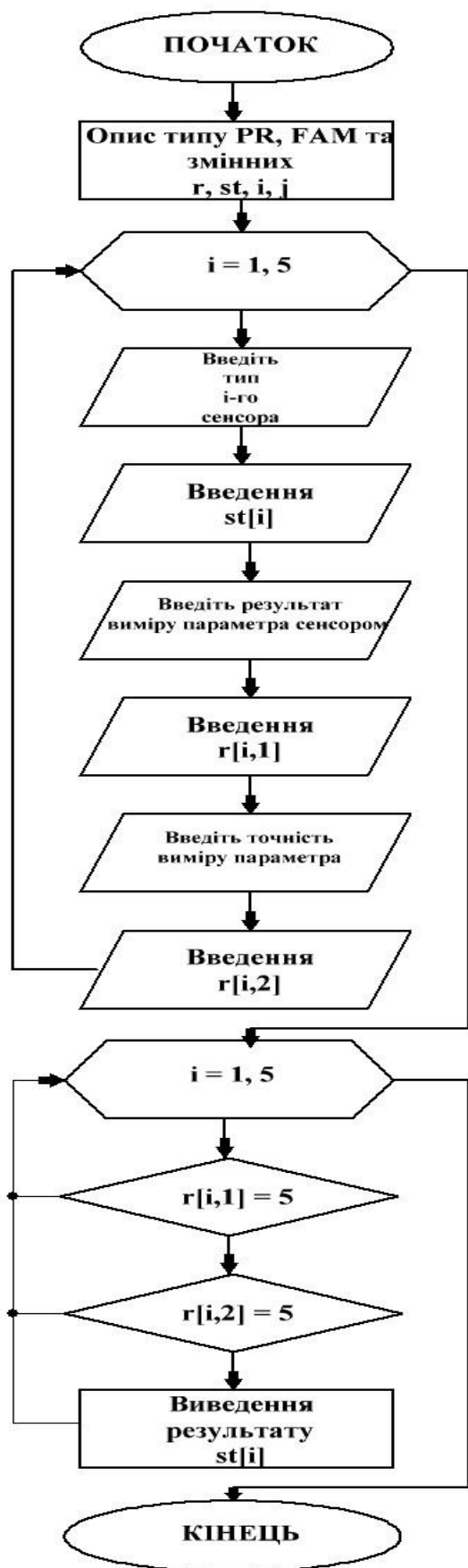
Таблиця 11.1 – Програмування алгоритмів обробки вихідних даних від сенсорів ЕМО

Лістинг програми	Блок-схема алгоритму
1	2
а) знаходження суми елементів масиву <pre> Program Pr1; Uses wincrt; Type MOBIL=array [1..18] of real; Var i:integer; p:MOBIL; S:real; Begin S:=0; For i:=1 to 18 do Begin Writeln('Введіть об'єм даних',I,'-го ЕМО, т'); Readln(p[i]); S:=S+p[i]; End; Writeln('Сумарний набір сенсорів S=',S:8:2,'т'); End. </pre>	 <pre> graph TD Start([ПОЧАТОК]) --> Description[Опис типу КАМАЗ та змінних I, p, S] Description --> S0[S := 0] S0 --> I18{{I = 1, 18}} I18 --> Output1[/Виведення "Введіть об'єм сенсорів"/] Output1 --> Input1[/Введення p[i]/] Input1 --> Sum[S := S + p[i]] Sum --> I18 I18 --> Output2[/Виведення "Сумарний набір сенсорів"/] Output2 --> End([КІНЕЦЬ]) </pre>

Продовження таблиці 11.1

1	2
б) сортування масиву за збільшенням <pre> Program pr4; Uses crt; Type STREL=array[1..9]of integer; Var rez:strel; i,j,s:integer; Begin For i:=1 to 9 do begin writeln('Введіть результати ',i,'-го ЕМО'); readln(rez[i]); end; for i:=1 to 8 do for j:=i+1 to 9 do if rez[i]>rez[j] then begin s:=rez[j]; rez[j]:=rez[i]; rez[i]:=s; end; writeln('Відсортовані за зростанням результати:'); for i:=1 to 9 do write (rez[i]:5,' '); end. </pre>	 <pre> graph TD Start([ПОЧАТОК]) --> Def[Опис типу STREL та змінних rez, i, j, s] Def --> I1{i = 1, 9} I1 --> In1[/Введіть результати i-ї ділянки ЕОМ/] In1 --> In2[/Введення rez[i]/] In2 --> I2{i = 1, 8} I2 --> J{j = i + 1, 9} J --> Cond{rez[i] > rez[j]} Cond -- ТАК --> Swap[s := rez[j]; rez[j] = rez[i]; rez[i] = s] Cond -- НІ --> J Swap --> J J --> Out1[/Відсортовані за зростанням результати/] Out1 --> I3{i = 1, 9} I3 --> In3[/Введення rez[i] = 5/] In3 --> End([КІНЕЦЬ]) </pre>

Продовження таблиці 11.1

1	2
в) знаходження елементів масиву, які задовольняють заданій умові <pre> Program Sessia; type PR=array [1..5,1..2]of integer; Fam=array[1..5]of string[10]; var r:pr; st:fam; i,j:integer; begin for i:=1 to 5 do begin writeln('Введіть тип',i,'-го сенсора'); readln(st[i]); writeln('Введіть результат измерения параметра сенсором'); readln(r[i,1]); writeln('Введіть точність измерения параметра 5)'); readln(r[i,2]); end; for i:=1 to 5 do if (r[i,1]=5) and (r[i,2]=5) then writeln('Результат - ',st[i]); end. </pre>	 <pre> graph TD Start([ПОЧАТОК]) --> Description[Опис типу PR, FAM та змінних r, st, i, j] Description --> Loop1{i = 1, 5} Loop1 --> InputType[/Введіть тип i-го сенсора/] InputType --> InputSt[/Введення st[i]/] InputSt --> InputParam[/Введіть результат виміру параметра сенсором/] InputParam --> InputR1[/Введення r[i,1]/] InputR1 --> InputAcc[/Введіть точність виміру параметра/] InputAcc --> InputR2[/Введення r[i,2]/] InputR2 --> Loop2{i = 1, 5} Loop2 --> Cond1{r[i,1] = 5} Cond1 --> Cond2{r[i,2] = 5} Cond2 --> OutputSt[Виведення результату st[i]] OutputSt --> End([КІНЕЦЬ]) Loop1 --> Loop2 Loop2 --> Loop1 </pre>

12 ТЕХНІЧНИЙ ДИЗАЙН КЕРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ

Слово дизайн прийшло до нас з англійської мови і має безліч значень: розробляти, створювати, призначати, проектувати, розраховувати. В принципі технічний дизайн це теж саме, але тільки робиться він з певним наміром. Це деяка суміш мистецтва, творчого підходу, сучасних технологій і маркетингу. Іншими словами, технічний дизайн – це втілення творчих ідей в комерційних цілях, тобто, наприклад, з метою збільшення продажів товару.

Важливими чинниками технічного дизайну є: привабливість виробу, визначувана вибором колірної гамми матеріалів, зовнішній вигляд усіх елементів, використання нових технологічних рішень. Ці та інші чинники мають дуже важливу роль при визначенні споживчого попиту на конкретний виріб, конкурентоспроможність пристрою на ринку серед аналогічних технічних засобів.

Зовнішнім оформленням технічних рішень передбачається естетична привабливість, функціональність, яка виправдовує призначення та застосовність його користувачами, а також придатність доступу до окремих компонентів при діагностиці несправностей та ремонту блоків обладнання.

Набагато складніше вирішувати такі питання, враховуючи вимоги ринку такого обладнання, коли конкурувати доводиться зі спеціалістами у своїй галузі діяльності, які мають багатий досвід, свої оригінальні можливості, досягнення та вміння витримувати динаміку впровадження знань, новинок, елементів у власних розробках.

Оскільки устаткування реалізується на базі напівпровідникових елементів і мікросхем, то такі пристрої завжди відрізняються компактністю і є вбудованими в електроустаткування платами з роз'ємами або малогабаритними корпусними виробами з набором друкованих плат з одно- або двостороннім монтажем елементів, оснащених роз'ємами різної конструкції.

Якщо компоненти схеми при експлуатації електроустаткування можуть нагріватися, то їх забезпечують радіаторами (ребристі металеві кріпильні деталі з великою площею поверхні) і малогабаритними електродвигунами для примусового охолодження. Корпус виконується з металу для надійного і жорсткого кріплення його безпосередньо на устаткуванні обладнання.

Для захисту від радіоперешкод в таких пристроях використовуються фільтри різної конструкції й екрануючі елементи. Монтаж компонентів повинен виконуватися з урахуванням можливого його демонтажу, доступу для виконання наладки, ручної діагностики, ремонту і заміни елементів, що вийшли з ладу. Наприклад, дизайн автономного блоку керування наведений на рисунку 12.1.

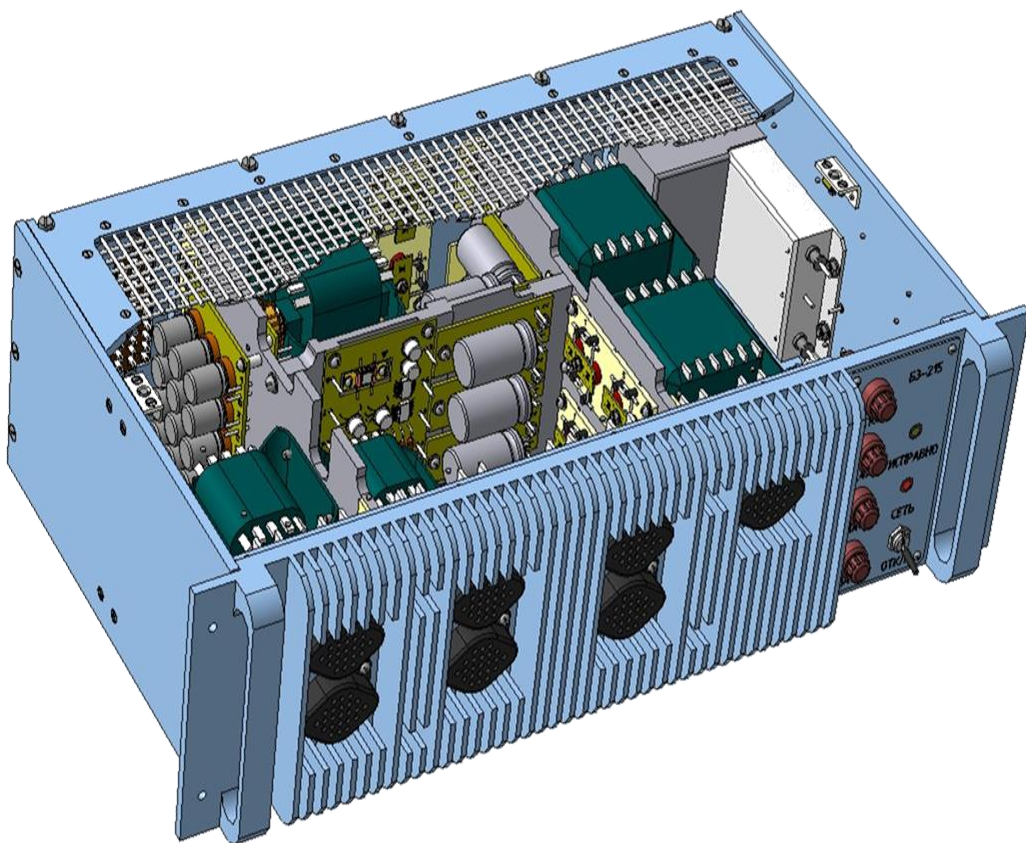


Рисунок 12.1 – Дизайн автономного блоку електроустаткування

Важливим компонентом устаткування є панель керування, яка може розміщуватися безпосередньо на пристрої (передня панель), на пульті оператора у вигляді виносного блоку тощо.

При розробці передньої панелі враховуються всі органи керування, якими повинні користуватися оператор (засоби сигналізації, кнопки, перемикачі режимів роботи та ін.).

Технічний дизайн панелей керування завжди вимагає особливої уваги при їх проектуванні, оскільки від компонування елементів багато в чому залежить зручність в користуванні, простота освоєння прийомів, що реалізують алгоритм застосування пристрою, швидке звикання до розташування органів керування.

Для пристрою керування з переліком компонентів в таблиці 12.1 приклад підготовки ескіза панелі керування представлений на рисунку 12.2.

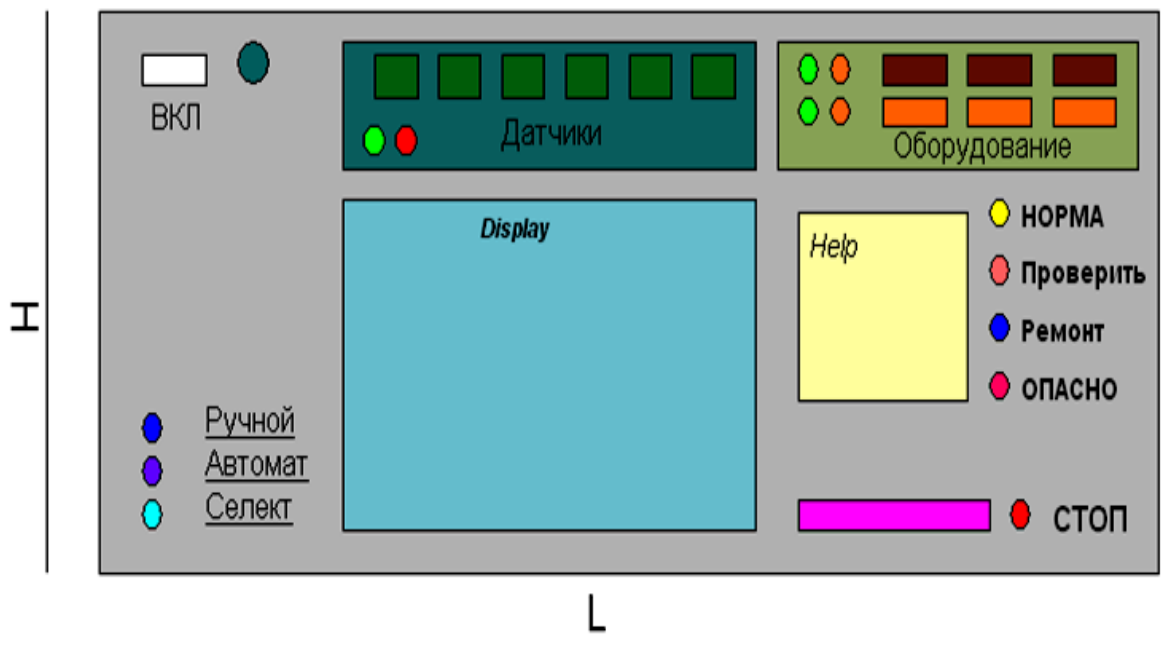


Рисунок 12.2 – Ескізний проект пульта керування автоматичного електроприводу транспортного засобу:

L, H – габаритні розміри пульта

Таблиця 12.1 – Перелік компонентів для розміщення їх на пульті

Призначення компоненту	Виконання	Пояснення
1	2	3
Включення пристрою	Кнопковий вимикач	«ВКЛ»
Перевірка приймальних елементів	Сенсорні вимикачі	«Датчики»
Перевірка виконавчих елементів	Кнопкові вимикачі із поверненням	«Оборудование»
Включення режимів роботи обладнання	Кнопкові вимикачі	«Ручной» «Автомат» «Выборочно» «СТОП»
Засоби сигналізації	Світлодіоди кольорові	«Вкл» «Проверка датчиков» «Проверка оборудования» «Ручной» «Автомат» «Селективно» «ПРОВЕРИТЬ» «РЕМОНТ» «НОРМА» «ОПАСНО» «СТОП»
Засоби відображення інформації	Мнемосхема чи екран дисплею	Символьна мультиплікація
Пам'ятка оператору	Табличка ламінована	HELP

13 ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЄКТОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

На підставі проведених розрахунків була розроблена локальна система автоматики КЗП транспортного засобу. Оскільки пропонуване технічне рішення призначене для удосконалення наявного устаткування, то оцінка його економічних показників може бути виконана на підставі порівняння роботи функціонуючого устаткування з ручним керуванням і модернізованим варіантом КЗП.

Витрати на виготовлення нового технічного рішення можна легко визначити, тому що відомі всі компоненти, які входять в розроблені схеми. Крім того, варто враховувати витрати на проєктування, розробку електронного обладнання, якщо передбачається модернізація робочого місця оператора КЗП (водія).

Після виготовлення схеми звичайно виконуються роботи з її налагодження, монтажу на діючому устаткуванні та остаточні пусконаладжувальні роботи всієї системи автоматики з модернізованими блоками. Витрати на розробку пропонуваного технічного рішення представимо в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Витрати на розробку системи автоматики

№ з/п	Елементи витрат	Сума, грн
1	Дослідницькі роботи	1 200
2	Проєктні роботи	1 300
3	Компоненти пристрою	600
4	Матеріали для виготовлення пристрою на друкованій платі	70

Продовження таблиці 13.1

5	Розробка (модернізація) програмного забезпечення	800
6	Монтаж і пусконаладжувальні роботи	2 500
Усього		6 470

Витрати на експлуатацію існуючої та пропонованої систем автоматики можуть бути визначені при використанні даних з реального транспортного приладу.

Наприклад, для експлуатації устаткування КЗП, де використовується розглянута система автоматики, витрати на оплату електричної енергії можна розрахувати за формулою:

$$Z_1 = Q \cdot T, \quad (13.1)$$

де Q – кількість використаної електроенергії, кВт;

T – тариф за один кВт/год, грн.

$$Z_1 = 3\,600 \cdot 0,252 = 907 \text{ грн.}$$

Оскільки в новому технічному рішенні пропонується виключити релейні компоненти, то споживання електричної енергії напівпровідниковими схемами буде складати:

$$Z_{1н} = 460 \cdot 0,252 \cong 116 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування системи автоматики визначаються регламентом на проведення таких робіт і можуть бути розраховані за формулою:

$$Z_2 = N \cdot T, \quad (13.2)$$

де T – середньомісячна заробітна плата персоналу, який обслуговує конкретне устаткування, грн;

N – кількість місяців.

$$З_2 = 150 \cdot 12 = 1\,800 \text{ грн.}$$

Перевага логічних мікросхем, яка полягає в їхній експлуатації без обслуговування, скоротить витрати, передбачені раніше по цій статті. У грошовому вираженні цю величину можна визначити:

$$З_{2н} = 28 \cdot 12 = 336 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію системи автоматики визначаються щоквартально, виходячи з базової вартості устаткування на початок кварталу по встановленій нормі амортизації:

$$A = \frac{S \cdot N}{100}. \quad (13.3)$$

Оскільки запропонований пристрій можна віднести до експериментальних рішень, то, використовуючи варіанти класифікації основних фондів підприємств, норма амортизації для них складе 20%.

З огляду на розглянуті підходи, можна скласти таблицю експлуатаційних витрат на зміст системи автоматики (табл. 13.2), з огляду на існуючий (далі – EX) і пропонований (далі – NEW) варіанти.

Таблиця 13.2 – Експлуатаційні витрати

№ з/п	Елемент витрат	Сума, грн	
		EX	NEW
1	Електроенергія	0,9	116
2	Заробітна плата персоналу	1 800	33,6
3	Нарахування на заробітну плату	666	11,2
4	Амортизація (20%)	493,38	32,14
Усього		2 960,28	192,84

Таким чином, витрати на зміст існуючої та пропонованої систем автоматики складають 2 960 грн і 192 грн, відповідно.

Витрати на виготовлення і впровадження нового обладнання вимагають капіталовкладень у розмірі 6 520 грн.

Економія витрат на експлуатацію системи автоматики скорочується і забезпечують економію в розмірі:

$$Y = \sum Z_{EX} - \sum Z_{NEW}. \quad (13.4)$$

$$Y = 4\,045 - 691 = 3\,354 \text{ грн.}$$

Маючи отримані дані, можна оцінити економічні показники від впровадження системи автоматики КЗП без обліку інвестицій на реалізацію поставленої задачі.

Оскільки вартість проекту складає 6 520 грн, то строк окупності даного пристрою можна розрахувати за формулою:

$$T_{ok} = \frac{Z_k}{Y}. \quad (13.5)$$

$$T_{ok} = \frac{6\,470}{3\,354} = 1,93 \cong 2 \text{ роки.}$$

Якщо для реалізації проекту передбачається використовувати кредит банку, то в статтю витрат необхідно внести і річні ставки у відсотках до суми кредиту, що визначаються банками в різних розмірах.

Попередній розрахунок дозволяє зробити висновок, що строк окупності проекту не перевищує 2,4 років. У сучасних умовах господарювання такий термін є реальним і привабливим з погляду удосконалення застарілої матеріально-технічної бази на будь-яких діючих аналогічних технологічних об'єктах з КЗП.

Розглянутий розрахунок можна значно прискорити, скориставшись програмою «ПрЭ–ЭК», інтерфейс якої представлений на рисунку 13.1.

Включення програми здійснюється натисканням на кнопку ВКЛЮЧЕНИЕ.

Інтерфейс програми має списки різної технічної літератури, спеціальних періодичних видань, інформації про патенти на винаходи та інший дані, які користувач самостійно може організувати у відповідних папках використовуваного комп'ютера.

Після введення вихідних даних у відповідні вікна витрат на впровадження та експлуатацію технічного рішення розрахунок виконується після натискання на кнопку СЧЕТ.

Зручність програми полягає в можливості швидко змінити статті витрат для одержання необхідного результату від впровадження нової техніки. На підставі отриманих результатів можна сформулювати вимоги до конкретного технічного рішення з метою отримання заданих економічних показників.

Крім того, програма автоматично виконує експертизу даних, які вводяться користувачем для розрахунку.



Рисунок 13.1 – Інтерфейс програми розрахунку економічних показників

Якщо вихідні величини для конкретного технічного рішення нелогічні або не відповідають вимогам, пропонованим до сучасних засобів автоматизації технологічних об'єктів, «експерт» програми зробить відповідні висновки. Такі особливості програми дозволяють уникнути помилок при проектуванні засобів автоматизації технологічних процесів або їхніх компонентів.

Результати розрахунку для технічного рішення отримані за допомогою програми «ПрЭ–ЭК» представлені в таблиці 13.3.

Таблиця 13.3 – Результати розрахунку економічних показників

№ з/п	Статті витрат	Сума, грн	Період окупності, рік
1	2	3	4
1	Витрати на впровадження:		
	Дослідницькі та проєктні роботи	2 500	
	Комплектуючі вироби	670	
	Розробка програмного забезпечення	850	
	Пусконаладжувальні роботи	1 700	
	Інші	600	
2	Експлуатаційні витрати EX:		
	Електроенергія	0,907	
	Заробітна плата	1 800	
	Нарахування на заробітну плату	666	
	Амортизація (20%)	493,38	
	Інші	0	
3	Експлуатаційні витрати NEW:		
	Електроенергія	116	
	Заробітна плата	33,6	

Продовження таблиці 13.3

1	2	3	4
	Нарахування на заробітну плату	11,1	
	Амортизація (20%)	32,14	
	Інші	0	
4	Скорочення експлуатаційних витрат	2 768	
5	Окупність		2,39

14 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання № 1. Запропонувати структурну схему електромеханічного пристрою.

Таблиця 14.1 – Варіанти електромеханічних пристроїв

Варіант	ЕМП	Призначення	Функції	Енергопостачання
1	Електромобіль	Міський	I,С.А,Н,В і	Автономне
2	Електромобіль	Позашляховий	I,С.А,Н,В і	Автономне
3	Тролейбус	З одним ТД	I,С.А,Н,В і	Контактна мережа
4	Електробус	Із двома ТД	I,С.А,Н,В і	Комбіноване
5	Трамвай	Із двома ТД	I,С.А,Н,В і	Контактна мережа
6	Скутер	З вентильним ТД	I,С.А,Н	Автономне
7	Електровелосипед	З фазним ТД	I,С.А,Н,В і	Автономне
8	Самокат	З вентильним ТД	I,С.А,Н	Автономне
9	Робот-верстат	З фазним ТД	I,С.А,Н,В і	Промислова мережа
10	Побутовий комплекс	З фазним ТД	I,С.А,Н	Промислова мережа

Завдання № 2. Розрахувати комплексну механічну передачу за схемою, яка представлена на рисунку 14.1.

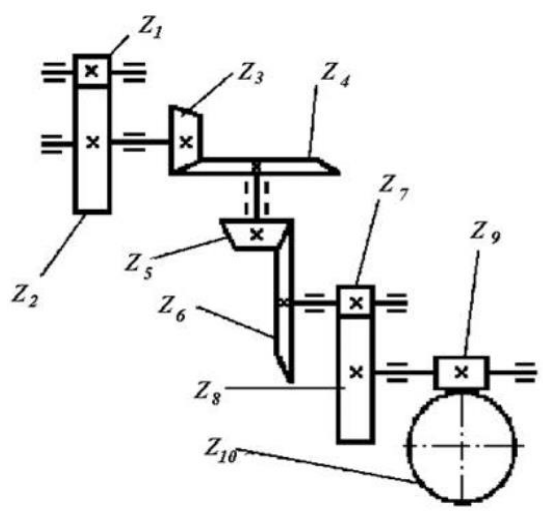


Рисунок 14.1 – Схема механічної передачі

Таблиця 14.2 – Вихідні дані для вибору компонентів механізму

Число зубців	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Z₁	20	18	22	20	16	14	18	22	16	14
Z₂	40	72	66	50	64	56	90	44	64	24
Z₃	22	20	18	16	15	14	16	18	20	22
Z₄	66	80	36	90	45	56	57	90	20	55
Z₅	21	22	25	24	16	20	18	15	17	22
Z₆	42	55	78	96	54	50	56	45	54	55
Z₇	20	24	25	20	25	16	22	18	15	17
Z₈	60	60	50	60	100	50	99	64	34	85
Z₉	1	2	2	4	1	2	2	4	1	2
Z₁₀	28	58	90	100	28	45	60	112	26	40
ω₁, с⁻¹	100	350	200	150	250	300	400	450	500	550
P, кВт	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

Завдання № 3. Запропонувати передавальний механізм для перемикання передач між вихідними валами.

Таблиця 14.3 – Дані передавальних механізмів

Варіант	Ведучий вал КЗП	Ведучий вал КЗП	Передавальний механізм	Потужність на вхідному валу кВт
1	Z1	Z4	Фрикційна	15
2	Z3	Z6	Зубчаст. конічна	3
3	Z5	Z7	Зубчаст. циліндр.	1,5
4	Z2	Z8	Фрикційна	4
5	Z1	Z3	Ремінна	6
6	Z5	Z6	Ланцюгова	0,5
7	Z4	Z7	Ланцюгова	0,3
8	Z6	Z8	Фрикційна	1,8
9	Z2	Z3	Фрикційна	2,2
10	Z3	Z5	Фрикційна	0,6

Завдання № 4. Розробити функціональну схему автоматизації ЕМО для об'єктів таблиці 14.1 з урахуванням спеціальних вимог:

Таблиця 14.4 – Спеціальні вимоги до бортового джерела живлення

Варіант	ЕМО	Зарядний пристрій	Дистанційний диспетчер	Таймер розкладу
1	Електромобіль	+	—	—
2	Електромобіль	+	+	—
3	Тролейбус	—	+	+
4	Електробус	+	+	+
5	Трамвай	—	+	+
6	Скутер	+	—	+
7	Електровелосипед	+	—	+
8	Самокат	+	—	+
9	Робот-верстат	—	—	—
10	Побутовий комплекс	—	—	—

Завдання № 5. Розробити автономне джерело електричного живлення бортового обладнання за допомогою програми, інтерфейс якої представлений на рисунку 14.2.

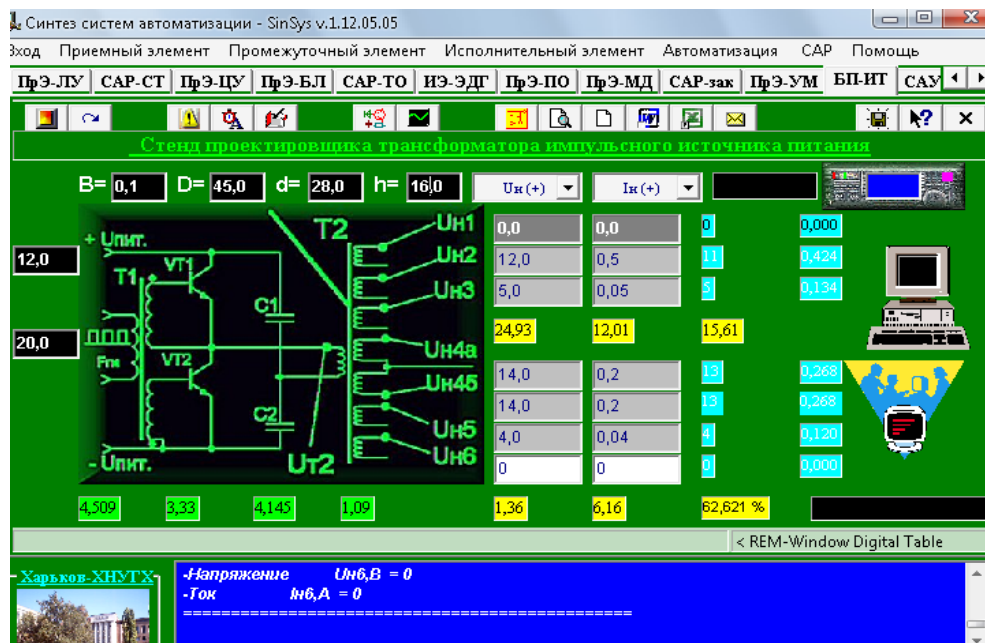


Рисунок 14.2 – Інтерфейс програми «БП-ИТ»

Таблиця 14.5 – Вихідні дані бортових споживачів енергії

Варіант	ЕМО	Напруга, В	Струм навантаження, А	Коефіцієнт використання, %
1	2	3	4	5
1	Електромобіль	5; 12,5; 14; 22	0,001; 0,03; 0,004; 0,07	75
2	Електромобіль	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
3	Тролейбус	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
4	Електробус	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
5	Трамвай	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75

Продовження таблиці 14.5

1	2	3	4	5
6	Скутер	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
7	Електровелосипед	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
8	Самокат	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
9	Робот-верстат	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75
10	Побутовий комплекс	Відповідно до технічних характеристик	Відповідно до технічних характеристик	75

Завдання № 6. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функціональні властивості автономного джерела живлення для трифазного тягового електроприводу. В якості прикладу використайте схему на рисунку 14.3.

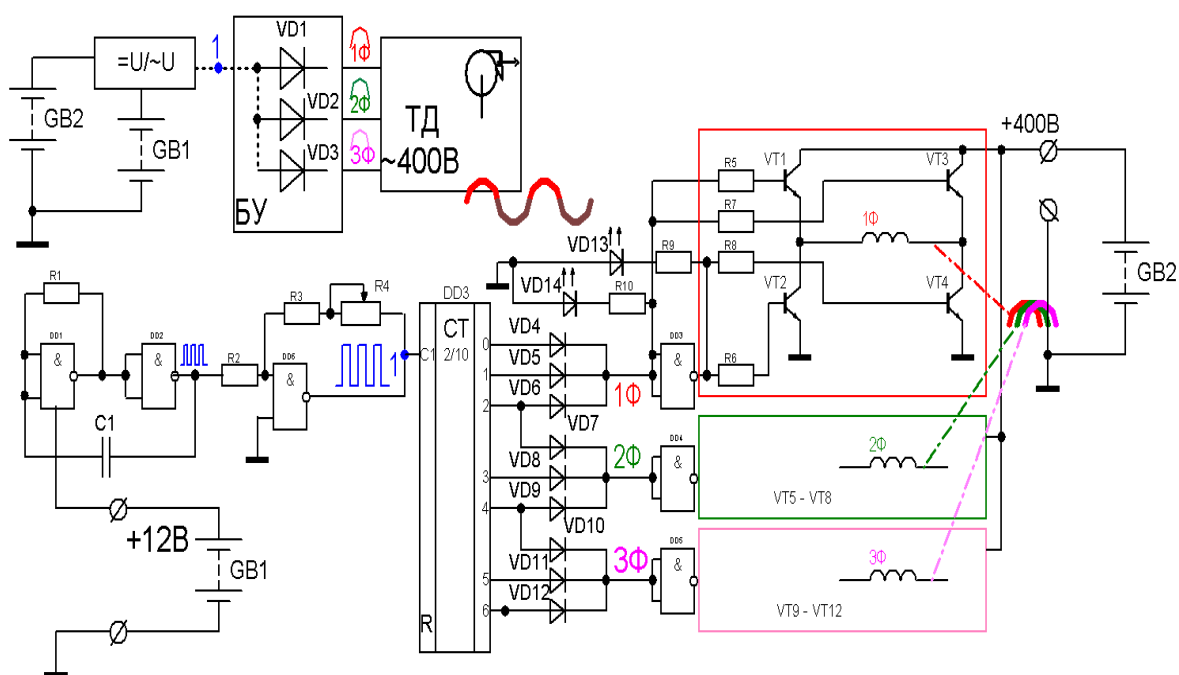


Рисунок 14.3 – Схема керування двигуном

Таблиця 14.6 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Регулятор частоти ЗГ	12	Показуючий прилад частоти, Гц	Сторонній контрольний пульт
2	Діагностика формувачів фазної напруги	400	Сигналізація дискретна	Пульт діагностики несправності
3	Контроль струму навантаження	15	Сигналізація дискретна	Немає
4	Контроль частоти обертання валу електродвигуна	400	Показуючий прилад частоти, Гц	Пульт контролю
5	Контроль нагрівання електродвигуна	400	Сигналізація дискретна	Пульт контролю

Завдання № 7. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функції схеми автономного модуля контролю температури об'єкта щодо зовнішнього середовища.

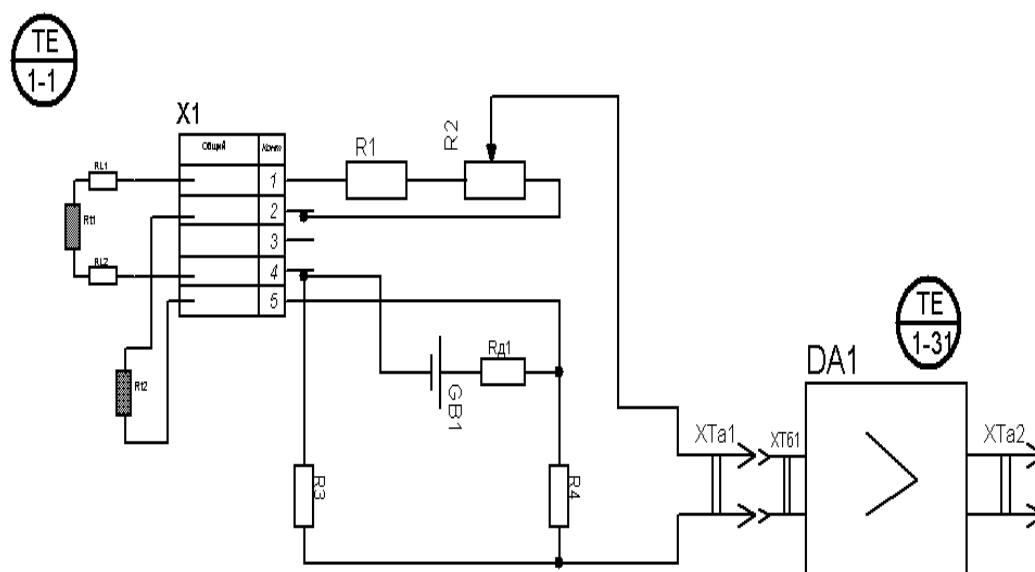


Рисунок 14.4 – Схема автономного модуля контролю температури

Таблиця 14.7 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Диференціальний контроль температури об'єкта	10	Показуючий прилад температури нагріву	За місцем
2	Диференціальний контроль температури об'єкта	12	Дискретний сигналізатор температури нагрівання	За місцем
3	Перевірка реперної точки шкали	5	Показуючий прилад температури нагріву	За місцем
4	Додаткове стабілізоване джерело живлення G1	5	Автоматичне включення	За місцем
5	Контроль вихідної напруги підсилювача	10	Дискретна сигналізація	За місцем

Завдання № 8. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функції схеми дискретного керування ТД.

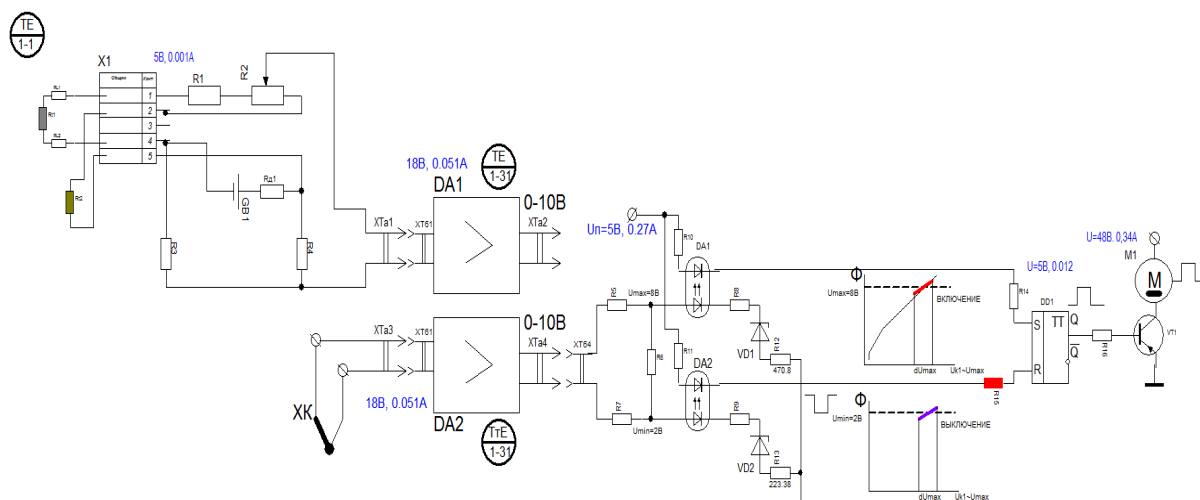


Рисунок 14.5 – Схема дискретного керування ТД

Таблиця 14.8 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Диференціальний контроль температури об'єкта	10	Показуючий прилад температури нагріву	За місцем
2	Диференціальний контроль температури об'єкта	10	Дискретний сигналізатор температури нагрівання	За місцем
3	Перевірка реперної точки шкали	5	Показуючий прилад температури нагріву	За місцем
4	Додаткове стабілізоване джерело живлення G1	5	Автоматичне включення	За місцем
5	Діагностика справності підсилювача потужності VT	10	Дискретна сигналізація	За місцем

Завдання № 9. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функції схеми реверсивного керування ЕД.

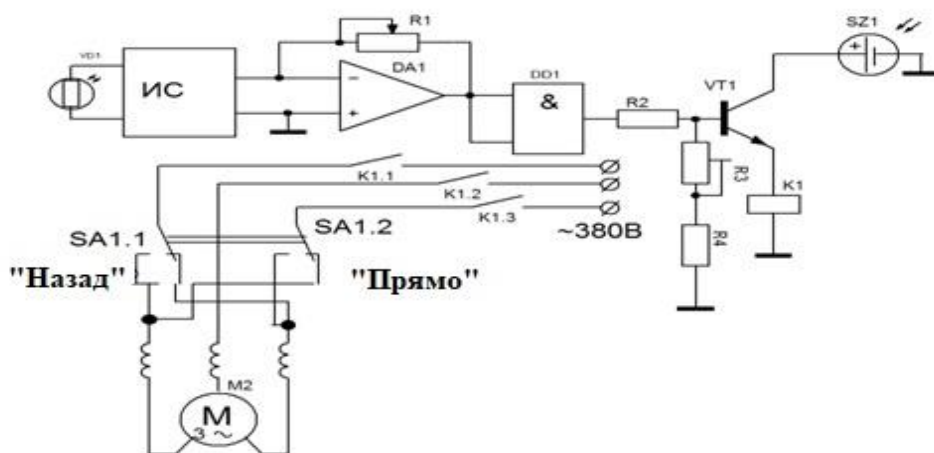


Рисунок 14.6 – Схема реверсивного керування ЕД

Таблиця 14.9 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Контроль напруги фаз ЕД	400	Показуючий прилад напруги, В	За місцем
2	Контроль струму фаз ЕД	20	Показуючий прилад струму, А	За місцем
3	Перевірка дистанційного фотометра запуску ЕД	10	Дискретна сигналізація	За місцем
4	Сигналізація режиму «Прямо/Назад»	5	Автоматичне включення	На пульті керування
5	Діагностика справності підсилувача потужності VT1	10	Дискретна сигналізація вкл/викл	За місцем

Завдання № 10. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функції схеми дистанційного керування воротами гаража.

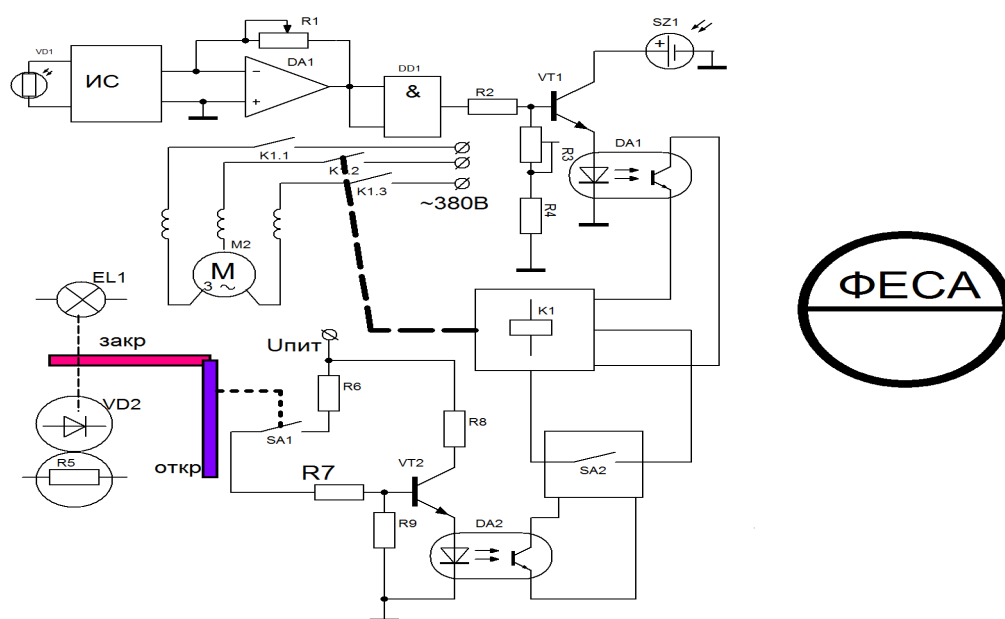


Рисунок 14.7 – Схема дистанційного керування воротами гаража

Таблиця 14.10 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Контроль фаз напруги ЕД	400	Показуючий прилад напруги, В	За місцем
2	Контроль фаз струму ЕД	6	Показуючий прилад струму, А	За місцем
3	Перевірка дистанційного фотометра запуску ЕД	10	Дискретна сигналізація	За місцем
4	Сигналізація режиму «Закр/Відкр»	5	Автоматичне включення	На пульті керування
5	Діагностика справності підсилювачів VT1, VT2	10	Дискретна сигналізація справності/ несправності	На пульті керування

Завдання № 11. Відповідно до завдання запропонувати додаткові функції схеми дистанційного керування ТД за сигналами світлофора.

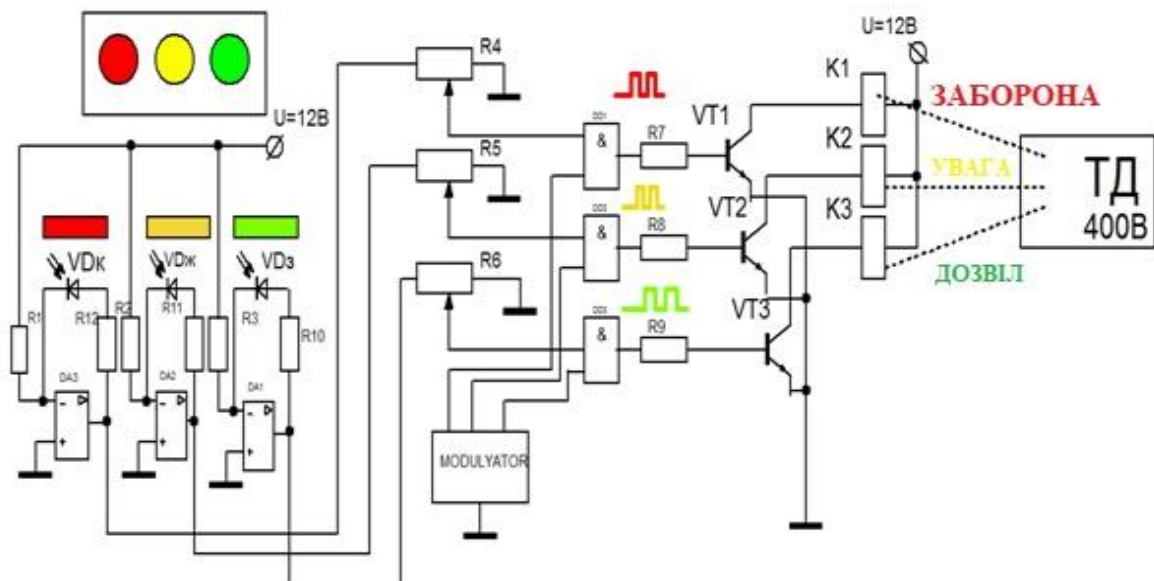


Рисунок 14.8 – Схема дистанційного керування ТД за сигналами світлофора

Таблиця 14.11 – Індивідуальні завдання

Варіант	Додаткові функції	Напруга джерела живлення, В	Функціональні властивості	Інформаційний сигнал
1	Місцевий контроль фотоприймачів	9	Дискретний контроль	За місцем
2	Контроль дискретного керування фазною напругою ЕД	6	Дискретний індикатор	За місцем
3	Перевірка дистанційного фотометра запуску ЕД	10	Дискретна сигналізація	За місцем
4	Вибір режиму керування «Ручне/Дистанц.»	5	Ручне включення	На пульті керування
5	Діагностика справності підсилювачів VT1, VT2, VT3	10	Дискретна сигналізація справності/ несправності	На пульті керування

Завдання № 12. Відповідно до завдання запропонувати схеми вимірювання швидкості руху транспортного засобу.

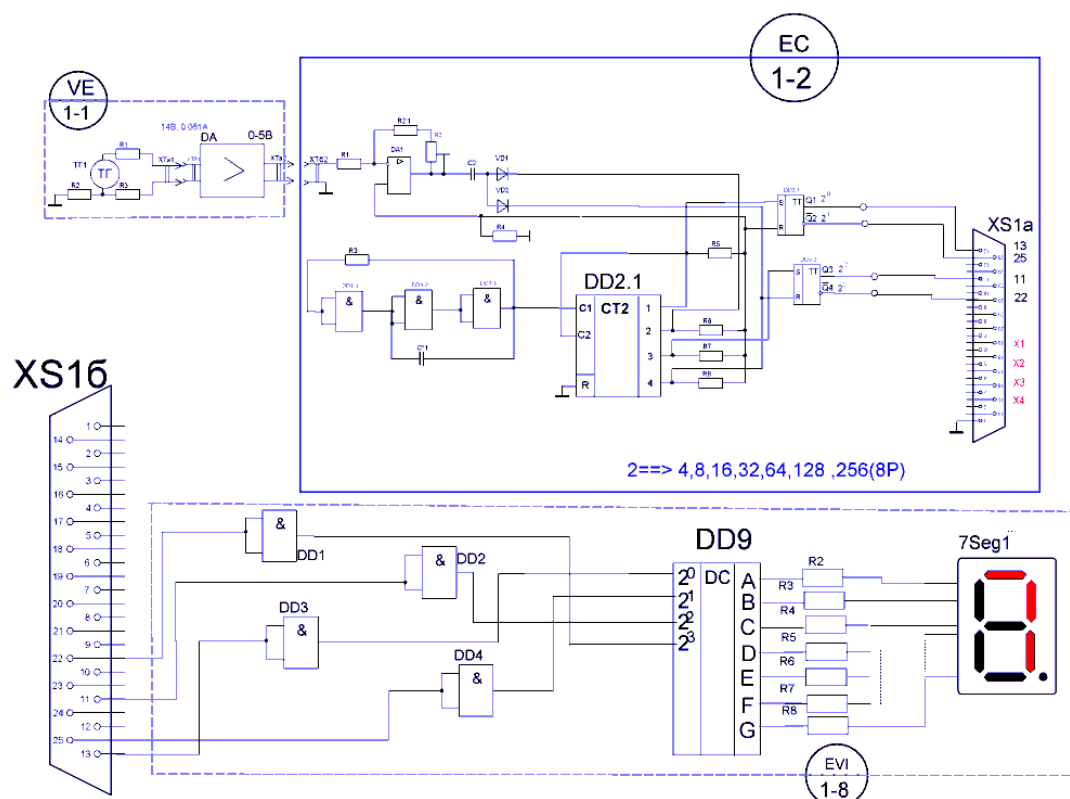


Рисунок 14.9 – Схема системи контролю в ЕМО

Таблиця 14.12 – Вимоги до візуального засобу вимірювання швидкості

Варіант	ЕМО	Максимальна швидкість, км/год	Вихідний сигнал тахогенератора, В	Точність показань, км/год
1	Електромобіль	90	12	1,5
2	Електромобіль	85	14	1,0
3	Тролейбус	100	10,5	0,5
4	Електробус	95	9	0,75
5	Трамвай	75	12,5	1,2
6	Скутер	55	5	0,25
7	Електровелосипед	45	4,5	0,4
8	Самокат	35	2,5	0,5
9	Робот-верстат	200	9,5	5
10	Побутовий комплекс	170	8	10

Завдання № 13. Користуючись відомими прикладами логічних функцій, запропонувати варіант блок-схеми алгоритму та програму керування вибраним зразком ЕМО.

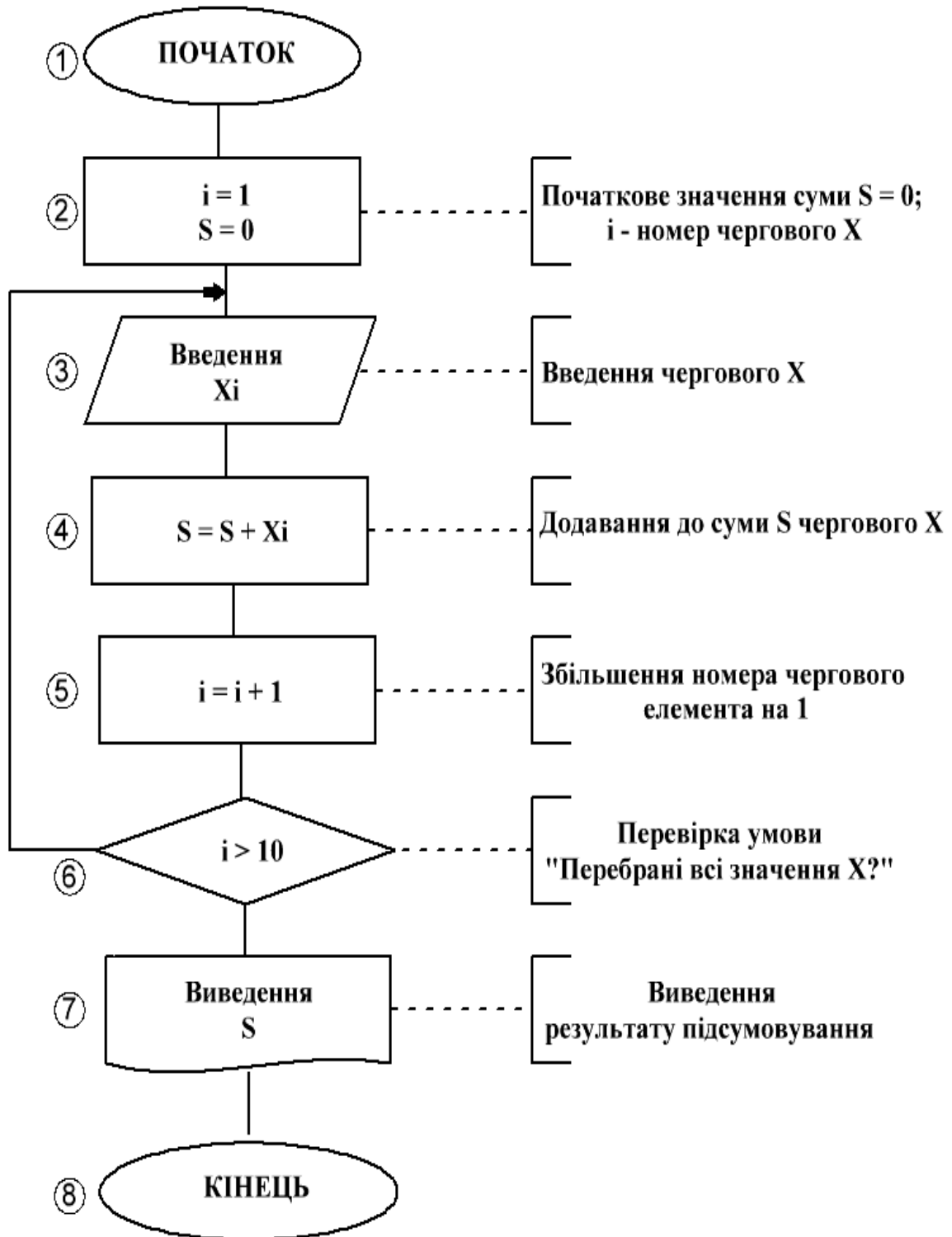


Рисунок 14.10 – Приклад блок-схеми алгоритму та програми керування

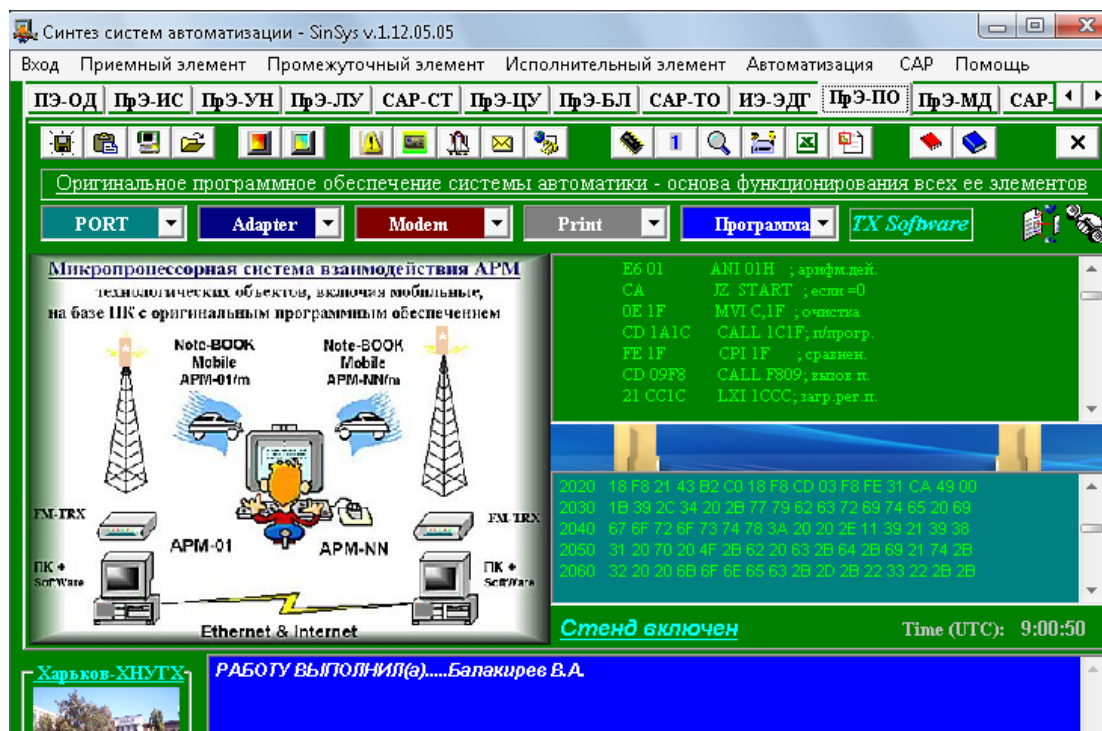


Рисунок 14.11 – Интерфейс програми для програмування задач автоматизації процесів

Таблица 14.13 – Вимоги до керуючого сигналу блоку управління

Варіант	ЕМО	Максимальная швидкість, об/хв	Вихідний сигнал тахогенератора, В	Керуючий сигнал
1	Електромобіль	900	12	дискретний
2	Електромобіль	850	14	аналоговий
3	Тролейбус	1 000	10,5	цифровий
4	Електробус	950	9	аналоговий
5	Трамвай	750	12,5	дискретний
6	Скутер	550	5	цифровий
7	Електровелосипед	450	4,5	цифровий
8	Самокат	350	2,5	цифровий
9	Робот-верстат	2 000	9,5	аналоговий
10	Побутовий комплекс	1 700	8	дискретний

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Периферійні компоненти мікропроцесорних пристроїв: метод. вказівки до самост. вивч. : для студ. 4 курсу ден. та 5 курсу заочн. форм навч. напр. підгот. 6.050702 – Електромеханіка / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. С. М. Єсаулов. – Харків : ХНАМГ, 2007. – 63 с.
2. Єсаулов С. М. Мікропроцесорні пристрої на електротранспорті : навч. посібник / С. М. Єсаулов ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2007. – 182 с.
3. Мікропроцесорні пристрої : метод. вказівки до вик. лаб. робіт : для студ. 4 курсу ден. та 5 курсу заочн. форм навч. напр. підгот. 6.050702 – Електромеханіка / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. С. М. Єсаулов. – Харків : ХНАМГ, 2006. – 66 с.
4. Бабічева О. Ф. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посібник / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. – 355 с.
5. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – Київ : Либідь, 1997. – 544 с.
6. Пат. 65746 Україна, G01N 33/18 G01J 1/00. Фотометр / С. М. Єсаулов, Р. М. Осадчий, О. А. Таран (Україна). – опубл. 15.04.2004, Бюл. № 4.
7. Пат. 123842 Україна, МПК H05B 39/04 (2006.01). Пристрій для регулювання освітленості / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева (Україна). – № а201906430 ; заявл. 06.2019 ; опубл. 09.06.2021, Бюл. № 23/2021.
8. Пат. 142979 Україна, МПК G06G 7/60 (2006.01). Модель нейрона / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, О. С. Козлова, С. О. Закурдай, Н. І. Кульбашна (Україна). – № u201911671 ; заявл. 05.12.2019 ; 10.07.2020, Бюл. № 13/2020.

Навчальне видання

ЄСАУЛОВ Сергій Михайлович,
БАБІЧЕВА Ольга Федорівна,
ВОРОНОВ Роман Володимирович

**РОЗРОБКА БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та
заочної форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка)*

Відповідальний за випуск *М. В. Хворост*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Р. В. Воронов*

План 2022, поз. 78Л

Підп. до друку 15.11.2022. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 6,5.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.