

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

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

ДІАГНОСТИЧНІ КОМПЛЕКСИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Бабічева О. Ф. Діагностичні комплекси транспортних засобів : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов, Р. В. Воронов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 99 с.

Автори:

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

Рецензент

А. К. Бабіченко, кандидат технічних наук, професор кафедри автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу Харківського національного технічного університету «ХПІ»

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту,
протокол №7 від 13.12.2021.*

Конспект лекцій призначений для вивчення технічних засобів, що розробляються для діагностики обладнання і пошуку несправностей в ланцюгах керування електромеханічних пристроїв транспортних засобів муніципального господарства

© О. Ф. Бабічева, С. М. Єсаулов, Р. В. Воронов, 2023

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ТА КОМПЛЕКСІВ У ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ ЦИКЛІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	5
1.1 Діагностика в життєвому циклі транспортного засобу.....	6
1.2 Структура мехатронних систем транспортних засобів та їх діагностика	7
2 СТРУКТУРНА СХЕМА ДІАГНОСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	11
2.1 Класифікаційні ознаки засобів діагностики	13
2.2 Структура діагностичних систем	18
3 МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	24
3.1 Завдання та умови побудування діагностичних моделей.....	24
3.2 Методи визначення діагностичних тестів	32
4 ПІДХІД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНОГО ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ОБЛАДНАННЯ	38
4.1 Представлення логічних функцій.....	39
4.2 Моделювання несправностей дискретних пристроїв.....	44
5 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСКРЕТНИХ ПРИЙМАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	50
6 ПІДХІД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ОБЛАДНАННЯ	57
6.1 Застосування аналогових датчиків для засобів діагностики	57
6.2 Проектування засобів кодування аналогової інформації.....	61
7 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.....	66
8 ПРОЕКТУВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ СПОВІЩЕННЯ.....	69
8.1 Розроблення оригінальних діагностичних засобів сповіщення	71
9 ОРГАНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСПОРТУ	75
10 ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	77
10.1 Діагностика автомобільного двигуна на основі нейронної мережі	78
10.2 Діагностування технічного стану об'єктів, що виконують перетворення сигналів з використанням штучних нейронних мереж	83
11 ТЕХНІЧНИЙ ДИЗАЙН ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ	86
12 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТУ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96

ВСТУП

Нині діагностування вузлів транспорту виконується висококваліфікованим персоналом, що розуміє і досконально знає влаштування обладнання, правила його експлуатації, і використовує при цьому вбудовані або автономні засоби автоматичного діагностування. Також сучасний розвиток техніки дає можливість створювати нові види обладнання та комплекси його для діагностики рідних вузлів та агрегатів із різним алгоритмом пошуку несправностей.

У курсі лекцій дисципліни «Діагностичні комплекси транспортних засобів» переслідується мета допомогти студентам зрозуміти принципи створення електричних схем електрообладнання різного призначення і пошуку в них несправних компонентів, навчитися синтезувати алгоритми пошуку несправностей, вибирати технічні засоби для реалізації алгоритмів діагностики, правильно експлуатувати й ідентифікувати результати вимірів, отримані за допомогою автоматичного діагностичного обладнання.

У результаті вивчення курсу студент повинен знати компоненти основного і спеціального обладнання для реалізації автоматичних засобів діагностики конкретних блоків і вузлів електромеханічного обладнання на транспортних засобах, уміти експлуатувати діагностичне обладнання, знати перспективні напрями розвитку засобів діагностики на транспорті, застосування яких доцільне в муніципальному господарстві.

Для освоєння розділів курсу «Діагностичні комплекси транспортних засобів» необхідні знання, придбані з дисциплін: «Фізика», «Хімія», «Математика», «Теорія автоматичного керування», «Мікросхемотехніка», «Електрообладнання транспортних засобів», «Аналогові та цифрові пристрої транспортних засобів», «Моделювання електромеханічних систем», «Автоматизоване проектування електромеханічних систем та пристроїв», «Діагностування електрообладнання транспортних засобів».

Конспект лекцій включає ряд тем для вивчення дисципліни «Діагностичні комплекси транспортних засобів» для здобувачів другого (магістерського) рівня навчання за освітньо-професійною програмою «Електричні системи та комплекси транспортних засобів».

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ ТА КОМПЛЕКСІВ У ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ ЦИКЛІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Загальноприйняті засоби захисту електрообладнання (далі – ЕО) і виробів електронної техніки (далі – ВЕТ) не забезпечують збереження їх і знижують вірогідність виникнення лише деяких із можливих випадків виходу з ладу складного електромеханічного обладнання (далі – ЕМО) [1–3].

Сучасні системи діагностики – забезпечують безперервну оцінку сигналів, що отримуються від різних датчиків і виконавчих механізмів, встановлених на різних блоках і вузлах технологічних об'єктах (далі – ТО) або транспортних засобах (далі – ТЗ).

Діагностичні комплекси (далі – ДК) реалізують за допомогою локальних діагностичних пристроїв (далі – ЛДП), що входять до складу ДК.

ЛДП містять засоби вимірювання та перетворення інформації про об'єкт, обробки інформації, відображення результатів діагностики, зв'язку ДК тощо.

Вимірювальні перетворювачі (далі – ВП) – це засоби вимірювання, призначені для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і (чи) зберігання, але невідчужуваною безпосередньому сприйняттю спостерігача.

Комплексні діагностичні системи (далі – ДКС) складаються з автономних локальних діагностичних пристроїв, що містять у своїй структурі ВП та різноманітні системи обробки інформації.

Вимірювальні системи (далі – ВС) – це сукупність засобів вимірювання та допоміжних пристроїв, сполучених між собою каналами зв'язку.

Технічна діагностика (далі – ТД) – це галузь науково-технічних знань, сутність якої становлять теорія, методи та засоби виявлення і пошуку дефектів об'єктів технічної природи.

Головне завдання ТД електромеханічних і електронних пристроїв полягає в організації контролю справності, працездатності й правильності функціонування ЕО і ВЕТ, вживаних у засобах автоматичного контролю, керування, сигналізації тощо.

Функціональна діагностика (далі – ФД) – виявлення дефектів у функціональному ЕМО. ФД ЕМО в процесі його експлуатації дає змогу виявити несправності на ранній стадії їхнього розвитку, попередити раптову зупинку або аварію, значно зменшити витрати на ремонт і збільшити термін служби ЕМО.

Один з етапів діагностики – вивчення параметрів контролю для пошуку дефектів і можливості їх вимірювання.

1.1 Діагностика в життєвому циклі транспортного засобу

Життєвий цикл продукції – сукупність взаємопов'язаних процесів створення та послідовної зміни стану продукції від формування вихідних вимог до неї до закінчення її експлуатації або споживання. Розглядають такі стадії життєвого циклу: дослідження та проектування, виготовлення, обертання та реалізації, експлуатації або споживання [4–9]. Діагностика охоплює всі етапи життєвого циклу транспортного засобу (далі – ТЗ), починаючи з його розробки (рис. 1.1).

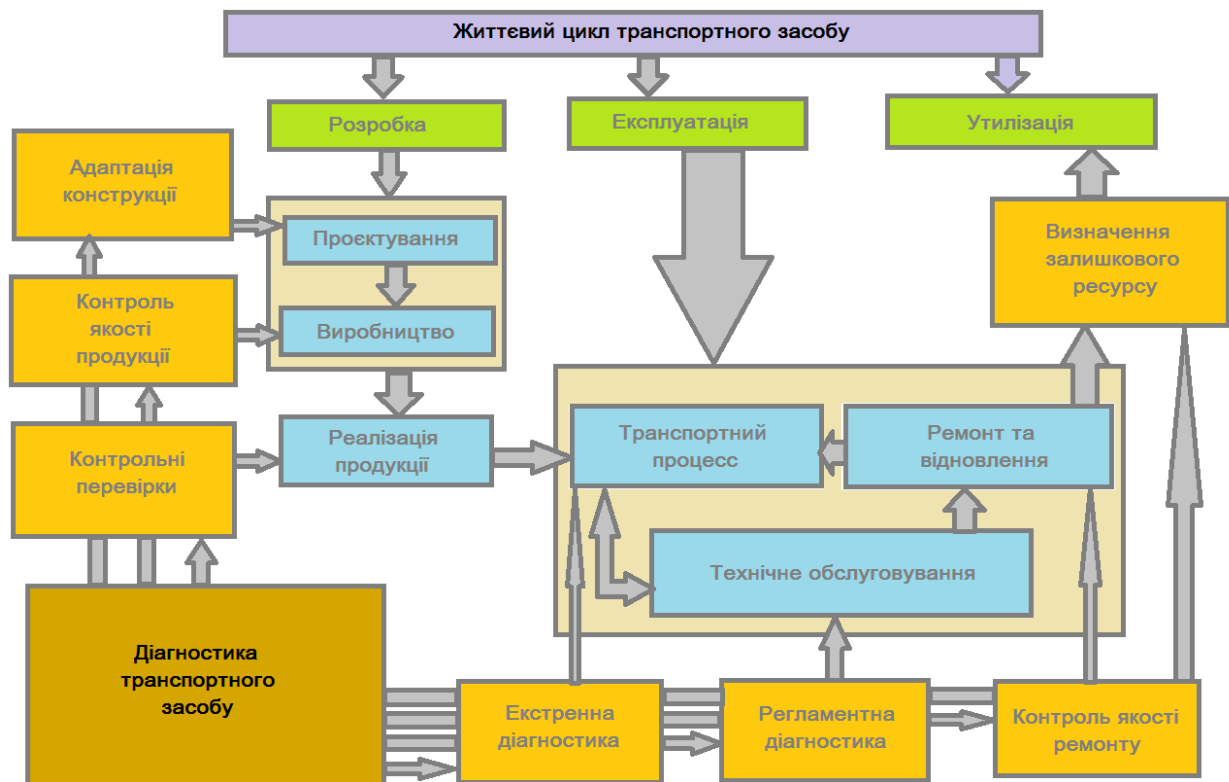


Рисунок 1.1 – Структура життєвого циклу діагностичної системи транспортного засобу

Під час проектування ТЗ, силової установки, системи керування або окремих агрегатів, в конструкції пристроїв передбачають засоби, що полегшують проведення діагностичних операцій (діагностичні рознімання, контрольні точки, діагностичні датчики). Діагностичні системи бортових мікропроцесорних систем керування, зазвичай, реалізують на програмному рівні, шляхом інтегрування експертної системи в програму, яка відтворює

алгоритм керування робочими процесами. На цьому етапі, розробник аналізує інформацію про структуру мехатронної системи, режими та умови її експлуатації; обирає діагностичні параметри системи та розробляє діагностичну програму.

На етапі виробництва продукції, діагностика полягає у постійному контролі якості виготовлення окремих деталей, вузлів, агрегатів, системи та ТЗ в цілому. Після заключної збірки ТЗ проходить комплексні стендові та дорожні випробування з метою оцінки працездатності всіх його складових частин.

Під час технічного обслуговування, проводяться регламентні технічні впливи на агрегати ТЗ і здійснюється систематизований контроль структурних параметрів з метою встановлення фактичного стану та залишкового ресурсу агрегатів і підтримки працездатності ТЗ протягом періоду до наступного обслуговування.

Проведення ремонтних робіт не можливо без перевірки структурних параметрів, значення яких не повинні виходити за межі допустимих. Після проведення ремонту також необхідно проводити контроль технічного стану відновленого агрегату (пристрою) для оцінки якості ремонту.

Таким чином протягом експлуатації ТЗ вирішуються задачі оператора-діагноста, які полягають в ідентифікації типу системи та об'єкту керування, обиранні та розробці діагностичної документації, підборі необхідного діагностичного устаткування та приладів, проведенні діагностичних операцій.

Останній етап життєвого циклу ТЗ – це утилізація його окремих частин (вузлів, агрегатів, систем) або цілком машини. Причиною утилізації ТЗ може стати цілком вибраний ресурс його основних агрегатів або кузова. Другою причиною утилізації може стати аварія. У будь-якому випадку необхідно оцінити ступень зносу та глибину пошкоджень агрегатів, систем і кузова транспортного засобу.

1.2 Структура мехатронних систем транспортних засобів та їх діагностика

Мехатронна система складається з механічного об'єкту керування та електронної (мікропроцесорної) системи керування. Система керування, у свою чергу, включає інформаційні датчики (далі – ІД) та виконавчі пристрої (далі – ВП), пов'язані через електронний блок керування (далі – ЕБК). Датчики (перетворювачі неелектричних величин в електричні сигнали) і виконавчі пристрої (перетворювачі електричних сигналів до неелектричних

впливів) такої системи функціонально належать обом складовим [4]. Активізатор (збуджувач) датчика та робочий орган виконавчого пристрою належать механічному об'єкту керування. Вимірювальна частина (електричне коло) датчика та електрична частина (електричне коло) виконавчого пристрою розглядаються, як складові електронної системи керування. В системі «ТЗ-водій-дорога», транспортний засіб розглядається як об'єкт керування та в поєднанні з електронною системою керування являє мехатронну систему, яка функціонує в напіваавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 1.2).

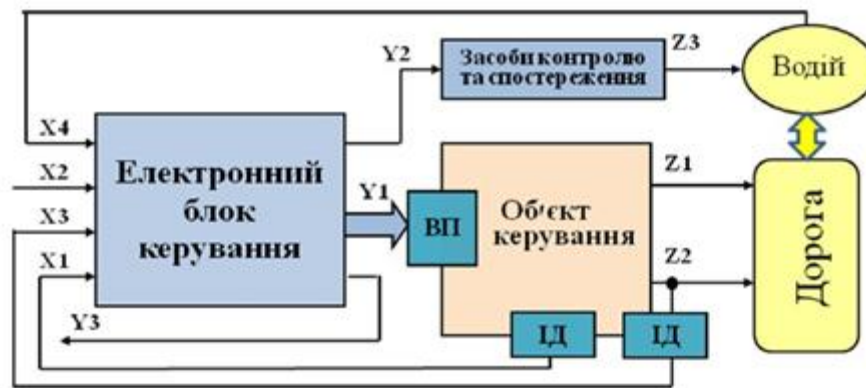


Рисунок 1.2 – Узагальнена функціональна схема системи «ТЗ-водій-дорога»:

X – входні сигнали електронного блоку керування (ЕБК) системи керування; Y – вихідні сигнали ЕБК системи керування; Z – вихідні характеристики (параметри) ТЗ (агрегатів). Входні сигнали окремої системи керування надходять з: датчиків структурних (режимних) параметрів об'єкту керування X1; датчиків інших мехатронних або інформаційно-вимірювальних систем ТЗ X2; датчиків вихідних параметрів об'єкту керування X3; датчиків органів керування X4

Вихідні сигнали окремої системи керування подаються на виконавчі пристрої Y1 та засоби контролю Y2, а також використовуються для інших систем керування Y3.

Вихідні характеристики мехатронної системи можуть не контролюватися Z1 (розімкнуті системи) або контролюватися Z2 (замкнуті системи) датчиками вихідних параметрів. При цьому реалізуються відповідно жорсткі (без зворотних зв'язків) або гучки (зі зворотними зв'язками) алгоритми керування.

Якщо на стаціонарних режимах виключити з розгляду впливи водія Х4 то мехатронна система функціонує в автоматичному (без участі людини) режимі.

Бортова діагностика системи керування не може проводитись окремо без об'єкта керування, тому що останній є і активізатором (стимулятором) системи керування та її навантаженням. І навпаки, система керування забезпечує керуючі впливи на об'єкт керування спираючись на його режимний стан (функціональний зв'язок двох складових). Вищевказане передбачає застосування засобів діагностики, які контролюють і електричні параметри (сигнали) системи керування і неелектричні параметри об'єкту керування [4–9].

Засоби діагностики мехатронних систем можна класифікувати за декількома загальними ознаками з яких доречно виділити дві основні – за об'єктом керування (призначенням мехатронної системи) та за видом діагностичного параметра (рис. 1.3).

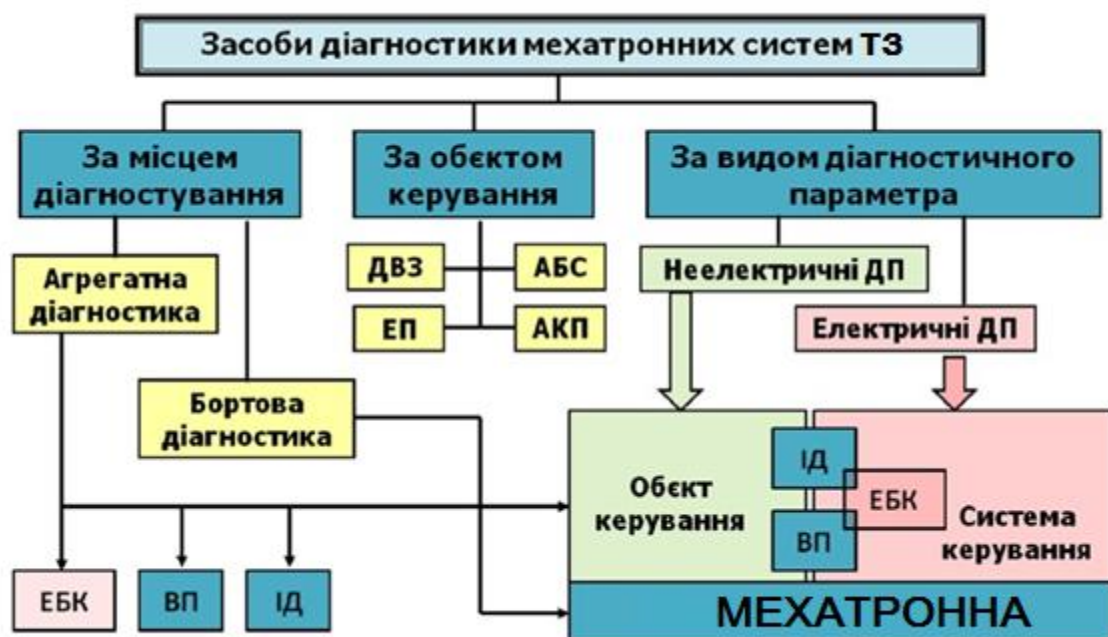


Рисунок 1.3 – Засоби та об'єкти діагностики мехатронних систем

Додатково можна розрізняти засоби агрегатної і бортової діагностики. При агрегатній діагностиці окремих елементів системи керування використовують спеціальні тестери, які забезпечують імітацію умов борта (заміщають об'єкт керування). Для активізації датчиків застосовують стимулятори неелектричних величин, а вихідні параметри реєструються вимірювальними приладами електричних величин. Під електричними параметрами розуміють параметри електричних величин (значення напруги,

сили струму) сигналів (амплітуда, частота, шпаруватість, тривалість) та електричних кіл (опір, ємність, індуктивність).

Для активізації виконавчих пристроїв використовують імітатори вихідних сигналів системи керування (апаратні драйвери), а вихідні параметри реєструються вимірювальними приладами неелектричних величин безпосередньої оцінки. Агрегатна діагностика ЕБК системи керування, як і будь-якого електронного блоку полягає в його тестуванні. При цьому стимуляція ЕБК здійснюється за допомогою імітаторів сигналів датчиків та джерела живлення, а реєстрація вихідних сигналів на еквівалентах навантаження реєструють вимірювальними приладами електричних величин (вольтметрами, осцилографами).

Результатом діагностування за вихідними параметрами (на виході об'єкту керування) або структурними параметрами (на виході системи керування) мехатронної системи є відповідь на питання «хто винен?» механіка або електроніка.

Подальша локалізація несправності мехатронної системи проводиться за структурними параметрами об'єкту керування та системи керування. У такому разі визначають несправний структурний елемент (компонент, вузол, агрегат) механічної або електронної частини мехатронної системи. При цьому, під час структурної діагностики системи керування, передбачається, що об'єкт керування (механічна частина) знаходиться у справному стані, а його функціональні параметри можуть відхилятися від допустимих значень по причині несправності системи керування. Під час структурної діагностики об'єкту керування, навпаки, справною вважають систему керування [4–9].

Під час локалізації несправного елемента системи керування використовується метод заміщення, який передбачає використання пристроїв, що адекватно відтворюють функції окремих апаратних елементів системи керування під час її тестування. Такі пристрої являють собою імітатори сигналів датчиків, симулятори навантаження виконавчих пристроїв та емулятори ЕБК. Несправний елемент системи, в такому разі, локалізується шляхом виключення альтернативних несправностей.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть приклади сучасних систем діагностики.
2. Дайте визначення технічної та функціональної діагностики. Поясніть різницю.
3. Опишіть структуру життєвого циклу діагностичної системи транспортного засобу.

4. Поясніть роль діагностики на кожному етапі життєвого циклу транспортного засобу.
5. Що таке мехатронна система?
6. З яких елементів складається мехатронна система? Дайте коротку характеристику кожного.
7. Охарактеризуйте функціональну систему «ТЗ-водій-дорога».
8. За якими ознаками класифікують засоби діагностики мехатронних систем?
9. Чим відрізняється мехатронна система в автоматичному режимі функціонування від напіваавтоматичному? Наведіть приклади таких систем.
10. Яка відмінність між агрегатною та бортовою діагностикою?

2 СТРУКТУРНА СХЕМА ДІАГНОСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Ефективність технічного обслуговування, наприклад, транспорту в депо, залежить від раціонального підходу вибирання засобів технічного діагностування за номенклатурою та їхньою кількістю. Засоби діагностування вибирають відповідно до технології та обсягу робіт, що проводяться, функціональних можливостей і продуктивності відділень діагностування, передбачених у кожному певному виробничому процесі [1–3]. На жаль, багато використовуваних діагностичних операцій виконуються ручним способом, досвідченими, спеціально підготовленими співробітниками при істотних витратах робочого часу. Очевидно, що для такого різновиду діяльності в депо найзручніше використовувати прилади, що забезпечують автоматичний режим діагностування з найменшою кількістю обслуговуючого персоналу.

Структурна схема роз'яснює взаємозв'язок компонентів технологічного обладнання, в яких протікають основні та допоміжні процеси з керованими вузлами і елементами.

Розроблення структурної схеми охоплює декілька етапів: аналіз ТО та як повинен працювати розроблюваний пристрій; які засоби керування, сигналізації тощо обов'язково повинно містити обладнання діагностики; як потрібно повірювати ДП і коли використовувати (неперервно, дискретно, на вимогу).

Для складання структурної схеми діагностичного пристрою використовують описи ТО роботи технологічного обладнання з характеристиками обладнання ТП, засобів автоматизації тощо (рис. 2.1).

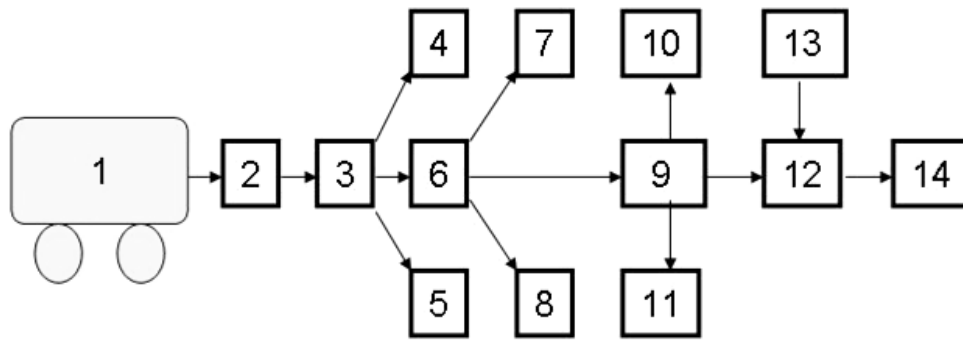


Рисунок 2.1 – Структурна схема пристрою технічного діагностування:

*1 – транспортний засіб; 2 – приймальний елемент (далі – ПЕ);
 3 – підсилювач; 4 – пристрій запису інформації; 5 – відеотермінал;
 6 – аналогово-цифровий перетворювач (далі – АЦП); 7 – пристрій експрес-аналізу;
 8 – блок запису інформації; 9 – пристрій обробки цифрових сигналів (далі – ПОЦС);
 10 – принтер; 11 – цифро-аналоговий перетворювач (далі – ЦАП);
 12 – блок порівняння; 13 – задавальний пристрій;
 14 – блок постановлення діагнозу*

Ефективність таких достатньо складних систем автоматичного діагностування (далі – САД) залежить, насамперед, від наявності ПЕ, придатних для контролю певних технологічних параметрів, вузла або блоку ТО. Оскільки інформаційний сигнал від приймального елемента неодноразово перетвориться згідно з заданим алгоритмом, то, очевидно, що пристрій якісно виконуватиме процес отримання даних та їх аналіз, якщо програмне забезпечення реалізовує адекватні математичні моделі всіх компонентів схеми, враховує зовнішні чинники, що впливають на передачу інформації за вибраним каналом, на сам об'єкт діагностування і ПЕ, різницю режимів діагностування та реальної експлуатації обладнання, та багато інших змінних, зі стохастичним характером прояву [1–3].

Доречно зазначити, що структурна схема системи автоматичного діагностування (рис. 2.1) має у своєму складі усі компоненти, вживані під час проектування аналогічних пристроїв. Ураховуючи особливості ТО і компонентів керувальних пристроїв, які входять до їхнього складу, очевидно, що реальні САД можуть мати компактніший вигляд або, навпаки, містити у своїй структурі додаткові елементи, що забезпечують необхідні функціональні властивості багатфункціональних діагностичних комплексів.

Останніми роками найбільший інтерес викликають універсальні діагностичні тестери [2], за допомогою яких здійснюється первинна діагностика обладнання транспортних засобів за принципом «справний –

несправний». Ці електронні пристрої реалізують прості методи виявлення несправностей компонентів електричних схем низької та високої напруги, пневматичного і гідравлічного обладнання, систем забезпечення безпеки руху тощо. Пристрої прості в експлуатації, не потребують істотних витрат часу для освоєння методик діагностування, зазвичай не потребують обслуговування. Результати контролю обладнання ці пристрої подають користувачеві у вигляді умовного цифрового коду, сигналами або лаконічними висновками від блоку поставлення діагнозу у вигляді терміну або фрази на екрані дисплея. Тестери відрізняються популярністю на транспорті, спеціально обладнаному ПЕ (сенсорами), сигнали від яких подаються на клеми уніфікованого діагностичного роз'єму «ДІАГНОСТИКА».

Важливо відзначити, що транспортні одиниці зазвичай потребують саме експрес-аналізу їхнього технічного стану, щоб акцентувати підвищену увагу до певних блоків, систем та пристроїв при щоденному технічному обслуговуванні (далі – ЩТО), несправність яких недопустима при випуску рухомих одиниць на лінії обслуговування пасажирів. Серед таких компонентів потрібно виокремити обладнання електропостачання, освітлення і сигналізації, приводи дверей, системи гальмування та аварійної зупинки, різні локальні автоматичні засоби блокування, захисту електрообладнання тощо. Наявність експрес-систем дає змогу скоротити обслуговуючий персонал при ЩТО, швидко організувати виконання найважливіших ремонтних робіт, коректувати терміни планових ремонтів, економити експлуатаційні витрати, раціонально вирішувати питання матеріально-технічного постачання і кадрів [2]. Щоб реалізувати всі ці переваги, провідні фірми-виробники транспортних засобів самостійно розробляють такі пристрої, а рухомий транспорт оснащують приймальними елементами для подальшого розвитку автоматичного сервісного обслуговування його.

2.1 Класифікаційні ознаки засобів діагностики

Діагностичні прилади та устаткування для обслуговування ТЗ поділяють на засоби діагностики електричних та неелектричних (механічних) систем. Прилади для діагностування електричних систем, у свою чергу, також можна поділити на прилади, що вимірюють електричні та неелектричні величини (параметри) [4–9].

Електричне устаткування ТЗ є комплексом електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих

пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). Таким чином перелік діагностичних параметрів електрообладнання складається з параметрів електричних сигналів (сила струму, значення напруги, частота, тривалість періодичних сигналів), електричних кіл (опір, ємність, індуктивність) та параметрів неелектричних величин (зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, щільність електроліту, частота обертання). З цього приводу можна відокремити три способи вимірювання діагностичних параметрів [4–9].

Електричні вимірювання – виконують контактним (гальванічним) або безконтактним способом, за допомогою перетворювачів електромагнітної енергії (датчиків електричних величин) та електричних вимірювальних приладів (вольтметрів, амперметрів, частотомірів, осцилографів, омметрів).

Електричні вимірювання неелектричних величин – виконують тільки за допомогою перетворювачів неелектричної величини (впливу) до електричної (сигналу, параметру). Такі перетворювачі називають датчиками неелектричних величин (датчики температури, тиску, переміщення). Реєстрація неелектричної величини, в такому разі, здійснюється непрямо на підставі показань електричних індикаторів (вимірювальних приладів).

Неелектричні вимірювання – виконують за допомогою вимірювального інструмента та вимірювальних пристроїв безпосередньої оцінки (щупи, динамометри, термометри, манометри, ареометри).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи, в більшості випадків, діагностуються за допомогою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Засоби діагностики будь-якої технічної системи розрізняють за загальними класифікаційними ознаками: призначенням, категорією, структурою, функціональним наповненням, конструкційними атрибутами [4–9].

Функціональне призначення та категорія діагностичного засобу, комплексно характеризують конструкцію або композицію і прив'язку засобу до об'єкта діагностики. Стосовно мехатронних систем розрізняють декілька категорій діагностичного засобу, які підпорядковані певним чином.

Електричний діагностичний прилад – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметру (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом (контактним або безконтактним).

Неелектричний діагностичний прилад – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) неелектричного діагностичного

параметру реалізується неелектричним способом за допомогою неелектричних приладів безпосередньої оцінки.

Діагностичний пристрій – засіб діагностики, який входить до складу діагностичного приладу (стенду, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів).

Діагностичне обладнання – засоби діагностики, які встановлюються на борту транспортного засобу або інтегроване в його агрегати чи системи (входить до складу транспортного засобу).

Діагностичне устаткування – засоби діагностики, які використовуються за межами борту транспортного засобу (не входить до складу транспортного засобу).

Діагностична установка – засіб діагностики, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок.

Діагностичний стенд – стаціонарне конструктивне та функціональне поєднання діагностичної установки і діагностичних приладів.

Діагностична система – засіб діагностики в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівні.

Діагностичний комплекс – функціонально пов'язане діагностичне устаткування до складу якого входять діагностичні стенди та прилади різного призначення. (діагностичні пости, лінії).

Діагностичні прилади та устаткування для обслуговування сучасних ТЗ можна поділити на функціональні групи відповідно до призначення об'єктів діагностики (рис. 2.2).

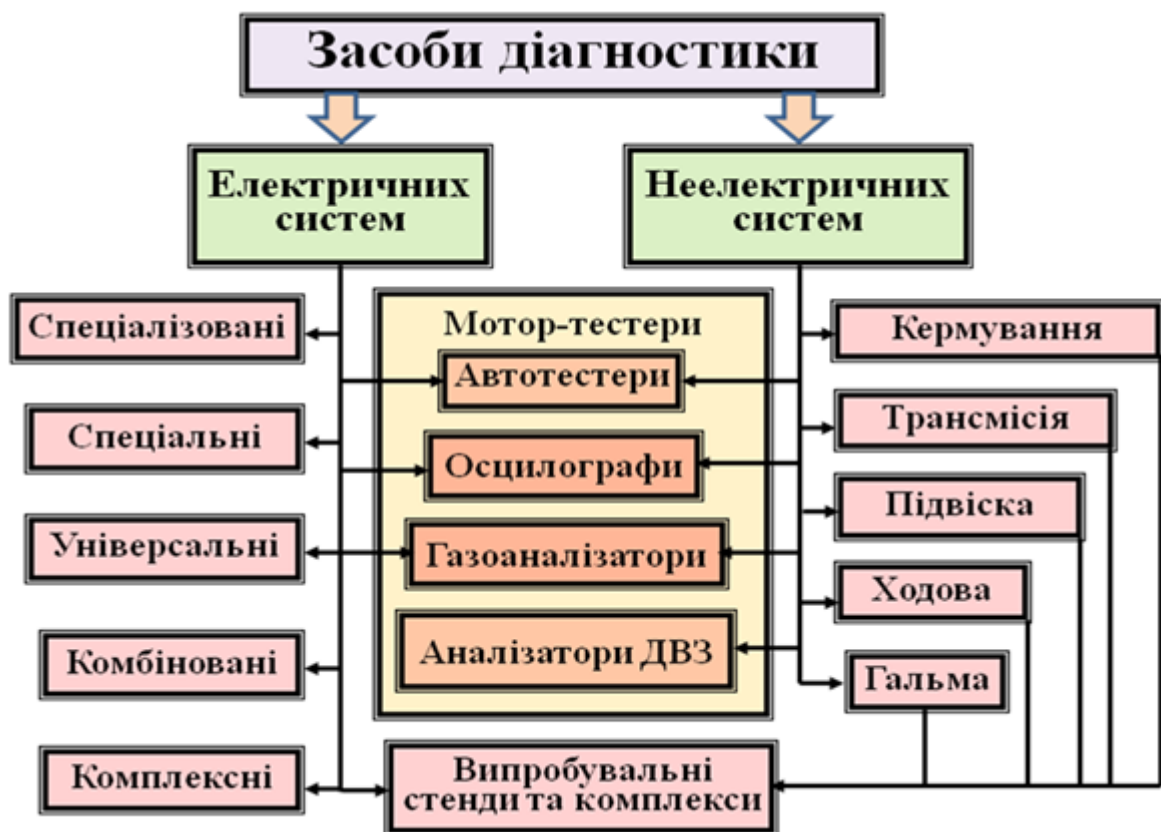


Рисунок 2.2 – Класифікація засобів діагностики ТЗ за призначенням та функціональним наповненням

Якщо діагностування електромеханічних агрегатів проводиться в знятому з ТЗ стані (агрегатна діагностика), застосовуються випробувальні стенди для імітації механічних впливів на електричні пристрої (апарати, агрегати). До переліку таких стендів можна віднести стенди спеціального призначення (перевірки елементів систем запалювання, пуску ДВЗ, електропостачання ТЗ) та універсальні стенди комплексних перевірок електрообладнання [4–9].

Процес діагностування механічних систем ТЗ (керма, трансмісії, підвіски, ходової частини, гальм) зазвичай потребує використання випробувальних стендів для імітації дорожніх умов, в яких перебуває ТЗ (стенди з біговими барабанами, вібростенди, поворотні платформи), з вимірювальними комплексами для реєстрації неелектричних діагностичних параметрів [4–9].

Слід зазначити, що ДВЗ за функціональним складом являє сукупність механічних та електричних систем і тому прилади для діагностування ДВЗ (мотор-тестери) розглядаються, як комплекс вимірювальних приладів електричних та неелектричних параметрів систем ДВЗ. При цьому передбачається вимірювання діагностичних параметрів на робочих (тестових) режимах ДВЗ.

За ознакою функціонального наповнення розрізняють спеціалізовані прилади та установки призначені для діагностування і регулювання окремих цілком визначених елементів систем електрообладнання (реглюскоп, стробоскоп, навантажувальна вилка, дефектоскоп обмоток), спеціальні стенди та прилади, що використовуються для діагностування елементів окремих систем в майстернях (на посту), універсальні вимірювальні прилади, комбіновані та комплексні засоби діагностики.

Універсальні вимірювальні прилади загального призначення (осцилографи, мультиметри, вимірювальні генератори електричних сигналів) та транспортні універсальні прилади (осцилографи, автотестери, імітатори сигналів) використовуються для діагностування будь-якої електричної системи за параметрами електричних сигналів та кіл.

Комбіновані засоби діагностики виконують функції декількох спеціальних приладів (мотор-тестери).

Комплексні засоби діагностики (діагностичні комплекси) – програмно-апаратні засоби та діагностичне устаткування, що призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів ТЗ (пости і лінії діагностики).

На етапі розробки конструкції засобу діагностики обраної категорії, визначають та узгоджують конструкційні атрибути майбутнього виробу (прив'язка до борту ТЗ, мобільність, тип індикації, тип живлення) або обирають конструктивний прототип (аналог, попередню модифікацію чи базовий зразок) [4–9]. Синтез конструкції та схемного рішення засобу діагностики починають з вибору типу живлення, класу мобільності та виду індикації з урахуванням умов (місця) проведення діагностичних операцій (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Конструкційні атрибути засобів діагностики

Відмінною рисою сучасних діагностичних приладів є їх мікропроцесорна будова, що дозволяє використовувати дисплейні засоби індикації в структурі приладу або універсальні засоби комп'ютерної техніки (монітор, клавіатуру, принтер) як периферійне оточення приладу. Автономність таких приладів надає унікальну можливість використовувати їх під час діагностування систем ТЗ в дорожніх умовах.

2.2 Структура діагностичних систем

Розрізняють системи тестового й функціонального діагностування. У системах тестового діагностування на об'єкт подаються спеціально організовані тестові впливи від засобів діагностування. При цьому, зазвичай об'єкт діагностики не використовується за основним призначенням, а працює тільки для завдань діагностики. У системах функціонального діагностування на об'єкт надходять робочі впливи, передбачені його алгоритмом функціонування за призначенням. У системах обох видів, системи діагностування сприймають і аналізують відгуки об'єкта на вхідні (тестові або робочі) впливи (стимули) й видають результат діагностування, тобто, ставлять діагноз (об'єкт справний або несправний, працездатний або непрацездатний, функціонує правильно або неправильно, має певний дефект або в об'єкті ушкоджена окрема його частина [4–9].

Таким чином, в загальному випадку, діагностична система складається з активізуючої (діагностичної установки) та вимірювальної (діагностичного приладу) частин.

Діагностичні системи залежно від рівня керованості можуть бути виконані як неавтоматичні, автоматизовані (керування подачею палива) або автоматичні (керування запалюванням). Для реалізації автоматизованого чи автоматичного процесу діагностування зазвичай використовують комп'ютеризовані або комп'ютерні діагностичні системи.

Некомп'ютерна діагностична система не виключає застосування персонального комп'ютера оператором з метою отримання довідкової діагностичної інформації про об'єкт діагностики, занесення та обробки результатів діагностування. При цьому, персональний комп'ютер не має безпосереднього інформаційного зв'язку з засобами та об'єктами діагностики (рис. 2.3, а).

Комп'ютеризована діагностична система передбачає застосування у своєму складі комп'ютерних засобів для отримання інформації про технічний стан об'єкту діагностики. У таких системах програмно-апаратні засоби системи (датчики, перетворювачі сигналів, комп'ютери) цілком розташовані

за межами ТЗ (не є штатним обладнанням ТЗ). Зазвичай комп'ютеризована система створюється на базі звичайної електромеханічної діагностичної системи шляхом її комп'ютеризації і цілком підпадає під категорію «діагностичне устаткування» (рис. 2.4, б). Для узгодження цифрових сигналів діагностичного комп'ютера з електромеханічними перетворювачами діагностичної установки використовуються цифроаналогові перетворювачі (ЦАП). Для вимірювання аналогових сигналів електричних приладів вимірювальної частини системи діагностичним комп'ютером застосовуються аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП).

Комп'ютерна діагностична система передбачає обмін інформацією між діагностичним комп'ютером зовнішнього підключення та бортовим комп'ютером, на базі якого інтегрована бортова діагностична система. В таких системах основні діагностичні функції реалізуються на базі елементів штатного обладнання ТЗ (рис. 2.4, в).

У такому разі, діагностична система за категорією засобу поділяється на «діагностичне обладнання» і «діагностичне устаткування». При цьому діагностичний комп'ютер (прилад), що підключається до бортового комп'ютера, зазвичай, виконує тільки функції операторської периферії (клавіатури і монітора). Узгодження рівнів цифрових сигналів, утвореної таким чином локальної комп'ютерної мережі, здійснюється за допомогою адаптера [4–9].

Інтегровані діагностичні системи відносяться до класу вмонтованих засобів діагностики, які втілені у мехатронні системи на програмному та апаратному рівнях і виконують декілька пасивних (спостереження, інформування) та активних (резервування, адаптація) функцій, реалізація яких базується на використанні програми експертної системи.

Експертна система (далі – ЕС) – програма, що використовує експертні знання (знання спеціалістів) для забезпечення ефективного рішення неформалізованих задач в інтерактивному режимі [4–9]. Для неформалізованих задач, характерні певні ознаки: завдання не можуть бути задані в числовій формі; мету не можна виразити в термінах точно визначеної цільової функції; не існує алгоритмічного рішення задачі; наявність ознак помилковості, неоднозначності і суперечливості вихідних даних.

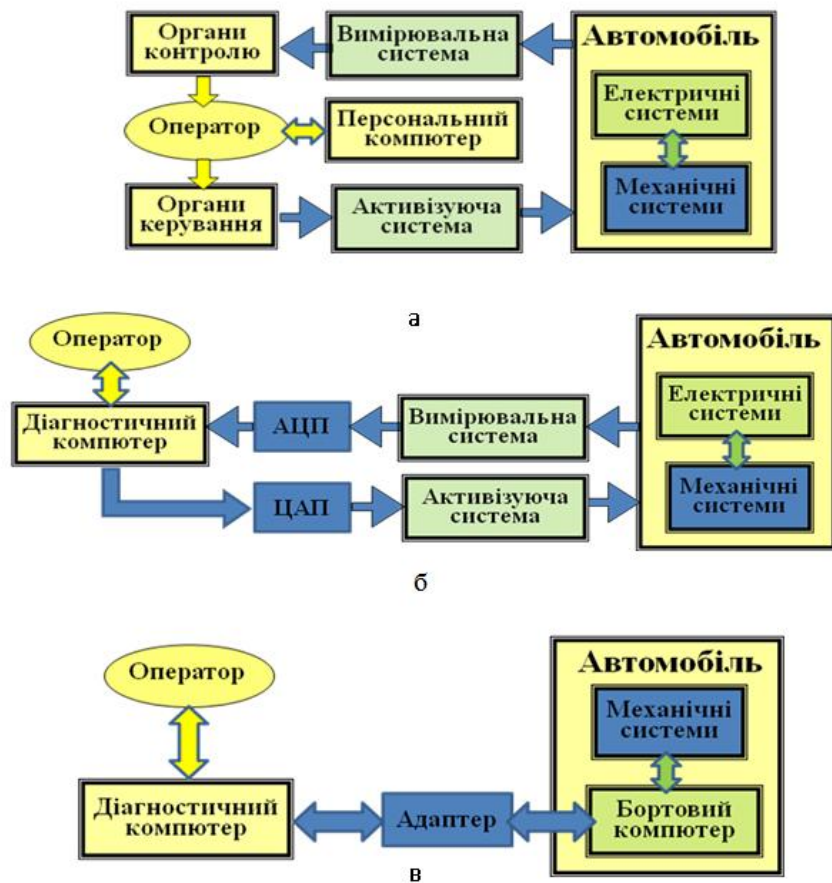


Рисунок 2.4 – Узагальнені структури діагностичних систем:
а – некомп'ютерної; б – комп'ютеризованої; в – комп'ютерної

В основі функціонування ЕС лежить використання знань, а маніпулювання ними здійснюється на базі евристичних правил, які сформовані експертом. Експертні системи видають поради, проводять аналіз, виконують класифікацію, дають консультації і ставлять діагноз. На відзнаку від звичайних програм, які використовують процедурний аналіз, ЕС вирішують задачі у вузькій предметній області на основі дедуктивних міркувань.

Окрім функціонального призначення ЕС класифікують за декількома структурними ознаками [13]:

- способом формування рішення (аналізуючи або синтезуючі);
- часового обліку (статичні або динамічні);
- видом даних та знань (детерміновані або невизначені);
- кількістю джерел знань.

Під час розробки ЕС для певних предметних областей використовують існуючі програмні оболонки: SHELL – базовий елемент операційної системи, що визначає інтерпретацію команд і дій користувача; CLIPS – система, що використовує висновок від фактів до мети; DYNACLIPS – включає дошку

оголошень, механізм динамічного обміну знаннями та інструментальні засоби для CLIPS; FuzzyCLIPS – використовується для представлення та управління нечіткими фактами і правилами, використовує дві базисних концепції про неточність, нечіткість і невизначеність; OPS5 – містить механізми подання знань та управління, дозволяє програмісту використовувати символи і представляти відношення між символами, за правилами, які пропанує програміст; WindExS – повнофункціональна ЕС на базі Windows; містить механізм логічного висновку, диспетчер файлів, інтерфейс користувача, адміністратор повідомлень та модулі бази знань; підтримує висновок від фактів до мети і графічне представлення бази знань; RT-EXPERT – експертна система загального призначення, що дозволяє програмістам інтегрувати правила експертної системи в прикладні програми [4–9].

Оснoву ЕС складає база знань (формалізовані емпіричні знання), яка призначена для зберігання довгострокових даних, що описують об'єктну область і правила доцільних перетворень даних цієї області. Аналіз об'єктної області в ЕС здійснюється шляхом вибору адекватного рішення із бази знань при надходженні бази даних, які визначають окремі факти, що характеризують об'єкти, процеси та явища в предметній області.

Стосовно діагностики ТЗ, як об'єктна область розглядається мехатронна система, а як предметна – її технічний стан. В такому разі, як база знань розглядаються допустимі (еталонні) значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування справної системи (далі – база даних), а як база даних – поточні (фактичні) значення діагностичних параметрів і алгоритми функціонування системи по факту їх реалізації (далі – поточні дані). Зрозуміло, що вся поточна інформація про стан мехатронної системи, яка надходить та зберігається в ЕС являє параметри електричних величин (сигналів), які аналізуються в інтерпретованому (кодовому) виді шляхом порівняння. При цьому можна розглядати і апаратну складову ЕС (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Структурна схема діагностичної експертної системи

Залежно від призначення та режиму функціонування, інтегровані діагностичні системи мають різну структуру та поділяються на інформаційні системи, системи самодіагностики, адоптації та резервування (рис. 2.6).

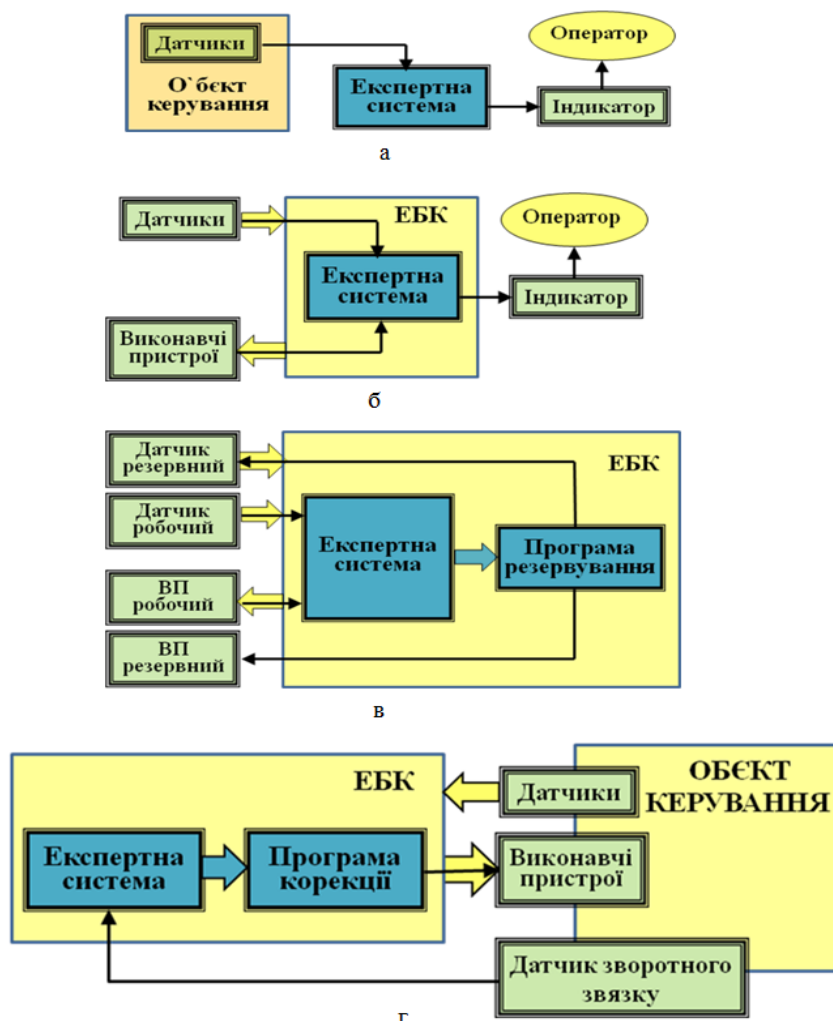


Рисунок 2.6 – Структурні схеми інтегрованих діагностичних систем:
а – інформаційна; б – самодіагностики; в – резервування; г – адоптації

Інформаційна діагностична система (рис. 2.6, а) – інтегрована система, побудована на базі експертної системи, призначена для контролю ДП об'єкта керування та виконує пасивні функції діагностики (реєстрація відхилень ДП за межі допустимих значень). Сигнали датчиків інформаційної системи не використовуються для реалізації процесу керування об'єктом і розглядаються тільки як діагностичні параметри. У базі даних ЕС зберігаються допустимі значення параметрів сигналів переліку датчиків інформаційної системи [4–9].

Система самодіагностики (рис. 2.6, б) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, призначена для діагностики

елементів системи керування (датчиків, виконавчих пристроїв, ЕБК) та виконує пасивні функції діагностики (реєстрація факту та локалізація несправності). Інформаційні сигнали датчиків і сигнали керування виконавчими пристроями системи самодіагностики використовуються для реалізації процесу керування об'єктом. Таким чином режимні (робочі) сигнали системи керування (об'ємні стрілки зв'язків) одночасно розглядаються і як діагностичні параметри (тонкі стрілки зв'язків).

Система резервування (рис. 2.6, в) – інтегрована діагностична система побудована на базі експертної системи, призначена для підтримки працездатності мехатронної системи в разі виходу з ладу окремих її елементів та виконує активні функції діагностики (апаратна заміна елементу або програмне заміщення сигналу). Система резервування, як і система самодіагностики, базується на аналізі поточної інформації, що надходить з робочих сигналів системи керування.

Система адаптації (рис. 2.6, г) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, призначена для підтримки оптимального керування об'єктом у разі впливу на мехатронну систему дестабілізуючих факторів (зовнішніх, структурних) та виконує активні функції діагностики (корекція функцій перетворення у середовищі ЕБК). Використовується в гнучких (зі зворотними зв'язками) системах керування. Система адаптації відтворює функції системи автоматичного керування (стабілізації вихідного параметру), де в контурі зворотного зв'язку використовується датчик вихідного сигналу (параметру), а як опірний рівень розглядається зразкове значення цього параметра, що зберігається в базі даних ЕС.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що являє собою структурна схема діагностичного пристрою?
2. Опишіть принцип складання структурної схеми діагностичного пристрою.
3. Як поділяють діагностичні прилади та устаткування для обслуговування ТЗ?
4. Яким чином класифікують засоби діагностики технічної системи за призначенням та функціональним наповненням? Охарактеризуйте кожен ознаку.
5. Наведіть приклади діагностичних приладів та устаткування для обслуговування ТЗ.
6. Які конструкційні атрибути необхідно враховувати при

конструюванні засобу діагностики?

7. Поясніть різницю між тестовим та функціональним діагностуванням.

8. Опишіть структуру некомп'ютерної, комп'ютеризованої та комп'ютерної діагностичних систем.

9. Що таке інтегрована діагностична система? Наведіть її структурні схеми.

10. Дайте визначення поняттю «експертна система». Охарактеризуйте процес діагностики за експертною системою та наведіть її структурну схему.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

3.1 Завдання та умови побудування діагностичних моделей

Діагностична модель (далі – ДМ) – абстрактна форма надання об'єкта діагностування, яка дозволяє визначити діагностичні тести та побудувати алгоритми діагностування на підставі ознаки розрізнюваності її станів [4–9].

Питання, пов'язані з побудовою та аналізом ДМ системи керування (далі – СК), як і будь-якої технічної системи розглядаються на різних етапах її життєвого циклу (життєвого циклу АТЗ).

На етапі проєктування та розробки системи керування, її діагностична модель аналізується з метою створення бортових засобів діагностики та інтегрування діагностичної системи в робочу систему керування.

В період експлуатації розробленої системи керування, її діагностична модель аналізується з метою розробки технологічної документації (діагностичних карт) та устаткування на підставі визначених діагностичних тестів і побудованих алгоритмів діагностування.

Для побудування ДМ потрібно вирішувати завдання за першим аспектом технічної діагностики, що пов'язані з дослідженням системи керування, як об'єкту діагностики. Ці завдання полягають у визначенні структури системи та функціональних зв'язків між її елементами, переліку та значень структурних і вихідних діагностичних параметрів, переліку можливих несправностей системи та їх ймовірності, витрат на проведення перевірок та постановку діагнозу [4–9].

Аналіз ДМ полягає у визначенні діагностичних тестів та побудуванні алгоритмів діагностування за другим аспектом технічної діагностики. Для

аналізу мікропроцесорних систем керування, як об'єктів діагностики, доцільно використовувати функціональні та цифрові діагностичні моделі на підставі яких реалізується структурна ідентифікація несправності [1, 9].

Функціональна діагностична модель (далі – ФДМ) – модель блочної структури, в якій кожний блок виконує певну функцію перетворення вхідного сигналу у вихідний. Припускається, що кожний блок моделі може знаходитися в двох станах – справному або несправному. Функціональна ДМ дозволяє локалізувати несправність до рівня функціонального блока. Щоб задати функціональну діагностичну модель, необхідно перелічити всі можливі несправні стани, вказати, які допустимі впливи необхідно подати на входи системи для одержання допустимої реакції на виході, задати схему об'єкта з визначеними блоками і зв'язками між ними, позначити точки контролю діагностичних параметрів. При побудуванні блочної схеми функціональної ДМ необхідно дотримуватися вимоги – функціональний блок в схемі може мати декілька входів, але тільки один вихід (виконувати певну функцію) [4–9].

Функціональна ДМ може надаватися в графічному (блок-схеми), аналітичному (функцій перетворення), або табличному (матриці станів) вигляді.

Цифрова (дискретна) діагностична модель – модель, що представлена у вигляді електричної схеми, яка побудована на логічних елементах. Як стимули та відгуки такої моделі є сигнали з двома дискретними рівнями – логічні нуль «0» та одиниця «1».

Взагалі цифровий (логічний) пристрій можна аналізувати як функціональну модель, якщо є можливість знімати відгуки з виходів її функціональних блоків (окремих логічних елементів). Для цифрової ДМ вважають, що всередині її структури немає контрольних точок, а вхідні та вихідні сигнали можуть бути подані або зняті через цілком визначені виводи (вхідні та вихідні).

Щоб задати цифрову діагностичну модель логічного пристрою необхідно скласти схему моделі, структуровану до рівня логічних елементів, пронумерувати позиції логічних елементів, що входять до складу пристрою в напрямку руху інформації, визначити вхідні та вихідні виводи пристрою на ДМ, перерахувати можливі несправності у вигляді їх прояву [4–9].

Цифрові діагностичні моделі розглядаються тільки для систем в яких алгоритми керування реалізуються за принципом «жорсткої» логіки. Додамо, що при аналізі цифрової ДМ її перетворюють до аналітичного виразу у вигляді логічної функції еквівалентної нормальної форми.

При побудуванні та аналізі функціональної ДМ для системи керування в період експлуатації постановка задачі може формулюватися по різному (формулювання завдання на функціональну ДМ), залежно від потрібного рівня локалізації несправності, обраних точок контролю діагностичних параметрів (далі – ДП) та переліку можливих несправностей (рис. 3.1).

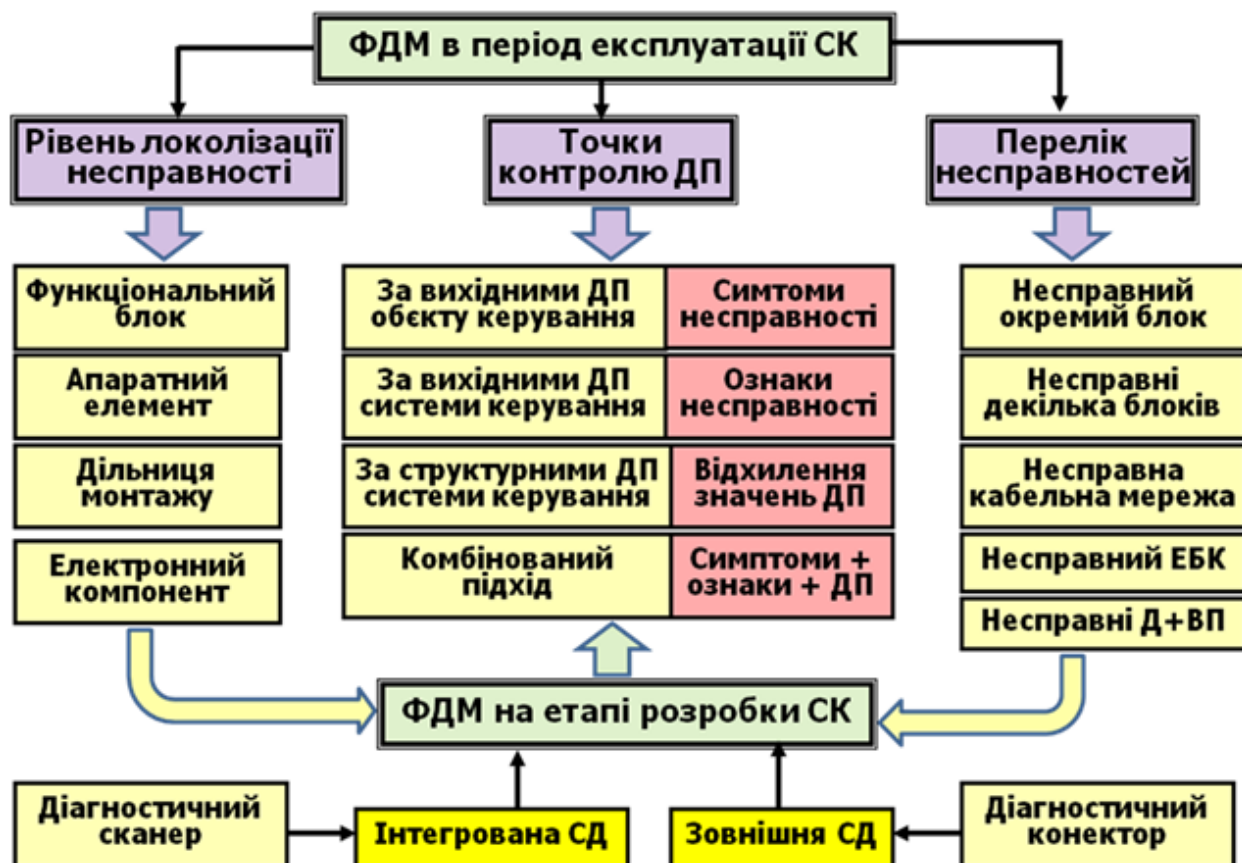


Рисунок 3.1 – Умови побудування діагностичної моделі мікропроцесорної системи керування

Стосовно мікропроцесорних систем, може ставитися задача локалізації несправності на рівні апаратного елементу (за вихідними ДП елементів системи) або на рівні функціонального блоку системи (за структурними ДП елементів системи).

У першому випадку визначають несправний периферійний елемент (датчик, виконавчий пристрій, пристрій комутації, запобіжник) або встановлюють несправність ЕБК (за обраним каналом керування), у другому – відповідають на запитання – «Який функціональний пристрій в структурі ЕБК не працює?». В обох випадках в схему ДМ можна додавати або не додавати функціональні блоки дільниць монтажу системи.

Розглянемо узагальнену структуру мехатронної системи в автоматичному режимі на рівні апаратних елементів та точки контролю її стимулів і відгуків (рис. 3.2).

Якщо аналізу підлягає тільки система керування (об'єкт керування вважається стрawnим) доцільно використовувати наступні визначення [4–9].

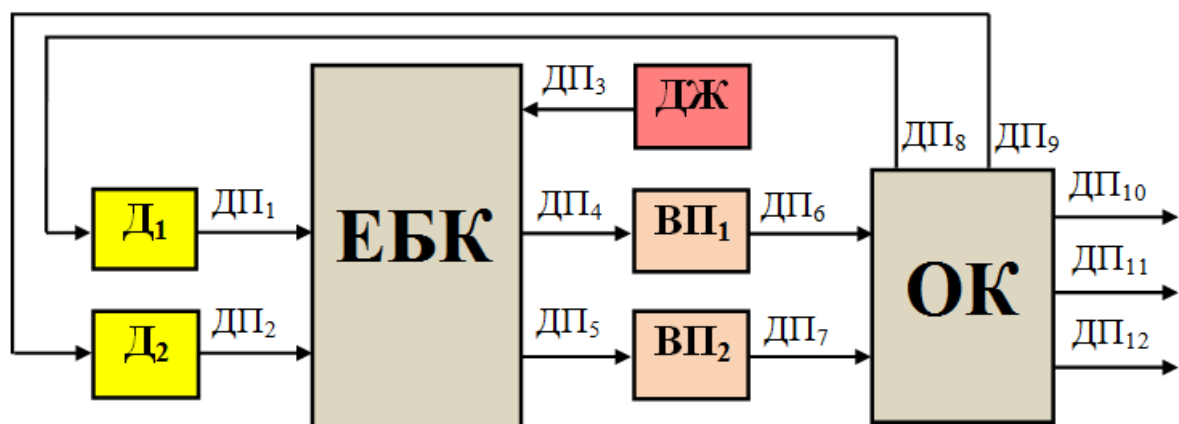


Рисунок 3.2 – Узагальнена структура мехатронної системи:

Д – датчики; ВП – виконавчі пристрої; ДЖ – джерело живлення;

ОК – об'єкт керування; ДП1–ДП9 – структурні параметри мехатронної системи (ДП1–ДП5 – електричні, ДП6–ДП9 – неелектричні); ДП10–ДП12 – вихідні параметри мехатронної системи (неелектричні)

Структурні ДП системи керування – параметри електричного сигналу (ДП1–ДП5), що вимірюються (реєструються) за допомогою засобів діагностування (апаратна діагностика).

Ознаки несправності системи керування – негативна реакція виконавчих пристроїв (ДП6, ДП7) системи (спрацьовування актуаторів), розглядаються, як вихідні діагностичні параметри (суб'єктивна оцінка).

Симптоми несправності системи керування – негативна реакція об'єкту керування мехатронної системи (ДП10–ДП12), спричинена несправністю системи керування (суб'єктивна оцінка).

Таким чином, симптоми несправностей непрямо характеризують технічний стан системи керування. Зазвичай, ознака несправності реєструється при тестових впливах на систему керування, коли об'єкт керування не працює, а симптом – в активізованому стані мехатронної системи.

Точки контролю ДП, які позначаються на діагностичній моделі системи, яка перебуває в експлуатації, визначаються обраними методами та

засобами їх реєстрації (місця підключення діагностичних приладів та спостереження за реакцією виконавчих пристроїв).

Функціональна ДМ системи керування будується на підставі аналізу її функціональної схеми, яка або надається для реалізованої СК, або складається на підставі лінгвістичної моделі для систем, що розробляються. Окремі периферійні пристрої СК живляться від напруги бортової мережі +12 В або стабілізованої напруги +5 В. Щоб врахувати в ДМ зв'язки по колам живлення, додатково розглядається схема електричних підключень елементів СК [4–9].

Вихідні параметри датчиків (параметри вихідних сигналів) та вхідні параметри виконавчих пристроїв системи для «гарячих» перевірок наводяться в діагностичній документації або довідниках.

Виконавчі пристрої, з боку об'єкту діагностики мехатронної системи одночасно належать і системі і об'єкту керування. Тому, як вихідні параметри системи керування (по каналах керування) на борту автомобіля (вихідні параметри виконавчих пристроїв) розглядаються ознаки несправностей виконавчих пристроїв, які реєструються за їх спрацьовуванням.

Якщо в ДМ не враховуються пошкодження монтажу, вихідні параметри (сигнали) датчиків є вхідними параметрами (сигналами) ЕБК. Аналогічно для виконавчих пристроїв (не зважаючи на пошкодження монтажу) вхідні параметри (сигнали) виконавчих пристроїв є вихідними параметрами (сигналами) ЕБК [4–9].

В електронних блоках комплексних систем керування реалізується декілька функцій перетворення сигналів по керуванню виконавчими пристроями. Дотримуючись вимог до структури функціональної ДМ, треба надати багатфункціональний блок ЕБК у вигляді структури з функціональними блоками певного призначення (сукупності багато параметричних блоків та зв'язків між ними).

Для прикладу, побудуємо функціональну діагностичну модель системи керування, яка складається з електронного блока керування, трьох датчиків вимірювальної інформації та двох виконавчих пристроїв (рис. 3.3).

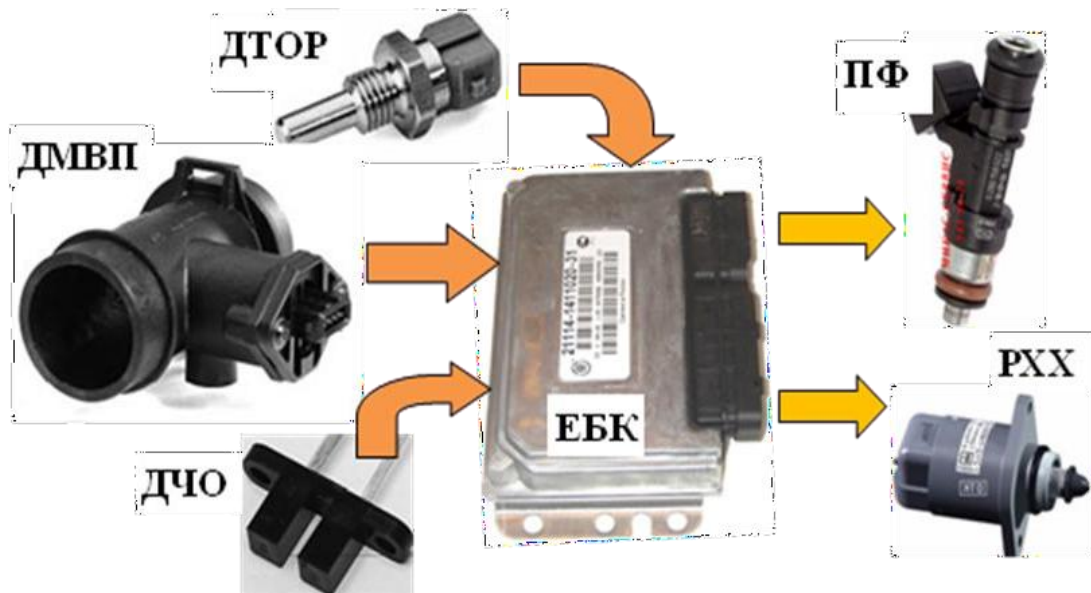


Рисунок 3.3 – Система керування:
а – комплектація; б – схема електричних підключень елементів

Функції перетворення сигналів по каналах керування виконавчими пристроями F мають вигляд $Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3)$; $Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3)$ (рис. 3.4).

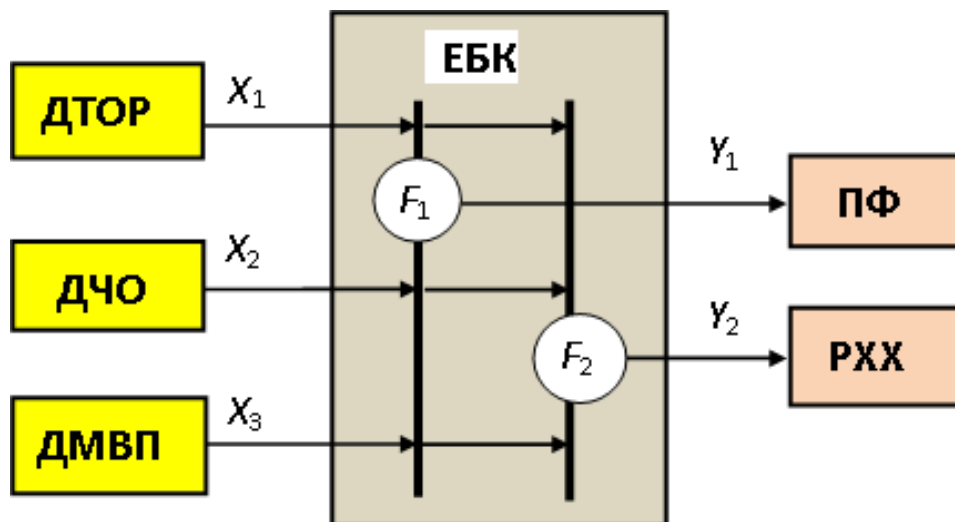


Рисунок 3.4 – Функціональна схема системи керування

Щоб врахувати функціональні зв'язки по колах живлення, розглядають схему електричних підключень (рис. 3.5).

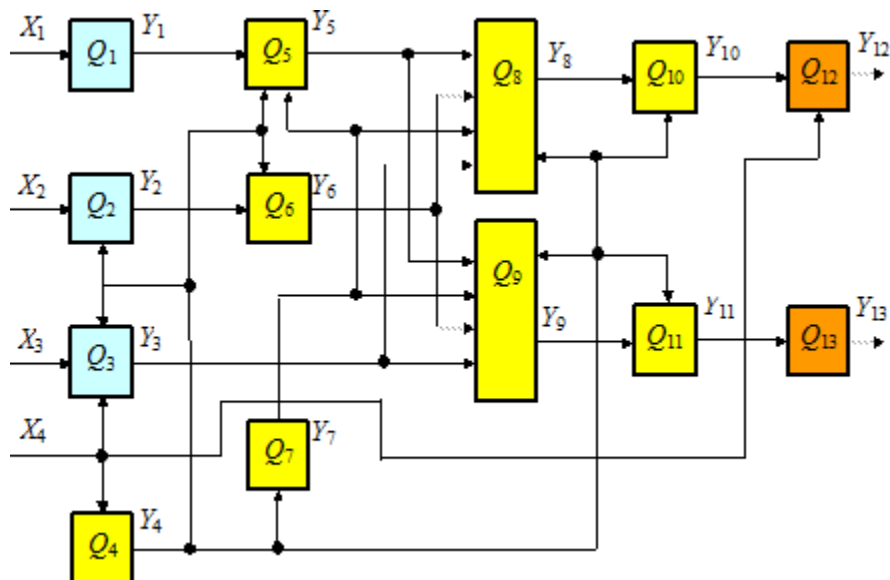


Рисунок 3.6 – Схема функціональної діагностичної моделі системи керування:

$Y1$ – $Y11$ – структурні параметри системи керування; $Y12$, $Y13$ – ознаки несправності; $Y4$ – $Y9$ – структурні параметри ЕБК

На схемі (див. рис. 3.6) позначено функціональні блоки системи Q_i за призначенням (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Перелік функціональних блоків діагностичної моделі

Позиція	Назва (призначення) функціонального блока	Напруга живлення, В
Q_1	Датчик температури охолоджуючої рідини	–
Q_2	Датчик частоти обертання	5
Q_3	Датчик масової витрати повітря	5, 12
Q_4	Стабілізатор напруги +12/5В.	12
Q_5	Схема узгодження сигналу ДТОР (ЕБК)	5
Q_6	Схема узгодження сигналу ДЧО (ЕБК)	5
Q_7	База часу	5
Q_8	Канал керування форсункою (ЕБК).	5
Q_9	Канал керування РХХ (ЕБК).	5
Q_{10}	Драйвер паливної форсунки (ЕБК)	5
Q_{11}	Драйвер регулятора холостого ходу (ЕБК)	5
Q_{12}	Клапан паливної форсунки	12
Q_{13}	Регулятор холостого ходу	–

Слід зауважити, що при побудованні схеми ДМ враховувалися наступні особливості побудови окремих функціональних пристроїв [4–9]:

- схема узгодження Q_5 аналогового датчика являє АЦП;
- схема узгодження Q_6 цифрового датчика являє лічильник;

- датчик масової витрати повітря формує двійковий сигнал (має інтегрований АЦП) і не потребує узгодження з мікропроцесором;
- драйвер паливної форсунки Q10 містить транзисторний ключ за схемою відчиненого колектору та драйвер керування ключем;
- драйвер крокового двигуна PXX Q11 являє ключовий міст;
- обмотки крокового двигуна PXX Q13 керуються імпульсами струму від драйвера PXX;
- для роботи мікропроцесора Q8, Q9 та схем узгодження, які містять АЦП Q5, використовується опорна частота бази часу.

3.2 Методи визначення діагностичних тестів

Діагностичний тест для визначеної структури системи керування (побудованої схеми ДМ) визначає сукупність перевірок достатніх для локалізації переліку заданих несправностей.

Визначення діагностичного тесту (далі – ДТ) для функціональної ДМ полягає у послідовному виконанні наступних операцій [4–9]:

- перетворення схеми ДМ до вигляду функцій перетворення;
- формування матриці станів на підставі функцій перетворення;
- форматування таблиці покриттів на підставі матриці станів;
- скорочення таблиці покриттів та отримання переліку перевірок, які утворюють ДТ.

Функціональна ДМ може надаватися в аналітичному вигляді як сукупність функцій перетворення. Вихідні функції блоків діагностичної моделі Y_i отримують на підставі її блочної схеми за положеннями алгебри логіки. Наприклад, логічна функція $Y_1 = X_1 X_2 Q_1$ показує, що її значення допустимі ($Y_1 = 1$), якщо одночасно є допустимими значення вхідних параметрів блоку ($X_1 = 1$, $X_2 = 1$) та блок справний ($Q_1 = 1$). Отримані вихідні функції окремих блоків моделі $Y_i = X Y_{i-1} Q_i$ перетворюються до вигляду $Y = XQ$ методом підстановки. У такому вигляді функції перетворення дозволяють отримати ДМ в універсальній абстрактній формі у вигляді матриці станів.

Матриця станів це таблиця, в якій у рядках записані технічні стани системи S_i , а у стовпцях – елементарні перевірки P_j [1, 9].

Матриця станів формується на підставі функцій перетворення по рядкам або стовпцям. При цьому, множина станів S в форматі матриці розглядається як перелік несправних блоків $Q = \langle 0 \rangle$, а множина перевірок P – як значення функцій Y . Вважається, що вхідні параметри (стимули)

системи X_i мають допустиме значення «1». Стан S_0 відповідає справному стану системи.

Матриця станів може бути скорочена без втрати діагностичних властивостей за наступними правилами [4–9]:

1. Якщо матриця станів містить перевірки (стовпці), що мають тільки «0» або тільки «1», то їх можна видалити, як неінформативні (відсутність розрізняювальності будь-яких станів).

2. Якщо матриця станів містить однаково заповнені стовпці (однакова інформативність), то їх можна звести до одного.

Оскільки для функціональної ДМ функції перетворення являють логічні перемноження, кожний блок моделі можна розглядати як логічний елемент «І». В такому разі для заповнення матриці станів можна використовувати віртуальні електронні моделі, побудовані в пакетах прикладних програм. Для прикладу, функціональна модель (див. рис. 3.6) в електронній інтерпретації має вигляд (рис. 3.7).

Допустимі значення вхідних сигналів на схемі моделі імітуються шляхом підведення до входів блоків напруги логічної одиниці $X = 1$, несправності блоків – шляхом заземлення вихідного виводу логічного елемента. Значення вихідної функції Y кожного блоку реєструється відповідним індикатором. Так, на схемі (рис. 3.7) змодельований несправний стан блоку Q_6 при якому перевірки за вихідними функціями Y_1 – Y_5 , Y_7 мають позитивний результат «1» (індикатори світяться), а за функціями Y_6 , Y_8 – Y_{13} – негативний «0» (індикатори не світяться). Таким чином, заземлюючи по чергові виходи блоків і спостерігаючи, при цьому, за реакцією індикаторів заповнюють матрицю станів по рядкам станів.

Отримана матриця станів, залежно від поставленої задачі, може мати різні формати $F_{n,m} = S_n \Pi_m$ (де n – кількість технічних станів S , що розглядаються та m – кількості можливих перевірок Π). Кількість несправних станів функціональної ДМ, в загальному випадку, (несправним може бути будь-яка комбінація функціональних блоків) визначається через кількість q відокремлених блоків $S_n = 2^q$, а кількість можливих перевірок (точок контролю) дорівнює кількості відокремлених блоків $\Pi_m = q$. Так, наприклад, для ДМ (див. рис. 3.6), яка складається з 13-ти блоків, можна сформулювати два варіанти завдання та визначити формати відповідних матриць станів, якщо несправність локалізується на рівні функціонального блоку [4–9]:

- загальний випадок, формат матриці $F_{n,m} = 8192 \setminus 13$;
- несправним може бути будь-який, але тільки один блок, перевірки можливі на виходах всіх блоків (класична постановка), формат матриці $F_{n,m} = 13 \setminus 13$.

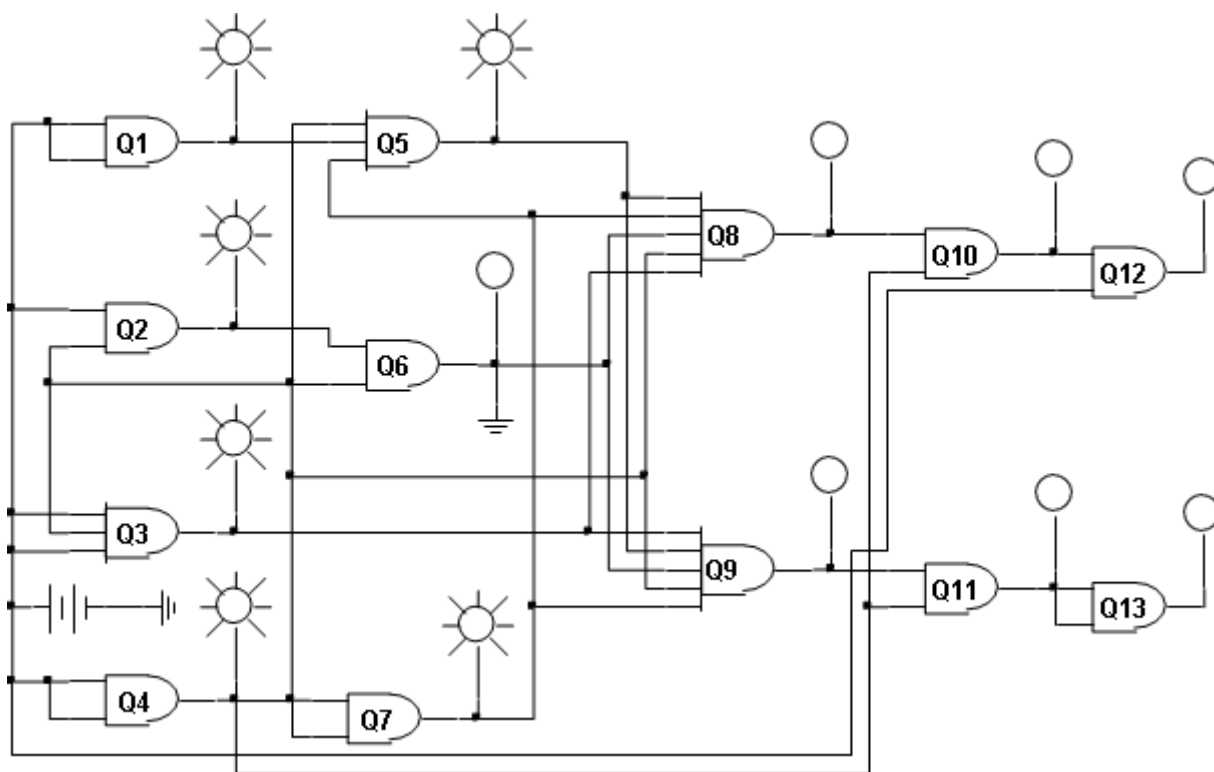


Рисунок 3.7 – Діагностична модель системи керування побудована на логічних елементах в програмі «Multisim»

Для побудованої ДМ (див. рис. 3.6) можуть розглядатися окремі випадки завдання, коли за умовами аналізу обмежується кількість несправних станів, що розглядаються, та перелік перевірок [4–9]:

- несправним може бути будь-який, але тільки один блок в структурі ЕБК, формат матриці $F_{n,m} = 8 \setminus 8$ визначається кількістю функціональних блоків, що входять до складу ЕБК;
- локалізація несправності проводиться до рівня апаратного елемента, формат матриці $F_{n,m} = 6 \setminus 7$.

У першому випадку вважають, що периферійні пристрої ЕБК справні, в другому – із розгляду виключаються перевірки (контрольні точки) в середині структури ЕБК.

До перелічених завдань можна додати обмеження, пов'язані зі способом постановки діагнозу [4–9]:

- перевіркам підлягають тільки вихідні параметри системи керування;
- діагностика проводиться тільки за структурними параметрами системи керування;
- комбінований підхід.

У першому випадку, для заданих умов передбачається діагностика за ознаками (оцінюється тільки реакція двох виконавчих пристроїв) формат матриці значно зменшується $F_{n,m} = 13 \setminus 2$, при цьому, втрачається

розрізняювальність станів, але звужується зона пошуку. Так, якщо розглянути вихідну матрицю станів для двох перевірок (ознак несправності) та переформувати її відповідність до вигляду $F_{m,n} = \Pi_m \backslash S_n$, отримаємо матрицю ознак несправностей (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Матриця ознак несправностей

Перевірка	Стан S_i												
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}
П12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
П13	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

Після скорочення не розрізняювальних станів (однакових стовпців таблиці), залишаються три групи станів, які відокремлюються. У такому разі, змістовність розглянутої матриці можна трактувати як таблицю ознак несправностей (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Таблиця ознак несправностей

Ознаки несправностей	Несправні пристрої
Не спрацьовують обидва виконавчі пристрої	Q1–Q7
Не спрацьовує тільки паливна форсунка	Q8, Q10, Q12
Не спрацьовує тільки регулятор холостого ходу	Q9, Q11, Q13

У другому випадку, передбачається контроль ДП на виводах рознімання ЕБК через конектор, а формат матриці визначається кількістю доступних точок контролю електричних параметрів $F_{n,m} = 13 \backslash 5$ (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Матриця станів за структурними параметрами

Стани S_i	Перелік перевірок Π_j				
	П1	П2	П3	П10	П11
S_1	0	1	1	0	0
S_2	1	0	1	0	0
S_3	1	1	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0
S_5, S_6, S_7	1	1	1	0	0
S_8, S_{10}	1	1	1	0	1
S_9, S_{11}	1	1	1	1	0
S_{12}, S_{13}	1	1	1	1	1

Аналіз вмісту матриці (табл. 3.4) показує, що на заданій множені перевірок відокремлюються чотири стани та виникає чотири групи не розрізнявальних станів.

Вразі застосування комбінованого підходу (ознаки та структурні ДП) формат розширюється $F_{n,m} = 13 \setminus 7$ та відповідно підвищується ступінь локалізації.

Аналіз вмісту матриці (табл. 3.5) показує, що на заданій множені перевірок відокремлюються шість станів та виникає три групи нерозрізнявальних станів.

Аналіз розглянутих таблиць дозволяє зробити висновок, що для локалізації усіх заданих станів системи потрібно призначити певну кількість перевірок (контрольних точок), які утворюють елементарний діагностичний тест. Якщо, це зробити неможливо, кожену групу нерозрізнявальних станів в матрицях розглядають як окремий (нелокальний) технічний стан системи. Для підвищення ефективності процесу діагностування з переліку елементарних діагностичних обирають мінімальний або оптимальний діагностичний тест [4–9].

Таблиця 3.5 – Матриця станів за структурними та вихідними параметрами

Стани S_i	Перелік перевірок P_j						
	П1	П2	П3	П10	П11	П12	П13
S_1	0	1	1	0	0	0	0
S_2	1	0	1	0	0	0	0
S_3	1	1	0	0	0	0	0
S_4	1	0	0	0	0	0	0
S_5, S_6, S_7	1	1	1	0	0	0	0
S_8, S_{10}	1	1	1	0	1	0	1
S_9, S_{11}	1	1	1	1	0	1	0
S_{12}	1	1	1	1	1	0	1
S_{13}	1	1	1	1	1	1	0

Мінімальний діагностичний тест (далі – МДТ) – тест, який складається з мінімального переліку перевірок, що необхідні для визначення усіх заздалегідь заданих несправностей (станів системи).

Оптимальний діагностичний тест (далі – ОДТ) – тест, оптимізований за обраним критерієм. Для визначення МДТ або ОДТ використовують таблицю покриттів.

Таблиця покриттів перевірок (далі – ТП) – таблиця, отримана на підставі матриці станів, стовпцям якої відповідають елементарні перевірки P_j

із множини перевірок, а рядками – елементи множини U_e , що складається з пар розрізнявальних станів S_i, S_k . Таблиця покриття формується наступним чином. На перехрещенні стовпця P_j та рядка U_e ставиться значення двійкової змінної $A_{j,e}$ за умови: $A_{j,e} = 1$, якщо результати матриці станів – $r_{i,j} \neq r_{k,j}$ та $A_{j,e} = 0$ вразі $r_{i,j} = r_{k,j}$ [4–11]. Як правило, значення «0» в ТП не проставляють. Таблиця покриттів має наступні властивості:

- якщо в ТП утворюється пустий рядок, то пара станів, що відповідала цьому рядку, не розрізняється на заданій множині перевірок;
- якщо в ТП утворюється пустий стовпець, то перевірка, що відповідала цьому стовпцю, не виявляє жодної несправності і цей стовпець можна видалити з таблиці.

Для визначення мінімального діагностичного тесту застосовують декілька методів аналізу ТП: скороченого перебору, селекції функції ТП, крізної одиниці.

Метод скороченого перебору полягає у послідовному застосуванні визначених правил перетворення ТП до повного скорочення її порівнюваних рядків та стовпців [9].

Метод селекції функції ТП передбачає перетворення ТП до аналітичного виразу у вигляді логічної суми логічних добутоків. При цьому, перелік співмножників кожного доданку розглядається як перелік перевірок, які утворюють елементарний тест. Селекція функції ТП такого вигляду полягає у виборі із її складу доданків з мінімальною кількістю співмножників [9].

Метод крізної одиниці полягає в виборі перевірок для порівнювальних станів (рядків ТП) для яких виконується умова розрізнявальності (наявність одиниці в стовбці перевірок) [10]. При цьому слід мінімізувати кількість обраних перевірок, які складають МДТ (не додавати нових перевірок до тесту, якщо є альтернативна перевірка, яка вже увійшла до складу МДТ). Щоб здійснити такий вибір більш оперативно рекомендується спочатку обрати рядки (пари станів), які розрізняються тільки за результатами однієї перевірки. Відповідні перевірки додати до складу МДТ (перевірки які не можна обминути).

Потім розглядати альтернативні перевірки за методом, що пропонується.

Оптимальний діагностичний тест отримують методом крізної одиниці вище описаним способом з урахуванням визначеного критерію оптимізації. Для цього, сформовану ТП доповнюють значеннями показників оптимізації (вартості, результативності, інформативності) кожної перевірки. Якщо, при виборі виникають альтернативні перевірки то обирається перевірка за

переважним значенням показника оптимізації. Якщо, при визначенні ОДТ використовуються декілька критеріїв оптимізації треба означити їх пріоритетність і враховувати це при виборі перевірки з переліку альтернативних.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттю «діагностична модель».
2. Поясніть яким чином відбувається побудова та аналіз діагностичної моделі системи керування.
3. Що таке функціональна діагностична модель?
4. Що являє собою цифрова (дискретна) діагностична модель?
5. Які є умови для побудови діагностичної моделі мікропроцесорної системи керування?
6. Опишіть структурну схему мехатронної системи з урахуванням апаратних елементів.
7. Наведіть приклад алгоритму побудови функціональної діагностичної моделі системи керування.
8. Що таке діагностичний тест?
9. Яка послідовність операцій для визначення діагностичного тесту?
10. Які методи визначення діагностичних тестів Ви знаєте?

4 ПІДХІД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНОГО ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ОБЛАДНАННЯ

Оскільки засоби експрес-діагностування різного технологічного обладнання контролюють справність його за принципом «так – ні», то в основу розроблення інженерного підходу рішення технічного завдання використовують бінарний принцип аналізу.

Головним завданням бінарного експрес-діагностування обладнання є визначення справності його на основі контролю однієї або декількох технологічних величин у двійковій системі з урахуванням допустимої зони варіювання змінних [1–3].

Якщо технологічна система оснащена приймальними елементами для контролю величин X_i , а інтегральний параметр Y визначається залежністю:

$$Y = \sum_{i=1}^n X_i, \quad (4.1)$$

то в найпростішому вигляді відхилення бінарної вихідної ординати за межі інтервалу можна записати у такому вигляді:

$$\xi_i = \begin{cases} 1, & \text{коли } Y_{iB} > \Delta i; \\ -1, & \text{коли } Y_{iH} < \Delta i \end{cases}, \quad (4.2)$$

де Y_{iB} , Y_{iH} – верхнє і нижнє допустимі значення контрольованої ординати.

Під час проведення бінарних аналізів технологічного об'єкта об'єм роботи розпізнавальної системи різко скорочується, а заміна аналогових величин двійковими не знижує якість отримуваних даних.

Для реалізації таких систем зручно користуватися математичними моделями, які відображають взаємозв'язок контрольованих параметрів і засобів їх вимірювання із загальним станом технологічної системи (далі – ТС). Якщо функціональна ТС складається з декількох автономних технологічних систем (далі – АТС), то її зручно розглядати у вигляді системи математичних моделей, а вплив кожної АТС на всю ТС оцінювати за допомогою дискретних величин, виконуючи ранжирування інформації за принципом «норма», «увага», «небезпечно», «стоп» тощо. У складніших варіантах використовується апарат секвенцій [1] і, очевидно, необхідно буде провести імовірнісні оцінки впливу АТС, що ускладнює математичний опис ТС і технічну реалізацію розроблюваного методу діагностування.

Теоретичною основою проєктування даних діагностичних пристроїв (далі – ДП) є алгебра – логіки або булева алгебра, що оперує логічними змінними.

Залежно від певної фізичної реалізації елементів ДП, більш позитивному значенню фізичної величини «Н» – відповідає стан «логічна 1», а менш позитивному значенню «L» – «логічний 0». «Н» – логічне співвідношення називається позитивною логікою, а зворотнє співвідношення називається негативною логікою. За цим принципом подані найменування, визначення та умовні позначення головних параметрів і характеристик цифрових мікросхем, на базі яких реалізуються ці алгоритми роботи ДП.

4.1 Представлення логічних функцій

Логічне моделювання полягає в побудові математичної моделі досліджуваного пристрою – системи співвідношень, що описують поведінку цього пристрою із заданою точністю, і подальшому аналізі поведінки цієї моделі за її реакцією на входні дії [2].

Відомо багато різних методів і алгоритмів моделювання. Головними характеристиками алгоритмів моделювання є адекватність, швидкодія та технічні можливості (об'єм пам'яті) необхідні для реалізації. Під адекватністю розуміється міра відповідності результатів моделювання дійсній поведінці досліджуваного дискретного пристрою. Для комбінаційних ДП алгоритми моделювання гарантують адекватність значеннями визначених сигналів. Поведінка послідовних ДП загалом неоднозначна через невизначеності початкових станів і змагань між сигналами, що ускладнює завдання моделювання таких ДП. Крім того, важко адекватно моделювати перехідні процеси. Тому у процесі моделювання зазвичай використовують режими, що встановилися, реалізація яких припускає і певні умови для виконання діагностичних заходів. Отже, виникаючу неоднозначність математичних описів враховують різними розробленими методами моделювання.

Оскільки адекватність моделювання залежить здебільшого від прийнятої моделі ДП, моделей елементів і сигналів, способу обліку часових співвідношень між сигналами, що ускладнюють математичні описи, то для діагностичних пристроїв зазвичай застосовують найшвидші алгоритми двійкового моделювання. Бінарне моделювання виконується без урахування часових затримок і порядку спрацьовування елементів у контрольованій схемі.

Для проєктування цифрового ДП заздалегідь необхідно отримати логічну функцію (далі – ЛФ) пристрою та відповідну їх схемну реалізацію. ЛФ можуть мати різні форми представлення:

- 1) словесне;
- 2) графічне;
- 3) табличне;
- 4) алгебраїчне;
- 5) на алгоритмічній мові (наприклад VHDL, AHDL);
- 6) схематичне.

Для функції $Y_{\text{мажор}}$ від двох X_i , задану словесним описом: $Y = 1$, якщо змінні НЕ РІВНІ і $Y = 0$, якщо $x_1 = x_0$. Таку ЛФ зручно називати функцією НЕРІВНОЗНАЧНОСТІ.

Отже, для проєктування діагностичного пристрою, що забезпечує контроль справності будь-якого іншого елемента схеми, необхідно розробити додатковий математичний опис, реалізація якого дасть змогу створити двійковий сигналізатор справності чергового компонента схеми.

Математичні моделі можна отримати за допомогою таблиць істинності, але їх застосування зазвичай обмежене громіздкістю таблиць, що реалізуються у вигляді:

$$u_{эл} \rightarrow 2^u > 2^5 = 32 > 2^8 = 256 . \quad (4.3)$$

Переваги автономних логічних схем діагностики: економічні, займають мало місця, не порушують логіку роботи основного електротехнічного обладнання, не вимагають додаткового відходу і обслуговування, безпомилково ідентифікують виниклі несправності, не потребують кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Недоліки: для реалізації потребують додаткових матеріальних витрат.

Наприклад, для формалізації технічного стану обладнання транспортного засобу використовувалася таблиця істинності (рис. 4.2). Як аргументи використовувалися такі змінні: $X1(I)$ – величина струму тягового двигуна; $X2(T)$ – температура тягового двигуна; $X3(F)$ – освітленість пасажирського салону; $X4(P1)$ – привод перших дверей; $X5(P2)$ – привод других дверей. Ординатами відклику були прийняті такі змінні величини: $Y(I)$ – струм короткого замикання або перевантаження; $Y(T)$ – критичне значення температури; $Y(F)$ – несправність освітлювальних приладів; $Y(P1)$ – несправність приводу перших дверей; $Y(P2)$ – несправність приводу других дверей; $Y(I, T)$ – критичні експлуатаційні параметри тягового двигуна; $Y(I, F)$ – несправність компонентів засобів освітлення пасажирського салону; $Y(P1, P2)$ – несправність приводів двох дверей.

Табличне представлення Y ілюструє рисунок 4.2.

У загальному вигляді переходу від табличного представлення до алгебраїчного може здійснюватися за формулою. Одним із головних в алгебрі логіки є вираз, що називається досконалою диз'юнктивною нормальною формою ЛФ (далі – ДДНФ).

ДДНФ припускає мі-мінтермілогічний твір всіх змінних i -го двійкового набору, що входять у прямому вигляді, якщо значення цієї змінної в наборі дорівнює 1, і в інверсному вигляді, якщо її значення дорівнює 0.

Microsoft Excel - Таблицин

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Служба Справка

100%

Сур 10 Ж К У

N	x1(I)	x2(T)	x3(F)	x4(P1)	x5(P2)	Y(I)	Y(T)	Y(F)	Y(P1)	Y(P2)	Y(I,T)	Y(I,F)	Y(P1,P2)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
21	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
25	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 4.1 – Табличне представлення функцій перемикачів

Формальний опис технічного стану контрольованих величин на транспортному засобі був отриманий за допомогою таблиці на рисунку 4.1, який має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} Y(I) &= X1, \\ Y(T) &= X2, \\ Y(F) &= X3, \\ Y(P1) &= X4, \\ Y(P2) &= X5, \\ Y(I,T) &= X1 \wedge X2, \\ Y(I,F) &= X1 \wedge X3, \\ Y(P1,P2) &= X4 \wedge X5, \\ Y(STOP) &= X1 \vee X2 \vee (X1 \wedge X2) \vee (X4 \wedge X5), \\ Y(SIGN) &= X3 \vee X4 \vee X5 \vee (X1 \wedge X3). \end{aligned} \right\}. \quad (4.4)$$

У цій залежності прийняті додаткові функції відгуку, які відображають такий стан параметрів контролю, коли експлуатація ТЗ недопустима $Y(STOP)$ або окремі компоненти потребують ремонту $Y(SIGN)$. Очевидно, що складніші ТЗ можуть мати декілька подібних систем рівнянь, отримання яких може бути виконане іншими відомими методами [1–3].

Знаходження мінімальної форми ЛФ здійснюється методом алгебраїчних перетворень.

Застосування системи рівнянь (4.4) для синтезу діагностичного обладнання компонентів ТЗ дало змогу отримати таку функціональну схему пристрою бінарного діагнозу (рис. 4.2).

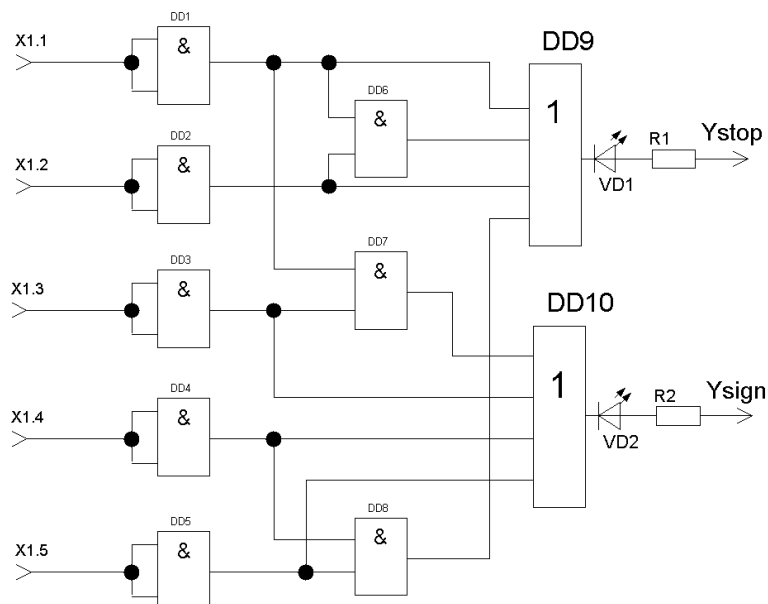


Рисунок 4.2 – Функціональна схема пристрою діагнозу справності ТЗ: DD1–DD10 – логічні елементи; VD1, VD2 – світлодіоди; R1, R2 – резистори

Схема вміщує елементи «І» та чотиривходові елементи «АБО».

Крім розглянутого варіанта, для знаходження мінімальної форми ЛФ використовують метод алгебраїчних перетворень за допомогою таблиць Карно або машинним методом, коли реалізуються великі проекти.

Таблиця Карно (далі – ТК) – це видозмінений запис таблиці істинності. Для діагностичної функції ТК виглядає так (рис. 4.3):

		"Умажор"				
		x1x0	00	01	11	10
x2	0	0	0	1	В	0
	1	0	1	1	А	1

Рисунок 4.3 – Таблиця Карно для функції

Правила побудови ТК:

1. Кількість клітин ТК дорівнює кількості рядків таблиці істинності.
2. Ліворуч і зверху розташовуються значення аргументів. Порядок розміщення аргументів такий, що у двох сусідніх за горизонталлю та вертикаллю клітинах відрізняється значення тільки одного аргументу (тому сусідніми враховуються і клітини, що знаходяться на протилежних краях таблиці).
3. У клітини заносяться відповідні значення ЛФ (0 та 1).
4. Одиничні клітини об'єднуються в прямокутники (імпліканти) по дві клітини.
5. Для кожного прямокутника записується твір тих аргументів, які в сусідніх клітинах не змінюють свого значення.
6. Змінні входять у твір у прямому вигляді, якщо їхнє значення в сусідніх клітинах дорівнює 1, в іншому разі – в інверсному.
7. Отримані утворення складаються по «АБО» у шукану ЛФ.

Під час використання ТК функціональні схеми отриманих моделей нерідко мають вигляд простіший, ніж отримана вище залежність (рис. 4.3). У прикладному плані це важливо, коли реалізується безліч логічних залежностей у діагностичних комплексах, що включають ДП із вбудованим контролем параметрів.

Вбудований контроль (далі – ВК) – це перевірка працездатності електронних пристроїв (далі – ЕП), що виконується за допомогою спеціальних засобів контролю і виявлення несправностей, наприклад, схем порівняння, генераторів сигналів тощо, що входять до складу цього пристрою та конструктивно об'єднаних із ним в єдине ціле.

Розрізняють вбудований контроль технологічний (далі – ВКТ) і функціональний (далі – ВКФ). За повнотою перевірки функціонування розрізняють ВК повний і локальний. У першому різновиді перевіряються всі функціональні можливості, а в другому робота тільки окремих елементів пристрою. Крім того, розрізняють ВК: тест-орієнтований, процедурно-орієнтований і проблемно-орієнтований.

4.2 Моделювання несправностей дискретних пристроїв

Для моделювання несправності, наприклад схеми освітлення дорожнього покриття транспортного засобу, скористаємося прикладом фрагмента електричної схеми включення ближнього і дальнього світла. Передбачимо повний вбудований контроль усіх елементів схеми [1–3].

Для контролю справності лінії джерела живлення U , тумблера $S1$, перемикача $S2$ і ламп розжарювання $EL1$, $EL2$ можна скористатися схемою наведеною на рисунку 4.4.

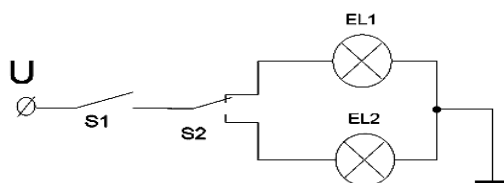


Рисунок 4.4 – Електрична схема включення фар транспортного засобу:

$S1$ – тумблер включення джерела живлення; $S2$ – перемикач «ближнє – дальнє» світло; $EL1$, $EL2$ – виконавчі елементи;
 U – напруга джерела живлення

Використовую схему освітлення (рис. 4.4), складемо структурну схему для діагностики справності всіх елементів (рис. 4.5).

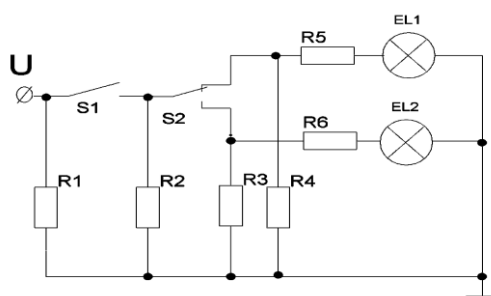


Рисунок 4.5 – Принципова схема контролю окремих компонентів:

$R1$, $R2$, $R3$, $R4$ – схеми дискретного вимірювання напруги; $R5$, $R6$ – схеми дискретного вимірювання струму; $EL1$, $EL2$ – лампи розжарювання;
 U – напруга джерела живлення

Ураховуючи приймальні елементи (аргументи) і виконавчі пристрої (функції), складемо наступні такі істинності.

Таблиця 4.1 – Таблиця істинності для $EL1$

№ з/п	X1	X2	X3	X5	Y1
1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

Таблиця 4.2 – Таблиця істинності *EL2*

№ з/п	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X6</i>	<i>Y2</i>
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	1	0	0
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

Таблиці істинності (табл. 4.1, 4.2) відображають роботу пристроїв діагностики. Математичні моделі систем контролю справності компонентів

схем «ближнього» ($Y1$) і «дальнього» ($Y2$) світла можна подати виразами, відповідно:

$$Y1 = X1 \wedge X2 \wedge X4 \wedge X5, \quad (4.5)$$

$$Y2 = X1 \wedge X2 \wedge X3 \wedge X6. \quad (4.6)$$

Користуючись отриманими логічними описами, складемо функціональну схему діагностичного пристрою (рис. 4.6).

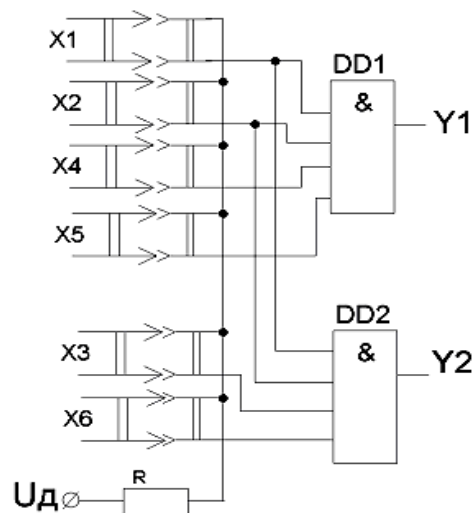


Рисунок 4.6 – Функціональна схема пристрою дискретної діагностики блоку керування фарами:

$X1-X6$ – роз'єми датчиків; $DD1, DD2$ – логічні елементи; R – резистор;
 $U_{д}$ – напруга джерела живлення; $Y1, Y2$ – контрольовані ординати

Застосування схем збігу, на базі серійних логічних елементів $DD1, DD2$, дає змогу застосовувати такий пристрій для локального контролю всіх елементів блоку керування фарами на транспорті. Дискретні вихідні сигнали $Y1$ і $Y2$ формуються строго відповідно до логічних виразів (4.4), (4.5).

У низці випадків дискретні схеми можуть бути сукупністю розглянутих вище пристроїв (рис. 4.7).

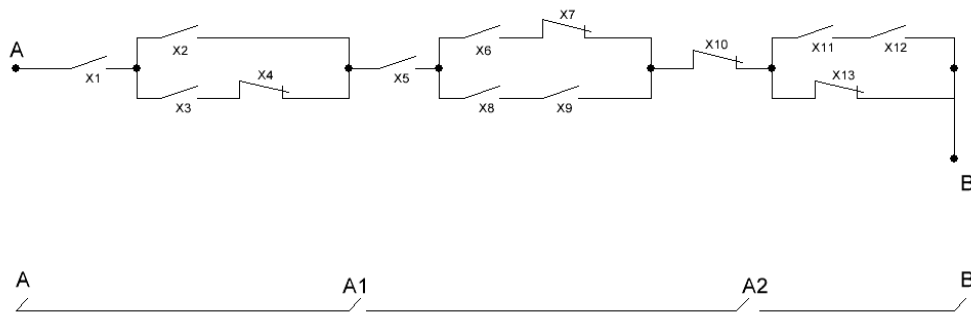


Рисунок 4.7 – Взаємозв’язок дискретних елементів схеми керування

Для моделювання таких пристроїв зручно застосовувати метод структурних матриць або матриць безпосередньої провідності.

Для елементів, властивості яких не залежать від напрямлення струму, матриця завжди буде симетричною.

Для розглянутого варіанту наведеного на рисунку 4.7, матриця має такий вигляд:

для ділянки А–А1

$$\begin{vmatrix} 1 & x1 & 0 & 0 \\ x1 & 1 & x2 & x3 \\ 0 & x2 & 1 & \overline{x4} \\ 0 & x3 & x4 & 1 \end{vmatrix}, \quad (4.7)$$

а визначник обчислюватиметься за матрицею такого вигляду:

$$D_{aa1} = \begin{vmatrix} x1 & 1 & x3 \\ 0 & x2 & \overline{x4} \\ 0 & x3 & 1 \end{vmatrix}. \quad (4.8)$$

Отримаємо формулу логічної залежності:

$$F_{aa1} = x1x1 \vee x1x3\overline{x4}F_{aa1} = x1(x2 \vee x3\overline{x4}). \quad (4.9)$$

Матриці для ділянок А1–А2 и А2–В представимо у такому вигляді:

– для А1–А2

$$D_{a1a2} = \begin{vmatrix} x5 & 1 & x6 & 0 \\ 0 & x6 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{x7} & x9 \\ 0 & x8 & 0 & 1 \end{vmatrix} = x5 \begin{vmatrix} x6 & 1 & 0 \\ 0 & \overline{x7} & x9 \\ x8 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (4.10)$$

– для A2–B

$$F_{a2b} = \begin{vmatrix} x10 & 1 & x11 \\ 0 & x11 & 1 \\ 0 & x12 & \overline{x13} \end{vmatrix}. \quad (4.11)$$

Функціональні схеми пристроїв синтезуються відомим способом (рис. 4.8).

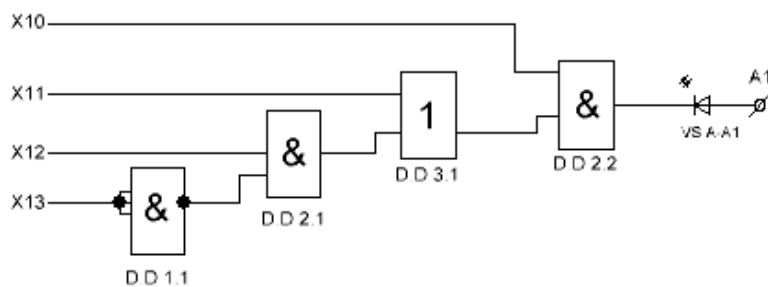


Рисунок 4.8 – Функціональна схема ДП для компонента схеми А – А1

Загальна модель діагностичного пристрою $Y_{\text{діагност.}}$ буде мати вигляд:

$$Y_{\text{діагност.}} = x1(x2 \vee x3\overline{x4}) \wedge x5[x6\overline{x7} \vee x8x9] \wedge x10(x11\overline{x13} \vee x12) \wedge x14[(x15x16) \vee x17], \quad (4.12)$$

яку можна буде застосовувати в цифрових та програмних пристроях аналогічного призначення.

Використання мікросхеми з декількома входами (DD1.1) дає змогу удосконалювати подібні цифрові ДП, реалізуючи логічні рішення зі змінними завданнями, опорними рівнями від інших компонентів схем тощо.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Поясніть що таке бінарне експрес-діагностування.
2. Що таке булева алгебра? У чому особливість булевої алгебри?
3. Які характеристики повинен мати алгоритм логічного

моделювання?

4. Що таке логічна функція? Поясніть яким чином використовується логічна функція при проектуванні діагностичного пристрою.

5. Що таке таблиця істинності? Опишіть принц її побудови. Складіть таблицю істинності для формули $(A \wedge B \sim B \wedge C) \vee (\bar{C} \vee A)$.

6. Поясніть різницю між досконалою диз'юнктивною нормальною формою (ДДНФ) та досконалою кон'юнктивною нормальною формою (ДКНФ).

7. Який метод використовується для мінімізації форми логічної функції? Які закони алгебри логіки ви знаєте?

8. Наведіть особливості побудови таблиці Карно.

9. Що таке вбудований контроль?

10. Детально опишіть алгоритм моделювання несправності схеми освітлення дорожнього покриття транспортного засобу.

5 ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ДИСКРЕТНИХ ПРИЙМАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Для реалізації діагностичних схем використовують приймальні елементи (далі – ПЕ), що серійно випускаються, розроблені для обладнання певних ТО. Проте, зазвичай необхідно використовувати спеціальні датчики контрольованих параметрів. Це обумовлюється необхідністю розміщення ПЕ вже на функціональному обладнанні. При цьому потрібно зважати на те, що ПЕ і готовий ДП не повинні впливати на функціональні властивості основного технологічного обладнання та компонентів засобів автоматики [1–3].

Датчик – це приймальний елемент із вимірювальним перетворювачем, що сприймає вхідну величину і формувальний еквівалентний їй в інформаційному сенсі вимірювальний сигнал. Датчик – відособлена конструкція, віддалена від іншої вимірювальної апаратури. Датчик – компактний, конструктивно оформлений окремо елемент. Терміни «датчик» і «сенсор» використовуються для позначення вимірювального перетворювача, що виконує функції сприйняття вхідної величини та формування вимірювального сигналу.

Приклад переліку приймальних елементів для контролю технологічних параметрів наведений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Приклад переліку датчиків для вимірювання

Група датчиків	Вимірювальний параметр	Тип датчику
Датчики контролю роботи складників СЗ	Датчик співвідношення паливо/повітря	Аналоговий/дискретний
	Ланцюг паливного насоса	Дискретний
	Форсунки циліндрів	Дискретний
	Ланцюг тахометра	Дискретний
Датчики контролю умов підготовки паливної суміші	Датчик температури повітря	Аналоговий
	Датчик температури охолоджувальної рідини	Аналоговий
	Датчик температури палива	Аналоговий
	Датчик вологості	Аналоговий
	Датчик тиску повітря	Аналоговий
Корекція умов спалювання палива	Датчик концентрації CO ₂	Аналоговий
	Датчик кисню	Аналоговий
	Датчик положення дроселя	Дискретний
	Перемикач дросельної заслінки	Дискретний
Датчики контролю якості роботи систем керування ДВЗ	Датчик справності АКБ	Дискретний
	Датчик сигналу стартера	Дискретний
	Датчик справності генератора	Дискретний
	Первинний ланцюг СЗ	Дискретний

Формувач дискретного інформаційного сигналу можна створити на базі світлодіоду з дільником напруги, що подається на світлодіод. Твердотільні ПЕ подібного типу реалізують за допомогою оптичних пар (оптопара: світлодіод і фотодіод в одному корпусі) (рис. 5.1).

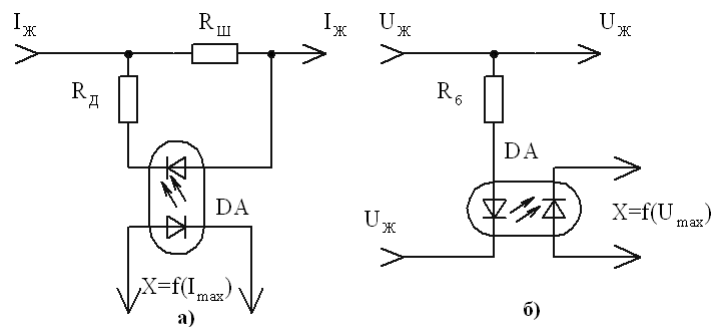


Рисунок 5.1 – Схеми оптичних пристроїв для контролю електричних величин:

а – електронний амперметр; б – електронний вольтметр

Головними структурними ланками оптоелектронних схем контролю параметрів електричного обладнання є випромінювачі й фотоприймачі, що забезпечують перетворення струму та напруги, наприклад у контактній мережі, оптичними способами в електричні інформаційні сигнали. Застосування оптоелектронних засобів успішно розв'язує проблему електричної розв'язки силових і керувальних ланцюгів, узгодження за швидкодією та взаємодією низьковольтних апаратів цифрової автоматики з силовим обладнанням на об'єктах транспорту.

Елементною базою оптоперетворювачів становлять оптрони, в яких використовується принцип фотоелектричного перетворення у твердому тілі за допомогою внутрішнього фотоэффекта, з одного боку, і електролюмінесценції – з другого. Фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, фототиристри, електролюмінісцентні конденсатори становлять основну елементну базу оптичних випромінювачів і приймачів.

Вибір оптичних ПЕ залежить від багатьох факторів, найважливішим з яких є режим роботи – імпульсний, повторно короткочасний або тривалий фотовипромінювача оптопар. Гранично припустима амплітуда струму фотовипромінювача I_I у пристрої контролю визначається залежністю.

$$I_I = Q \cdot I_{cm}, \quad (5.1)$$

де Q – коефіцієнт перевантаження за потужністю;

I_{cm} – статичний струм фотовипромінювача.

Для контролю електричних величин, що змінюються з значних меж (номінальний режим, коротке замикання, відсутність навантаження) конструюють схеми, що забезпечують струмообмежувальні умови експлуатації фотовипромінювача. Реалізацією принципу такого рішення

може бути схема (рис. 4.10), де напруга пробою обмежувача на стабілітроні VD1 залежить від максимально припустимої контрольованої величини струму від джерела напруги U .

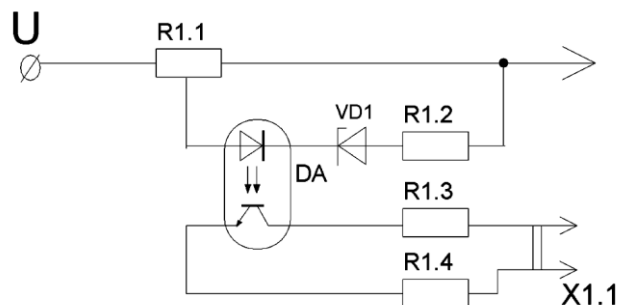


Рисунок 5.2 – Принципова схема дискретного вимірника постійного струму

На рисунку 5.2 запропоновано простий варіант дискретного датчика постійного струму, виконаний на базі серійних елементів, який у діагностичних пристроях виконує роль, наприклад, аргументу $X1.i$.

У послідовному ланцюзі R1.1, DA, VD1 номінальну величину додаткового (баластного) резистора $R_D = R1.2$ можна визначити за формулою:

$$R_D = \frac{U_K}{I_{стб}}, \quad (5.2)$$

де U_K – контрольована величина напруги на R1.1;

$I_{стб}$ – номінальний струм стабілітрона.

Варіювання додаткового резистора R_D у подібних складніших схемах дає змогу змінювати опорне значення контрольованої напруги та вибирати необхідні дискретні величини контролю.

Для контролю струму в електричних ланцюгах з використанням резисторів-шунтів $R_{ш}$ застосовуються аналогічні схеми контролю спадання напруги на $R_{ш}$ (рис. 5.1).

За допомогою такого датчика можна контролювати гранично допустимі значення струму в різних ланцюгах і формувати дискретну величину для бінарної системи діагностики обладнання. На роз'ємі X1.1 цього пристрою вихідна величина залежатиме від налаштування схеми за допомогою резисторів R1.3, R1.4.

Використання розглянутих схем із джерелами опорної напруги (напруга стабілізації $VD1$) дає змогу підвищити точність вимірювання контрольованої величини, що можна порівняти із застосуванням вимірювальних приладів різного класу точності для контролю однієї електричної величини.

Лабораторний стенд «ПЭ-ОД» (рис. 5.3) реалізує схеми (рис. 5.2).

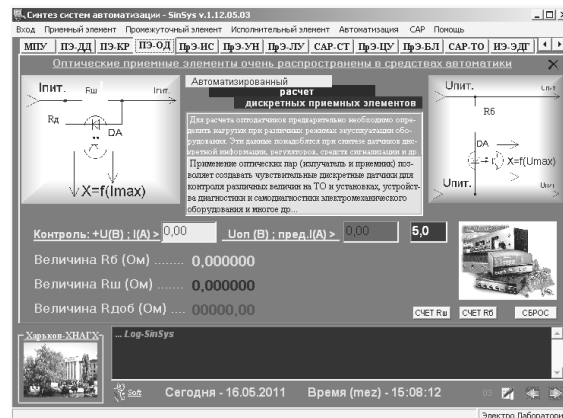


Рисунок 5.3 – Лабораторний стенд «ПЭ-ОД»

Стенд призначений для вивчення принципу роботи, експериментів і розрахунку оптичних приймальних елементів, використовуваних для безконтактного дискретного контролю напруги і струму в електричних ланцюгах.

Задаючи величини напруги або струму та опорної напруги $VD1$, розраховують R_D , R_{III} або R_6 (баластного резистора) (рис. 5.1) при натисканні на відповідні кнопки **СЧЕТ R_{III}** **СЧЕТ R_6** .

Для практичної реалізації системи контролю компонентів схеми керування фарами (рис. 4.5) доцільно розробити пристрій для дискретного контролю напруги і струму. Таблицю експериментів і розрахунку параметрів оптодатчиків для різних контрольованих величин (табл. 5.1) можна реалізовувати за допомогою програми SinSys.

За умови справності всіх компонентів схеми керування фарами датчики напруги $R1$, $R2$, $R3$, $R4$ і струму $R5$, $R6$ формують нормовані аналогові вихідні величини, які змінюються тільки у разі виникнення несправностей елементів.

Таблиця 5.2 – Параметри оптичного формувача

Контрольований елемент	Параметр
Сигнальна лампа EL	0,5 А
Проміжне реле K	0,7 А
Звуковий сигнал BF	1 А
ЕДГ в оригінальній частині схеми $\tilde{M}$	5 А
Усі ЕДГ (110,220,380В тощо)	50 А
Напруга живлення $U_{ж}$	12 В
Напруга U_C	відповідно до завдання
Інші	

```

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ(а).....
07.12.2016 10:48:58
Расчет шунта (контроль тока)

Контроль величины тока, А = 5,00
Выбор шкалы измерителя, N = 0,00
Величина базового шунта, Ом = 5,0
Величина Rш (Ом) ..... 5,00000
Величина Rдоб (Ом) .... 1912,800
Ошибка измерения - Iош(А) = (+/-) 0,257
___ Точность прибора = 0,260
___ Число делений = 389 (промежуточных делений)

```

Рисунок 5.4 – Приклад файлу розрахунку компонентів дискретного датчика струму

Необхідно пам'ятати, що ілюстрація визначення класу точності («Точність приладу») приймального елемента за допомогою навчальної програми SinSys дає змогу підбирати параметри дискретного ПЕ, задаючись точністю реакції пристрою на контрольовану величину, але саме поняття «Клас точності» на цей вимірювальний засіб не поширюється.

Клас точності – це узагальнена характеристика, визначувана межами, що допускаються основною похибкою та похибками, спричинених зміною значень впливових величин.

У ланцюгах змінного струму на тягових підстанціях, у депо та інших об'єктах електричного транспорту найбільшою популярністю користуються симісторні підсилювачі потужності. Такі підсилювачі реалізують схеми з гальванічною розв'язкою, яку необхідно завжди мати між силовими блоками й електронними пристроями автоматики, особливо у разі використання цифрової автоматики та мікропроцесорів. Приклад симісторного підсилювача для керування електродвигуном ілюструє рисунок 5.5.

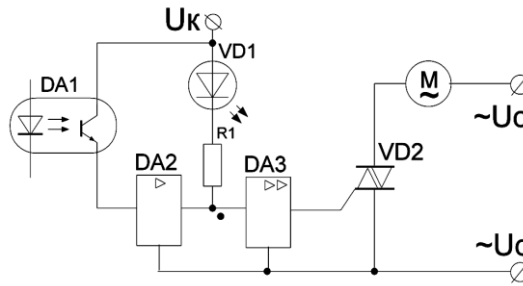


Рисунок 5.5 – Оригінальна схема симісторного підсилювача

Представлений у схемі світлодіод VD1 може бути джерелом дискретної інформації для ДП, якщо з ним у безпосередній близькості розмістити напівпровідниковий фотодіод (складена оптична пара), що використовують на діючих пристроях, для реалізації розглянутих вище дискретних ДП без заміни обладнання.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке датчик? Для чого його використовують?
2. Які ви знаєте датчики для контролю технологічних параметрів?
3. Що таке оптична пара?
4. Пишіть конструкцію електронного амперметра та електронного вольтметра.
5. Перечисліть головні елементи, які входять до оптоелектронних схем контролю параметрів електричного обладнання.
6. Які елементи є основною базою оптоперетворювачів?
7. Від яких факторів залежить вибір оптичних ПЕ?
8. Опишіть схему дискретного датчика постійного струму.
9. Поясніть, що таке клас точності ПЕ.
10. Які застосовуються підсилювачі у ланцюгах змінного струму на об'єктах електричного транспорту? Наведіть їх принципові схеми.

6 ПІДХІД ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЦИФРОВОГО ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ОБЛАДНАННЯ

6.1 Застосування аналогових датчиків для засобів діагностики

Розглянутий вище приклад ілюструє використання дискретної інформації для синтезу приладів діагностики. У процесі розроблення автоматичних засобів діагностики на транспорті виникають завдання контролю об'єктів, зношування яких відбувається в достатньо тривалі проміжки часу. Процес зношування деталей обертання, подовжнього переміщення тощо контролюють за допомогою датчиків температури, тиску, вібрації, акустичних і оптичних приймальних елементів [3]. Для реалізації схем із такими датчиками в САД зазвичай передбачені засоби обробки й акумуляції поточної інформації. Експрес-аналізатори зазвичай не мають функції запису поточної інформації, проте можуть використовуватися для діагностики зони варіювання контрольованого параметра в режимі експлуатації обладнання, коли допустимий інтервал варіювання змінної вихідної ординати визначений [1, 2].

Для перетворення параметрів контролю з такими датчиками передбачають вимірювальні схеми постійного (рис. 6.1) і змінного струму (рис. 6.2, 6.3).

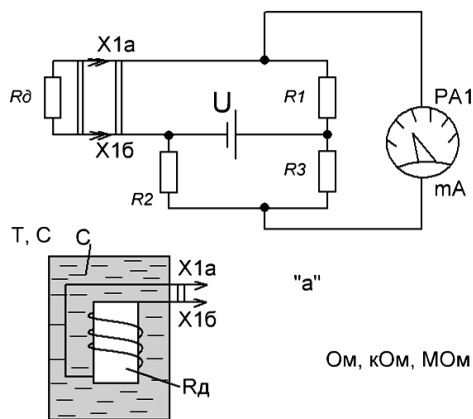


Рисунок 6.1 – Мостова схема датчика-перетворювача постійного струму з резистивним датчиком:

R_d – резистивний датчик; R_1, R_2, R_3 – резистори (плечі) вимірювального моста; U – джерело живлення; $PA1$ – показувальний пристрій

На рисунках 6.2, 6.3 зображені мостові схеми змінного струму. У цих схемах $T1$ і $T2$ – трансформатори призначені для перетворення напруги

генератора або мережі електроживлення в напругу живлення схеми. Мостова схема на конденсаторах містить $C1$ – еталонний конденсатор і $C2$ – контрольований (що повіряється) конденсатор або датчик-перетворювач місткості контрольованого параметра. Резистори $R4$ – $R6$ – призначені для налаштування (балансування) мостової схеми змінного струму з показувальним приладом $PA2$, включеного до діагоналі моста. На рисунку 6.2 ілюструється практичне застосування конденсаторного датчика $C2$ для контролю, наприклад пасажиропотоку, стан вантажів при їх транспортуванні тощо. При такому застосуванні датчика $C2$ його місткість залежить від відстані між його обкладаннями. Якщо використовувати протидієву пружину (рис. 6.3) PI для повернення рухливого обкладання конденсатора в початкове положення, то такий датчик-перетворювач можна використовувати для контролю тягових характеристик електричних машин, положення валу виконавчого органу тощо [3].

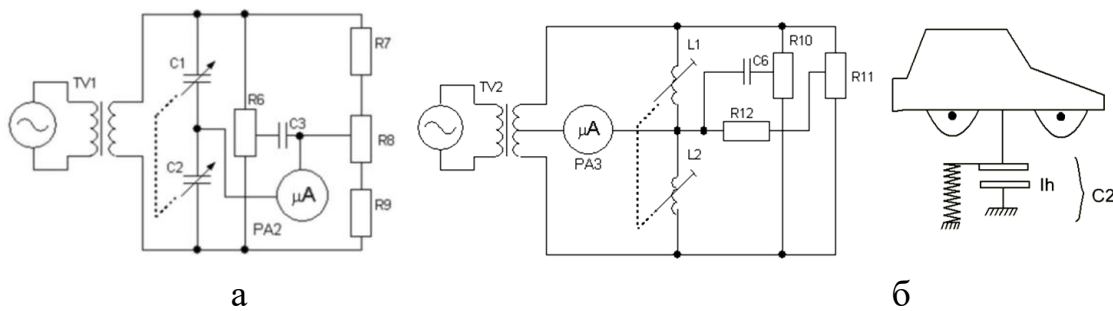


Рисунок 6.2 – Мостові схеми змінного струму

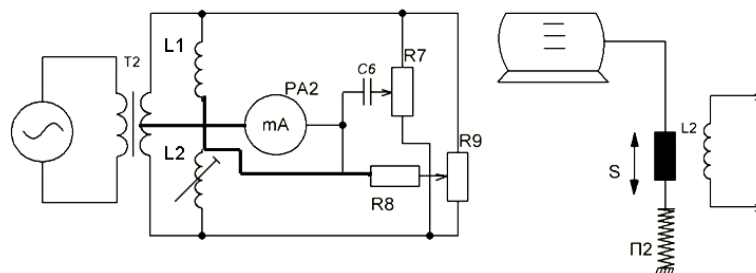


Рисунок 6.3 – Індуктивна мостова схема змінного струму

На рисунку 6.3 зображена мостова схема змінного струму для контролю індуктивності. Резистори $R7$ і $R9$ слугують для установлення меж вимірювання контрольованого параметра при різних величинах $L1$ і $L2$. Показувальний прилад $PA2$ в діагоналі моста забезпечує спостереження зміни контрольованої величини.

Для розрахунку елементів розглянутих схем розроблені комп'ютерні програмні застосування. Прикладом автоматизованого розрахунку

неврівноваженого моста (рис. 6.4) з облаштуванням уніфікації вихідного сигналу (рис. 6.5) є програма SinSys.

Застосування розглянутих програм для побутових комп'ютерів дає змогу з малими витратами робочого часу досить швидко виконати весь об'єм розрахунків під час розв'язання певної інженерної задачі. Отримані при цьому результати негайно фіксуються в електронних документах (файлах), які за необхідності можна передати по локальній мережі всім зацікавленим користувачам або представлені в паперовому варіанті, наприклад у записці пояснення, технічному завданні тощо [1–3].

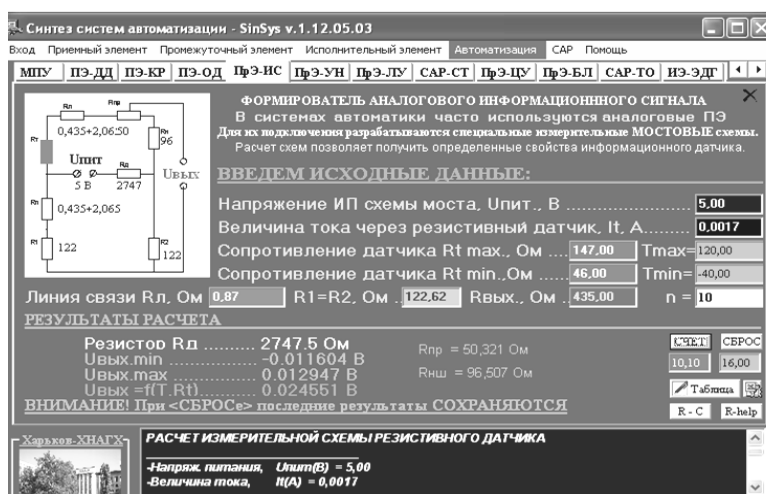


Рисунок 6.4 – Інтерфейс програми для розрахунку компонентів вимірювальної схеми з різними резистивними датчиками

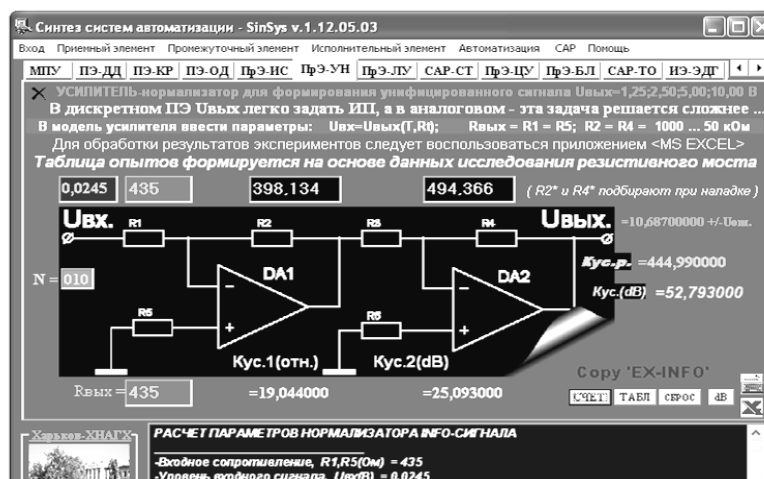


Рисунок 6.5 – Інтерфейс програми для розрахунку компонентів блоку уніфікації інформаційного сигналу

Застосування дискретного вольтметра (див. рис. 4.2) дає змогу контролювати допустимі відхилення аналогової величини та формувати дискретний сигнал за розглянутим раніше принципом. На рисунку 6.6 наведена зразкова схема формувача дискретного сигналу при безперервному контролі температури обладнання транспортного засобу.

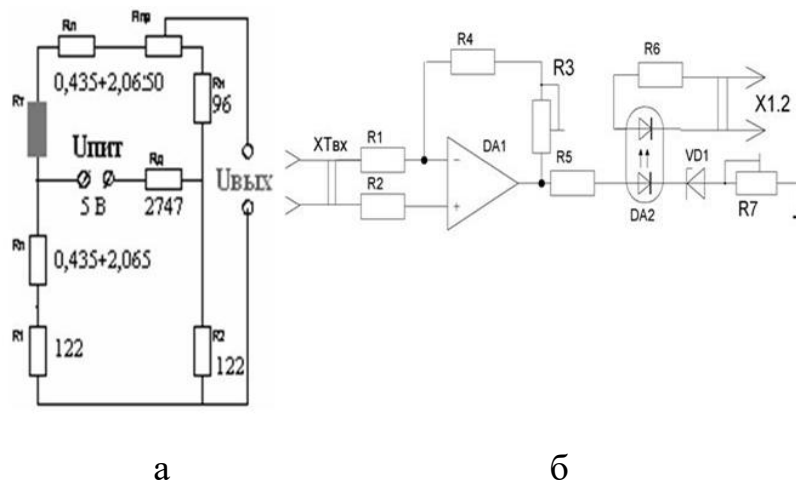


Рисунок 6.6 – Принципова схема дискретного термометра:

а – невідновлений резистивний міст: R_t – резистивний датчик; R_1, R_2 – баластні резистори (плечі) вимірювального моста; R_d – опір ліній зв'язку; R_d – додатковий резистор; R_{np} – резистор регулювальний; $U_{пит}$ – джерело живлення; $U_{вых}$ – вихідний сигнал;

б – дискретний вольтметр: $R_1 - R_7$ – резистори; $DA1$ – операційний підсилювач; $DA2$ – оптопара; $VD1$ – стабілітрон; $X1.2$ – роз'єм датчика температури

Розглянуті вище приклади ілюструють можливість використання дискретних формувачів інформаційних сигналів для синтезу аналогових приладів із дискретними діагностичними пристроями. Сучасні технології виготовлення твердотільних приймальних елементів положення, зусилля і тиску виконані за розглянутим вище принципом із логічним і лінійним виходами в одному корпусі.

Деякі перетворювачі спеціально розроблені для експлуатації в жорстких температурних умовах від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Їх застосування на транспорті для контролю швидкості обертання валів, роботи коробки зміни передач, інших вузлів трансмісії задовольняють спеціальним вимогам на вібро- й удароміцність. Сенсори цього сімейства, наприклад, формують вихідні сигнали U_s із рівнем від 0,25 В до 4,75 В і точністю $\pm 0,15\%$.

Нелінійність величини U_s від контрольованої P та інших чинників (X_i) не перевищує 0,7 %.

$$U_s = P \cdot f(x_i). \quad (6.1)$$

Циліндрові супергерметичні алюмінієві та пластмасові корпуси таких логічних датчиків можна розміщувати на експлуатованих транспортних засобах у найдоступніших його місцях, що важливо враховувати під час проектування діагностичних пристроїв.

6.2 Проектування засобів кодування аналогової інформації

Гібридні електронні пристрої майже завжди містять дискретні й аналогові компоненти. Для діагностики таких інженерних рішень застосовують засоби кодування інформаційних повідомлень. Для цього в ЛП передбачають аналого-цифрові перетворювачі (далі – АЦП), які перетворюють аналогові сигнали в двійкові коди [1–3]

Прикладом використання приймального елемента з АЦП може слугувати аналізатор освітленості (рис. 6.7).

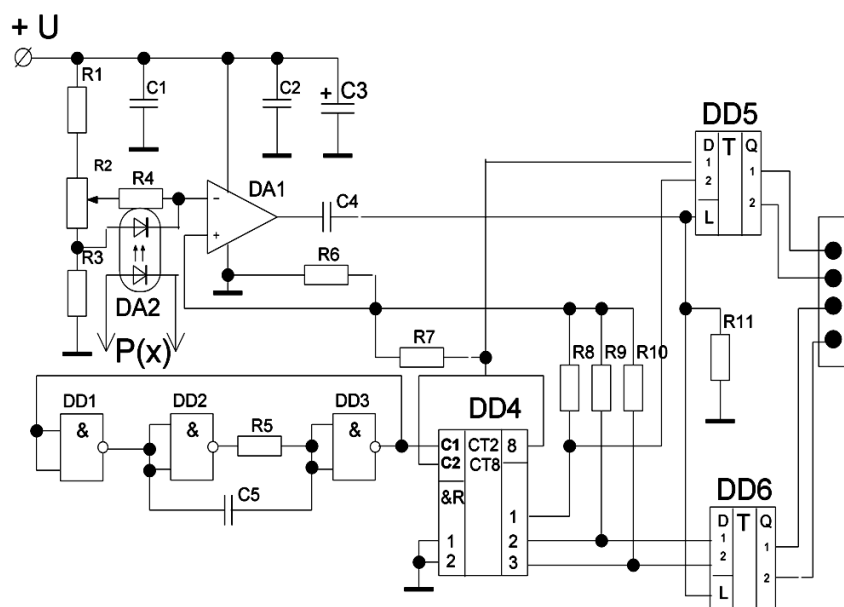


Рисунок 6.7 – Кодування параметра $P(x)$ за допомогою АЦП

Електрична схема з оптичним перетворювачем ПЕ (DA1) формує електричний сигнал різного рівня залежно від освітленості в зоні контролю. Аналоговий сигнал із датчика DA2 надходить на інвертувальний вхід

компаратора DA1, а на прямий вхід – напруга з виходу ЦАП, зібраного на мікросхемах DD1, DD2. Як тільки напруга на виході ЦАП зрівняється з напругою, яка подана на вхід DA1, останній формує короткий позитивний імпульс. Цей імпульс подається на вхід DD3 і вирішує видачу коду ЦАП із DD2, який надходить на порт LPT ПК. Розглянутий принцип формування бінарного коду залежить від напруги на вхід АЦП, а змінюється від величини параметру $P(x)$.

АЦП підключається до клем роз'ємами.

Цей пристрій за рівнем величини $P(x)$ формує 24 кодованих повідомлення, під час аналізу яких для діагностики ТО найважливішими можуть, наприклад, вважатися тільки кодові слова (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Коди несправності контрольованого ТО

X1	X2	X3	X4	Sign
1	0	0	0	MAX
0	1	0	0	NORMA
0	0	1	0	MIN
0	0	0	1	RESERV

Залежно від прийнятого для проєктування кодування можливих несправностей створюються дешифратори бінарних повідомлень і реалізуються варіанти їх ідентифікації. У таблиці 6.1 кожній комбінації вхідних сигналів відповідає інформаційне повідомлення «**Sign**» сигналу на виході (роз'єм «Діагност» Хд).

Наочною ілюстрацією технічного засобу для дешифрування кодів об'ємом 22 може бути програма SinSys (рис. 6.8). У програмній реалізації схеми дешифратора наведені приклади використання елемента запам'ятовування коду (тригер), що відповідає небезпеці на ТО, і облаштування формування сигналу тривоги (генератор з аудіовипромінювачем) для користувача або оператора.

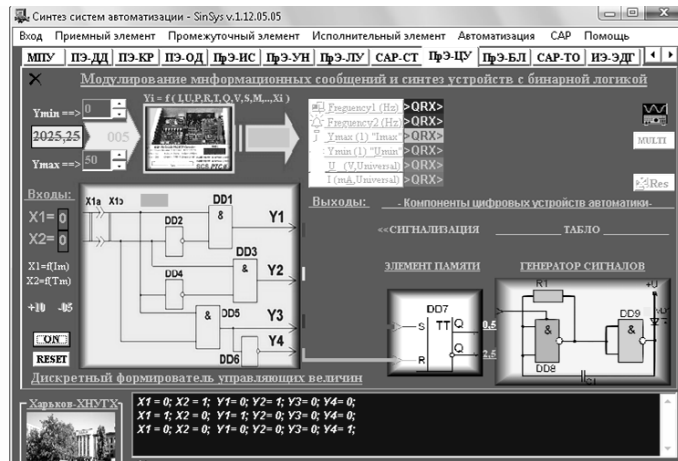


Рисунок 6.8 – Дешифратор бінарних кодів із пам'яттю та сигналізацією

Для проектування дешифратора для сигналів «*Sign*» необхідно розглядати всі можливі функції перемикачів повного дешифратора на три умовно прийнятих входи 2^3 , які мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 Y_0 &= \overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_3} \\
 Y_1 &= \overline{X_1} \overline{X_2} X_3 \\
 Y_2 &= \overline{X_1} X_2 \overline{X_3} \\
 Y_3 &= \overline{X_1} X_2 X_3 \\
 Y_4 &= X_1 \overline{X_2} \overline{X_3} \\
 Y_5 &= X_1 \overline{X_2} X_3 \\
 Y_6 &= X_1 X_2 \overline{X_3} \\
 Y_7 &= X_1 X_2 X_3
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

Ураховуючи логіку кодування повідомлень, повний дешифратор на три прийняті входи можна скласти функціональну схему пристрою (рис. 6.9):

Очевидно, що розглянуте облаштування діагностики з чотирирозрядним АЦП і дешифратором на три входи має ширші можливості, оскільки з 16 можливих кодів АЦП реалізовані тільки $2^3 = 8$ повідомлень.

За умови меншої розрядності зазвичай неможливо реалізувати проект, а тому цифрові пристрої з аналогічними резервними можливостями надалі удосконалюються та набувають нових функціональних властивостей порівняно з початковим задумом проектувальника.

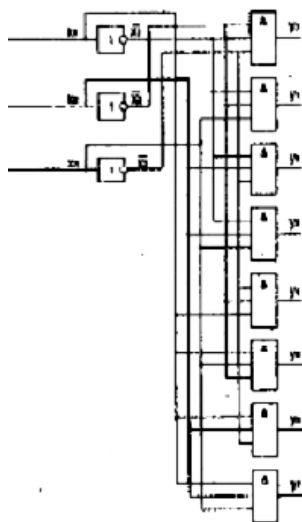


Рисунок 6.9 – Схема функціональна матричного трирозрядного дешифратора

Наприклад, у цифрових засобах діагностики можна реалізувати завдання про нарощування їхньої розрядності. З малорозрядних дешифраторів можна побудувати схему, еквівалентну дешифратору великої розрядності. Для цього вхідне слово ділиться на поля. Поле молодших розрядів відповідає кількості входів наявного дешифратора. Залишене поле старших розрядів, слугує для отримання сигналів дозволу роботи одного з дешифраторів, що декодують поле молодших розрядів.

Як приклад на рисунку 6.10 наведена схема дешифрування п'ятирозрядного двійкового коду за допомогою малорозрядних дешифраторів.

Для отримання 32-х виходів складається стовпець із чотирьох додаткових дешифраторів. П'ятий дешифратор приймає два старші розряди вхідного коду. Збуджений одиничний вихід цього дешифратора відмикає один із дешифраторів стовпця по його входу розширення *EN*. Вибраний дешифратор стовпця розшифровує три молодші розряди вхідного слова.

Загальний дозвіл або заборона роботи схеми здійснюється по входу *EN* п'ятого дешифратора (рис. 6.10).

Аналогічно на базі серійних напівпровідникових елементів синтезуються різні цифрові компоненти ДП для обробки бінарних кодів – суматори, лічильники тощо (рис. 6.11 – 6.13).

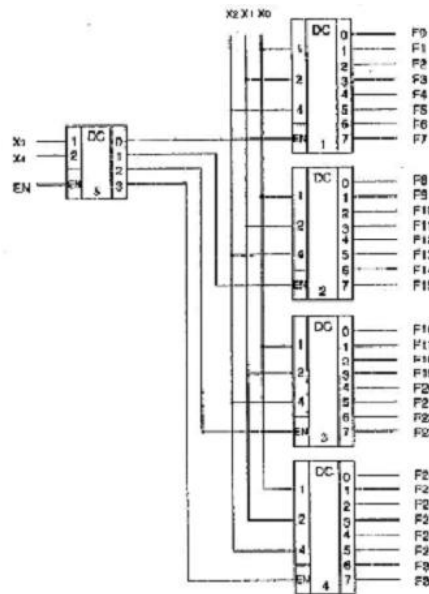


Рисунок 6.10 – Схема нарощування розмірності двійкового дешифратора

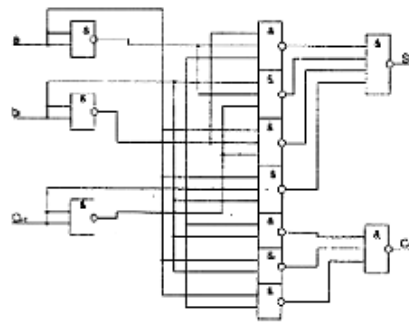


Рисунок 6.11 – Схема однорозрядного суматора у базисі І-НІ

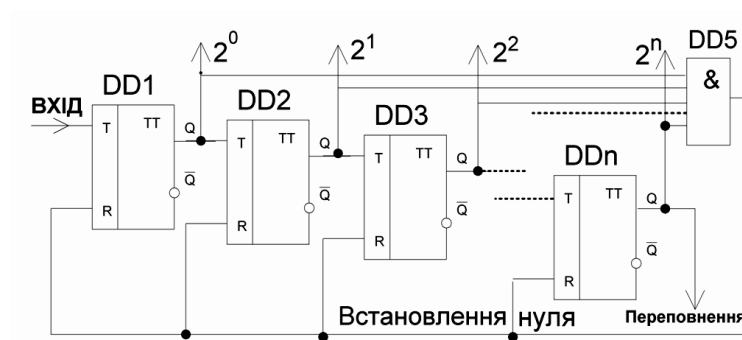


Рисунок 6.12 – Асинхронний двійковий підсумуючий лічильник на Т-тригерах

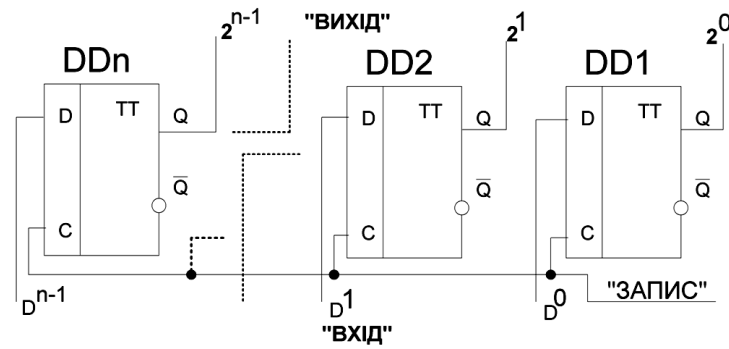


Рисунок 6.13 – Схема регістра пам'яті на D-тригерах

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Опишіть склад та принцип роботи мостової схеми датчика-перетворювача постійного струму з резистивним датчиком.
2. Наведіть мостові схеми змінного струму.
3. Поясніть переваги автоматизованого розрахунку неврівноваженого моста.
4. Що таке аналого-цифрові перетворювачі? Наведіть приклад застосування даних перетворювачів в ПЕ.
5. Що таке дешифратор? Поясніть логіку його роботи.
6. Опишіть процес проектування дешифратора.
7. Яким чином з малорозрядних дешифраторів можна побудувати схему, еквівалентну дешифратору великої розрядності?
8. Перелічіть цифрові компоненти на базі напівпровідникових елементів для обробки бінарних кодів.
9. Що таке тригер? Які типи тригерів ви знаєте.
10. Наведіть принципову схему асинхронного двійкового підсумуючого лічильника на Т-тригерах та опишіть її роботу.

7 ПРОЄКТУВАННЯ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Експериментальні дослідження дискретного й аналогового датчиків довели, що на основі існуючих приймальних елементів можна створювати діагностичні аналізатори для різного обладнання. Проте аналіз розглянутих вище пристроїв доводить, що в умовах наявних електромагнітних перешкод різного походження такі рішення можуть бути неефективними для отримання достовірної інформації про стан контролюваного об'єкта [1–3].

Щоб забезпечити захист інформаційних сигналів в умовах перешкод доцільно застосувати, наприклад, перетворення «напруга – частота». Таке перетворення інформації від різних датчиків і передача модульованих сигналів певної частоти кожен в обмеженому діапазоні, наприклад, низьких частот може відразу вирішити деякі проблеми з впливом перешкод. На рисунку 7.1 наведено варіант модулятора для аналогової або дискретної інформації U_s від датчика-перетворювача з рівнем напруги U_s , що дорівнює діапазону від 0,27 В до 1,75 В. Перетворювач дає змогу отримувати сигнали низької частоти в інтервалі від 1 до 10 кГц (рис. 7.1). Застосування фільтрів низьких частот у тракті обробки модульованих сигналів істотно спрощує рішення задачі захисту інформації від промислових перешкод.

Плавно регулюючи рівні уніфікованих сигналів U_s від приймальних елементів, вибирається такий інтервал інформаційного сигналу, при якому забезпечується використання тільки лінійної частини «а-б» експериментальної характеристики (рис. 7.2), яку переважно вибирати, застосовуючи цей спосіб для перетворення інформаційних даних

$$F = f(U_{ex}). \quad (7.1)$$

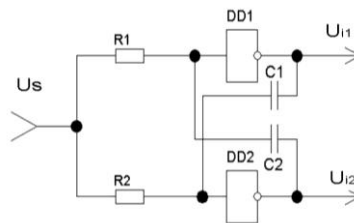


Рисунок 7.1 – Простий перетворювач «напруга – частота»:
 $R1, R2$ – резистори, $C1, C2$ – конденсатори; $DD1, DD2$ – логічні елементи

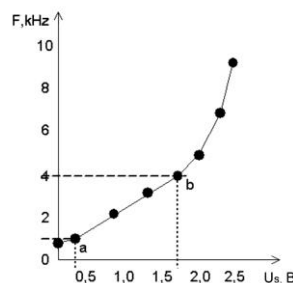


Рисунок 7.2 – Залежність частоти вихідного сигналу від рівня напруги інформаційного сигналу

Щоб створити канал передачі початкових даних від одного або групи датчиків, окрім перетворювачів «напруга – частота» F_i потрібно використовувати додатковий стабільний опорний генератор низької частоти F_0 . Застосовуючи опорну частоту F_0 , інформаційний вихідний сигнал від кожного пристрою можна контролювати за величиною варіювання, яку потрібно використовувати для діагностування ТО.

$$\Delta F_i = F_i - F_0, \quad (7.2)$$

Оскільки розглянутий вище етап перетворень початкової інформації досить добре вивчений і за необхідності може бути завершений шляхом створення мініатюрних безпроводних датчиків-перетворювачів із модуляторами. Очевидно, цей варіант у низці випадків може бути взятий за базовий у процесі розроблення найефективнішого пристрою для діагностики обладнання, наприклад на транспорті.

Приклад розміщення розглянутих облаштувань TRX_i у транспортному засобі зображений на рисунку 7.3.

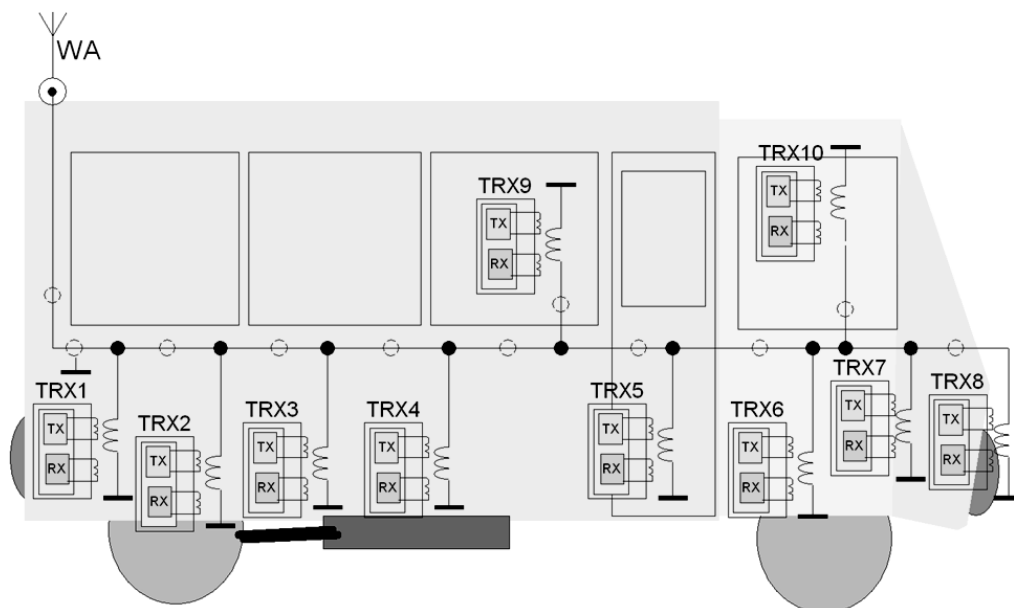


Рисунок 7.3 – Приклад розміщення датчиків в ТЗ:
 TRX_i – дискретні датчики-перетворювачі контрольованих параметрів

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Наведіть переваги та недоліки при дистанційній передачі інформації.

2. Які причини спонукають до неефективного отримання інформації про стан контролюваного об'єкта?
3. Які методи існують для захисту інформаційних сигналів в умовах перешкод?
4. Приведіть схему та опишіть принц роботи перетворювач «напруга – частота».
5. Наведіть приклад розміщення датчиків в ТЗ.

8 ПРОЄКТУВАННЯ ВІЗУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ СПОВІЩЕННЯ

У розглянутих раніше діагностичних пристроях були приклади використання засобів сигналізації за допомогою світлодіодів, які широко застосовуються в усіх сучасних електронних приладах. Приклад використання світлодіода VD1 (діагностика справності в схемі підсилювача DA2 керувального сигналу) зображена на рисунку 8.1.

Вибираючи світлодіоди різного кольору світіння легко створити засоби візуального сповіщення із загальноприйнятим кольорокодуванням: «червоний» – небезпечно; «жовтий» – попередження; «зелений» – норма або дозвіл. Наприклад, таблиця істинності (табл. 8.1) ілюструє формування сигналів несправності в обладнанні, використовуваних у наведеному фрагменті схеми ДП для їх сигналізації [1–3].

Таблиця 8.1 – Таблиця істинності сигналів сповіщення ДП

X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	0	0

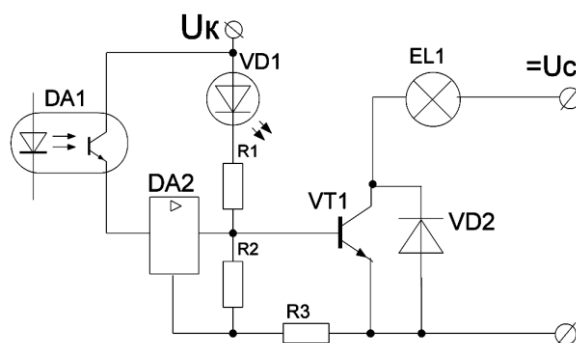


Рисунок 8.1 – Схеми підключення світлодіода

Очевидно, що прийняті кольори джерел світла (Y_i) забезпечують певну логіку функціонування ДП (рис. 8.2). Такі системи широко застосовуються у більшості цифрових ДП на різних об'єктах комунального господарства (транспорт, ліфти, тягові підстанції тощо).

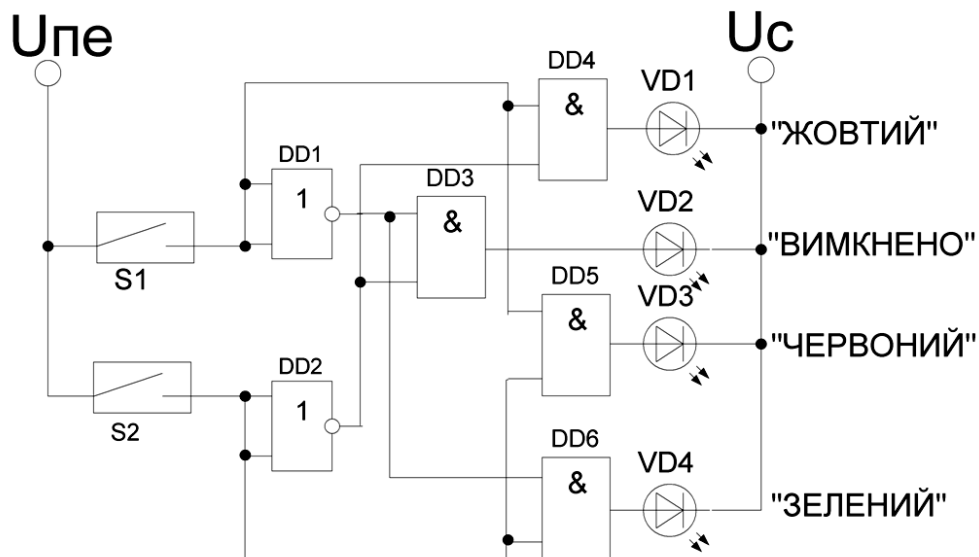


Рисунок 8.2 – Використання сигналів сповіщення в ДП

Більшу інформативність мають засоби сповіщення з сегментними індикаторами, які дають змогу відображати загальноприйняту цифрову або текстову інформацію у вигляді технічних засобів, що називаються інформаційним табло (друк повідомлень). Усі табло реалізуються за допомогою дешифраторів.

Включення семи сегментів найпростішого візуального індикатора залежить від рівнів сигналів на вході дешифратора. Усі можливі варіанти формування «оптичних сигналів» або відображення десяткових цифр на світловому табло розглянуті в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Включення оптичного індикатора

Вхідні сигнали				Сегменти							Десяткова цифра
X4 2^3	X3 2^2	X2 2^1	X1 2^0	A	B	C	D	E	F	G	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3

Продовження таблиці 8.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9

Реалізація облаштування відображення інформації таблиці 8.2 наведена на рисунку 8.3.

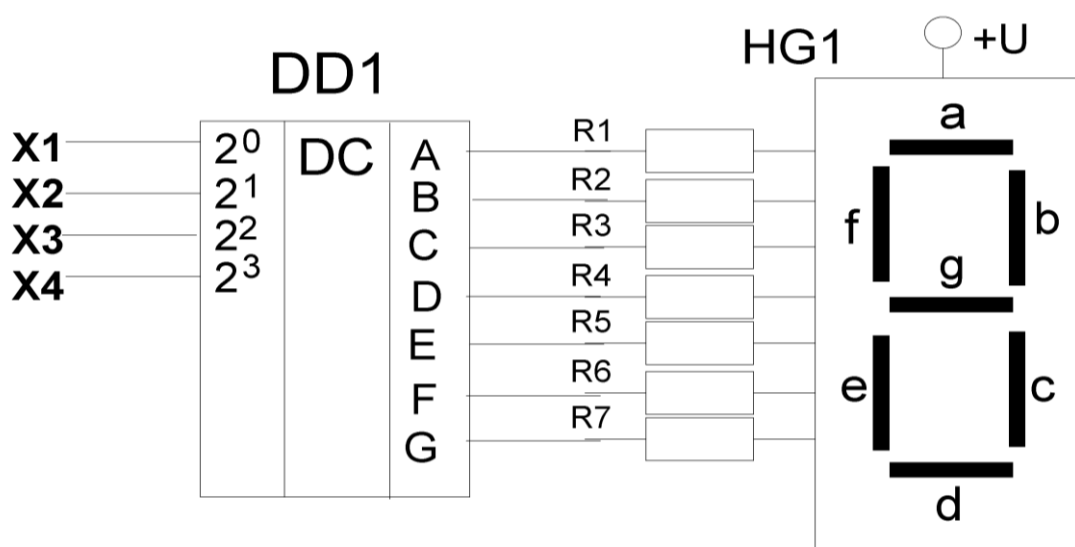


Рисунок 8.3 – Схема застосування дешифратора з оптичним індикатором

Застосовуючи дешифратори в цифрових діагностичних пристроях, потрібно пам'ятати, що всі вхідні змінні $X1$, $X2$, Xn подаються паралельно на входи дешифраторів.

8.1 Розробка оригінальних діагностичних засобів сповіщення

Сучасні діагностичні пристрої мають розширені функціональні властивості, які реалізуються за допомогою програмованих мікроконтролерів і комп'ютерів [1–3].

В умовах проведення потокового контролю, наприклад ЕТ, перевагу потрібно віддати комп'ютерному варіанту експрес-аналізатора різного обладнання. Застосування модульованих інформаційних сигналів істотно спрощує комп'ютерну їх обробку й аналіз. Крім того, не потрібно

застосовувати адекватні математичні моделі для аналізу і поставлення діагнозу, оскільки необхідно реалізувати тільки алгоритм визначення величини для всіх контрольованих змінних. Зручність застосування персонального комп'ютера (далі – ПК), ноутбука, планшета для стаціонарних або переносних стендів обумовлена можливістю організації візуального спостереження варійованого параметра в реальному часі. Застосування модуляції спрощує організацію дистанційного обміну даними за будь-якими каналами. Для запису інформації можна використовувати будь-які пристрої без додаткового перетворення сигналів від датчиків. Як показує досвід синтезу систем передачі даних, наприклад із частотною модуляцією, апаратна частина не потребує великих фінансових витрат для її реалізації, оскільки достатньо складний електронний аналізатор можна реалізувати тільки програмними засобами зі звуковою картою [1–3].

Ураховуючи інтервал частот лінійно взаємопов'язаний із контрольованим параметром (рис. 7.2) можна розробити аналоговий аналізатор, що дозволяє представляти інформаційні сигнали на екрані дисплея у вигляді монохромних ліній, що отримуються за допомогою функції прорисовування ординат у межах Spectr-вікна.

Алгоритм обробки діагностичного сигналу представлений блок-схемою на рисунку 8.4.

Порядкове відображення сигналу на екрані аналізатора ілюструє можливості даного технічного засобу діагностики, який дає змогу достатньо ефективно контролювати і спостерігати варіювання частоти вимірюваної величини щодо опорної частоти (1) – «норма», відповідно на 10 Гц; (3) – «перевищення», 100 Гц; (2) – «небезпечно», 200 Гц; (4) – «СТОП».

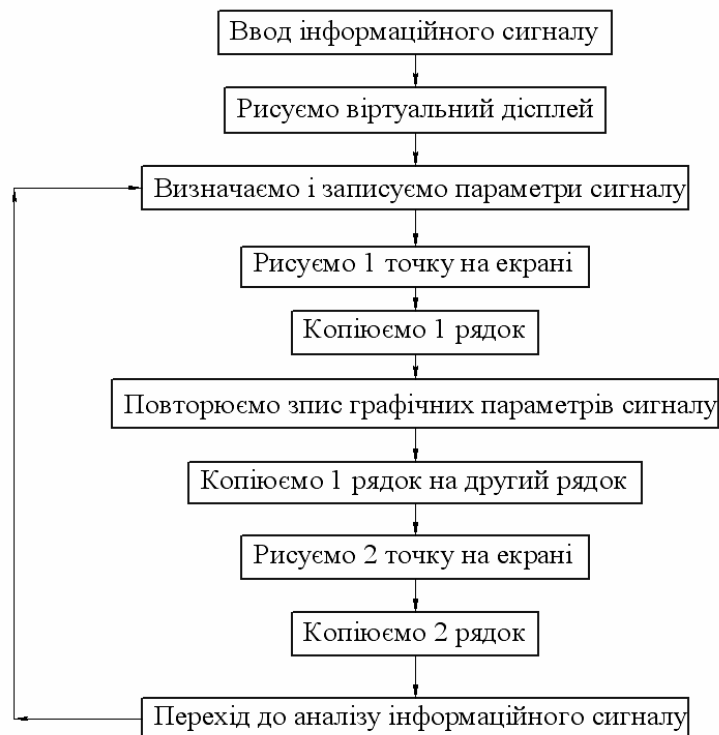


Рисунок 8.4 – Блок-схема алгоритму візуалізації інформаційного сигналу

Приклад інтерфейсу такого аналізатора ілюструє рисунок 8.5.

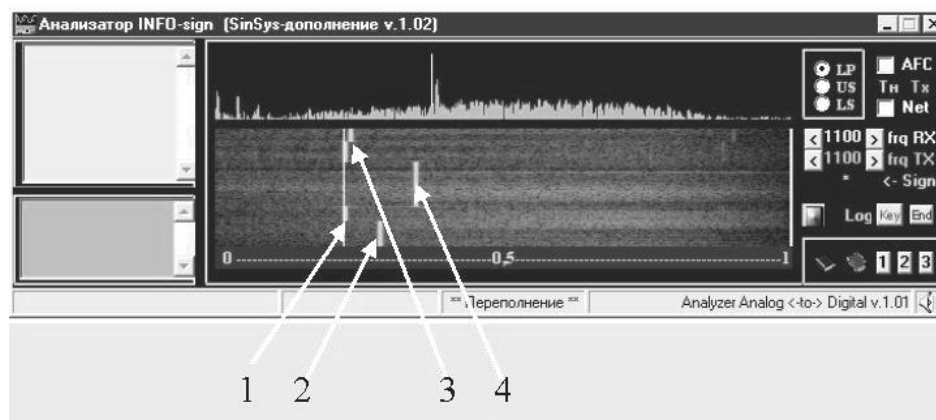


Рисунок 8.5 – Інтерфейс програми діагностичного аналізатора інформаційних сигналів від датчиків:

1 – опорний сигнал; 2–4 – контрольований сигнал у разі варіювання вимірюваного параметра

Враховуючи розміри віртуального екрана та роздільну здатність пристрою, можна стверджувати, що такий варіант експрес-аналізатора придатний для контролю декількох десятків діагностичних параметрів одночасно. Проте в цьому разі потрібно застосовувати засоби ідентифікації

контрольованих величин, які можна використовувати як локальні таймери, амплітудні компаратори та інші технічні рішення.

В автономному варіанті розглянутого діагностичного пристрою для запису даних діагностики під час проведення дискретних вимірювань, очевидно, знадобиться таймер для включення аналізатора та фіксатор тест-заходів. Для цього необхідно передбачити електронний (рис. 8.6) або програмований варіант таймера (годинника).

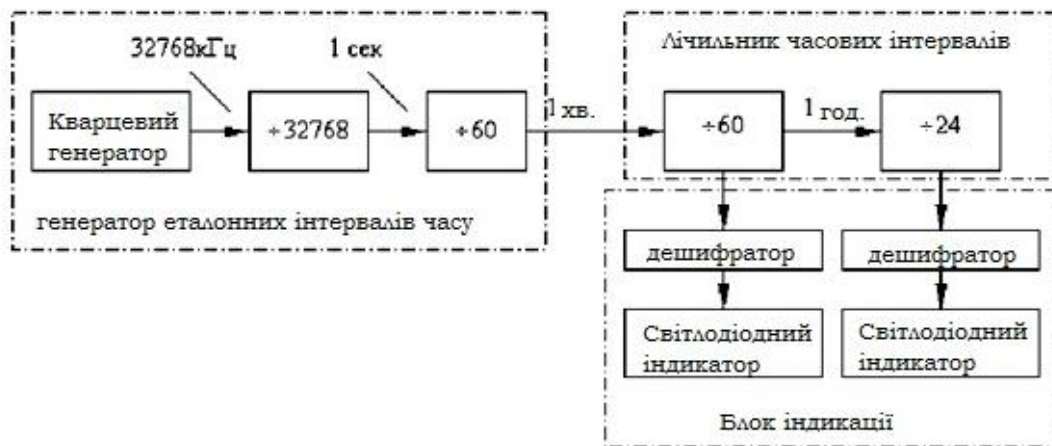


Рисунок 8.6 – Структурна схема таймера включення ДП

Таймер у реальному часі допоможе реалізувати всі діагностичні заходи, що спрощує обслуговування транспорту з попереднім визначенням можливих несправностей обладнання.

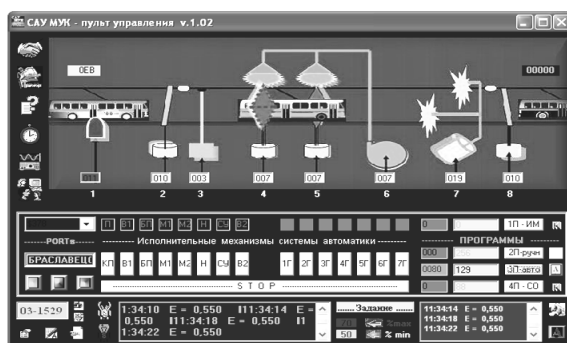
КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Який напівпровідниковий прилад найчастіше використовують в пристроях для сигналізації? Наведіть принцип його дії.
2. Опишіть процес створення засобів візуального сповіщення на основі світлодіодів.
3. Наведіть алгоритм проєктування засобу сповіщення з сегментними індикаторами.
4. Покажіть алгоритм обробки діагностичного сигналу в аналоговому аналізаторі, який представляє інформаційні сигнали на екрані дисплея у вигляді монохромних ліній.
5. Які пристрої необхідні для запису даних діагностики В автономному варіанті діагностичного пристрою, який виводить сигнали на екран дисплея у вигляді монохромних ліній. Наведіть їх структурні схеми та опишіть принцип роботи.

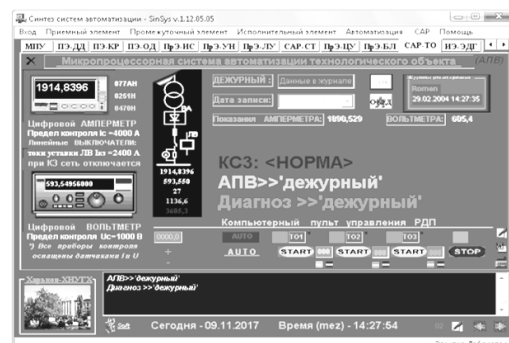
9 ОРГАНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСПОРТУ

Найдешевшим і найефективнішим способом організації комплексних діагностичних засобів є автоматизовані робочі місця (далі – АРМ) для проведення діагностичних заходів різного обладнання. Варіант АРМ комплексного діагностичного аналізу на базі персонального комп'ютера чи декількох мікроконтролерів, за допомогою яких зручно створити інтелектуальні експрес-діагностичні пристрої [1–3].

Наприклад, при щоденному технічному обслуговуванні транспортних засобів ще в мийно-прибиральному корпусі (далі – МПК) можуть виконуватися діагностичні заходи, що дозволяють виявити несправності або сформулювати підозру на несправності компонентів електромеханічного обладнання. У МПК, як об'єкти діагностування, можуть вибиратися: потенціал на корпусі, система гальм, пневматичне обладнання, ходова частина, обладнання тягового двигуна, засоби освітлення, сигналізації та привод дверей. Усім об'єктам, що діагностуються, з однією або декількома контрольованими величинами привласнені умовні кодові номери. Програмне забезпечення реалізує алгоритм опиту семи груп датчиків за кільцевою схемою або вибірково при наборі коду відповідного вузла діагностування. Після аналізу інформаційного сигналу результат виводиться на віртуальний екран у вигляді довідки діагностики за всіма або вибраними кодованими позиціями. Інтерфейс навчально-експериментальної програми наведений на рисунку 9.1.



а



б



В

Рисунок 9.1 – Приклады реалізації діагностичних комплексів :

а – інтерфейс програми АРМ діагностики транспорту в мийно-прибиральному корпусі депо; б – діагностичний комплекс обладнання тягової підстанції в реальному часі; в – інтерфейс програми мобільного діагностичного комплексу транспортних засобів на базі ноутбука

Результати діагностики формуються програмою у вигляді текстового звіту зрозумілого будь-якому користувачеві, який може зберігатися в пам'яті комп'ютера або за допомогою принтера – на папері, відображаючи лаконічну довідкову інформацію для зацікавлених служб у вигляді (рис. 9.2).

```

Автоматизированное Рабочее Место
диагностики оборудования и
систем автоматики
* * *

Диагностика PC to 'SinSys'
TEST-1, TEST-2
* * *

'MultiDiagnostic - START' 853
Диагностика оборудования ПЕ =====
< ET-Diagnostic > < 17:02:53 >
.....(10) ПОТЕНЦИАЛ >>>
..... Н О Р М А =====
.....(11) Системы ТОРМОЗОВ и БЕЗОПАСНОСТИ >>>
..... Н О Р М А =====
.....(12) ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ оборудование >>>
..... Н О Р М А =====
.....(13) Узлы ХОДОВОЙ части >>>
..... Н О Р М А =====
.....(14) Силовое ОБОРУДОВАНИЕ, автоЗАЩИТА >>>
..... Н О Р М А =====
.....(15) ОСВЕЩЕНИЕ, Opto-,Audio-СИГНАЛЫ >>>
..... РЕМОНТ =====
.....(16) Автоматический ПРИВОД ДВЕРЕЙ >>>
..... РЕМОНТ =====
.....
' MULTI-Diagnostic <END> ' 17:03:21 < 0:00:29 >

```

Рисунок 9.2 – Результати діагностики , сформовані програмою у вигляді текстового звіту

Привабливою особливістю пропонованого технічного рішення є використання одного АРМ для діагностики відразу декількох технологічних вузлів транспортного засобу.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Поясніть що таке автоматизоване робоче місце. Наведіть приклади використання таких місць на підприємствах електричного транспорту.
2. Наведіть основні принципи створення інтелектуальних експрес-діагностичних пристроїв.
3. Які є переваги та недоліки при використанні автоматизованих робочих місць?
4. Як ви думаєте, яке технічне забезпечення повинне мати АРМ для ефективної роботи?
5. Наведіть приклади як можна використовувати АРМ в діагностиці.

10 ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Сучасні технології стрімко розвиваються і штучний інтелект (далі – ШІ) сьогодні займає важливе місце у багатьох сферах нашого життя [10–15].

Більшість розробників сьогодні звернулися до найперспективнішого напрямку ШІ — машинного навчання та створення штучних нейромереж.

Нейромережі знаходять своє застосування всюди: дрони з ШІ, ШІ – IBM Watson допомагає лікарям у постановці правильного діагнозу, а нейромережі з функцією розпізнавання осіб допомагають боротися зі злочинністю.

Зараз для діагностики ТЗ використовуються такі методи, як візуальний огляд та комп'ютерна діагностика. В останньому випадку сканери дозволяють виявити несправність за відповідним кодом (DTC), проте часто такі прилади різняться залежно від марки або групи авто. Крім того, шанс виявлення не готівкових, а потенційних проблем у цьому випадку низький.

Як альтернатива на даний час розробляються системи, робота яких заснована на глибокому машинному навчанні.

Алгоритм роботи діагностичних систем із нейромережами наступний.

Транспорт оснащують мікрофонами з діапазоном частот до 100 кГц, які підключаються до смартфона або планшета. Записані шуми передаються на

сервер, де алгоритм аналізує звук і показує, з якою несправністю може бути пов'язаний.

Так програма Sound Analyser використовує алгоритми штучного інтелекту, щоб надійно, точно і швидко розпізнавати рівень зношування деталей та попереджати технічних фахівців про необхідність їх заміни. Для цього програма бере до уваги різні параметри, характерні для конкретної моделі автомобіля та аналізує умови експлуатації. Sound Analyser значно спрощує виконання точної діагностики, оскільки для використання програми майстрам потрібен лише звичайний смартфон або планшет.

Незважаючи на складність алгоритму програми, її робота інтуїтивно зрозуміла. Програма записує звук, який виробляється автомобілем, і порівнює його з тими, що вже знаходяться в його пам'яті. На основі цих даних Sound Analyser видає конкретний опис проблеми. Розумна програма вже здатна розпізнавати десять несправностей з точністю більше 90% і діагностувати такі компоненти, як кермо, компресор системи кондиціонування повітря і блок зчеплень в коробці передач DSG. У майбутньому програма зможе виявляти ширший спектр звукових шаблонів.

В основі роботи Sound Analyser лежать алгоритми нейромереж. Додаток конвертує аудіофайл у спектрограму, яка візуально поділяє акустичні сигнали, а потім за допомогою штучного інтелекту порівнює його з базою звукових зразків для визначення тих чи інших відхилень. У результаті програма повідомляє користувача про характер несправності та необхідності звернутися до сервісного центру.

З червня 2019 року програма для смартфона вже випробовується в 14 країнах, включаючи Німеччину, Австрію та Францію. Загалом у пілотному проєкті взяли участь 245 дилерів ŠKODA. Вони надали безліч аудіозаписів для навчання програми і цим безпосередньо внесли свій внесок у розробку Sound Analyser. Впровадження нових технологій визначення акустичних відхилень від норми відкриє безліч нових можливостей для обслуговування автомобілів з урахуванням датчиків. Крім того, при необхідності підключення автомобілів до мережі може бути використане для запису у відповідний сервіс.

10.1 Діагностика автомобільного двигуна на основі нейронної мережі

Сутність методу полягає в аналізі причин виникнення перехідних режимів роботи механізмів техніки, що ґрунтується на оцінці співвідношень між змінами параметрів векторів входу X та виходу Y деякої системи. Нейронечітка мережа ідентифікує конкретні несправності об'єкта за умови,

що вона була попередньо навчена розпізнавати ту чи іншу відмову або несправність. Для навчання використовуються класичні математичні принципи навчання нейронних чи нейронечітких мереж. Метод містить кілька етапів [10].

Етап 1. Збір експертної інформації з відмов та несправностей та формування бази знань. На даному етапі на основі експериментальних даних, висновків експертів та за допомогою інших достовірних джерел інформації формується база знань. Вона являє собою сукупність навчальних вибірок, що характеризують ознаки та прояви несправностей; ці вибірки надалі подаються на вхід нейронечіткої мережі.

Отже, поставлено завдання визначення технічного стану елементів механічної коробки передачі машин. Вихідна інформація про функціонування МКП, поведінку її параметрів, можливі несправності та причини їх виникнення формується у вигляді експертної бази знань на основі достовірних даних, отриманих від різних джерел. Як додаткові джерела формування бази знань можуть служити результати експериментальних досліджень у стендових умовах і в процесі ходових випробувань, а також статистичні дані щодо відмови. Сформована база знань використовується під час навчання нейронечітких мереж для розпізнавання несправностей. Кількість продукційних правил подібної бази знань становить кілька десятків для опису технічного стану окремого механізму чи кілька сотень для машини загалом.

Етап 2. Створення нейронечіткої моделі. Нейронечітка модель утворюється на математичній основі теорії нейронних мереж та засобів нечіткої логіки (рис. 10.1). Входами мережі є інформаційні змінні X (діагностичні параметри), описані функціями приналежності (N - число інформаційних змінних, M - лінгвістичних змінних по кожному параметру). Як вихід мережі — вектор Y_i — виступають різні критерії, що визначають показники ефективності, якості та безпеки функціонування МКП (коефіцієнт передавального числа, вібрації, пульсації тиску, витоку тощо).

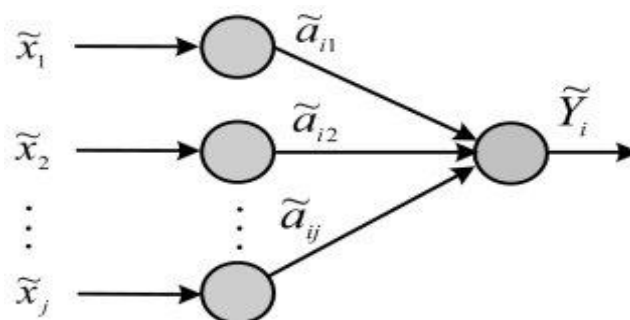


Рисунок 10.1 – Нейронечітка мережа

Для перетворення чітких сигналів у нечіткий вигляд діагностичні параметри фазуються. Кожен із діагностичних параметрів описується декількома (трьома-п'ятьма) термами лінгвістичної змінної. Як правило, для цих цілей використовуються трикутні або гауссівські функції. Для нейронечіткого моделювання використовують спеціалізоване програмне забезпечення (наприклад, програму Fuzzy Logic Toolbox програмного забезпечення MATLAB 7.0). Апроксимуюча модель включає програму з розширенням *.fis, засновану на представленні вхідних параметрів бази нечітких правил нечіткими змінними, і програми формування тестованих і навчальних даних *.m на підставі реальних процесів функціонування МКП. При використанні моделі в режимі реального часу вихідні дані про зміну параметрів МКП надходять від реєстратора мікропроцесора або бортового комп'ютера.

Структура адаптивної нейронечіткої мережі ANFIS, що апроксимує вихід діагностичної системи, показана на рисунку 10.2. При цьому число входів мережі дорівнює кількості діагностичних параметрів, що використовуються.

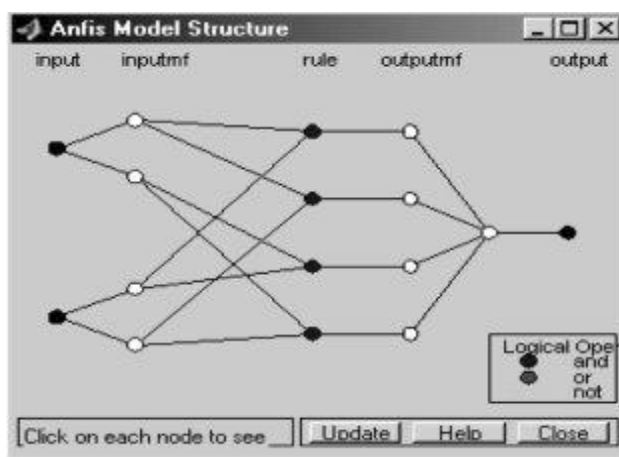


Рисунок 10.2 – Структура моделі ANFIS

Етап 3. Навчання нейронечіткої мережі. Під час навчання мережі її вхід подають сукупність пар навчальних вибірок, які характеризують поєднання діагностичних параметрів щодо різних видів технічного стану механізмів МКП. Значення, яке отримується на виході мережі, відповідним чином інтерпретується.

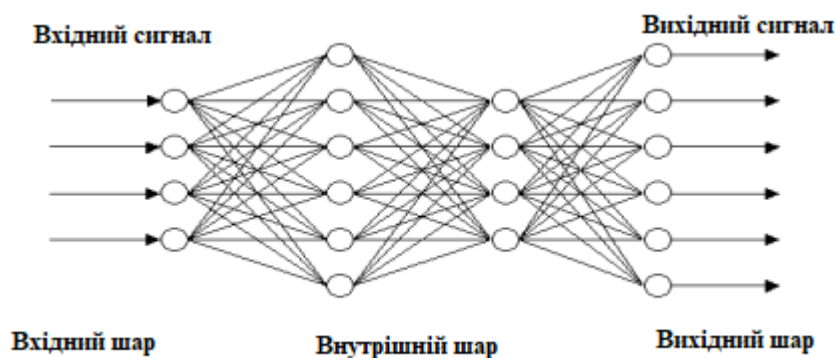


Рисунок 10.3 – Адаптивна нейронечітка мережа ANFIS

Час навчання моделі з використанням комп'ютера з операційною системою Windows XP Professional і встановленою обчислювальною системою MATLAB 7.0 складає всього 10 с. Результат навчання мережі було досягнуто протягом 10 епох.

Етап 4. Нейронечітка ідентифікація та висновок укладання. Цей етап є заключним у процесі визначення технічного стану елементів МКП.

При цьому для отримання технічного діагнозу використовують навчену нейронечітку мережу, а на вхід мережі подається інформація про параметри, що характеризують реальні процеси МКП. Для зручності користувача діагностичної системи числова інформація, одержувана на виході мережі, піддається додатковій інтерпретації і видається, наприклад, у вербальному вигляді (лінгвістичній формі). Тут використовуються спеціальні вікна інтерпретатора, в якому інформація експертної системи про технічний стан механізмів МКП для вибраного режиму функціонування виводиться у візуально-вербальному вигляді. У вікні перегляду експертної системи переглядають графічну інформацію щодо поведінки параметрів на режимі керування або режимі діагностування. У спеціальних рядках виводяться різні повідомлення: види та найменування діагностичних параметрів, їх поточні значення, попередження про виникнення нештатних ситуацій або досягнення параметрів критичних значень та ін. Елементи інтерфейсу експертної системи можуть бути легко змінені відповідно до побажань користувача. Експертна система для діагностування МКП, що реалізує створений метод, супроводжується програмним забезпеченням, розробленим сучасними мовами програмування із залученням засобів візуальної розробки. Запропонований метод забезпечує отримання розширеної достовірної бази знань, швидкість обробки інформації, точність технічного діагнозу і можливість оперативного визначення технічного стану МКП в режимі реального часу.

Переваги запропонованого методу полягають у наступному:

- можливість використання розширеної достовірної бази знань;
- висока швидкість обробки інформації; - велика точність технічного діагнозу;
- можливість оперативного діагностування в режимі реального часу;
- зручність нормативного діагностування на спеціалізованих постах, станціях техобслуговування, на гірничо-збагачувальних підприємствах і т.д.

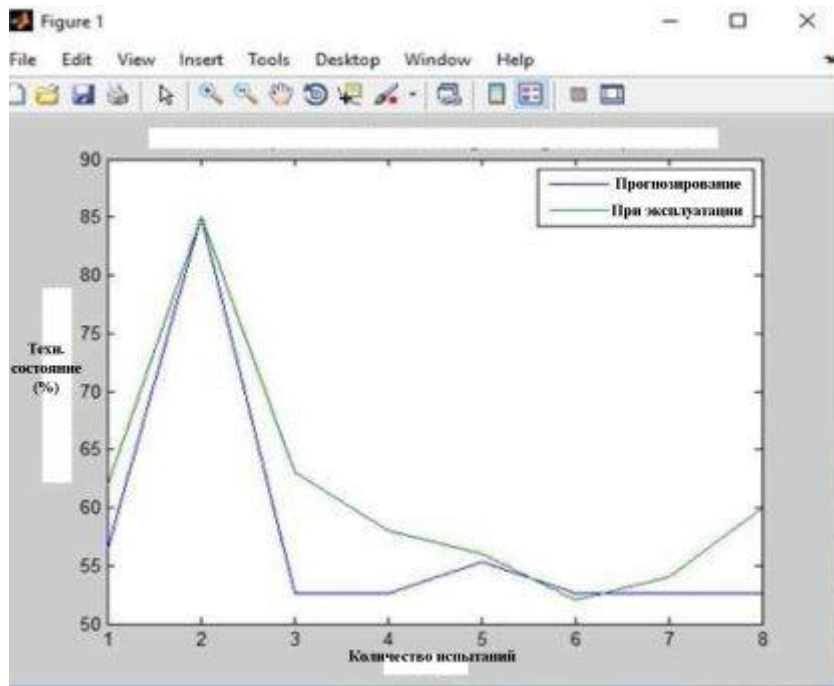


Рисунок 10.4 – Порівняльний результат прогнозування і при експлуатації

Таким чином, діагностування складних технічних об'єктів, у тому, що з параметрів складного технічного об'єкта виділяють окремі параметри, які є ознаками його технічного стану, порівнюють їх із еталонними ознаками вихідного алфавіту класів. Перспективними напрямками розвитку методів та засобів діагностики є методи, засновані на нечіткій логіці або нечітких множинах, експертні системи та нейронні мережі. Штучні нейронні мережі (далі – ШНМ) використовують для ідентифікації об'єктів контролю, розпізнавання образів та прогнозування стану технічної системи. Застосування ІНС дозволить отримати підвищення швидкодії засобів діагностування за рахунок розпаралелювання потоків обробки діагностичної інформації. Метод діагностування складних технічних об'єктів, що базуються на застосуванні нейронечітких мереж, адаптовані до завдань діагностування автомобільного двигуна.

10.2 Діагностування технічного стану об'єктів, що виконують перетворення сигналів з використанням штучних нейронних мереж

Основною метою діагностування технічного стану (далі – ТС) є оптимальна організація процесів оцінки ТЗ об'єктів та систем різної складності. В даний час зменшення економічних та трудових витрат, скорочення часу пошуку та встановлення причини відмови того чи іншого елемента системи, збільшення складності алгоритмів та систем діагностики викликає інтерес до розробки методів та засобів технічної діагностики (далі – ТД), що вимагають мінімальних витрат на їх проектування та реалізацію, і навіть простоту функціонування [11].

Найбільшою популярністю під час вирішення завдань ТД дедалі частіше починають користуватися інтелектуальні системи, побудовані з урахуванням алгоритмів функціонування штучних нейронних мереж (ШНМ) різної архітектури побудови та специфіки виконуваних завдань. У цій роботі розглянуто принцип діагностування об'єктів, що виконують різні перетворення сигналів з використанням ШНМ, суть функціонування яких полягає в побудові неявно-виділеної функціональної залежності даних вихідних сигналів об'єкта контролю (далі – ОК) від вхідних сигналів, тим самим вирішуючи задачу, що неформалізується, без апіорного визначення алгоритму функціонування. Розглянемо модель випрямного пристрою, реалізованого в пакеті Simulink середовища об'єктно-орієнтованого програмування Matlab, представленого на рисунку 10.5.

У справному стані моделі випрямного пристрою за допомогою блоків «Inp» та «Out» здійснюється генерація масиву еталонних навчальних даних у робочу область Matlab при ініціалізації одного циклу функціонування, заданого тимчасовим рядом. Після чого здійснюється навчання нейронної мережі на основі навчальної вибірки.

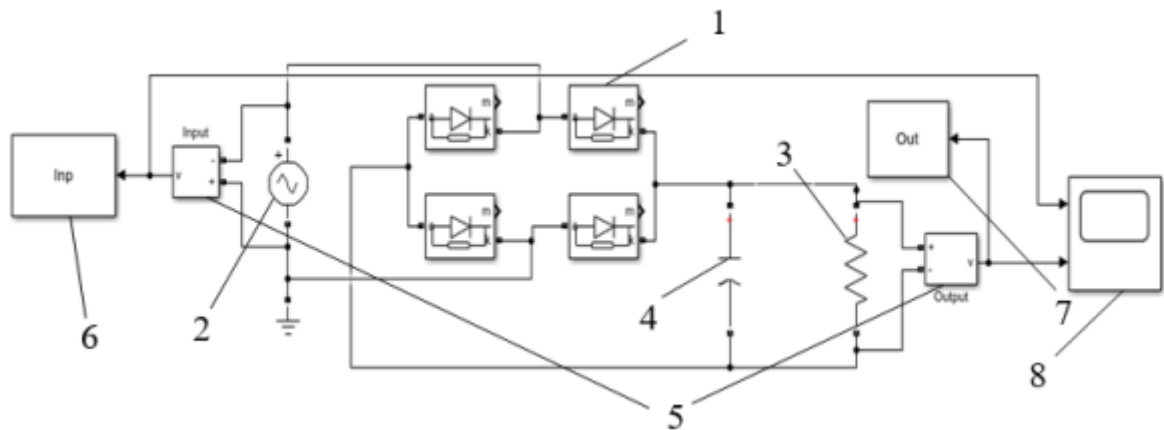


Рисунок 10.5 – Модель випрямного пристрою:

1 – випрямні діоди; 2 – джерело змінного струму; 3 – резистор;
4 – конденсатор; 5 – вимірювальні вольтметри; 6 – блок збору навчальних
вхідних даних; 7 – блок збору навчальних вихідних даних; 8 – осцилограф

Далі проводиться створення двошарової мережі Елмана з масивом входів та діапазоном значень $[minmax(p)]$, яка має 100 нейронів у прихованому шарі та функцією активації $tansig$ (гіперболічний тангенс) та одним нейроном у вихідному шарі з лінійною функцією активації $purelin$. Під час навчання було обрано навчальний алгоритм «Levenberg-Marquardt». Зазначена мережа формується за допомогою команди: $net=newff([minmax(p)], [100 1])$, потім виконується обробка масивів навчальної вибірки:

- створення мережі: $Y=sim(net,Inp);$
- завдання кількості циклів навчання, після яких завершиться навчання мережі: $net.trainParam.epoch=500;$
- визначення інтервалу виведення інформації: $net.trainParam.show=100;$
- команда для виконання процедури навчання: $net = train (net, Inp, Out);$
- моделювання спроектованої мережі: $Y = sim (net, Inp).$

Завершивши алгоритм навчання, структурний блок ІНС включається паралельно ОК оцінки розбіжності перетвореного сигналу (рис. 10.6, 10.7).

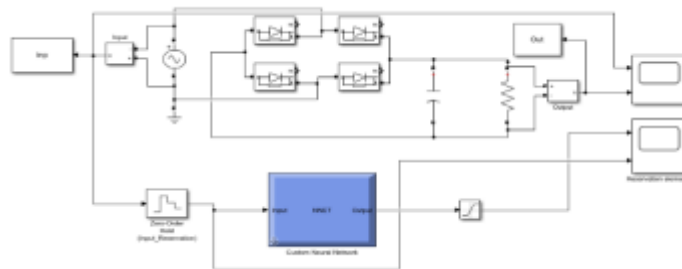


Рисунок 10.6 – Включення ІНС на паралельну роботу ОК

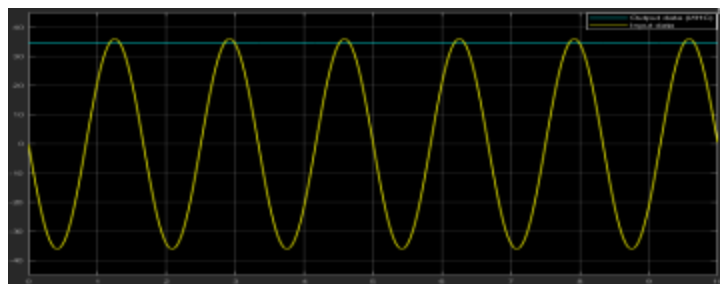


Рисунок 10.7 – Графік еталонного сигналу, перетвореного ІНС

Аналіз графіка, представленого на рисунку 10.7, дозволяє зробити висновок про те, що така ШНМ повною мірою відтворює та справляється з вирішенням задач апроксимації функціональних залежностей.

При виникненні несправності моделі випрямного пристрою, накладення сигналу від випрямного пристрою на сигнал від ШНМ дозволить зафіксувати і обчислити величину відхилення напруги випрямного пристрою від допустимої величини, відповідно до.

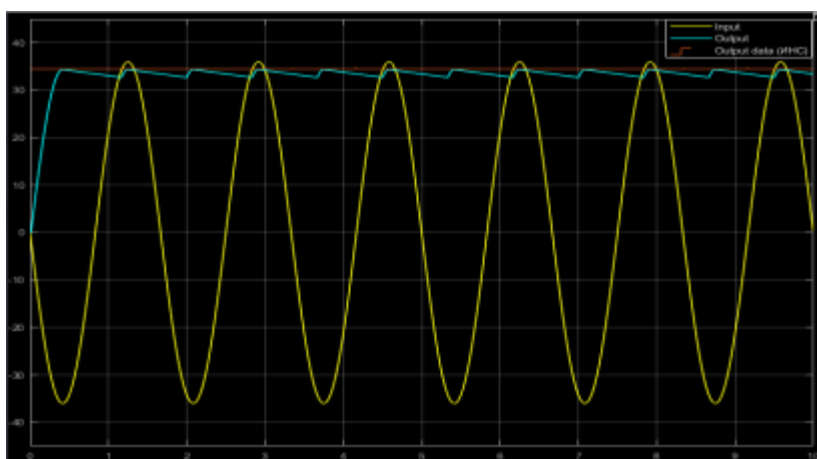


Рисунок 10.8 – Обчислення відхилення сигналу від еталонного значення

Таким чином, застосування ШНМ у задачах технічної діагностики дозволяє вирішувати групи неформалізованих задач без апріорного визначення алгоритму розв'язання з незначною витратою трудових та економічних ресурсів. У найближчій перспективі інтелектуальні системи дозволять здійснювати діагностику ТЗ об'єктів різної складності та архітектури, будучи уніфікованими інтелектуальними діагностичними системами, інваріантними до будь-яких класів та видів використовуваної інформації.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Поясніть, що таке штучний інтелект. Яку роль відіграє штучний інтелект у діагностування транспортних засобів?
2. Наведіть загальну характеристику та принципи побудови нейромереж. Перелічіть приклади використання нейромереж. Нейромережі та діагностування транспортних засобів.
3. Поясніть яким чином машинне навчання впливає на процес діагностування транспортних засобів.
4. Що собою являє комп'ютерна діагностика транспортних одиниць?
5. Опишіть алгоритм роботи діагностичних систем із нейромережами.
6. У чому полягає сутність діагностики автомобільного двигуна на основі нейронної мережі?
7. Опишіть етапи методу діагностування двигуна автомобіля на основі нейронної мережі. Наведіть переваги та недоліки.
8. Яка основна мета діагностування технічного стану транспортної одиниці?
9. Опишіть принцип застосування штучних нейронних мереж у задачах технічної діагностики.
10. Які є перспективні напрямками розвитку методів та засобів діагностики транспортних засобів?

11 ТЕХНІЧНИЙ ДИЗАЙН ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

У світі дизайн пронизує майже всі сфери діяльності, будучи однією з основних елементів культури [15–16]. Дизайн у сучасному світі розуміється надзвичайно широко, як комплексна міждисциплінарна проєктно-художня діяльність, що інтегрує природничо-наукові, технічні, гуманітарні знання, інженерне та художнє мислення, спрямована на формування на промисловій основі предметного світу «зоні контакту» його з людиною у всіх сферах життєдіяльності.

Основною проблемою дизайну, на думку дослідників, є створення культурно- та антропологічного предметного світу, що естетично оцінюється як гармонійного та цілісного. Для цього необхідна інтеграція інженерно-технічних, природничо-наукових та гуманітарних знань (філософії, психології, соціології, історії мистецтв, семіотики).

Вивчаючи питання промислового дизайну, особливе місце відводиться методам дизайну, до яких належать методи формоутворення промислового виробу: художні (стилістична виразність), інженерні (функціональність,

конструктивність, ергономічність) та технологічні; основ методології та етапів дизайн-проектування, де розглядаються питання аналізу дизайну промислового виробу із сучасними вимогами; методології конструювання та технології виготовлення промислових виробів.

Нові етапи розвитку дизайну в ХХІ ст., пов'язані з освоєнням комп'ютерних технологій, наноматеріалів та розвитком мініатюрних пристроїв, в основі яких лежить не механістичний, а когнітивний (пов'язаний із мисленням) спосіб роботи. За час свого існування дизайн перетворився на самостійний вид проектно-мистецької діяльності зі своїм науково-дослідним апаратом, арсеналом проектно-мистецьких засобів. У міру розвитку дизайну його завдання розширюються, охоплюючи дедалі більші галузі, ніж формоутворення продукції. Прийоми та методи сучасного дизайну ускладнюються, включаючи всі можливості сучасних технологій, у тому числі комп'ютерних.

У реалізації різних ідей у сфері застосування діагностичних пристроїв нерідко стикаються з необхідністю створення невеликих проміжних вузлів, які не мають бути жорстко прив'язані до будь-якої централізованої системи, але при цьому щоб була можливість задавати режим їх роботи й отримувати зворотний зв'язок. Логіка роботи ДП має бути досить гнучкою та за можливістю зовнішнього налаштування. Створення вузла ДП на базі недорогих компонентів здебільшого і визначає технічний дизайн комплектувального обладнання діагностичних комплексів [1–3].

Насамперед, маються на увазі локальні автономні пристрої, що мають вигляд закінченого виробу. Вони здебільшого мають тільки роз'єми, а у разі використання дистанційної передачі інформації за радіоканалом тільки антену і малий роз'єм для підключення бортової мережі енергопостачання (окрім випадків автономного електроживлення від батареї) (рис. 11.1).



Рисунок 11.1 – Приклад локального діагностичного пристрою



Рисунок 11.2 – Приклад програми діагностичного пристрою

В іншому технічному дизайні цифрового ДП на базі напівпровідникових компонентів нічим не відрізняється від прийомів, розглянутих у розділі проектування цифрових пристроїв.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Дайте визначення поняттю «дизайн».
2. Яка основна проблема дизайну?
3. Поясняйте, що таке промисловий або технічний дизайн.
4. Які існують методи формоутворення промислового виробу? Опишіть їх.
5. Як розвиток комп'ютерних технологій впливає на вирішення дизайнерських завдань?
6. Наведіть приклади дизайнерських рішень діагностичних пристроїв.

12 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЄКТУ

Перед виготовленням запланованого виробу необхідно з'ясувати чи є даний проект економічно вигідним, чи є потреба у заміні окремих конструктивних елементів, технології виготовлення виробу в цілому, використаних матеріалів тощо. Щоб з'ясувати ці питання проводять експертизу проекту [17–20].

Експертиза виробу нерозривно пов'язана з економікою виробництва, і має достатньо складну структуру. Це пояснюється тим, що виріб має багато характеристик, не лише з точки зору дизайнера, а й технолога, інженера, соціолога, маркетолога.

Після обґрунтування прототипу виробу, чим підтверджується принципова можливість його виготовлення, на конструкторському етапі необхідно надати: обґрунтування витрат необхідних матеріалів, засобів енергії, грошових коштів на оплату праці при виготовленні виробу;

визначення собівартості виробу, що виготовляється; величини запланованого прибутку і договірної ціни виробу; визначення рівня рентабельності виготовленого виробу; планування випуску виробу: кошторис доходів і витрат. Тобто необхідно зробити попередню економічну оцінку доцільності постановки розробленого проєкту на виробництво, її випуску й продажу [17].

На цьому етапі розробки проєкту слід одержати відповіді на такі питання:

- яким має бути розмір коштів для здійснення випуску першої продукції;
- чи буде отримано прибуток від реалізації проєкту і якщо так, то чи буде він достатнім для повернення грошей;
- через який термін будуть повернуті гроші;
- наскільки ємним за платоспроможним попитом, перспективами і конкуренцією буде прогнозований ринок нової продукції;
- якою є планова собівартість продукції, яку розробляють;
- яким є обсяг випуску продукції на ринок;
- скільки років триває реалізація товару на ринку тощо.

У процесі попереднього економічного аналізу корисно визначити дійсну вартість майбутніх грошових потоків, яку генерує інноваційна продукція.

Питання прибутку може бути вирішальним для багатьох видів інноваційної продукції. Якщо неможливо продати продукцію за ціною, що перекидає очікувані виробничі витрати і будь-які пов'язані з цим платежі (виробничі накладні витрати, торговельні витрати тощо), то немає сенсу братися за розробку. Економічна оцінка спроектованого виробу здійснюється на підставі його порівняння з відомими зразками-аналогами і включає оцінку наявності недорогих матеріалів, можливості використання відходів.

Економічне оцінювання об'єкту і процесу технологічної діяльності доцільно здійснювати у такій послідовності [17]:

- визначити витрати матеріалів M_z за таблицею 11.1:

Таблиця 11.1 – Розрахунок витрат матеріалів

Матеріал	Вартість одиниці вимірювання, грн.	Витрати матеріалів	Вартість витрат, грн.
Усього			

- визначити вартість витрат на електроенергію (C_e) під час роботи;

- здійснити розрахунок оплати праці (P_{on}) на підставі, що оплата працівника 3-го розряду здійснюється погодинно
- визначити величину податку на заробітну плату (O_n), який складає 15% від заробітної плати;
- визначити амортизаційні відрахування на інструменти та обладнання за таблицею 11.2

Таблиця 11.2 – Амортизаційні відрахування на інструменти та обладнання

Інструменти і обладнання	Вартість, грн	Час зносу обладнання, грн	Амортизаційні відрахування, грн

- визначити загальну собівартість виготовлення виробу;
- визначити величину прибутку (Π) внаслідок реалізації виробу в межах 10-25% від собівартості виробу;
- визначити договірну ціну (D_v) реалізації виробу;
- визначити рентабельність проєктованого виробу.

Загальний підхід полягає створенні електронної таблиці в комп'ютерному табличному редакторі, яка дасть можливість досліджувати вплив ключових параметрів на вартість проєкту починаючи із простої моделі та поступово її ускладнюючи. Це дослідження рекомендується проводити в такому порядку:

- визначити вартість елементів виробництва;
- створити електронну таблицю для визначення вартості виготовлення продукції;
- розрахувати розмір усіх витрат на комерціалізацію проєкту;
- доповнити електронну таблицю відсутніми витратами по проєкту;
- дослідити чутливість вартості проєкту до ключових параметрів.

Слід пам'ятати, що за допомогою сучасного програмного забезпечення легко розробити доволі складні моделі, здатні давати конкретний результат навіть при суперечливих даних. Майстерність полягає в тому, щоб дати реалістичні оцінки й виявити області невизначеності.

Основними джерелами даних можуть бути:

- відомості про аналогічні вироби. Зібрана інформація може стосуватися матеріалів, компонентів, вузлів, дизайну, характеристик продуктивності;
- виробники та постачальники обладнання, які, зазвичай, із готовністю надають інформацію про його ціни й робочі характеристики. Іноді така

інформація доступна через рекламні матеріали та Інтернет-сторінки компаній;

- компанії, що постачають матеріали й обладнання є природнім джерелом інформації про склад, специфікацію, ціни, знижки тощо. Коли вимоги до матеріалів не відповідають зазначеним даним у прайс-листах, постачальники часто можуть надати розцінки або надійні калькуляції на ці матеріали.

Загалом, підхід до оцінки собівартості виробництва проєкту можна здійснити шляхом послідовних дій:

- скласти виробничу схему проєкту, позначивши на ній зв'язки між етапами;

- для кожного етапу перерахувати всі чинники, які можуть вплинути на вартість. Вирішити, що відомо, а про що потрібно довідатися з інших джерел;

- там, де можливо, потрібно знайти інформацію про вартість, зробити обґрунтоване припущення, переконатися, що не вводите себе в оману, недооцінюючи реальну вартість;

- створити комп'ютерну великомасштабну таблицю (наприклад, в Microsoft Excel, щоб змодельовати виробничу схему та витрати). Переконайтеся, що вона дає розумні відповіді;

- якщо собівартість трохи вища або дуже близька до очікуваної ціни продажу, то це є підставою для продовження роботи;

- якщо вартість набагато нижча за очікувану ціну продажу, можливо упустили щось не враховано або не до оцінено. Необхідно повторно перевірити розрахунки;

- продовжити аналіз виробничої схеми, ускладнюючи її відповідно до збільшення знань про процес. Там, де можливо, варто замінити оцінки реальними даними.

Ефективніше використання обігових фондів передбачає розв'язання завдань з економії сировини, матеріалів, палива, електроенергії.

Джерела показують за рахунок чого можна досягти економії, шляхи показують як саме, за допомогою яких заходів можна заощадити ті чи інші види матеріальних ресурсів.

Джерела економії матеріальних ресурсів:

- зниження ваги виробів;
- зменшення питомої витрати матеріалів;
- скорочення витрат і відходів сировини і матеріалів;
- використання відходів та побічних продуктів;
- утилізації вторинних ресурсів;

– заміна натуральних видів сировини та матеріалів штучними їх видами.

Шляхи економії матеріальних ресурсів:

I. Виробничо-технічні заходи

- первинна обробка та збагачення сировини;
- комплексна переробка сировини;
- застосування ресурсозберігаючої техніки;
- запровадження маловідходної та безвідходної технології.

II. Організаційно-економічні заходи

- удосконалення матеріальних нормативів;
- поліпшення організації матеріального забезпечення виробництва;
- упорядкування системи ціноутворення;
- застосування дійової системи економічного стимулювання.

Серед джерел та шляхів економії матеріальних ресурсів найбільше уваги можна приділити комплексній переробці сировини – це процес промислової переробки результатом якого є добування з вихідної сировини всіх корисних її компонентів та їх повне використання, включаючи і технологічні відходи.

Усі проєктні роботи звичайно починають із попереднього розрахунку витрат на їх реалізацію. Сучасне комп'ютерне проєктування електромеханічних пристроїв має перспективу проводити такий аналіз на будь-яких етапах, що дає змогу уточнювати попередні економічні оцінки проєктів і своєчасно коректувати їх. Очевидно, що в колишніх конструкторів не було такого завдання, яке тепер може виконуватися швидко і досить якісно.

У пакеті програми SinSys на сторінці **«ПрЭ-Эк»** є додаток **«АРМ менеджера-економиста»**. Ця програма реалізує класичний шлях розрахунку економічних показників будь-яких частин проєкту, що виконуються самими проєктувальниками.

Після виклику програми на головний інтерфейс її включення проводиться шляхом натиснення кнопки **«Включение»** (рис. 11.1).

Інтерфейс програми містить органи керування для звернення до списків різноманітної технічної літератури, каталогам спеціальних періодичних видань, джерелам інформації про патенти на винаходи й інші дані, які користувач самостійно може організувати у відповідних папках використовуваного комп'ютера.

Після введення початкових даних у відповідні вікна витрат на впровадження та експлуатацію технічного рішення розрахунок виконується після натиснення на кнопку **«СЧЕТ»**.

Зручність програми полягає в можливості швидко змінити статті витрат для отримання необхідного результату від впровадження проектного пристрою. На підставі розрахункових даних можна сформулювати або скорегувати вимоги до певного технічного рішення для досягнення цілей, обумовлених, наприклад, певними вихідними величинами, що відображають економічні властивості створюваного технологічного об'єкта або пристрою.



Рисунок 11.1 – Интерфейс программы «ПрЭ-Эк» для виконання економічного аналізу проектного обладнання

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

Результати розрахунку для певного технічного рішення програма формує у вигляді електронної таблиці, зручної для зберігання, аналізу і друку в паперовому варіанті. Приклад такого документа ілюструє таблиця 11.3.

Якщо початкові величини для певного пристрою нелогічні або не відповідають вимогам, що висовуються до сучасних аналогічних виробів, «експерт» програми сам зробить відповідні висновки й представить їх користувачеві у вигляді лаконічної фрази. Хоча програма створювалася в навчальних цілях вона, може виявитися корисною і досвідченим проєктувальникам, оскільки наявні в ній особливості дають змогу розробнику уникнути неприпустимих помилок у проєктуванні різного електромеханічного обладнання або їхніх компонентів.

Таблиця 11.3 – Приклад оформлення результатів розрахунку програмою «ПрЭ-Эк»

№ з/п	Статті витрат	Сума, грн	Період окупності, рік
1	2	3	4
1	Витрати на впровадження		
	Дослідницькі та проектні роботи	2 500	
	Комплектувальні вироби	670	
	Розроблення програмного забезпечення	800	
	Пусконаладжувальні роботи	2 500	
	Інші	0	
2	Експлуатаційні витрати «ЕХ»	907	
	Електроенергія		
	Заробітна плата	1 800	
	Нарахування на заробітну плату	666	
	Амортизація (20%)	574,60	
	Інші	0	
3	Експлуатаційні витрати «NEW»		
	Електроенергія	116	
	Заробітна плата	336	
	Нарахування на заробітну плату	124	
	Амортизація (20 %)	115,20	
	Інші	0	
4	Скорочення експлуатаційних витрат	3 356,40	
5	Окупність		1,9

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Яка головна ціль економічного аналізу проекту?
2. Представте послідовність економічного оцінювання об'єкту і процесу технологічної діяльності.
3. Який порядок досліджування впливу ключових параметрів на вартість проекту?
4. Яким чином комп'ютерні технології впливають на проведення економічного аналізу проекту?
5. Перелічіть, які існують основні джерела даних для якісного проведення економічного аналізу?
6. Опишіть алгоритм оцінки собівартості виробництва проекту.
7. Поясніть різницю між джерелами та шляхами економії

матеріальних ресурсів.

8. Які є джерела економії матеріальних ресурсів?
9. Які є шляхи економії матеріальних ресурсів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабічева О. Ф. Автоматизоване проектування електромеханічних пристроїв, компонентів цифрових систем керування та діагностичних комплексів : навч. посіб. / 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.
2. Єсаулов С. М. Аналіз, синтез і проектування цифрових систем керування : навч. посіб. / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 150 с.
3. Єсаулов С. М. Діагностування електрообладнання транспортних засобів : конспект лекцій для студентів 4–5 курсів всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.070502 – Електромеханіка / С. М. Єсаулов ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 98 с.
4. Бороденко Ю. М. Діагностика електрообладнання автомобілів : навч. посіб. / Ю. М. Бороденко, О. А. Дзюбенко, О. М. Биков ; Харків. нац. авто-дорож. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2014. – 300 с.
5. Алексієв О. П. Визначення основних характеристик електричних машин : навч. посіб. / О. П. Алексієв, В. П. Волков, В. І. Калмиков ; Харків. нац. авто-дорож. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 84 с.
6. Алексієв О. П. Мехатроніка транспортних засобів та систем : навч. посіб. / О. П. Алексієв, В. П. Волков, В. І. Калмиков ; Харків. нац. авто-дорож. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 176 с.
7. Бороденко Ю. М. Діагностика мехатронних систем автомобіля : підручник / Ю. М. Бороденко, О. А. Дзюбенко, О. М. Биков ; Харків. нац. авто-дорож. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2016. – 320 с.
8. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. – Чинний від 1996–01–01. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 23 с.
9. Голобородько О. О. Механотронні системи автомобільного транспорту : навч. посіб. / О. О. Голобородько, В. В. Редчиць, О. М. Коробочка. – Харків : ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 300 с.
10. Нгуен М. Т. Діагностика автомобільного двигателя на основе нейронной сети / М. Т. Нгуен // Молодой ученый. – № 26 (264). – 2019. – С. 76–81.
11. Букирёв А. С. Диагностирование технического состояния объектов, выполняющих преобразования сигналов с использованием

искусственных нейронных сетей / А. С. Букирёв, А. Ю. Савченко // Молодой ученый. – № 38 (276). – 2019. – С. 67–69.

12. Єсаулов С. М. Синтез компонентів теплового діагностичного експерта зі штучним нейроном / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, Д. О. Акіньшин // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2021. – № 161. – С. 148–156.

13. Єсаулов С. М. Підвищення ефективності теплового діагностичного контролю справності електродвигунів / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, М. М. Ковалик // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2020. – № 157. – С. 163–171.

14. Єсаулов С. М. Дослідження, моделювання і проектування компонентів штучного нейромережевого модуля для дистанційної теплової діагностики електродвигунів / С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева, Х. О. Рогожина // Комунальне господарство міст : наук.-техн. зб. / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків, 2019. – № 151. – С. 13–22.

15. Промышленный дизайн автомобилей: вчера, сегодня, завтра : сайт. – Режим доступа : <https://klona.ua/blog/promyshlennyy-dizayn/promyshlennyy-dizayn-avtomobiley-vchera-segodnya-zavtra>, свободный (дата обращения: 17.10.2022). – Название с экрана.

16. Промышленный дизайн: что это и для чего он нужен? : сайт. – Режим доступа : <https://nsk.itstep.org/blog/industrial-design-what-is-it-and-what-is-it-for>, свободный (дата обращения: 18.10.2022). – Название с экрана.

17. Економічний аналіз проекту : сайт. – Режим доступу : <https://studfile.net/preview/7284868/page:20/>, вільний (дата звернення: 18.10.2022). – Назва з екрана.

18. Костюк В. О. Техніко-економічний аналіз діяльності підприємств міського господарства : навч. посіб. / В. О. Костюк ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 245 с.

19. Виконання економічної частини дипломних проектів : метод. вказів. до викон. економ. частини дипломних проектів магістрів денної форми навчання зі спеціальностей 8.092201 – Електричні системи і комплекси транспортних засобів, 8.092202 – Електричний транспорт, 8.092203 – Електромеханічні системи автоматизації та електропривод і 8.100402 – Транспортні системи / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; [уклад. В. І. Тітяєв]. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 20 с.

20. Розробка економічного розділу дипломної роботи: загальні метод. реком. по розробці економічного розділу дипломної роботи для студентів 5–6 курсів денної і заочної форм навчання зі спеціальностей 7092201 – Електричні системи і комплекси транспортних засобів, 7.092202 – Електричний транспорт, 7.092203 – Електромеханічні системи автоматизації та електропривод / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; [уклад. В. І. Тітяєв]. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 7 с.

Навчальне видання

БАБІЧЕВА Ольга Федорівна,
ЄСАУЛОВ Сергій Михайлович,
ВОРОНОВ Роман Володимирович

ДІАГНОСТИЧНІ КОМПЛЕКСИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

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

Відповідальний за випуск *О. Ф. Бабічева*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Р. В. Воронов*

План 2022, поз. 79Л

Підп. до друку 15.02.2023. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 5,7

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.