

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять

з навчальної дисципліни

«ДІАГНОСТИЧНІ КОМПЛЕКСИ»

*(для студентів 5–6 курсів усіх форм навчання
освітнього рівня «магістр» спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації до проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Діагностичні комплекси» (для студентів 5 – 6 курсів усіх форм навчання освітнього рівня «магістр» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 49 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. С. М. Єсаулов,
канд. техн. наук, доц. О. Ф. Бабічева

Ці методичні вказівки присвячені вивченню компонентів цифрових систем керування, застосовуваних на різних об'єктах транспорту і комунального господарства, та виконання контрольної роботи.

Рецензент

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

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 3 від 04.09.2018.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ.....	5
1.1 Короткий опис робіт	5
1.2 Огляд науково-технічної інформації	8
ТЕМА 1. Розрахунок вимірювальної схеми і складання покрокового алгоритму перевірки.....	11
ТЕМА 2. Розрахунок вимірювального моста і вибір елементів промислового виготовлення для його реалізації (ремонт).....	16
ТЕМА 3. Проектування алгоритму діагностування електроустаткування транспортного засобу	27
ТЕМА 4. Моделювання несправних компонентів для діагностування електроустаткування на транспорті.....	32
ТЕМА 5. Розробка пристрою сповіщення і сигналізації у засобах діагностики на транспорті.....	37
ТЕМА 6. Проектування пультів пристроїв діагностики.....	42
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	48

ВСТУП

Сучасні методи діагностування справності компонентів електроустаткування найінтенсивніше впроваджуються на транспорті. Причиною тому є своєчасне виявлення й усунення можливих несправностей в компонентах електричних схем, що є гарантом безпеки експлуатації й руху транспортних засобів.

На зміну ручним способам пошуку несправностей електроустаткування тепер прийшли автономні бортові пристрої діагностики, що вбудовуються безпосередньо на транспортних засобах. На станціях технічного обслуговування операції пошуку несправностей в електроустаткуванні тепер все частіше здійснюються за допомогою автоматичних діагностичних стендів і автономних тестерів. Створення таких діагностичних пристроїв стало можливим в результаті активного використання напівпровідникових елементів високої інтеграції, включаючи програмовані електронні компоненти, що дозволяють створювати надійне інтелектуальне устаткування, що прийшло на зміну фахівцям різної кваліфікації у сфері обслуговування транспорту.

Створювана нині для муніципальних потреб техніка на базі транспортних засобів відрізняється використанням в ній нових матеріалів і технологій, що дозволяють постійно розширювати спектр функціональних властивостей, підвищувати надійність при експлуатації електроустаткування. Проте висока якість роботи сервісних підрозділів і центрів для обслуговування муніципальної техніки можна досягти при постійному вдосконаленні технічних засобів для виявлення можливих і виникаючих несправностей в електричних і електромеханічних блоках самого різного призначення.

В курсі практичних занять передбачено рішення ряду завдань, які вимагають від студента практичних знань схемотехніки з використанням різної елементної бази, теорії автоматичного управління, принципів моделювання електромеханічних систем, мікропроцесорної техніки та інших дисциплін. При виконанні курсової роботи студент повинен навчитись використовувати свої досвід і знання, що отримані при виконанні лабораторних і практичних робіт, передбачених в цьому курсі. Освоєння етапів складання алгоритму пошуку несправностей в електрообладнанні й шляхів реалізації алгоритму за допомогою сучасних технічних рішень дозволять не лише зрозуміти принципи використання автоматичних засобів діагностики на транспорті, але і навчитись самостійно синтезувати такі пристрої для діагностики електроустаткування широко використовуваного на транспортних засобах муніципального призначення.

1 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

Практичні роботи з дисципліни «Діагностичні комплекси» виконуються згідно індивідуальних практичних завдань на тему: «Автоматизація діагностування електрообладнання об'єкту комунального господарства із спеціальним додатковим електромеханічним устаткуванням».

1.1 Короткий опис робіт

1. Вступ. Огляд матеріалів науково–технічної літератури і патентних джерел, що розкривають призначення засобів діагностування електромеханічного устаткування на транспортних засобах (далі – ТЗ) муніципального призначення.

Опис технологічного об'єкта (згідно з індивідуальним завданням), його призначення, пристрій, технічні характеристики, особливості експлуатації та причини виходу із ладу окремих вузлів і блоків, діагностування справності всіх компонентів.

2. Мета. Необхідно розробити компоненти технічного засобу для автоматизації процесу діагностування устаткування спеціального транспортного засобу призначеного для виконання робіт на об'єктах мегаполісу.

Завдання включає назву технологічного об'єкту, набір початкових даних для проектування діагностичного пристрою, до складу якого входять схема керування електричним приводом, аналоговий блок перетворення контрольованого технологічного параметра в електричний сигнал (датчик з вимірювальною схемою), засоби контролю інших діагностичних величин.

3. Зміст основних розділів.

– Згідно з індивідуальним завданням на підставі огляду технічної літератури й інформаційних матеріалів в мережі Інтернет скласти словесний опис конкретного спеціалізованого транспортного засобу, вживаного для виконання певного виду робіт на об'єктах муніципального господарства.

– Вивчити будь-який фрагмент принципової початкової електричної схеми реального електроустаткування транспортного засобу (дільники напруги, блоки керування електроприводами, електронні підсилювачі та ін.), несправність компонентів, яка може привести до відмови устаткування при його експлуатації (див. розділи дисципліни «Мікросхемотехніка»).

– Для діагностики справності певних компонентів вибрати їх у фрагменті початкової принципової електричної схеми, виконати розрахунок електричних параметрів елементів для забезпечення покрокового діагностування розрахункових рівнів електричних величин в схемі (тема 1).

Вибрати варіанти датчиків з вимірювальними пристроями для діагностики справності компонентів схеми. За допомогою програми SinSys виконати розрахунок окремих елементів (аналоговий пристрій діагностики технологічного параметра з уніфікованим вихідним сигналом – вимірювальна схема з нормалізатором) і запропонувати покроковий алгоритм ручного пошуку несправних елементів за допомогою переносних вимірювальних приладів. (тема 2, лр2).

– Запропонувати схеми приймальних елементів для контролю гранично допустимих рівнів інших електричних величин (струму, напруги та ін. за допомогою гальванічних ізоляторів – оптопар) (лр2).

– На основі блок-схеми взаємозв'язку структурних і діагностичних параметрів скласти загальний алгоритм діагностування ТЗ (тема 3).

– Скласти блок-схему взаємозв'язку компонентів електроустаткування і принципові електричні схеми окремих блоків (контактно-релейні схеми – КРС, аналогові, цифрові), вибраних для діагностування. Представити короткий словесний опис призначення схем (тема 3, див. розділи дисципліни «Мікропроцесорні пристрої» – МПП).

– Розробити необхідні математичні моделі дискретної схеми керування електрообладнання на ТЗ (контактно-релейна або на логічних елементах) (тема 4).

– Запропонувати функціональну схему діагностування компонентів схеми на логічних мікросхемах (див. розділи дисципліни МПП).

– Розробити принцип кодування параметрів діагностики (не менше трьох параметрів для ТЗ і для додаткового устаткування) (тема 4).

– Вибрати приймальні елементи (датчики) для діагностування дискретних і аналогових величин (тема 3), засоби сповіщення (тема 5) і запропонувати варіант розміщення цих елементів на ТЗ (лр5).

– Підготувати проект роз'ємів діагностики для ТЗ і спеціального устаткування (ескізи роз'ємів і таблиці призначення клем) (теми 1, 4).

– Запропонувати засоби захисту інформації від перешкод, наприклад, за допомогою модулятора інформаційних сигналів (лр4).

– Запропонувати алгоритм діагностування устаткування спеціального ТЗ за допомогою програмованого мікроконтролера на базі розроблених математичних моделей компонентів схеми (див. розділи дисципліни МПП).

– Розробити фрагмент програми для реалізації алгоритму діагностування із сповіщенням оператора різними сигналами тривоги (див. розділи дисципліни МПП).

– Виконати розрахунок джерела електричного живлення для усіх компонентів діагностичного пристрою від бортової мережі ТЗ (імпульсне джерело живлення або інший з перетворювачем бортової напруги (лр7).

– Скласти перелік елементів (специфікацію) діагностичного пристрою, які необхідно розмістити на пульті. Запропонувати ескізний проект пульта автоматичного діагностичного пристрою для спеціального транспортного засобу (тема 6).

4. Економічний аналіз технічного рішення

На підставі аналізу електричних параметрів усіх блоків розроблюваного пристрою, для діагностування устаткування спеціалізованого ТЗ виконати економічний аналіз проектованого технічного рішення (бажаний термін окупності менше 4 – 3 років) (лр8).

5. Висновок. Включає висновки про достоїнства і недоліки пропонованого технічного рішення на базі розроблених компонентів. Відзначаються можливості реалізації пристрою на сучасній елементній базі і перспективах подальшого вдосконалення пропонованого засобу діагностики. Формулюється ув'язнення про доцільність використання пропонованого автоматичного засобу діагностики безпосередньо на ТЗ (автономний діагностичний пристрій) або у вигляді діагностичного стенду (стаціонарний пристрій в цеху технічного обслуговування).

6. Список літератури та інших джерел технічної інформації

Примітки: Кожен студент виконує свій варіант курсової роботи відповідно його номера в журналі академічної групи (залікової книжки для студентів заочного навчання).

1. Записка розрахункового пояснення курсової роботи обсягом 30 – 35 стор. виконується на аркушах формату А4 (210x297 мм), яка повинна містити: титульний аркуш (додаток А), вступ, мета, завдання на курсову роботу, основні розділи роботи, що розкривають особливості ТЗ, структуру і взаємозв'язок основного електроустаткування ТЗ і його додаткових компонентів, блок-схеми, принципові електричні схеми, виконуються відповідно до вимог ДСТУ технічної документації.

2. Розрахунки компонентів виконуються в середовищі пакету програм MS Excel, SinSys та ін.

3. Економічний аналіз виконується з використання цих постачальників послуг з розробки електронних пристроїв і каталогів електротехнічних компонентів, що поставляються на ринок України вітчизняними і зарубіжними фірмами і компаніями.

4. Список літератури повинен містити лаконічну інформацію про сайти Інтернет, якщо на них приводяться посилання.

5. Зміст.

1.2 Огляд науково-технічної інформації

Нині парк спеціалізованих транспортних засобів для муніципальних підприємств постійно оновлюється, оскільки виробники прагнуть створювати все нові й нові засоби механізації, що забезпечують якісне прибирання вулиць, парків і безвідмовне функціонування інших об'єктів в місцях проживання населення міст і селищ. Прибиральна техніка і транспортні засоби самого різного призначення проектуються найчастіше з використанням електричних машин, двигунів внутрішнього згорання і автомобілів. Експлуатація таких машин і механізмів здійснюється малим числом обслуговуючого персоналу, оскільки усі операції зазвичай автоматизовані, а від обслуговуючого персоналу вимагаються знання і практичні навички правильної експлуатації технологічного устаткування. Для освоєння транспортних засобів необхідно заздалегідь вивчити мануали, що відбивають їх пристрій, що передбачається при виконанні курсової роботи. Перелік технологічного устаткування для муніципальних підприємств включає електро-, гідро-, пневмонасоси, різні підйомники, машини технічного обслуговування контактних мереж і тягових підстанцій, снігоочисники та ін.

Для вивчення пристрою будь-якого з таких технічних засобів зручно скористатися пошуковою системою глобальної мережі Internet. Для цього на персональному комп'ютері, підключеному до мережі, необхідно запуснути програму оглядач мережі або веб-оглядач, що дозволяє показ і взаємодію з текстом, рисунками та іншою інформацією присутньої на сторінках веб-сайтів у всесвітній мережі Internet або локальній мережі Internet. Текст і рисунки на сторінках сайту можуть мати гіперпосилання на інші сторінки цього або іншого сайту. Таким чином, браузер дозволяє користувачеві швидко і легко дістати доступ до безлічі веб-сторінок на безлічі веб-сайтів переходячи за посиланнями. Більшість браузерів також наділені здібностями до перегляду

змісту FTP-серверів. Фрагмент інтерфейса браузера Mozilla Firefox ілюструється на рисунку 1, який опублікував результати пошуку джерел інформації, що стосуються «Пересувних станцій технічного обслуговування» (був заданий у вікні «Пошук»). У зв'язку з тим, що початкових джерел дуже багато, то користувачеві необхідно приділити час для збіглого перегляду їх і вибору найбільш корисної інформації, яка вимагається для виконання завдань курсової роботи. Для цього зазвичай аналізується реклама матеріалів сайтів, а перехід на вибраний сайт здійснюється шляхом натиснення покажчиком мишки вибраної текстової анотації. На рисунку 2 представлено фрагмент інтерфейсу сайта, присвяченого устаткуванню пересувних станцій технічного обслуговування.

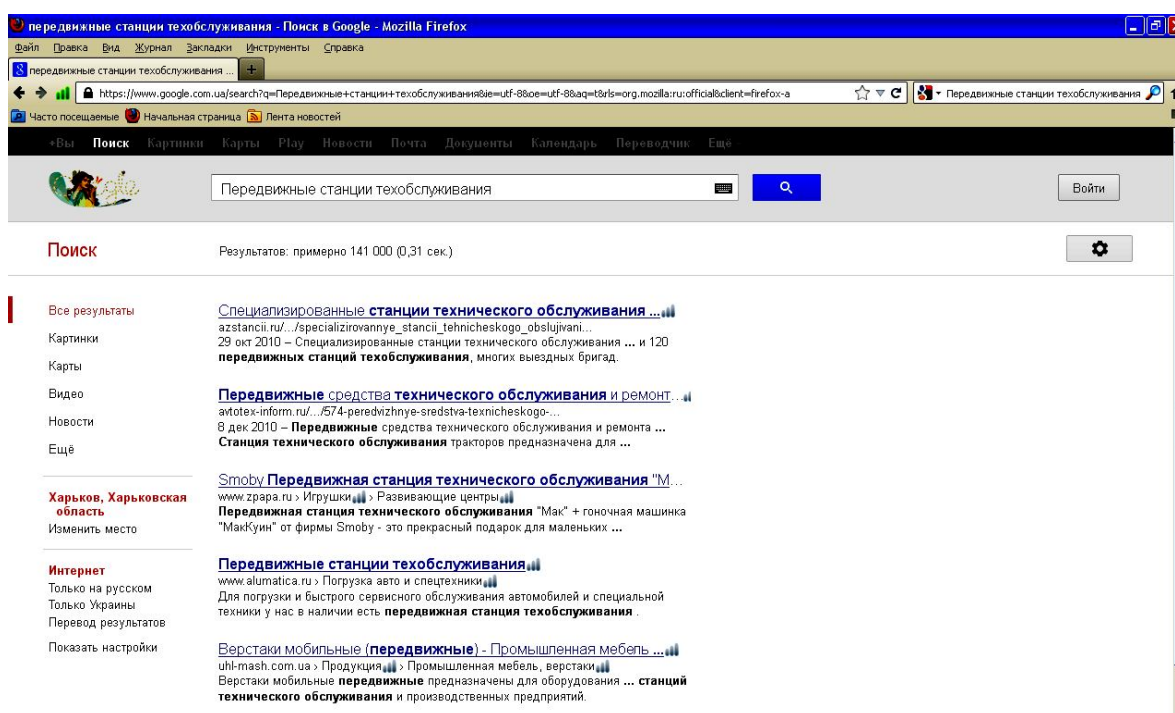


Рисунок 1 – Фрагмент интерфейса браузеру в режимі пошуку інформації

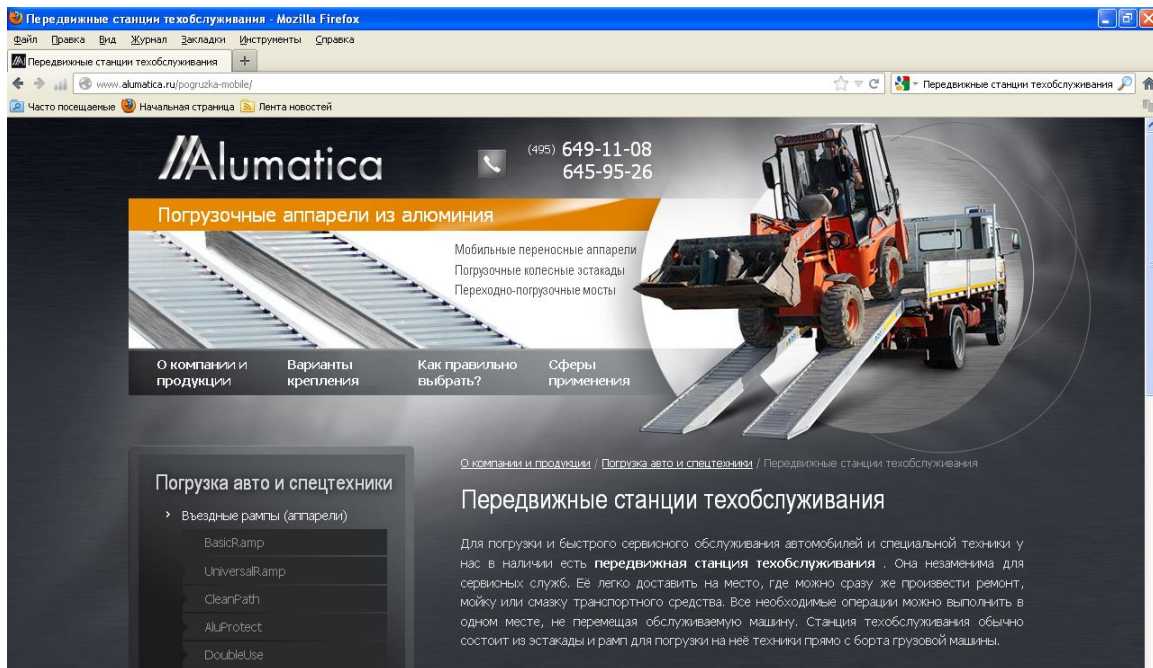


Рисунок 2 – Фрагмент інтерфейса сайту «Пересувних станцій техобслуговування» на базі автомобілів

Сучасний браузер є комплексним застосуванням для обробки і виведення різних складових веб-сторінки, і для надання власного інтерфейсу для взаємодії між різними веб-сайтами мережі й відвідувачами.

Знайдений корисний матеріал потрібно копіювати для подальшого використання його в курсовій роботі з обов'язковим посиланням на нього в списку використаної літератури – «посилання на сайт» – джерело інформації у вигляді: дистанційне навчання [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ut9li.narod.ru>

ТЕМА 1 Розрахунок вимірювальної схеми і складання покрокового алгоритму перевірки

Мета: навчитися читати електричні схеми і розраховувати компоненти пристроїв на резисторах постійної і змінної величин, визначати значення напруги і струму в окремих ланцюгах для технічного діагнозу справності блоків електротехнічного устаткування.

Відомості з теорії

Технічна діагностика – встановлення ознак, що характеризують наявність дефектів в пристроях, елементах, блоках і так далі, або пророцтва можливих відхилень в режимах роботи устаткування за допомогою діагностичної апаратури.

Резистор (опір) – елемент електричних пристроїв, призначений для чинення активного опору електричному струму. R – стандартне буквене позначення резисторів на схемах з числовою індексацією ($R1$, $R2$, Rn), здійснюваною їх розміщенням на схемі зліва направо і зверху вниз.

Резистори характеризуються номінальним значенням опору (0,1 Ом – 10 ТОм), допустимим відхиленням опору (0,125 – 20 %), розсіюваною потужністю (0,25 Вт – 3 МВт).

Промислового виготовлення резистори бувають постійної і змінної величин, значення яких строго відповідають певному ряду номінальних величин опорів, що відбивають асортимент елементів, що випускаються, і допустимі відхилення номінальних параметрів (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Довідник ряду номінальних величин опорів резисторів в програмі SinSys (ПРЭ-ИС > R - C)

Розсіювана потужність резистора побічно характеризує кількість електричної енергії, що виділяється у вигляді тепла, перевищення якої може привести до теплового руйнування резистора.

Величина опору складеного резистора при послідовному з'єднанні елементів визначається сумою окремих опорів, а при паралельному – зворотною величиною суми зворотних величин усіх резисторів.

Резистори змінної величини використовуються для практичної реалізації опорів, що не входять в ряд номінальних величин, і при налагодженні електротехнічного устаткування (наладка, налаштування).

Резистивний дільник напруги – пристрій, що дозволяє знімати (використовувати) тільки частину наявної напруги, наприклад, для контролю функціонування окремих компонентів, не міняючи при цьому електричні параметри схеми.

Роз'єм електричний (роз'єм штепсельний) – електромеханічний пристрій, призначений для швидкого з'єднання (роз'єднання) одного або декількох десятків дротів окремих блоків електричної схеми. Складається з вилки, що містить циліндричні або ножові контакти і розетки з контактними гніздами (позначення – $XT1$, $XT2$, XTn).

Приклад 1.1 Виконати розрахунок компонентів електричної принципової схеми на резисторах (рис. 1.2) і визначити вихідні параметри пристрою при заданих початкових величинах резисторів і напруги на вході схеми згідно із завданням в таблиці 1.1.

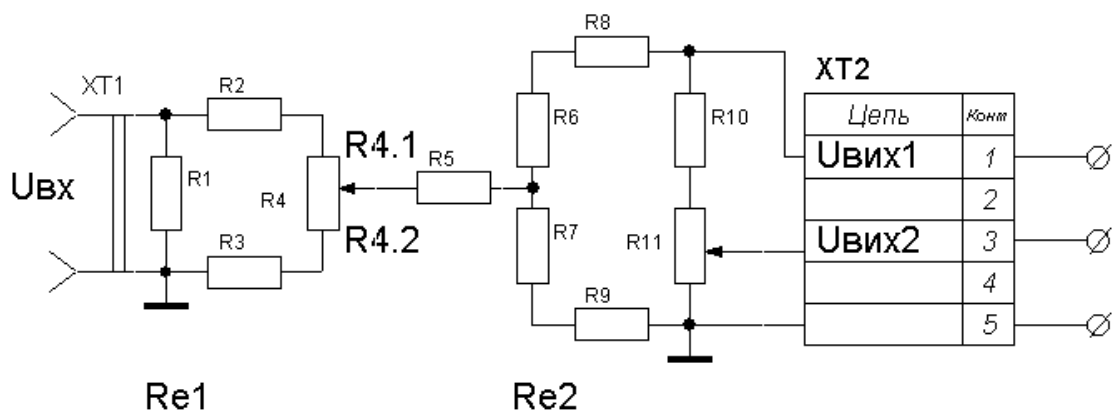


Рисунок. 1.2 – Принципова електрична схема пристрою на резисторах:

$R1 - R11$ – резистори; U_{ex} – напруга на вході схеми;

$U_{вих1}$, $U_{вих2}$ – напруга на виході схеми; $XT1$, $XT2$ – роз'єми

Заздалегідь схему розділимо на дві частини Re1 та Re2 і виконаємо розрахунки для кожного компонента окремо.

Для елемента Re1: визначимо загальний опір елемента

$$Re1 = \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2 + R3 + R4} \right)^{-1} \quad (1.1)$$

і струм навантаження I_{ex}

$$I_{ex} = \frac{U_{ex}}{Re1}. \quad (1.2)$$

Знайдемо величину струму I_2 через резистори $R2 - R4$

$$I_2 = \frac{U_{ex}}{R2 + R3 + R4} \quad (1.3)$$

і рівень напруги U_5 на движку резистора $R4$ при заданому співвідношенні його частин $R4.1/R4.2$

$$R4.2 = \frac{n4.2 \cdot R4}{n4.1 + n4.2}; \quad (1.4)$$

$$U5 = I_2 \cdot (R3 + R4.2). \quad (1.5)$$

Для елемента Re2: загальний опір складеного компонента

$$Re2 = \left(\frac{1}{R7 + R9} + \frac{1}{R6 + R8 + R10 + R11} \right)^{-1}; \quad (1.6)$$

і величина струму I_5 навантаження

$$I_5 = \frac{U_5}{R_5 + Re2}; \quad (1.7)$$

Розрахуємо величини напруги U_6 на вході компонента

$$U_6 = I_5 \cdot (R7 + R9) \quad (1.8)$$

і струму I_6 на ділянці напруги контрольованої частини схеми

$$I_6 = \frac{U_6}{R6 + R8 + R10 + R11}. \quad (1.9)$$

Отримавши початкові дані, можемо розрахувати вихідні величини $U_{вих1}$, $U_{вих2}$, які виводяться на роз'єм XT2 передбаченому в схемі для підключення до пристрою іншого периферійного устаткування або спеціальних засобів для

контролю справності роботи електричної схеми без демонтажу самого пристрою (роз'єм діагностування):

$$U_{вих1} = I_6 \cdot (R10 + R11); \quad (1.10)$$

$$U_{вих2} = I_6 \cdot \left(\frac{R11 \cdot N}{100} \right). \quad (1.11)$$

Висновки: виконані розрахунки можна використовувати для складання карти діагностування електричної принципової схеми за допомогою вольтметра, при виконанні планової перевірки або пошуках несправностей при відмові цього пристрою. Розширений технічний діагноз для схеми можна забезпечити за допомогою роз'єму діагностики ХТ2, (при необхідності вибирають роз'єм з необхідною кількістю клем), до якого окрім $U_{вих1}$, $U_{вих2}$ необхідно підключити точки контролю величин U_5 і U_6 схеми (доповнити схему).

Контрольні питання

1. Що таке резистивна схема?
2. Як складаються резистивні схеми і які параметри можна розрахувати для таких пристроїв?
3. Що таке резистивний дільник напруги і для чого він використовується?
4. Як визначається опір послідовно сполучених резисторів?
5. Як визначається опір паралельно сполучених резисторів?
6. Як визначається опір комбінованих з'єднань резисторів?
7. Поясніть призначення рядів номінальних величин резисторів.
8. Як враховуються допустимі відхилення номінальних значень і розсіювана потужність резисторів?
9. Поясніть призначення змінних резисторів в електричних схемах.
10. Для чого в схемах використовуються штепсельні роз'єми?

Таблиця 1.1 – Розрахунок резистивних ланцюгів постійного струму

Вар.	Увх.	R1-R3	R4(R4.1/R4.2)	R5	R6-R10	R11(%)	Увих1	Увих2
1	6	12	3,3(1/3)	3,3	10	100(20)		
2	9	21	4,7(1/2)	4,3	11	110(15)		
3	12	33	3,6(2/3)	4,7	12	120(30)		
4	14	43	3,9(3/5)	5,1	15	150(70)		
5	15	47	4,3(1/6)	5,6	22	220(60)		
6	18	51	5,1(3/2)	6,8	24	240(50)		
7	24	56	5,6(4/2)	9,1	27	270(5)		
8	36	68	8,2(2/1)	1,0	30	300(10)		
9	48	91	6,8(3/1)	1,1	33	330(90)		
10	6	10	7,5(1/5)	1,2	36	360(80)		
11	9	11	9,1(1/3)	1,5	39	390(10)		
12	12	12	2,2(1/2)	2,2	43	430(26)		
13	14	15	1,0(1/1)	2,4	47	470(30)		
14	15	22	1,1(3/1)	2,7	51	510(55)		
15	18	24	1,3(4/1)	3,0	56	560(40)		
16	24	27	2,0(2/5)	3,3	68	680(14)		
17	36	30	4,3(3/2)	3,6	75	750(35)		
18	48	33	1,5(4/3)	3,9	92	920(25)		
19	6	36	1,8(1/6)	4,3	12	120(15)		
20	9	39	4,3(1/1)	4,7	21	210(17)		
21	12	43	5,1(3/5)	5,1	33	330(23)		
22	14	47	5,6(4/1)	5,6	43	430(27)		
23	15	51	8,2(2/5)	6,8	47	470(25)		
24	18	56	6,8(2/3)	7,5	51	510(12)		
25	24	68	7,5(4/1)	9,2	56	560(33)		
26	36	75	9,1(2/4)	8,2	68	680(16)		
27	48	92	2,2(3/1)	5,6	91	910(11)		
28	12,5	33	1,5(4/1)	3,9	92	920(6)		
29	14,5	36	1,8(1/6)	4,3	33	330(5)		
30	18,6	39	4,3(1/1)	4,7	21	210(13)		

ТЕМА 2 Розрахунок вимірювального моста і вибір елементів промислового виготовлення для його реалізації (ремонту)

Мета: навчитися розраховувати вимірювальну схему, вибирати номінали елементів промислового виготовлення, отримувати градувальну залежність, скласти покрокове керівництво для перевірки схеми і пошуку несправних компонентів в ній.

Відомості з теорії

При експлуатації транспортних засобів для контролю різних параметрів застосовуються *резистивні датчики* температури охолоджуючої рідини в двигунах, електроприводах, вхідного повітря та ін., які дозволяють вимірювану величину перетворювати в змінну величину опору. Відомий принцип реалізований в датчиках-перетворювачах для контролю масової витрати повітря, абсолютного тиску, тиску піддування та ін. Окрім резистивних використовуються також *датчики ємкості й індуктивні*. Усі ці датчики-перетворювачі використовуються разом з вимірювальними схемами.

Датчик – пристрій, що сприймає вимірюваний параметр і перетворює його в сигнал, зручний для передачі за лініями зв'язку, подальшого перетворення, обробки, зберігання.

Вимірювальний міст (схема) – пристрій для виміру електричних величин (опорів, ємкостей, індуктивностей та ін.) методом порівняння із зразковою мірою. У основі створення вимірювальних схем лежать ділянки напруги на резисторах, ємкостях, індуктивностях.

Нерівноважені мости – вимірювальні схеми з вихідною компенсацією початкового значення вихідного сигналу.

Рівноважні мости – вимірювальні схеми з компенсацією поточного значення вихідного сигналу (вихідна величина завжди дорівнює нулю).

Градування – метрологічна операція, за допомогою якої встановлюються ділення шкали вимірювального засобу з необхідною точністю.

Перевірка засобів вимірів – визначення похибок пристрою і встановлення його придатності до застосування на конкретному технологічному об'єкті.

Опір місткості – величина, що характеризує опір, який робиться змінному струму електричною місткістю ланцюга (чи ділянкою ланцюга) синусоїдальному струму.

Опір місткості визначається:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad (2.1)$$

де ω – кутова частота;

C – ємкість електрична.

Електрична ємкість (C) – величина, що характеризує здатність провідника утримувати електричний заряд. Для конденсатора C визначається залежністю

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2}, \quad (2.2)$$

де Q – абсолютна величина заряду на обкладанні конденсатора;

$\varphi_1 - \varphi_2$ – різниця потенціалів між обкладками $\varphi_1 > \varphi_2$.

C – стандартне буквене позначення конденсаторів (ємкостей) на схемах з числовою індексацією ($C1, C2, Cn$), яке здійснюється розміщенням позначень елементів на схемі зліва направо і зверху вниз.

Конденсатори (ємкості) характеризуються номінальним значенням ємкості, що вимірюється фарадами (пікофаради, мікрофаради), допустимим відхиленням ємкості, робочою напругою, перевищення якої викликає пробій конденсатора.

Конденсатори промислового виготовлення бувають постійної і змінної величини. Значення конденсаторів строго відповідають певному ряду номінальних величин, що показують асортимент випускаємих елементів і допустимі відхилення номінальних параметрів (див. довідник в програмі SinSys («ПРЭ-ИС» ► <R–C>), рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Довідник ряду номінальних величин конденсаторів в програмі SinSys

Величина конденсатора, складеного при паралельному з'єднанні елементів визначається сумою окремих конденсаторів, а при послідовному – зворотною величиною суми зворотних величин усіх конденсаторів.

Конденсатори змінної величини використовуються для практичної реалізації ємкостей, що не входять в ряд номінальних величин, і при налагодженні електротехнічного устаткування (наладка, налаштування).

Індуктивний опір (L) – величина, що характеризує опір, який робиться змінному струму індуктивністю (котушкою).

Індуктивний опір

$$XL = \omega L \quad (2.3)$$

вимірюється в Генрі (міліГенрі, мікроГенрі).

Індуктивність – фізична величина, що характеризує магнітні властивості електричних ланцюгів, що визначаються відношенням потоку магнітної індукції Φ , яка перетинає поверхню ланцюга (котушки), до сили струму в цьому ланцюзі, що створюється величиною Φ .

Приклади вимірювальних схем на резисторах і конденсаторах ілюструє рисунок 2.2.

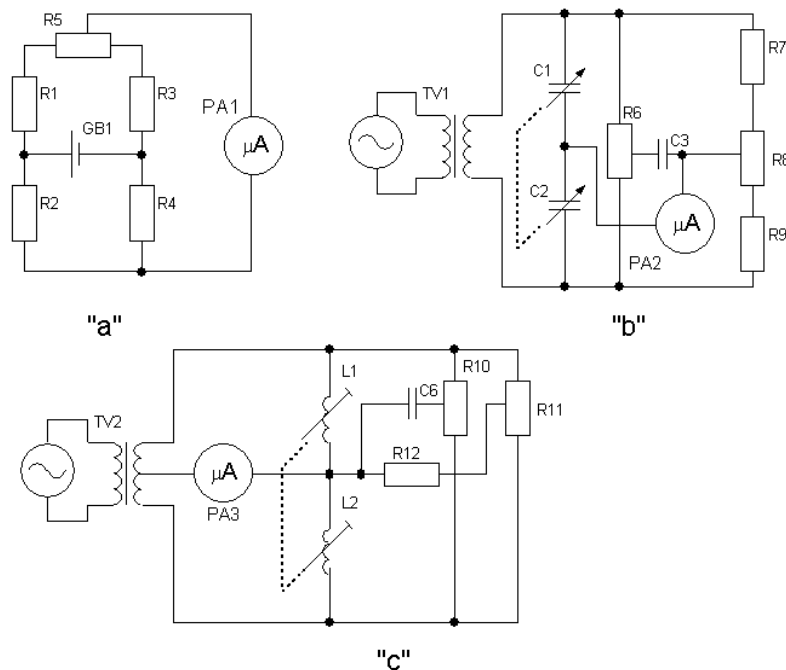


Рисунок 2.2 – Неврівноважені вимірювальні мости:

a – постійного струму; *b*, *c* – змінного струму; *PA1* – *PA3* – вимірювальний прилад (нуль-прилад); *GB1* – джерело живлення; *TV1*, *TV2* – трансформатор; *R1* – *R12* – резистори; *C1* – *C5* – конденсатори; *L1*, *L2* – індуктивний опір

Приклад 2.1 Виконати розрахунок елементів неврівноваженого моста для вибору їх при експериментальних дослідженнях вимірювальної схеми на лабораторному стенді.

На рисунку 2.1 представлені схеми неврівноважених вимірювальних мостів. Для виконання розрахунку елементів неврівноваженого моста на рисунку 2.2, а представимо початкову схему в більш розширеному виді (рис. 2.3).

Схема живиться від джерела живлення напругою U , підключеного до діагоналі електричного живлення моста.

Вихідний сигнал моста $U_{вих}$ контролюється в другій його діагоналі за допомогою вимірювального приладу (мілівольтметра, гальванометра та ін.).

Приймальний елемент (R_T) або датчик розміщується в одному з його плечей, з яким невід'ємними є лінії зв'язку (сполучні дроти) R_L .

Відомо, що неврівноважені мости при мінімальному допустимому значенні величини $R_T = R_{min}$ урівноважені, а їх вихідний сигнал $U_{вих}$ при цьому дорівнює нулю.

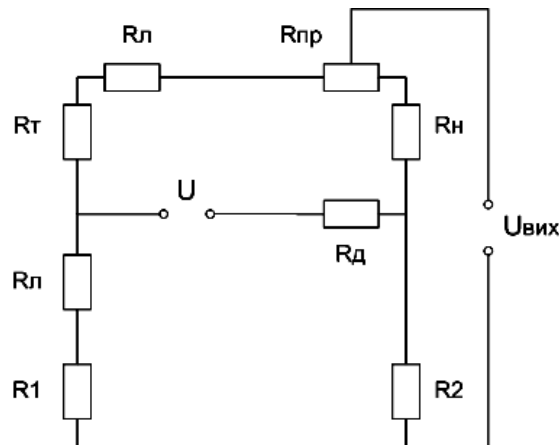


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема вимірювального моста з резистивним датчиком:

R_T – резистивний датчик; R_1, R_2 – баластні резистори (плечі) вимірювального моста; R_L – опір ліній зв'язку, $R_д$ – додатковий резистор, $R_{пр}$ – резистор регульований; U – джерело живлення; $U_{вих}$ – вихідний сигнал

Усі зміни параметра датчика R_T під дією температури навколишнього середовища або інших чинників, який є функцією контролюваного параметра, приведуть до зміни струму в плечах моста, а інформаційний сигнал $U_{вих}$,

взаємопов'язаний з кількісною оцінкою контрольованого параметра, відрізнятиметься від нуля, що відбивається залежністю:

$$\begin{aligned} R_T &= f(P), \\ U_B &= f(R_T). \end{aligned} \quad (2.4)$$

Для розрахунку вимірювальної схеми неврівноваженого моста необхідно спочатку визначити величини баластних резисторів ($R_1 = R_2$). За градууювальною таблицею або даним в технічній характеристиці (табл. 2.1) резистивного датчика знаходять $R_{T\min}$ і $R_{T\max}$ і розраховують шукану величину:

$$R_1 = R_{T\min} + R_L + \frac{R_{T\max} - R_{T\min}}{2} + \frac{R_{T\max} - R_{T\min}}{4}. \quad (2.5)$$

У таблиці 2.1 наведені технічні характеристики мідних (ТСМ) і платинових (ТСП) терморезисторів, що серійно випускаються, для контролю температури в межах від -50 до $+600$ °С.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики термоперетворювачів

Тип датчика	Робочий діапазон, град.	$R_0, (0^\circ\text{C})$ Ом	$I_{T\max}$, мА	Межа допустимих відхилень, град., dT	Коефіцієнт W_0
ТСМ-50М	-50...120	50	5	+/- (0,15 – 0,002t)	1,428
ТСМ-100М	-50...180	100	5	+/- (0,25 – 0,0035t)	1,428
ТСП-Pt100	0...100	100	1	+/- (0,10 – 0,001t)	1,385
ТСП-Pt1000	-30...350	180	1	+/- (0,15 – 0,002t)	1,385
ТСП-50П	-196...600	50	5	+/- (0,30 – 0,005t)	1,391

Початкові параметри для вибору терморезистора з каталога:

1. Інтервал контрольованої температури (наприклад, $-20 \div +110$ °С).
2. Максимально допустимі відхилення контрольованої величини (наприклад, ± 20 %).
3. Агресивність контрольованого середовища (вологість, кислотність середовища та ін.).
4. Вимоги до засобів монтажу (захисний корпус, тепловідбивна арматура, розбірне та роз'ємне устаткування та ін.).

Припустимо, що вибору відповідає датчик ТСМ-50М.

А. Здійснимо розрахунок параметрів терморезистора для вказаного вище термосередовища:

– використовуючи дані таблиці 2.1, визначають величини $R_{T_{\min}}$ і $R_{T_{\max}}$:

при $R_{T_{\min}} = R_0$;

$$R_{T_{\max}} = R_0 + \frac{R_0}{W_0} \cdot \frac{t_{\max}}{100}. \quad (2.6)$$

Для резистивного датчика при інтервалі вимірюваних температур від 0 до +100°C знаходимо:

$$R_{T_{\min}} = R_0 = 100 \text{ Ом};$$

$$R_{T_{\max}} = 100 + \frac{100}{1,428} \cdot \frac{100}{100} = 170 \text{ (Ом)}.$$

Якщо робочі температури датчика лежать в негативній області значень, наприклад від -50 до 0°C, то

$$R_{T_{\max}} = R_0 = 100 \text{ Ом};$$

$$R_{T_{\min}} = 100 + \frac{100}{1,428} \cdot \frac{-50}{100} = 65 \text{ (Ом)}.$$

Отримані дані знадобляться для розрахунку компонентів резистивного моста, а також, надалі, для градування вимірювального пристрою, використовуваного користувачами, а також при перевірці вимірювального пристрою і пошуку несправностей в схемі.

Б. Здійснимо розрахунок усіх компонентів схеми моста

При розрахунку враховуються вимоги і отримані дані про умови експлуатації датчика R_T і лінії підключення R_L , опір якої залежить від температури довкілля, її протяжності і матеріалу провідника. Зазвичай лінію зв'язку задають ЗАЗДАЛЕГІДЬ (до 50м, яку на реальному об'єкті підлаштовують додатковими резисторами).

Якщо $R_{T \max} = 170 \text{ Ом}$, $R_{T \min} = 65 \text{ Ом}$, $R_{\text{Л}} = 5 \text{ Ом}$ отримаємо:

$$R_1 = R_2 = 100 + 5 + \frac{170 - 65}{2} + \frac{170 - 65}{4} = 183,75$$

Головною умовою рівноваги моста є рівність протилежних плечей, що можна представити наступною залежністю:

$$R_2(R_T + R_{\text{Л}}) = (R_1 + R_{\text{Л}})(R_H + R_{np}). \quad (2.7)$$

Рівняння рівноваги моста при нижньому рівні вимірюваного параметра має вигляд:

$$R_2(R_{T \min} + R_{\text{Л}} + R_{np}) = (R_1 + R_{\text{Л}})R_H, \quad (2.8)$$

Вибір величини резистора R_{np} дозволяє визначити верхню межу інтервалу вимірюваної величини. Розрахунок цього резистора з урахуванням інтервалу варіювання параметра R_T визначається за формулою

$$R_{np} = \frac{R_2(R_{T \max} - R_{T \min})}{R_1 + R_2 + R_{\text{Л}}}. \quad (2.9)$$

Величину резистора початку шкали вимірюваного параметра R_H розраховують за формулою:

$$R_H = \frac{R_2(R_{T \min} + R_{\text{Л}} + R_{np})}{R_1 + R_{\text{Л}}}. \quad (2.10)$$

Максимальну силу струму $I_{T \max}$ через датчик, відповідно до технічних умов його експлуатації, можна вибрати, розрахувавши величину додаткового резистора R_D в діагоналі моста з джерелом живлення, використовуючи залежність

$$I_{T \max} = \frac{U_{\min}}{R_{T \min} + R_{\text{Л}} + R_{np} + R_H + R_D}, \quad (2.11)$$

звідки можемо записати, що

$$R_D = \frac{U_{\min}}{I_{T \max}} - R_{T \min} - R_{\text{Л}} - R_{np} - R_H. \quad (2.12)$$

Результати розрахунку параметрів неврівноваженого моста з використанням технічних характеристик конкретного резистивного датчика відображують в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку параметрів вимірювальної схеми

$I_T \cdot 10^{-3}, A$	$U_{л}, B$	$R_{Tmin}, Ом$	$R_{Tmax}, Ом$	$R_{л}, Ом$	$U_{вmin}, B$	$U_{вmax}, B$	$R_1 = R_2, Ом$	$R_{вих}, Ом$	$R_{д}, Ом$	$dU_{вих}, B$
7,5	5,3	100	200	5	0,2270	0,7215	180	400	399,5	0,4945

Резистори після розрахунку їх величин (табл.2.2) вибираються з таблиць, що визначають номенклатуру їх серійного випуску електротехнічною промисловістю відповідно індексам рядів значень (табл.2.3). Аналізуючи отримані результати, очевидно, що $R_{л}$ і R_{δ} слідує в схемі використовувати складеними, наприклад:

$R_{л} = \text{опір дротів} + 3,3 \text{ Ом (змінного виконання);}$

$R_{\delta} = 330 \text{ Ом} + 75 \text{ Ом (змінного виконання).}$

Очевидно, що в схемі $R_{л}$ і R_{δ} мають бути зображені, як послідовно сполучені з відповідними стандартними номінальними величинами.

Таблиця 2.3 – Ряди номінальних величин опорів резисторів загального застосування

Ряд величин	Номінальні значення (одиниці, десятки Ом, кОм, мОм, гОм,)						Допустимі відхилення від номінального значення, %	
E6	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-20	
E12	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-10	
		1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	+/-10
E24	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-5	
		1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	+/-5
		1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	+/-5
		1,3	2	3	4,3	6,2	9,1	+/-5

Усі розрахунки компонентів вимірювальної схеми доцільно виконувати в середовищі програми MS Excel.

В. Рекомендації при перевірці, налазці і пошуку несправностей при відмові пристрою :

1) переконатися у відповідності параметрів джерела живлення вимірювальної схеми;

2) переконатися у відповідності $R_{Л}$ і R_{δ} розрахунковим величинам і при необхідності встановити їх за допомогою відповідних змінних резисторів;

3) експериментально отримати градуювальну характеристику вимірювального пристрою для вживаного датчика і порівняти її з розрахунковою;

4) при невідповідності межі виміру приладом скористатися резистором R_{np} для регулювання.

5) підготувати висновки про справність вимірювального пристрою (помилка вимірів не повинна перевищувати $\pm 2\%$).

Г. Підготуємо рекомендацій для пошуку несправностей при відмові пристрою.

Заздалегідь підготуємо схему пошуку несправностей за допомогою переносних вимірювальних приладів (рис. 2.4).

Рекомендації для пошуку несправностей у вимірювальній схемі:

1. Справність джерела живлення GB перевірити за допомогою автономного вольтметра PV1 з межами виміру відповідними рівню напруги на клеммах GB.

2. Для перевірки справності показуючого приладу PA2 слід відключити його від схеми і замінити переносним засобом контролю PR4, що забезпечує вимір розрахункової величини струму в діагоналі моста (приблизно 70 % шкали для вимірюваного параметра, тобто для виміру величини 7 В потрібний прилад з межами виміру від 0 до 10 В і т. п.).

3. Для загальної перевірки справності датчика RD та інших резисторів в схемі слід скористатися омметром, підключаючи його по черзі паралельно резисторам. При необхідності резистори демонтують з будь-якого боку, згідно зі схемою їх включення.

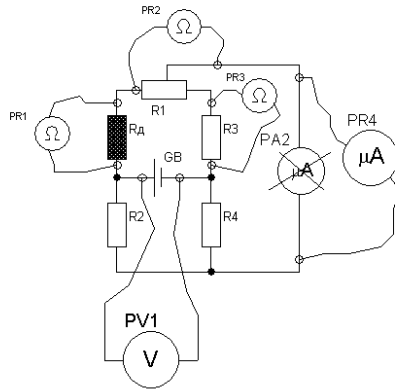


Рисунок 2.4 – Схема пошуку несправних елементів за допомогою переносних приладів контролю: *PV*, *PR* – вимірювальні прилади.

Висновки:

1. Результати виконаних розрахунків можна використовувати при виборі стандартних елементів для реалізації схеми або заміні їх при виявленій несправності.
2. Запропоновано схему для пошуку несправностей за допомогою переносних приладів вимірів різних параметрів.
3. Підготовлено рекомендації для перевірки схеми при виявлених неточностях у свідченнях технічного засобу.

Контрольні питання

1. Що таке вимірювальний міст?
2. У чому різниця між врівноваженими і неврівноваженими мостами?
3. Які бувають вимірювальні мости?
4. Для чого застосовуються вимірювальні мости?
5. Для чого використовуються резистивні датчики?
6. Поясніть пристрій резистивних датчиків.
7. Поясніть принцип роботи вимірювальної схеми.
8. Як виконується пошук несправностей в схемах за допомогою переносних приладів контролю?
9. Як вибираються засоби контролю для пошуку несправностей в електроустаткуванні?
10. Для чого складаються рекомендації для пошуку несправностей в електричних схемах?
11. Що таке конденсатор?
12. Що таке індуктивність?

Таблиця 2.4 – Початкові дані для розрахунку неврівноваженого моста для температури $-10 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$

Варіант	Об'єкт контролю на транспортному засобі муніципального призначення	U, В	dU, %	R _л , Ом	d R _л , %
1	Електронасос	12	+/-5	3,4	+/-10
2	Компресор	24	+/-6	4,55	+/-15
3	Гідронасос	12	+/-7	2,63	+/-5
4	Електроваги	24	+/-10	3,45	+/-6
5	Гідропривід	12	+/-15	3,52	+/-7
6	Електропідйомник	24	+/-5	4,30	+/-10
7	Вимірник об'єму палива в баку	12	+/-6	4,24	+/-15
8	Холодильник	24	+/-7	3,15	+/-5
9	Рідина, що охолоджує	12	+/-10	3,75	+/-6
10	Газонокосарка	24	+/-15	2,48	+/-7
11	Снігоочисник	12	+/-5	4,46	+/-10
12	Культиватор	24	+/-6	2,65	+/-15
13	Формувач крони дерев	12	+/-7	3,66	+/-5
14	Електронагрівач	24	+/-10	3,84	+/-6
15	Електронасос	12	+/-15	2,95	+/-7
16	Компресор	24	+/-5	3,33	+/-10
17	Гідронасос	12	+/-6	3,44	+/-15
18	Електроваги	24	+/-7	3,85	+/-5
19	Гідропривід	12	+/-10	2,75	+/-6
20	Електропідйомник вантажів	24	+/-15	3,34	+/-7
21	Ваговимірювач вантажів для утилізації	12	+/-5	3,54	+/-10
22	Холодильник	24	+/-6	2,95	+/-15
23	Рідина, що охолоджує	12	+/-7	3,26	+/-5
24	Газонокосарка	24	+/-10	3,14	+/-6
25	Снігоочисник	12	+/-15	3,25	+/-7
26	Культиватор	24	+/-5	3,83	+/-10
27	Формувач крон дерев	12	+/-6	2,84	+/-15
28	Електронагрівач	24	+/-7	3,81	+/-5
29	Електронасос	12	+/-10	2,25	+/-6
30	Компресор	24	+/-15	3,54	+/-7

Примітка 1. Непарні варіанти розглядати для ТС – автомобілів; парні – для електромобілів.

Примітка 2. Для варіантів непарних уніфікований сигнал $U_{вихH} = 5\text{В}$; – парних $U_{вихH} = 10\text{В}$.

ТЕМА 3 Проектування алгоритму діагностування електроустаткування транспортного засобу

Мета: навчитися аналізувати взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів транспортних засобів, розробляти алгоритми діагностування, формувати вимоги до датчиків при проектуванні алгоритму діагностування електроустаткування.

Відомості з теорії

Транспортні засоби (далі – ТЗ) на базі автомобіля або електромобіля, використовувані в муніципальному господарстві, мають різне спеціальне навісне обладнання, що дозволяє механізувати працю працівників комунального господарства. Механізація праці на робочих місцях в міських умовах здійснюється найчастіше за допомогою спеціального електроустаткування, що підключається до бортової мережі авто- або електромобіля.

Стохастичний характер різних чинників довкілля, що впливають на ТЗ при їх експлуатації, призводить до несправностей компонентів устаткування. Разом з цим регульовальні параметри технічного стану агрегатів і механізмів виходять за межі оптимальних величин, скорочуючи тим термін зносу устаткування.

Своєчасне виявлення впливу негативних чинників на технічний стан ТЗ реалізується за допомогою методів і засобів технічного діагностування.

Технічне діагностування спрямоване на рішення однієї або декількох завдань:

1. Визначення технічного стану (справне, несправне).
2. Пошук і локалізація місця відмови або несправності.
3. Прогнозування залишкового ресурсу або вірогідності безвідмовної роботи на заданий інтервал напрацювання.

Номенклатура діагностичних параметрів ТЗ поширюється на: двигун або електродвигун, компоненти системи електроустаткування, трансмісію, ходову частину, засоби ручного або рульового керування, гальмівну систему, освітлювальну апаратуру, спеціальне (навісне) обладнання, засоби автоматики, сигналізації, сповіщення та ін.

Проектуванню засобів діагностики на ТЗ передують об'єктивний аналіз експлуатації ТЗ. Для побудови алгоритму діагностування електроустаткування заздалегідь виробляють збір і обробку статистичних даних несправностей, що

часто повторюються, і відмов устаткування. При цьому обов'язково використовують дані з будь-яких джерел.

Приклад відображення взаємозв'язку систем і діагностичних параметрів ТЗ ілюструє рисунок 3.1. Прийняті дві групи систем (забезпечення безпеки експлуатації і реалізації функціонального призначення) можуть бути розширені залежно від призначення ТЗ.



Рисунок 3.1 – Взаємозв'язок структурних і діагностичних параметрів

Оскільки усі групи зазвичай включають певне число загальних компонентів електроустаткування, то і загальні для них структурні параметри лежатимуть в основі оцінки справності ТЗ, що реалізовується відповідно проектованого алгоритму діагностування.

Приклад алгоритму діагностування ТЗ і процедури ухвалення рішення ілюструє рисунок 3.2.

Для реалізації алгоритму діагностування електроустаткування необхідно заздалегідь виконати ранжирування параметрів і вибрати приймальні елементи

(датчики) для контролю величин, відмічених в переліку загальних діагностичних параметрів на рисунку 3.1.

У вимогах до датчиків необхідно враховувати умови експлуатації їх і засобів діагностування на ТЗ. При цьому переважними є датчики, які можна вбудовувати в устаткування ТЗ і створювати автономні засоби діагностики з роз'ємом «Diagnos». Якщо особливості важких умов експлуатації не дозволяють застосовувати автономні датчики, то використовують зовнішні приймальні елементи, які встановлюються на ТЗ лише на період його діагностування. Висновки про приймальні елементи необхідно представити таблицею (табл. 3.1).

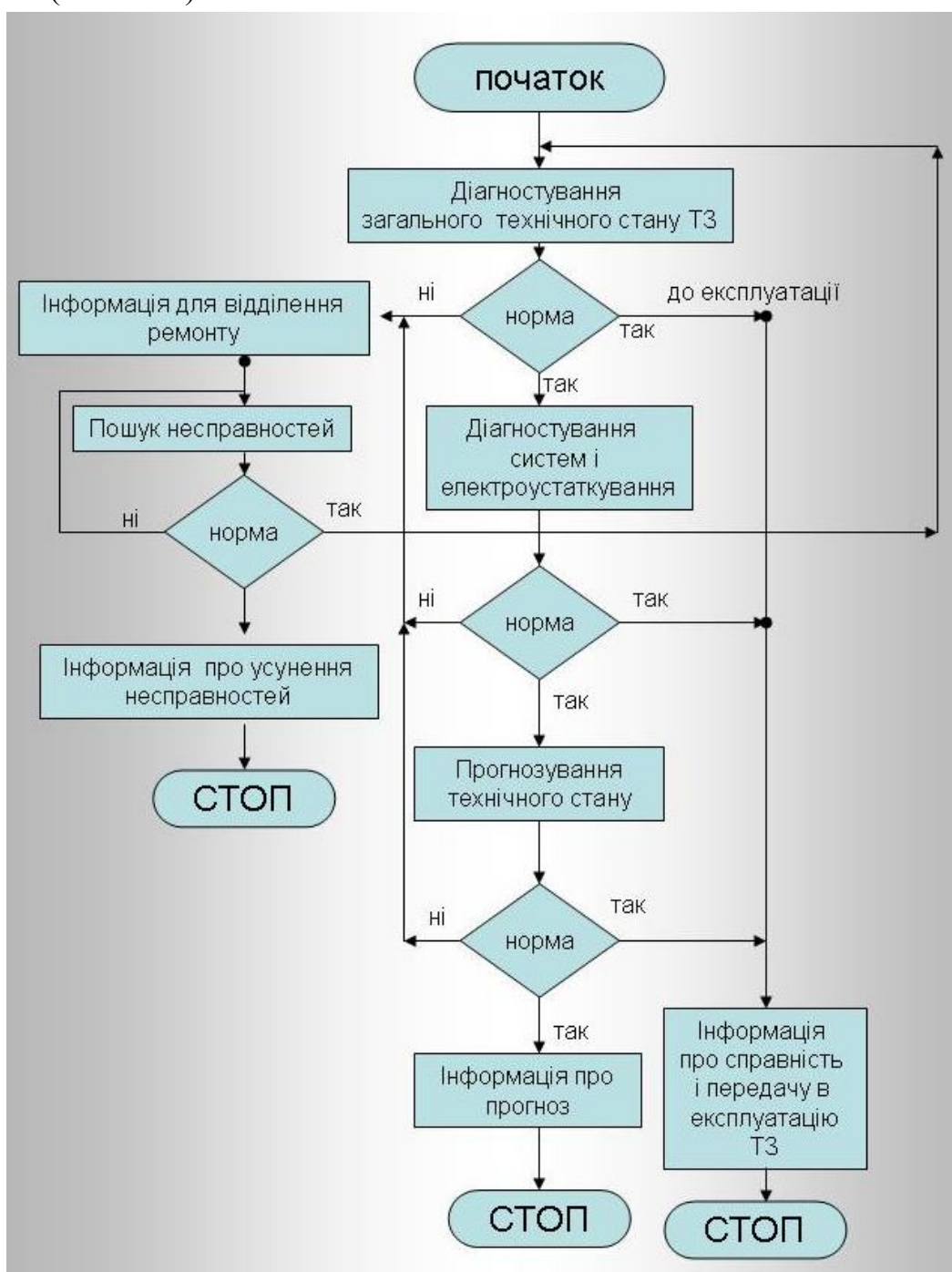


Рисунок 3.2 – Приклад алгоритму діагностування ТЗ

Таблиця 3.1 – Вибір датчиків для діагностування електроустаткування

на ТЗ

Найменування параметра	Найменування датчика	Величина параметра	Вимірювальна схема
Температура електродвигуна	терморезистор	-10 ... 100С	Резистивний міст
Температура довкілля	терморезистор	-30 ... 50С	Резистивний міст
Тиск в пневматичній системі	тензодатчик	0...3 кс/см ²	Індуктивні міст
Тиск в гідравлічній системі	тензодатчик	0...5 кс/см ²	Індуктивні міст
Струм силового ланцюга	амперметр з дистанційною передачею інформації	0 .. 150А	Масштабний підсилювач
Напруга бортової мережі	Вольтметр з дистанційною передачею інформації	0...24В	Масштабний підсилювач
Профіль щіток електродвигуна	фотометричний	0..1 мм	Власного виготовлення
і т.п.			

Завдання 3.1.

– Відповідно до даних таблиці 2.4 виконати аналіз несправностей спеціального електроустаткування для ТЗ, користуючись технічною літературою і відомостями на сайтах глобальної мережі Internet.

– На основі аналізу взаємозв’язку структурних і діагностичних параметрів запропонувати алгоритм діагностування електроустаткування за допомогою автоматичної системи (далі – АСД).

– Вибрати або запропонувати конструкції датчиків-перетворювачів для проектування АСД, що реалізовує запропонований алгоритм діагностування електроустаткування ТС.

Висновки:

1. Для оцінки взаємозв'язку структурних і діагностичних параметрів для конкретного ТЗ необхідно виконати аналіз науково-технічної літератури і документації, що відбиває несправності устаткування при експлуатації спеціальної машини в муніципальних умовах.

2. На основі аналізу загальних діагностичних параметрів складається алгоритм діагностування електроустаткування ТЗ.

3. Вибір датчиків робиться з урахуванням умов експлуатації ТЗ, на основі чого формується висновок про доцільність проектування автономного (на ТЗ) або стаціонарного (у ремонтному підрозділі) засобу автоматичного діагностики електроустаткування.

Контрольні питання

1. Що таке структурні і діагностичні параметри?

2. Які відомі системи при визначенні взаємозв'язку структурних і діагностичних параметрів ТЗ?

3. Поясніть принцип розробки алгоритму діагностування електроустаткування.

4. У чому різниця між автономними і стаціонарними засобами діагностики електроустаткування?

5. Як вибираються датчики при проектуванні систем діагностики електроустаткування ТЗ?

6. У чому різниця між автономною і стаціонарною АСД?

ТЕМА 4 Моделювання несправних компонентів для діагностування електроустаткування на транспорті

Мета: навчитися аналізувати структури дискретних пристроїв і моделювати функціональні схеми з множиною несправностей для проектування засобів діагностування електроустаткування на транспорті.

Відомості з теорії

Сучасні транспортні засоби на базі автомобіля або електромобіля, що використовуються в муніципальному господарстві, оснащуються різними електричними приводами, керування якими здійснюється за допомогою спеціальних блоків керування (далі – БК). Функціональні властивості БК включають контроль технологічних параметрів при експлуатації устаткування, місцеве, дистанційне і телемеханізоване керування електроприводами, сигналізацію і блокування різного призначення.

Місьцеве управління – за допомогою кнопок, ключів, командоапаратів, розташованих в безпосередній близькості від виконавчого механізму.

Дистанційне керування – пуск, зупинка і контроль за роботою механізмів здійснюється з віддаленого поста керування (диспетчерське керування).

Телемеханічне керування – керування механізмами за одним або декількома каналами зв'язку.

Сигналізація за призначенням поділяється на: положення ТО (включений, вимкнений), сповіщення (про порушення нормального ходу технологічного процесу), дії захисту і автоматики (включення засобів захисту, блокування та ін.).

В більшості випадків функції БК реалізуються дискретно у зв'язку з чим моделювання безлічі схем з несправностями виконують за допомогою двійкового моделювання справного пристрою без урахування затримок. Алгоритми моделювання без часових затримок елементів називають *алгоритмами моделювання з нульовими затримками* або *синхронним моделюванням*.

Моделювання здійснюється шляхом послідовного обчислення значень сигналів на виходах елементів за значеннями сигналів на їх входах. Самі значення сигналів зберігають в спеціальному масиві – робочому полі (РП), використовуваному при поодинокому моделюванні елементів за принципом збігу сигналів.

Одним з різновидів є *паралельне моделювання*, при якому значення сигналів на виходах елементів обчислюють за допомогою логічних операцій над значеннями сигналів.

Основним завданням бінарного експрес-діагностування устаткування є визначення справності його на основі контролю однієї або декількох технологічних величин в двійковій системі за принципом «так – ні». Якщо технологічна система оснащена приймальними елементами для контролю величин X_i , а інтегральний параметр Y визначається залежністю

$$Y = SX_i, \quad (4.1)$$

то в найбільш простому вигляді відхилення бінарної вихідної ординати за межі інтервалу можна записати:

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

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

Для формалізації технічного стану устаткування транспортного засобу використовувалася таблиця вхідних наборів (рис. 4.1).

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	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	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	0	1
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	0	1	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	1	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 – Таблиця паралельного моделювання ТО

Як аргументи використовувалися наступні 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 відгуку були прийняті наступні 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.

Формальний опис технічного стану контрольованих величин на транспортному засобі був отриманий за допомогою таблиці 4.1, яка має наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned}
 Y(I) &= X1, \\
 Y(T) &= X2, \\
 Y(F) &= X3, \\
 Y(P1) &= X4, \\
 Y(P2) &= X5, \\
 Y(I, T) &= X1 \wedge X2, \\
 Y(I, F) &= X1 \wedge X3, \\
 Y(P1, P2) &= X4 \wedge X5, \\
 Y(STOP) &= X1 \vee X2 \vee (X1 \wedge X2) \vee (X4 \wedge X5), \\
 Y(SIGN) &= X3 \vee X4 \vee X5 \vee (X1 \wedge X3).
 \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

У даній 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.

Застосування системи рівнянь (4.3) при синтезі діагностичного устаткування компонентів ТЗ дозволило отримати наступну функціональну схему пристрою бінарного діагнозу декількох параметрів одночасно (рис. 4.2).

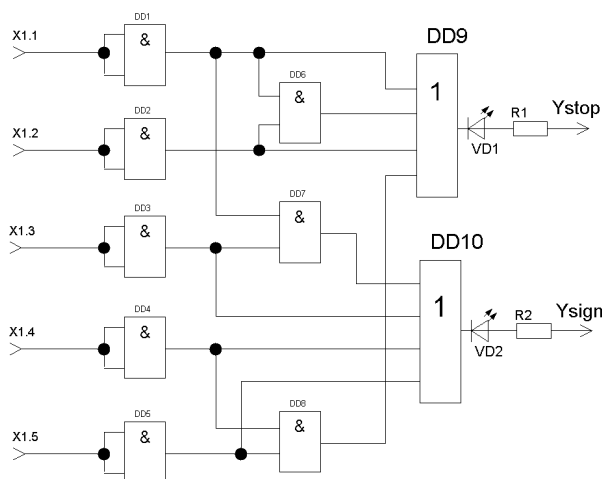


Рисунок 4.2 – Функціональна схема пристрою діагнозу справності ТЗ:
DD1-DD10 – логічні елементи; VD1, VD2 – світлодіоди; R1, R2 – резистори

Ця функціональна схема на логічних елементах забезпечує діагностику ТО за результатами паралельного моделювання 5 вхідних наборів (табл. 4.2). Окрім несправностей, що мають математичні описи (4.3), на їх основі можна створювати вхідні набори (прототипи кодів несправностей) відразу для декількох вузлів і блоків, «настання» яких може служити основою сповіщення користувачів про можливі неприпустимі поломки устаткування при його подальшій експлуатації або негайній забороні експлуатації (WARNING; STOP).

Таблиця 4.2 – Відповідність вхідних наборів і несправностей ТО

Вхідний набір	Несправність обладнання ТО
00010000	$Y(I)$ – струм короткого замикання або перевантаження
00001000	$Y(T)$ – критичне значення температури
00000100	$Y(F)$ – несправність освітлювальних приладів
00000010	$Y(P1)$ – несправність приводу перших дверей
00011000	$Y(I, T)$ – критичні експлуатаційні параметри тягового двигуна
00010100	$Y(I, F)$ – несправність компонентів засобів освітлення пасажирського салону
00000011	$Y(P1, P2)$ – несправність приводів двох дверей
00001001	WARNING
00011001	STOP

Для реалізації схеми необхідно використовувати спеціальні датчики контрольованих параметрів.

В даний час на ринках напівпровідникових компонентів в Україні достатньо широким асортиментом представлені різні конструкції датчиків для контролю багатьох технологічних параметрів, в числі яких є всі передбачені у формальному описі вище. Крім того, деякі датчики можна розробити і самостійно (відомі датчики струму і напруги на базі оптопар).

Для аналогових датчиків, наприклад, з терморезисторами буде потрібна розробка вимірювальної схеми. Найбільш популярний резистивний вимірювальний міст серед таких пристроїв зустрічається досить часто, а ряд зарубіжних фірм вимірювальні схеми з нормалізаторами випускають тепер у вигляді єдиної конструкції – мікросбірки.

Найбільш інтенсивно розглянуті прийоми діагностування несправностей електромеханічного устаткування використовуються у розробників автомобільної техніки й інших видах транспорту. При цьому використовуються й інші прийоми моделювання: метод компіляції, подієве моделювання, двійкове моделювання, що враховує і часові затримки, кризне моделювання, подієве компілятивне й інтерпретативне моделювання, моделювання установочних послідовностей та ін.

Контрольні питання

1. Що таке бінарне моделювання?
2. Поясніть принцип створення бінарних систем діагностики технологічного устаткування.
3. У чому полягає алгоритм паралельного моделювання вхідних сигналів?
4. Які властивості має функціональна схема для діагностичного аналізу справності устаткування?
5. Для чого в бінарних засобах діагностики використовують сигналізатори?
6. Чи є в бінарному діагностері індикатор вхідного набору?

ТЕМА 5 Розробка пристрою сповіщення і сигналізації у засобах діагностики на транспорті

Мета: навчитися моделювати і розробляти функціональні і електричні принципові схеми пристроїв сигналізації.

Відомості з теорії

Обладнання сучасних транспортних засобів (ТЗ) часто діагностується автоматичними бортовими або стаціонарними засобами, які оснащують пристроями сигналізації для сповіщення операторів про несправності в устаткуванні. Такі пристрої дуже корисні і при самодіагностуванні транспортних засобів під час їх експлуатації, оскільки своєчасне сигналізація попереджає розвиток подій з важкими наслідками.

Номенклатура напівпровідникових мікросхем, що випускається електронною промисловістю, дуже багата. Розрізняють *аналогові інтегральні мікросхеми*, призначені для перетворення і обробки сигналів, що змінюються за законом безперервної функції, і *цифрові* – для перетворення і обробки сигналів, що змінюються за законом дискретної функції (логічні мікросхеми).

Більшість сучасних засобів автоматики реалізують на базі мікросхем різних серій. Залежно від ступеня участі оператора процесу діагностування обладнання схеми можуть працювати в *автоматичному* і *ручному* режимах. Автоматичний режим завжди пов'язаний з роботою багатьох схем сигналізації.

За призначенням пристрої сигналізації розділяють на схеми: технологічної сигналізації; виробничої сигналізації; командної сигналізації; пожежної сигналізації; сторожової сигналізації.

У кожній з перерахованих схем можуть застосовуватися сигнали, відповідні наступним режимам: *нормальному, застережливому, аварійному*.

Схеми сигналізації, як правило, мають світлозвукові сигналізатори. *Звуковий сигнал* служить для залучення уваги оператора, а *світловий* – указує конкретну причину появи сигналу і повинен залишатися включеним до її усунення.

У більшості схем сигналізації застосовують тільки два сигнали: *застережливий* – з рівним свіченням індикатора і *аварійно-миготливий світловий сигнал*.

Для розробки складних схем сигналізації застосовують методи *фізичного моделювання* за допомогою стендів. Проте найпопулярнішим залишається метод алгебраїзації схем за допомогою апарату *формальної математичної логіки*. За допомогою цього методу схеми записуються аналітично у вигляді

структурних формул, які можна аналізувати і спрощувати. Для відомої схеми пульс-пари (рис. 5.1) структурна формула матиме наступний вигляд:

$$Y = f(x_1)X_1 + f(x_2)X_2, \quad (5.1)$$

або

$$Y = \bar{x}_2 X_1 + x_1 X_2, \quad (5.2)$$

де Y – логічна функція схеми;

$f(x_i)$ – логічні аргументи відповідних елементів схеми.

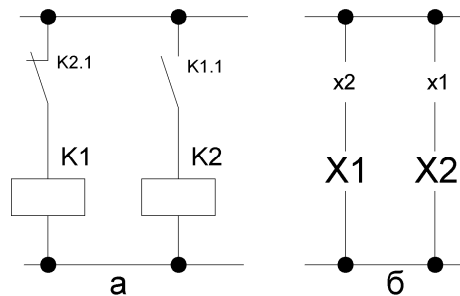


Рисунок 5.1 – Схема пульс-пари: а – принципова електрична схема; б – графічне зображення в теорії релейних схем

Роботу схеми сигналізації з одноразовою дією випромінювачів сигналів можна спостерігати на лабораторному стенді «ПрЭ-ЛУ» пакету програми SinSys (рис. 5.2).

Контактно-релейну схему сигналізації доцільно реалізовувати на логічних безконтактних елементах. Структурні формули для всіх логічних функцій в даному технічному рішенні визначають, користуючись таблицею істинності (табл. 5.1).

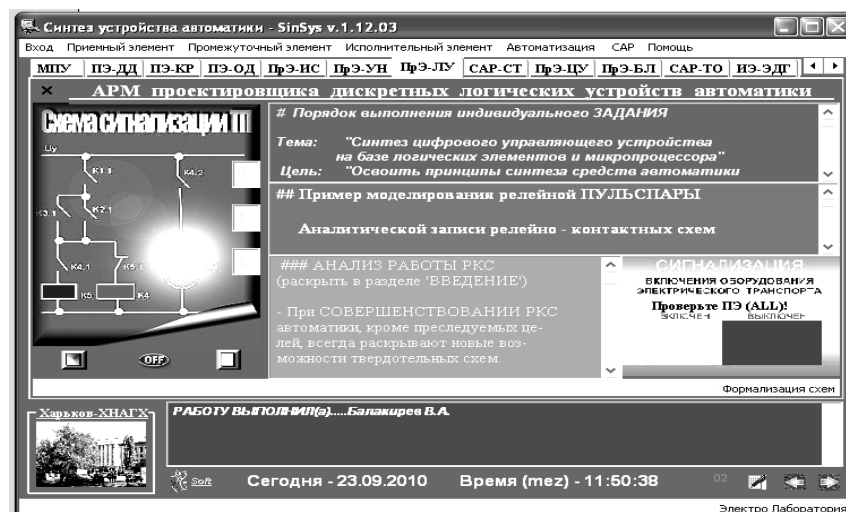


Рисунок 5.2 – Стенд проектувальника логічної пульс-пари

Таблица 5.1 – Таблица істинності пристрою сигналізації

№ п/п	X1	X2	Y1	Y2	Y3	Y4
1	0	0	1	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0
3	1	0	0	0	1	0
4	1	1	0	0	0	1

При розробці схем сигналізації багатократної дії в простому випадку слід розглядати, наприклад, спільну роботу формувача аварійного сигналу і пульс-пари. Сучасні реальні схеми таких пристроїв включають також елементи пам'яті, схеми збігу, генератори сигналів, схеми блокування і багато інших (приклад дивитись у пакеті програми SinSys, лабораторний стенд «ПрЭ-ЦУ», рис. 5.3).

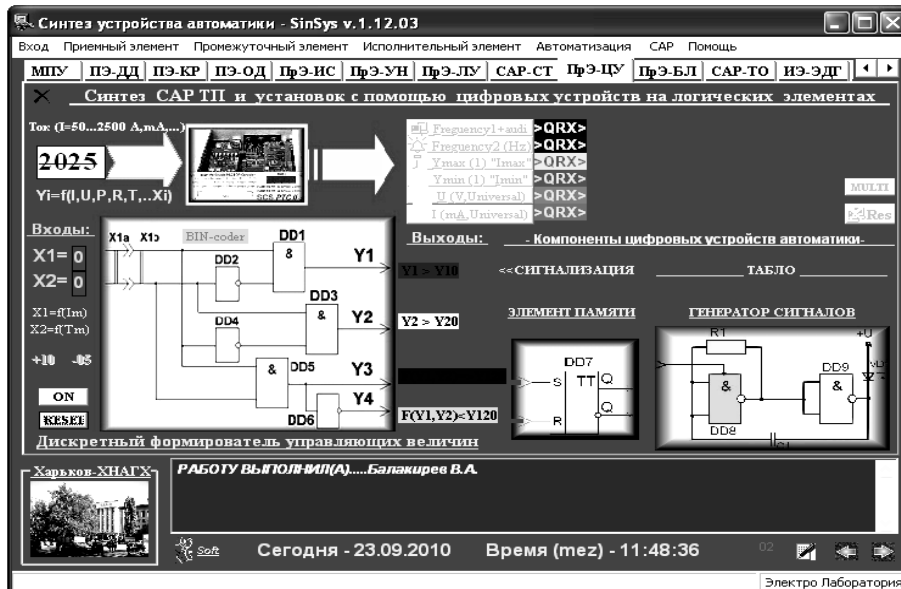


Рисунок 5.3 – Інтерфейс стенду схеми сигналізації з елементом пам'яті

Стенди «ПрЭ-ЛУ» і «ПрЭ-ЦУ» призначені для проведення експериментів, а також мають необхідну інформацію, що пояснює порядок складання таблиці істинності й моделювання безконтактних пристроїв автоматики.

Як приклад реалізації пристрою сигналізації (рис. 5.3) доцільно розглянути застосування його в пристрої бінарного діагнозу ТЗ із вхідними кодами 00001001 – **WARNING** і 00011001 – **STOP** (див. тему 4):

$$\left. \begin{aligned} Y(\text{STOP}) &= X1 \vee X2 \vee (X1 \wedge X2) \vee (X4 \wedge X5), \\ Y(\text{SIGN}) &= X3 \vee X4 \vee X5 \vee (X1 \wedge X3). \end{aligned} \right\} \quad (5.3)$$

На рисунку 5.4 запропонована ілюстрація застосування засобів сигналізації з елементами пам'яті в раніше розробленому діагностуючому

пристрої. У пропонуваному рішенні при ситуації WARNING оператор спостерігатиме миготливий світлодіод VD2 замість безперервного свічення такого ж світлодіода VD1 в початковій схемі. При ситуації STOP оператор почує переривчастий звуковий сигнал небезпеки (Kling1 – дзвінок) замість безперервного свічення світлодіода VD2 в початковій схемі. У схемі виключена умова формування двох сигналів одночасно, що досягається рішенням схемотехніки взаємозв'язку тригерів DD5, DD6. При ситуації WARNING сигналізація відключається автоматично, якщо діагностичний вхідний код повернувся в «зону» допустимих значень. При ситуації STOP, разом з сигналом небезпеки виробляється автоматичне відключення ТО, а включення ТО можливе тільки оператором. Застосування тригерів в сигналізаторах для запам'ятовування ситуацій з небезпечними вхідними кодами дозволяє створювати логічну автоматику без залучення оператора або обов'язково за участю оператора, який після перевірки ТО може повернути схему в нормальний стан, натиснувши кнопку скидання – RESET1.

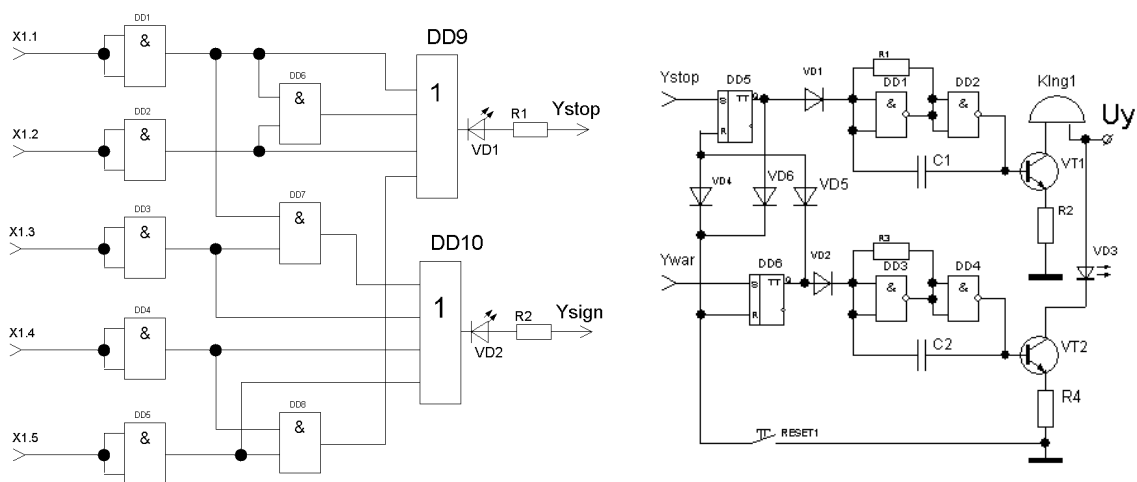


Рисунок 5.4 – Діагностичний пристрій з сигналізаторами

Аналогічні схеми розробляються не лише на основі математичних описів, але і з урахуванням логіки роботи конкретного пристрою діагностики з наданням йому певних функціональних властивостей. Надалі такі схеми допрацьовуються за бажанням користувачів, але на стадії ескізного проектування із словесним описом, що додається, технічне рішення пропонують саме у такому вигляді.

Прийоми, розглянуті в прикладах, дуже широко використовуються в гнучких засобах діагностування, в яких математичні моделі логічних пристроїв використовуються в спеціальних програмних продуктах, що реалізують

алгоритми діагностування устаткування будь-якої складності із застосуванням різних сигналів сповіщення.

При розробці схем сигналізації завжди враховується досвід використання таких пристроїв, нові технології й елементна база. Самі ж пристрої є мініатюрними платами, які завжди легко розміщувати і в діючому устаткуванні.

Контрольні питання

1. Що таке пульс–пара?
2. Для чого використовують засоби сигналізації?
3. Для чого призначаються засоби сигналізації?
4. Як реалізують математичні описи дискретних засобів сигналізації?
5. Поясніть прийоми схемотехніки для реалізації сигналів сповіщення в проєктованих засобах діагностики технологічного устаткування.

ТЕМА 6 Проектування пультів пристроїв діагностики

Мета: вивчити призначення, характеристики, конструкції серійно випускаємих панелей і пультів і сучасні засоби для електронного проектування їх.

Відомості з теорії

Сучасні засоби діагностування електромеханічного обладнання на транспорті часто є спеціальні стенди, обладнані різними органами керування, контрольно-вимірювальною апаратурою, електронними експертами результатів вимірів, засобами сповіщення, сигналізації, публікаціями висновків про справність устаткування, блоками для збереження поточної інформації, формуваннями банків даних про усі діагностичні заходи і багато що інше.

Досягнення від впровадження нових технологій у виробництві напівпровідникових компонентів послужили поштовхом для активного проектування, виробництва і впровадження автономних спеціальних засобів діагностики на транспортних засобах, які є оригінальними автономними електронними блоками, що розміщуються безпосередньо на транспорті.

Ексклюзивність діагностичного устаткування обумовлена тим, що виробництво його часто не носить масовий характер. Проектуванням таких пристроїв займаються регіональні проектні організації і невеликі творчі колективи, хоча самі пристрої можуть бути досить складними з неповторними інженерними рішеннями, в яких утілюються технічні ідеї висококваліфікованих фахівців.

Дуже важливе місце в роботі проектувальників засобів діагностики займають результати технічного дизайну. *Технічний дизайн* – це (задум, проект, креслення) вид проектувальної діяльності, що має на меті формування естетичних і функціональних якостей створюваного технічного пристрою.

Нині цей напрям займає дуже важливе місце, оскільки замовник або майбутній користувач технічного виробу бажає мати пристрій або блок не лише із заданими функціональними властивостями, але і з привабливим зовнішнім виглядом, оригінальною гаммою колірних рішень і сучасних компонентів. Разом з цим пристрій має бути простим і надійним в експлуатації, із зрозумілими засобами відображення інформації для користувачів, що не мають навіть спеціальної підготовки.

Усі ці та інші чинники істотно впливають на збут або замовлення на виготовлення виробів, оскільки досягнення сучасної реклами технічних пристроїв забезпечують публікацію усіх подробиць виробів, які не приховують навіть найменші недоліки в них.

Традиційне оформлення технічних рішень передбачає застосування конструкцій панелей, щитів і пультів, що випускаються серійно.

На щитах і пультах систем автоматизації розміщується різна апаратура, прилади, засоби керування, сигналізації і т. д. Конструкції щитів виконуються відповідно до ГОСТ 3244-68 та ін. для їх розташування в приміщеннях, на рухомих об'єктах або відповідно до спеціальних вимог для використання при низьких і високих температурах, вібрації, вологості, дії агресивних середовищ і т.п.

Щит шафовий – шафа зі встановленою апаратурою, електричною проводкою, підготовленою до підключення зовнішніх ланцюгів і приладів.

Пульт – корпус, що має форму столу з похилою площиною, зі встановленою апаратурою керування, з електричною проводкою для підключення зовнішніх ланцюгів.

Позначення шаф і пультів в аббревіатурі відображає їх конструкцію, наприклад, *щит шафовий із задніми дверима, відкритий з правого боку* позначається ЩШ-ЗД-ОП; *пульт з приладовою приставкою вертикальний* – ПВП та ін.

При замовленні щитів і пультів їх розміри указуються в позначенні: щит шафової ЩШ-ЗД-ОП-2200Х800Х600, де 2200мм – висота, 800мм – ширина, 600мм – глибина шафи.

При проектуванні шаф і пультів враховуються ергономічні рекомендації, що включають, особливості організації робочого місця оператора, що має справу з моделями об'єкта керування. При цьому оператор повинен уміти вирішувати найскладніші завдання, виходячи із свідчень пристроїв, лаконічної інформації табло, мнемосхем, оптичних і звукових сигналів та ін. технічних засобів. У нормальних режимах оператор працює відносно спокійно, що не можна віднести до аварійних ситуацій. Очевидно, що ці чинники повинні враховуватися при проектуванні шаф і пультів шляхом раціонального розміщення на них всіх необхідних компонентів.

Важливе значення має технічна естетика, яка включає дизайн устаткування, органів керування і колірну гамму використовуваних матеріалів.

При проектуванні щитів, пультів і корпусів технічних засобів автоматики необхідна особлива увага приділяти проектуванню монтажу всіх компонентів, які при ремонті доводиться демонтувати або замінювати справним устаткуванням, для чого витрати робочого часу не повинні бути значними.

Специфічні вимоги формуються при проектуванні електронних систем діагностики, коли оператор має справу з моделлю обладнання на екрані монітора, на якому також розміщуються і пристрої, і табло, і органи керування. Електронні пульти керування на базі мікропроцесорних пристроїв є невід'ємною частиною програмного забезпечення для реалізації оригінальних

алгоритмів діагностування електромеханічного устаткування будь-якої складності. Розробкою таких електронних пультів займаються програмісти нерідко спільно з технічними дизайнерами і замовниками програмованого устаткування.

Приклади пульта, приладу і інтерфейсу пристрою діагностики ілюструють рисунки 6.1–6.3.

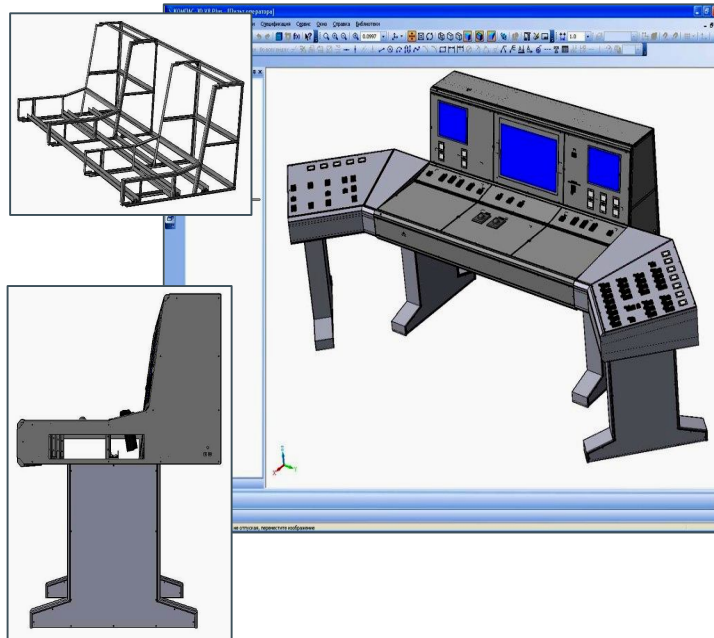


Рисунок 6.1 – Проект пульта керування

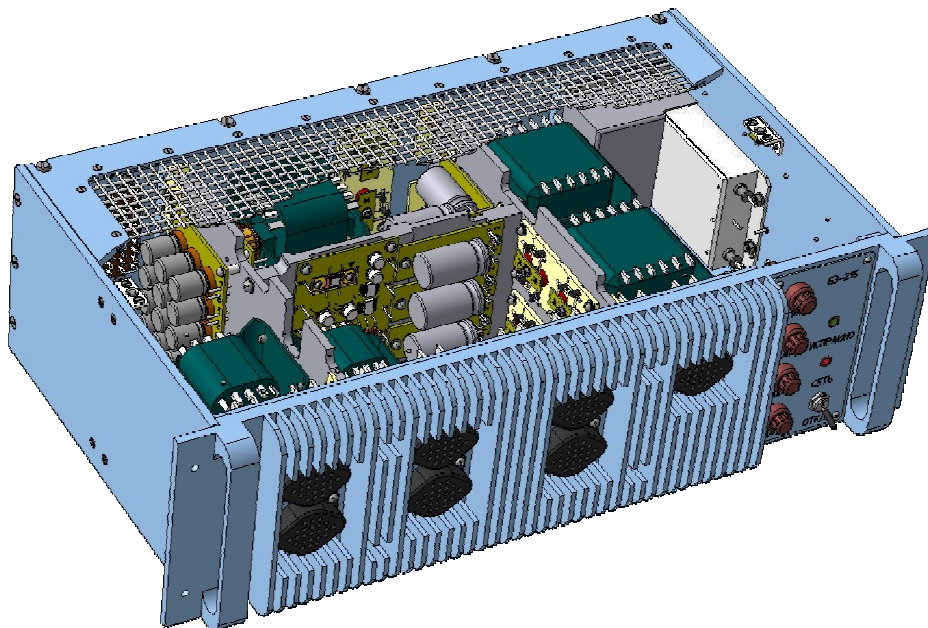


Рисунок 6.2 – Проект корпусу пристрою діагностики

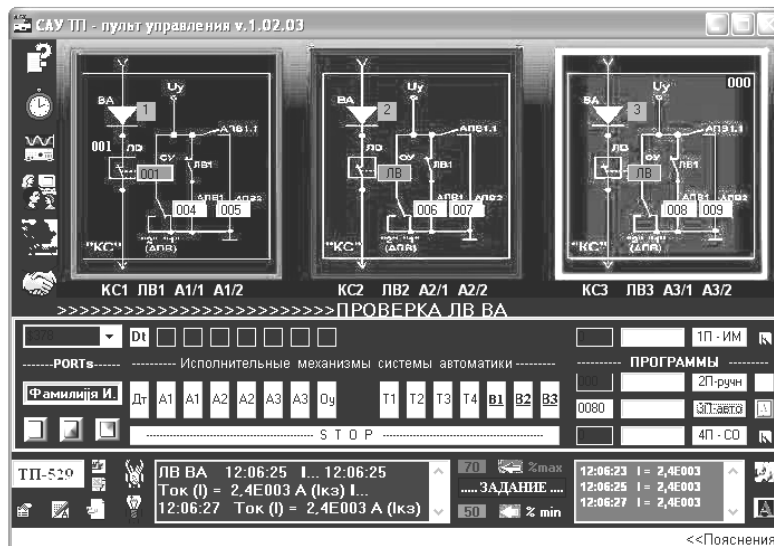


Рисунок 6.3 – Інтерфейс пульта мікропроцесорної системи діагностування електрообладнання

Завдання: запропонувати ескізний проект пульта пристрою автоматичного діагностування електрообладнання на транспорті. Для вирішення цього завдання заздалегідь важливо провести детальний аналіз прикладних функціональних властивостей проєктованого пристрою, скласти таблицю усіх важливих компонентів схеми, доступ до яких має бути забезпечений для оператора (табл. 6.1). Аналогічно поступають і з аналізом недоступних і малодоступних компонентів, доступ до яких має бути забезпечений при перевірках устаткування і ремонтах його.

Таблиця 6.1 – Перелік компонентів діагностичного пристрою для розміщення їх на пульті

Призначення компоненту	Виконання	Напис пояснення
1	2	3
Включення пристрою	Кнопковий вимикач	«ВКЛ.»
Перевірка приймальних елементів	Сенсорні вимикачі	«Датчики»
Перевірка виконавчих елементів і обладнання	Кнопкові вимикачі із поверненням	«Оборудование»
Включення режимів роботи діагностичного обладнання	Кнопкові вимикачі	«Ручной» «Автомат» «Выборочно» «СТОП»

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
Засоби сигналізації	Світлодіоди кольорові	«Вкл.» «Проверка датчиков» «Проверка спецоборудования» «Ручной» «Автомат» «Селективно» «ПРОВЕРИТЬ» «РЕМОНТ» «НОРМА» «ОПАСНО» «СТОП»
Засоби відображення інформації	Мнемосхема чи екран дисплею	Символьна мультиплікація
Пам'ятка оператора	Табличка ламінована	HELP

Ескізний проект пульта для транспортного засобу діагностики зображений на рисунку 6.4.

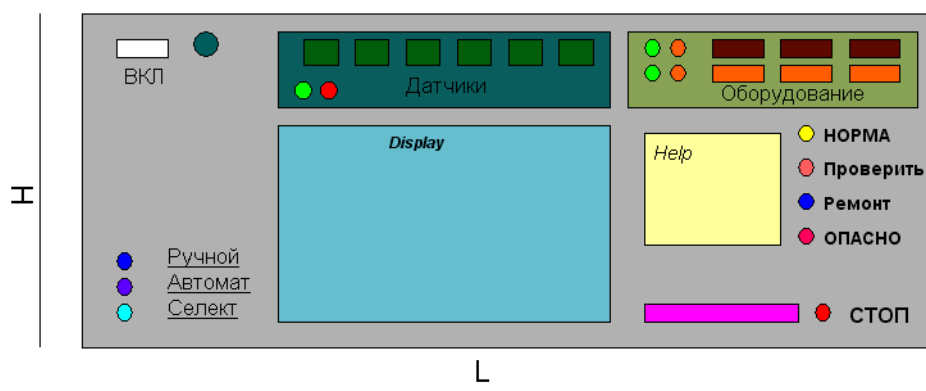


Рисунок 6.4 – Ескізний проект пульта автоматичного діагностичного пристрою для спеціального транспортного засобу

Контрольні питання

1. Поясніть призначення шафових щитів.
2. Поясніть призначення пультів керування.
3. Як позначаються шафи і пульти при їх замовленні для виготовлення (постачання)?
4. Які вимоги враховуються при проектуванні шаф і пультів керування?
5. У чому особливості інтерфейсів програмованих засобів діагностики.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Микропроцессоры. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов / [П. В. Нестеров, В. Ф. Шаньгин, В. Л. Горбунов и др.]. – М. : Высш. шк., 1986. – 495 с.
2. Вершинин О.Е. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов / О. Е. Вершинин. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
3. Токхайм Р. Микропроцессоры: Курс и упражнения / Р. Токхайм; пер. с англ., под ред. В.Н. Герасевича. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 336 с.
4. Методичні вказівки до самостійного вивчення дисциплін «Автоматизація технологічних процесів та установок» і «Автоматизація технологічних процесів» (для студентів 4–5 курсів усіх форм навчання спеціальностей 7.092203, 8.092203 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», за напрямом підготовки 0922 (6.050702 «Електромеханіка»)) / уклад. : С. М. Єсаулов. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 30 с.
5. Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт із навчальних дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів», «Мікропроцесорні пристрої в електромеханотронних системах», «Дискретні та цифрові пристрої електротранспорту», «Аналогові та цифрові пристрої транспортних засобів», «Дискретні та цифрові пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 80 с.
6. Методичні рекомендації до самостійного вивчення навчальних дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів», «Мікропроцесорні пристрої в електромеханотронних системах», «Дискретні та цифрові пристрої електротранспорту», «Аналогові та цифрові пристрої транспортних засобів», «Дискретні та цифрові пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 51 с.

7. «Транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів», «Мікропроцесорні пристрої в електромеханотронних системах», «Дискретні та цифрові пристрої електротранспорту», «Аналогові та цифрові пристрої транспортних засобів», «Дискретні та цифрові пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 51 с
8. ГОСТ 19002-80. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения.
9. ГОСТ 19002-80. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические и правила выполнения.
10. ОСТ 11073.915-80. Позначення мікросхем.
11. Ефремов И. С. Цифровые системы управления электрическим подвижным составом с тиристорными импульсными регуляторами. / И. С. Ефремов, А. Я. Калиниченко, В. П. Феоктистов. – М. : Транспорт, 1988. – 253 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

«ДІАГНОСТИЧНІ КОМПЛЕКСИ»

*(для студентів 5-6 курсів усіх форм навчання
освітнього рівня «магістр» спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Укладачі: **ЄСАУЛОВ** Сергій Михайлович,
БАБІЧЕВА Ольга Федорівна

Відповідальний за випуск *Ю.П. Бархаєв*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2019, поз.139 М .

Підп. до друку 19.06.2019. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,4.

Тираж 50 пр. Зам. №.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК №5328 від 11.04.2017.