

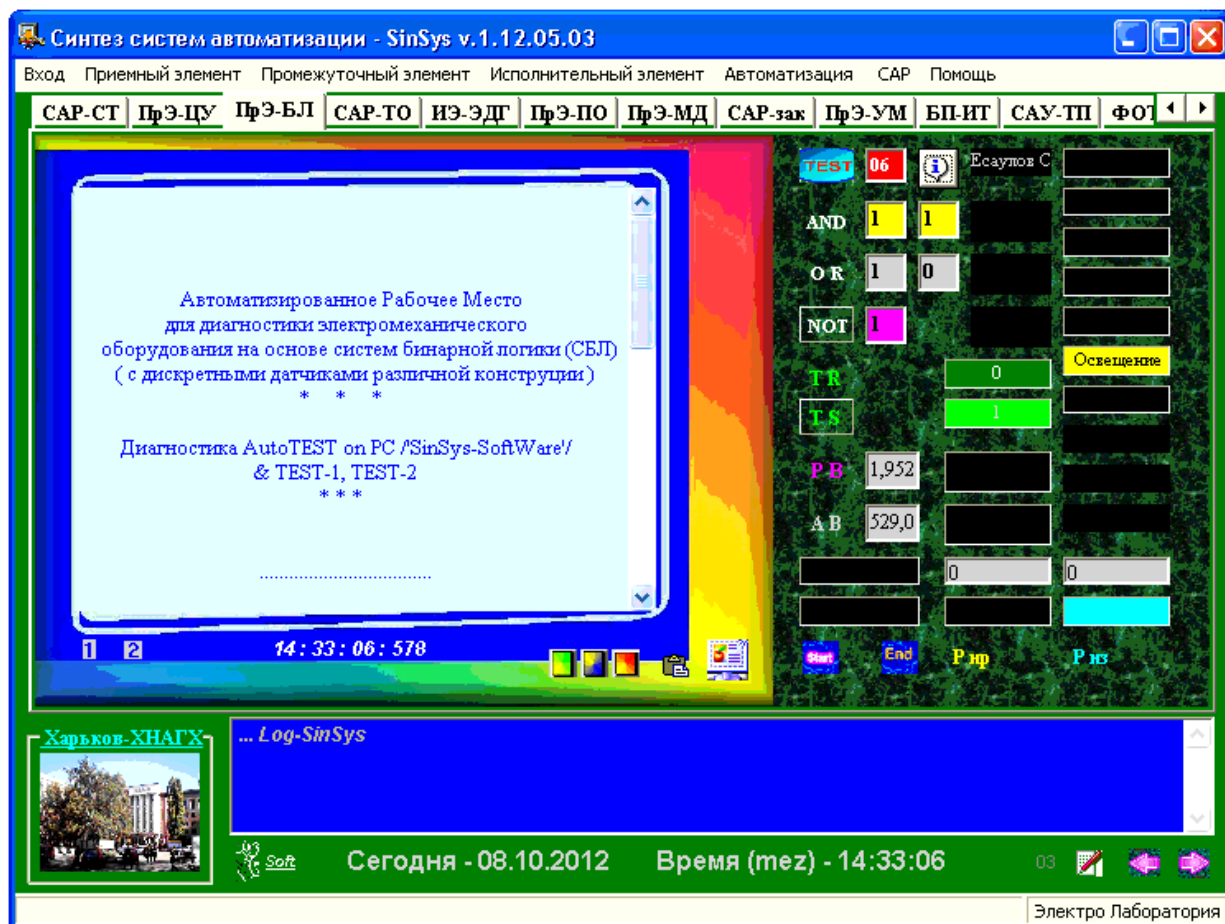
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*(для студентів 4 – 5 курсів всіх форм навчання
за напрямом підготовки 6.050702 – «Електромеханіка»)*



Харків
ХНАМГ
2012

Єсаулов С. М. Конспект лекцій з дисципліни «Діагностування електрообладнання транспортних засобів» (для студентів 4 – 5 курсів всіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 – «Електромеханіка») / С. М. Єсаулов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 98 с.

Автор: С. М. Єсаулов

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

.

Рецензент: канд. техн. наук, проф. А. К. Бабіченко (ХНТУ «ХПІ»)

Затверджено на засіданні кафедри електричного транспорту
протокол №1 від 29.09.2012 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1 ЯК ЗАРЕЄСТРУВАТИСЯ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ. ПОРЯДОК РОБОТИ НА САЙТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ НА БАЗІ MOODLE.....	6
ТЕМА 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ЇХ ДІАГНОСТИКА.....	14
1.1 Характеристика компонентів електрообладнання транспортних засобів.....	14
1.2 Характеристика електроприводів спеціального устаткування транспортних засобів.....	17
1.3 Схеми контролю, керування і сигналізації електрообладнання.....	18
1.4 Принципові електричні схеми електроустаткування.....	19
1.5 Пошук несправностей в електромеханічному устаткуванні.....	24
1.6 Ручний спосіб пошуку несправностей в електричних схемах..	25
ТЕМА 2 ДІАГНОСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ, ЇХ ВИБІР І ВИМІР.....	28
2.1 Класифікація діагностичних параметрів.....	28
2.2 Вибір вимірюваних величин і засобу їх контролю.....	29
2.3 Аналогові величини і пристрої для їх виміру.....	31
2.4 Пошук несправностей в аналогових пристроях електроустаткування.....	33
2.5 Дискретні пристрої електроустаткування.....	33
2.6 Параметричні властивості дискретних схем автоматики.....	36
2.7 Пошук несправностей і діагностика параметрів дискретних схем.....	38
ТЕМА 3 ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ.....	41
3.1 Електромеханічні датчики-перетворювачі.....	41
3.2 Гідравлічні і пневматичні перетворювачі.....	41
3.3 Акустичні датчики.....	43
3.4 Гальваномагнітні перетворювачі Холу і Гауса.....	44
3.5 Перетворювачі на основі ефекту Баркгаузена.....	45
3.6 Вихрові, індуктивні перетворювачі.....	47
3.7 Магнітопружні перетворювачі.....	48
3.8 Індукційні перетворювачі (віброзаходи).....	48
3.9 Електрохімічні перетворювачі.....	49
3.10 Перетворювачі на основі напівпровідникових елементів.....	51
3.11 Перетворювачі електричних величин.....	52
3.12 Комплекти перетворювачів технологічних величин.....	52

ТЕМА 4	АНАЛОГОВІ КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ.....	54
4.1	Суматори.....	54
4.2	Диференціатори.....	55
4.3	Помножувачі.....	57
4.4	Логарифмічні підсилювачі.....	58
4.5	Спеціальні обчислювальні схеми.....	59
4.6	Захист аналогових обчислювальних пристроїв від перешкод...	60
ТЕМА 5	ЦИФРОВІ КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ.....	62
5.1	Система логічних елементів.....	62
5.2	Цифрові схеми і їх діагностика.....	64
ТЕМА 6	КОМБІНОВАНІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ..	65
6.1	Склад комбінованого електроустаткування.....	65
ТЕМА 7	РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ.....	70
7.1	Графічне представлення алгоритмів діагностування.....	70
7.2	Вибір етапів діагностування електроустаткування.....	70
7.3	Складання блок-схеми алгоритму діагностування.....	71
ТЕМА 8	МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ.....	73
8.1	Моделювання дискретних електричних пристроїв.....	73
8.2	Моделювання аналогових пристроїв.....	75
8.3	Мехатронні системи на транспорті.....	79
ТЕМА 9	РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ.....	80
9.1	Підготовка алгоритму пошуку несправностей і діагностики.....	80
9.2	Бінарні системи діагностики.....	81
9.3	Кодування несправностей.....	85
ТЕМА 10	РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНИХ БЛОКІВ І СТАЦІОНАРНИХ СТЕНДІВ.....	86
10.1	Реалізація сховової логіки діагностики.....	86
10.2	Діагностика гібридних електричних схем.....	87
ТЕМА 11	ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ.....	89
11.1	Розрахунок і вибір компонентів для діагностичних пристроїв.....	89
11.2	Технічний дизайн діагностичних пристроїв.....	91
ТЕМА 12	ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ.....	93
12.1	Визначення економічної ефективності пристрою.....	93
12.2	Облік тенденцій розвитку техніки із засобами самодіагностики.....	95
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....		96

ВСТУП

Діагностика електроустаткування і пошук несправностей в ланцюгах керування електромеханічних пристроїв займає важливе місце при технічному обслуговуванні й ремонті транспортних засобів. Постійне зростання числа електричних блоків і різних спеціальних електронних пристроїв, що впроваджуються на транспорті, в корені змінили прийоми діагностики, засновані раніше на ручних інтуїтивних методах. Нині діагностування транспорту виконується висококваліфікованим персоналом, що розуміє і досконально знає влаштування електричного устаткування, правила його експлуатації, і використовує при цьому вбудовані або автономні засоби автоматичного діагностування електричних схем.

В курсі лекцій дисципліни «Діагностика електрообладнання транспортних засобів» *переслідується мета* допомогти студентам зрозуміти принципи створення електричних схем електроустаткування 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 устаткування.

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

Для освоєння розділів курсу «Діагностика електрообладнання транспортних засобів» будуть потрібні знання, придбані з дисциплін: «Фізика», «Хімія», «Математика», «Теорія автоматичного керування», «Мікросхемотехніка», «Електрообладнання транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої».

Дисципліна «Діагностика електрообладнання транспортних засобів» представлена у системі дистанційного навчання на базі конструктора Moodle.

Посібник включає ряд тем для вивчення дисципліни «Діагностика електрообладнання транспортних засобів» (для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки 0922 (6.050702 – «Електромеханіка»).

1. ЯК ЗАРЕЄСТРУВАТИСЯ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ.

ПОРЯДОК РОБОТИ НА САЙТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ НА БАЗІ MOODLE

1. На будь-якому комп'ютері, що має доступ до глобальної мережі Інтернет, за допомогою браузеру *Internet Explorer* або будь-якого іншого увійти на офіційний сайт Академії <http://www.kname.edu.ua/>:

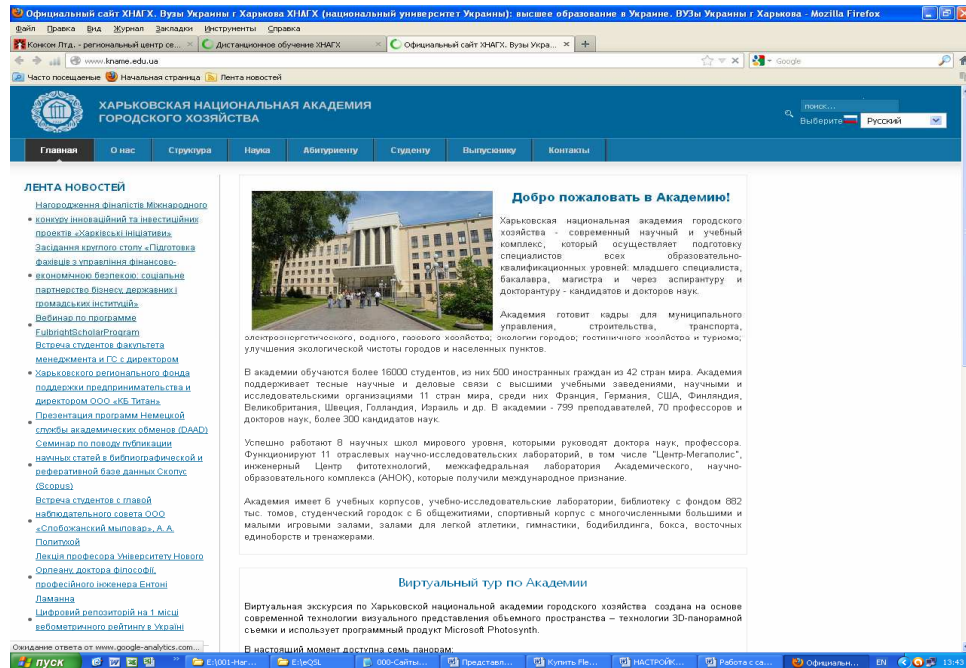


Рис. 1 – Офіційний сайт ХНАГХ

2. На головній сторінці Академії міського господарства справа знайти розділ «Дистанційне навчання» (ДО):

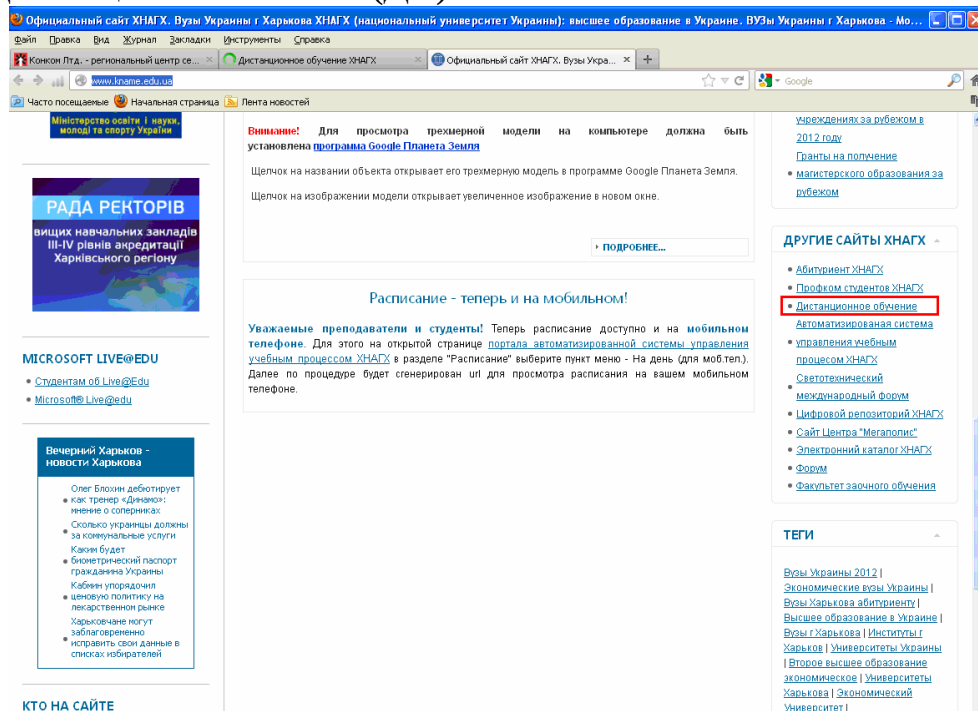


Рис. 2 – Головна сторінка сайту ХНАГХ

3. Активувати його, натиснувши курсором заголовок <Дистанційне навчання>. Після цього ви виявитесь на сайті <Центр дистанційного навчання> (ЦДН) <http://cdo.kname.edu.ua/>:

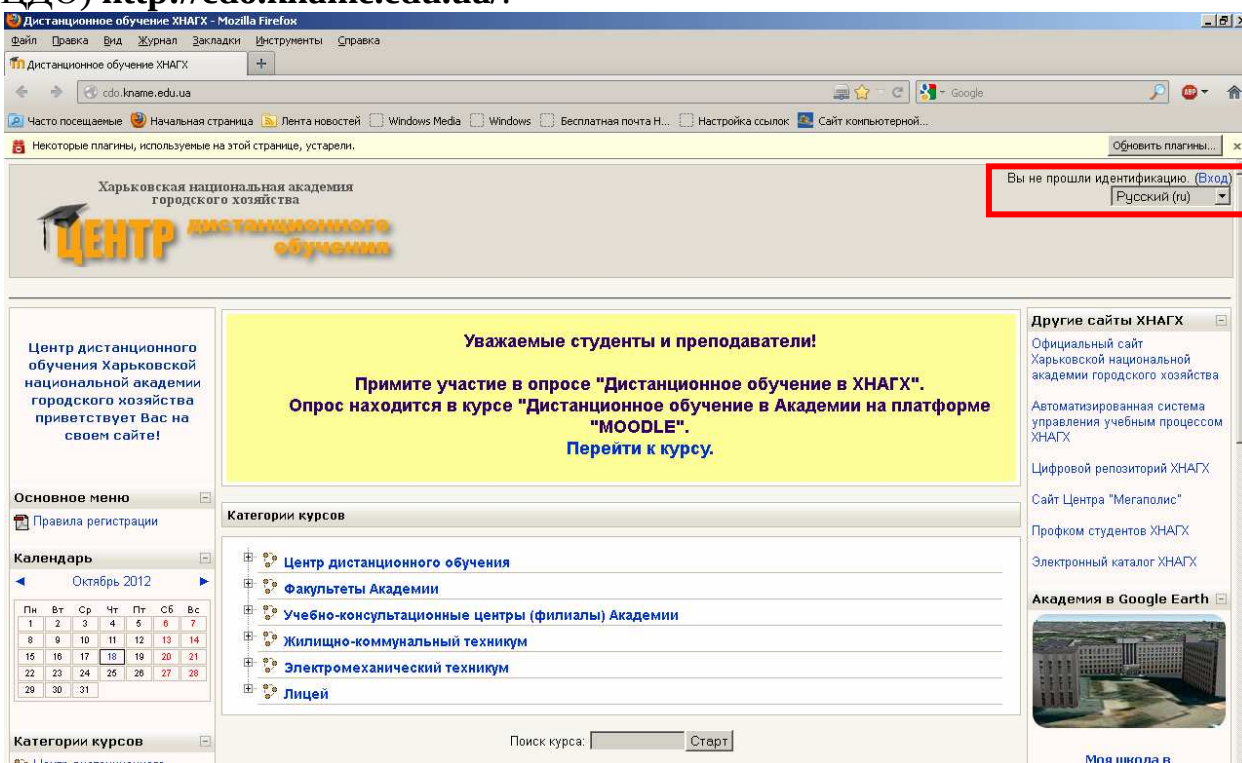


Рис. 3 – Сайт дистанційного навчання

4. Для прохождения идентификации, нажать кнопку <ВХОД> (вгори, справа).

5. Используя клавиатуру ввести свои «ЛОГИН» и «ПАРОЛЬ» (за замовчанням – це ідентифікаційний код) у відповідні вікна інтерфейсу і нажать кнопку <ВХОД>:

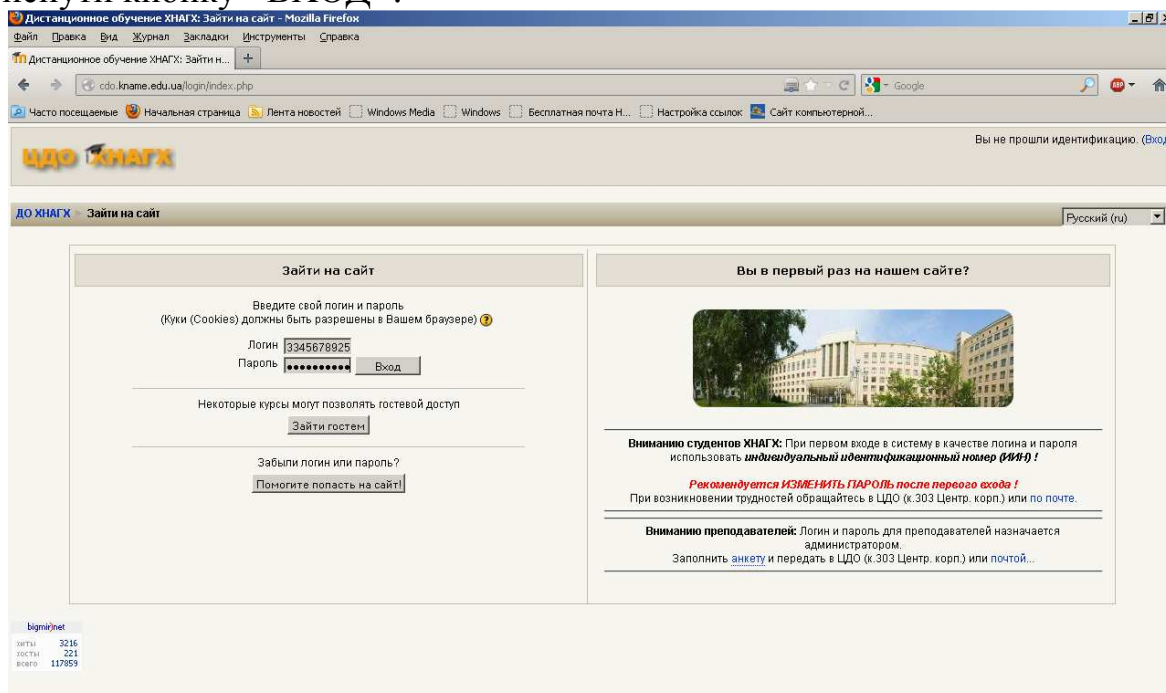


Рис. 4 – Сторінка «Зайти на сайт» в системі ДО

6. Далі заповнюємо свою особисту карту. Поля, виділені червоним кольором із *, заповнити обов'язково.

Рис. 5 – Особиста картка в ДО

7. На наступній сторінці натиснути <Да>:

Рис. 6 – Сторінка ДО «Пользовательское соглашение сайта»

8. На цій сторінці перейти за вказаним посиланням, тут Ви також можете змінити пароль і логін, проте це не рекомендується, тому, що при нагоді, коли вони втрачаються або забуваються, повторне відновлення в системі ДО здійснюється тільки за дозволом деканату у письмовій формі.

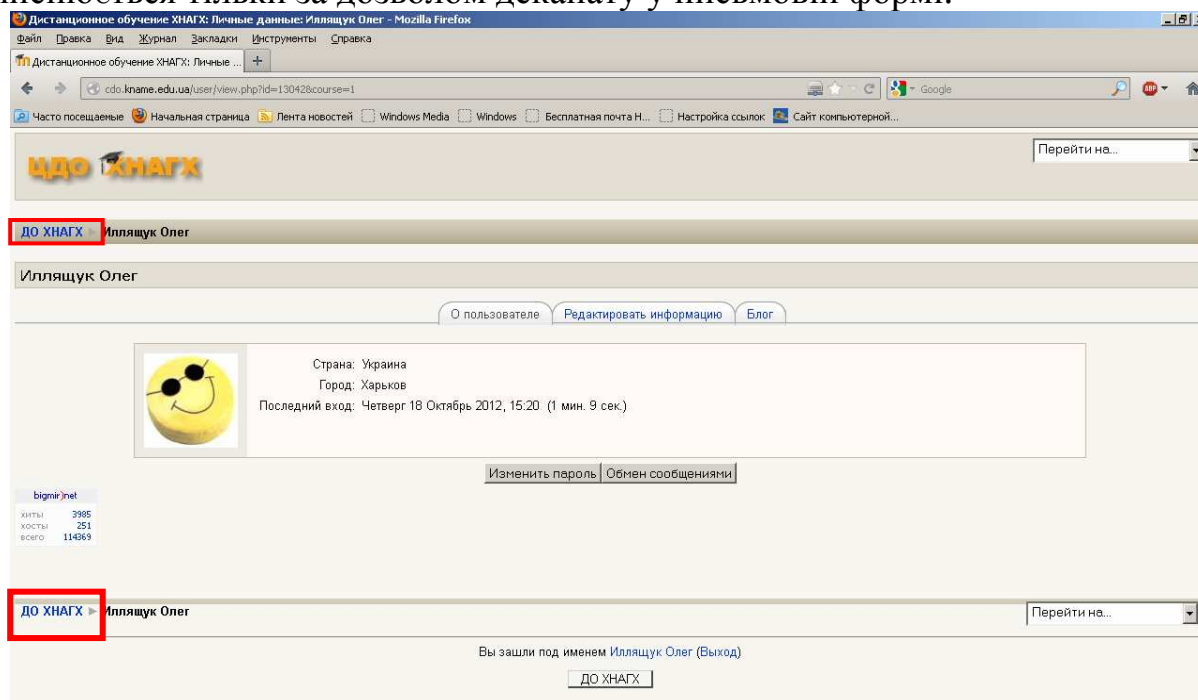


Рис. 7 – Особиста картка учасника ДО

9. Після цього Ви знову потрапляєте на головну сторінку ДО, де потрібно, як вказано на рис. 1.8. знайти потрібний факультет, в ньому вибрати необхідну кафедру і там вже вибрати дисципліну, на яку Вам необхідно реєструватися:

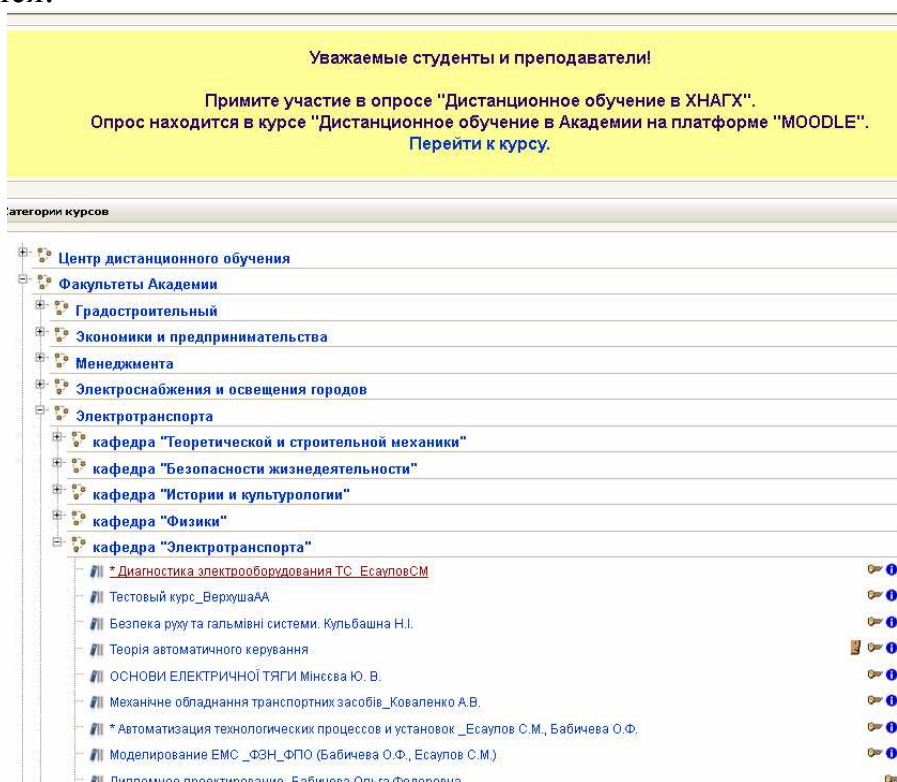


Рис. 8 – Як знайти потрібний курс «Диагностика электрооборудования ТС»

10. Після вибору дисципліни відкривається сторінка, на якій Вам потрібно в полі <Кодовое слово> внести для реєстрації в дисципліни пароль (або кодове слово), яке Вам повинен дати викладач на одному із початкових занять. Натиснути на кнопку <Записаться на курс>.

ДО ХНАГХ > Курсы > Зайти на ЕсауловСМ

* Диагностика электрооборудования ТС_ЕсауловСМ

Преподаватель: Есаулов Сергей Михайлович

данный курс предназначен для студентов 4-5 курсов всех форм обучения по специальности 0922 (6.050702) «Электромеханика»

Этот курс требует ввода кодового слова - одноразового пароля, который Вы должны были получить от преподавателя :
Есаулов Сергей Михайлович.

Кодовое слово:

bigmir.net
ЗИТЫ 3112
ЛОСЫ 217
ЕСОГО 117655

ДО ХНАГХ > Курсы > Зайти на ЕсауловСМ

Рис. 9 – Сторінка для реєстрації на курс ДО «Диагностика электрооборудования ТС»

11. Після цього Вам відкривається сторінка цієї дисципліни з розділами:

Курс: * Диагностика электрооборудования ТС_ЕсауловСМ - Mozilla Firefox

файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

Курс: * Диагностика электрооборудования...

cdо.kname.edu.ua/course/view.php?id=573

Часто посещаемые Начальная страница Лента новостей Windows Media Windows Бесплатная почта Н... Настройка ссылок Сайт компьютерной...

ДО ХНАГХ - ЕсауловСМ

Люди
Участники

Элементы курса
Базы данных
Задания
Занятия
Ресурсы
Семинары
Тесты
Форумы

Поиск по форумам
Поиск!
Расширенный поиск

Управление
Оценки
Исключить из ЕсауловСМ
О пользователя

Мои курсы
* * Диагностика электрооборудования ТС_ЕсауловСМ
* * НАУКА И ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ (НИРС)_Есаулов С.М.
* * Hot Potatoes - программа для создания тестов
* * Автоматизированное проектирование электромеханических систем_Бабичева О.Ф.
* * Безопасность гальванических систем. Кульбашна Н.І.
* * Дипломное проектирование_Бабичева Ольга Федоровна
* * Дистанционное обучение в Академии

Заголовки тем

Диагностика электрооборудования транспортных средств

данный курс позволит студентам понять принципы поиска неисправностей в электрооборудовании и целях управления, научиться разрабатывать алгоритмы поиска неисправностей, создавать принципиальные электрические схемы компонентов устройств диагностики различного электрооборудования, научиться синтезировать технические решения для реализации оригинальных алгоритмов с помощью специализированных электронных технических средств.

Библиотека
содержит электронные источники по данному курсу, в которых Вы найдете полезный материал для знакомства с реальными устройствами и приспособлениями по диагностике электрооборудования, фотоматериал по данной тематике, ссылки на сайты ...

- Диагностика электрооборудования на транспорте
- ТЕСТЕР диагностический
- Приставка -ОСЦИЛЛОГРАФ для диагностики
- ПРИМЕНЕНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА диагностического для автомобиля
- Современные средства диагностики электрооборудования
- ПРИМЕНЕНИЕ диагностики на необорудованном транспортном средстве
- ФОТО диагностических приборов и стендов

1 **ЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ**

изложен в электронных файлах "Курс лекций по ДЭОТС"

Студентам необходимо иметь ввиду, что при динамичном развитии новых технологий, внедряемых в автоматические устройства поиска неисправностей электрооборудования и целей управления в сложных схемах автоматизации электроприводов и других технологических объектах, очевидно, что "последние" сведения, в первую очередь, будут представляться слушателям курсов на плановых лекциях. Электронные варианты "последних" лекций на сайте могут появляться с некоторой задержкой в фоновой библиотеке (аудиозапись).

- Интернет ресурсы
- Курс лекций_ДЭОТС
- РАБОТА В SinSys

2 **МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

последовательность выполнения плановых практических заданий (ПЗ) строго согласуется с теоретическим материалом, который предлагается слушателям курса ДЭОТС в лекционном курсе. Перед выполнением ПЗ обязательно необходимо ознакомиться с материалами соответствующих одной или нескольких лекций. Темы всех ПЗ являются компонентами КУРСОВОЙ РАБОТЫ (КР).

Наступающие события
Нет никаких наступающих событий
Перейти к календарю...
Новое событие...

Последние действия
Элементы курса Вторник 23 Октябрь 2012, 13:25
Полный отчет о последних действиях
Со времени Вашего последнего входа нет новых событий

Календарь
Октябрь 2012

Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Легенда событий
Общее Курс
Группа Пользователь

Рис. 10 – Сторінка курсу ДО «Диагностика электрооборудования ТС»

На сторінці курсу ДО «Диагностика электрооборудования транспортных средств» (ДЭТС) в різних розділах представлені методичні та інші матеріали, які можна скачати для використання на домашньому комп'ютері.

Після виконання лабораторної або розділу курсової роботи необхідно підготувати електронні матеріали в середовищі MS Word і файл розмістити на комп'ютері в папці «Мои документы», наприклад, з ім'ям <ЛР1.doc>.

12. Представлення електронних звітів виконаних лабораторних робіт для перевірки і оцінювання виражається таким чином:

а) На сторінці курсу ДЭТС знайти розділ <Лабораторные работы>;

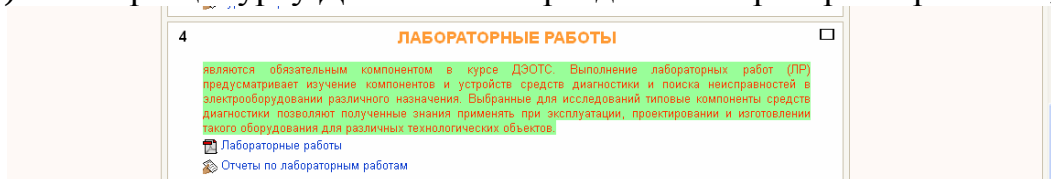


Рис. 11 – Розділ <Лабораторные работы>

б) курсором натиснути іконку <Отчеты по лабораторным работам>;

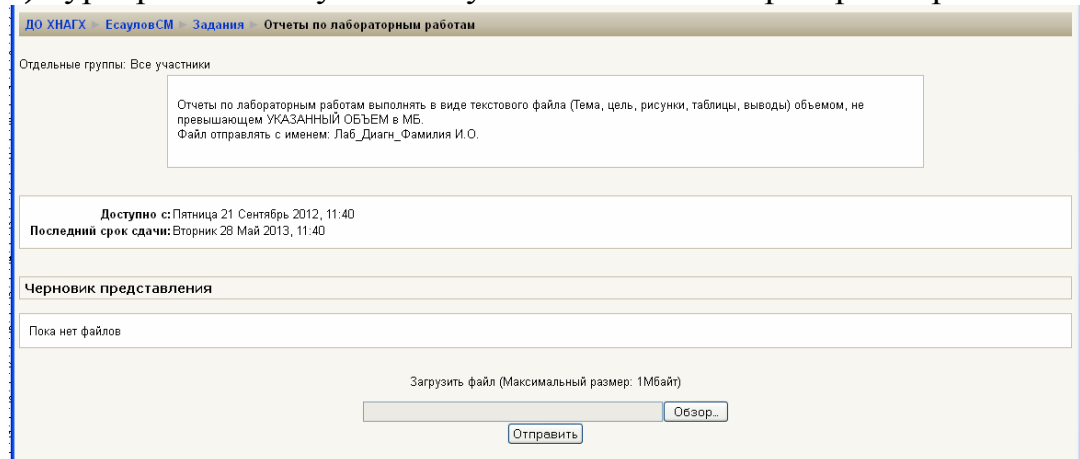


Рис. 12 – Як завантажити файл

в) на сторінці підготовки до відправлення файлу звіту уточнити допустимий його об'єм (**Завантажити файл....1Мбайт**);

г) повернутися в папку «Мои документы», переконатися, що об'єм раніше підготовленого електронного документу <ЛРН№1.doc> відповідає вимогам сайту;

д) перейменувати файл згідно з поясненням (<Лаб_ДЭОТ №_Прізвище И.О. doc>) з вказівкою номера роботи;

е) натиснути кнопку <Обзор>;

ж) у випадаючому вікні «Загрузка файла» знайти теку «Мои документы», вибрати файл підготовленого електронного звіту (<Лаб_ДЭОТ№_Прізвище И.О.>), виділити файл курсором (у вікні <Имя файла> з'явиться ім'я вибраного файлу), натиснути кнопку <Открыть>;

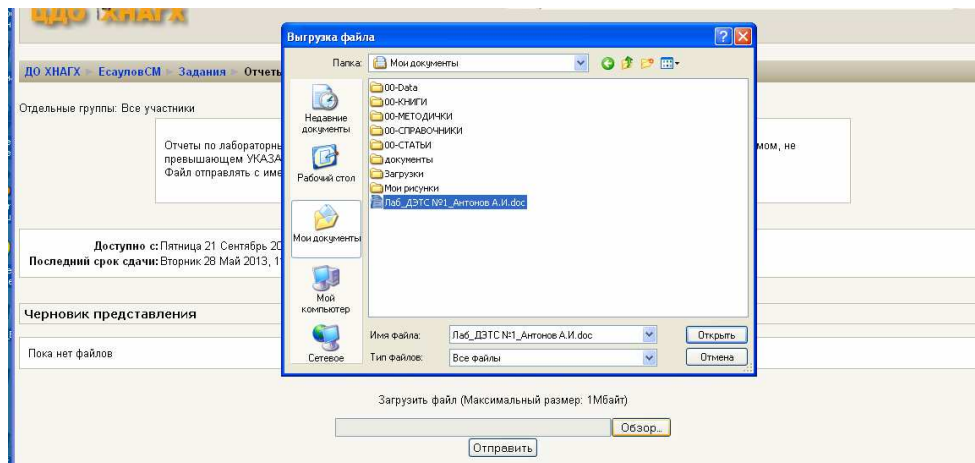


Рис. 13 – Вибір необхідного файлу для завантаження

з) перевірити відповідність імені файлу завантажуваному документу, у вікні <Обзор>, переконавшись, що помилки немає, необхідно натиснути кнопку <Отправить>;

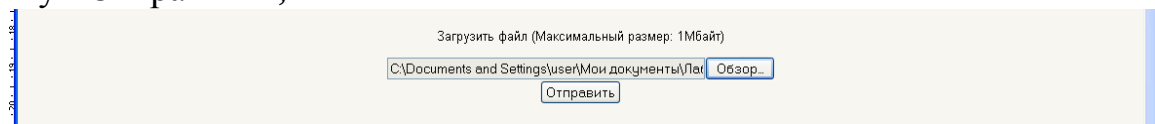


Рис. 14 – Завантаження файлу

и) перевірити результат відправлення електронного документу через публікацію повідомлення на сторінці в рядку «Черновик представления» латинським текстом, наприклад, <Lab_DEHTS_No1_Antonov_A.I.doc>. Натиснути кнопку <Отправить для оценивания> і натиснути кнопку <Да>;

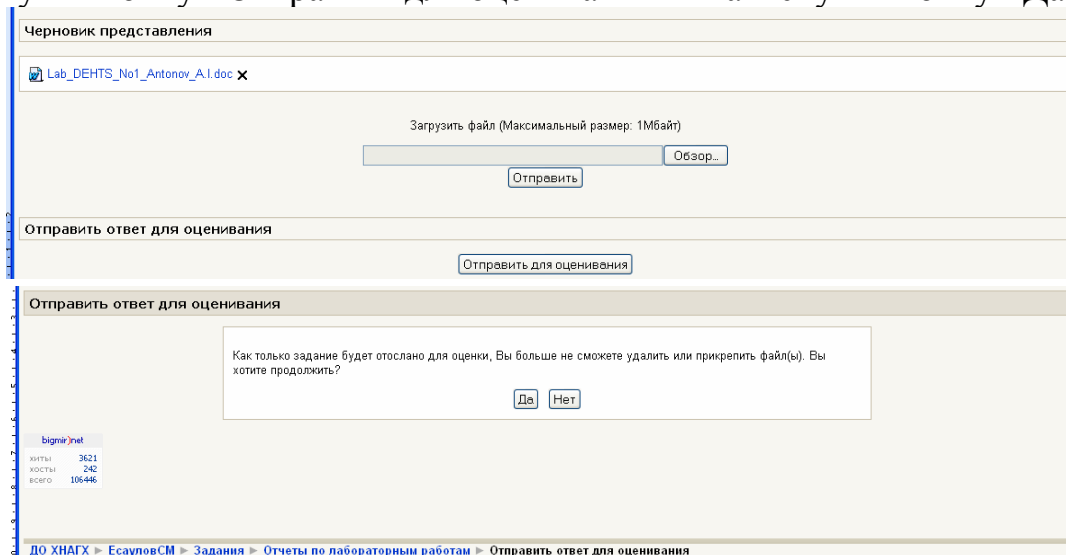


Рис. 15 – Відправити відповідь для оцінювання

л) повернутися на сторінку курсу <ДЭОТ>.

На сторінці курсу в полі «Представленные задания» (справа) переконатися, що відправлений для оцінювання документ зареєстрований системою дистанційного навчання саме в курсі ДЭОТ.

13. Порядок представлення матеріалів курсової або інших робіт виконується аналогічно, попередньо відкривши папку відповідного розділу в курсі ДЭОТ.

14. Якщо файл документу <*.doc> має об'єм, що перевищує допустимий, його попередньо необхідно «стиснути» за допомогою програм-архіваторів, транслюючи файл у вид <*.zip> або <*.rar> і тільки потім відправити згідно розглянутому вище алгоритму.

Значних об'ємів електронні документи необхідно ділити на частини, враховуючи допустимі для відправлення розміри файлів.

2. Порядок роботи в дистанційному науково-технічному курсі (ДНТК) на сайті дистанційного навчання

Дистанційний курс науково-технічної підготовки доступний для усіх студентів, починаючи з першого курсу. ДНТК організований для студентів, що захоплюються або бажають перевірити свої сили в науці. Цей курс не вимагає офіційної реєстрації. Сторінка ДНТК відкрита для усіх охочих виявити себе в науці і техніці, брати участь в конкурсах і виставках різного рівня і представництва учасників. ДНТК особливо корисна тим студентам, які збираються продовжити навчання в магістраті і аспірантурі.

Для доступу на сторінку сайту ДНТК необхідно виконати раніше розглянуті п.п. 1 – 10, знайти курс <*** НАУКА И ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ (НИРС)**>, активувати його натисненням заголовка курсором і ввести ключове слово <**DELO**>.

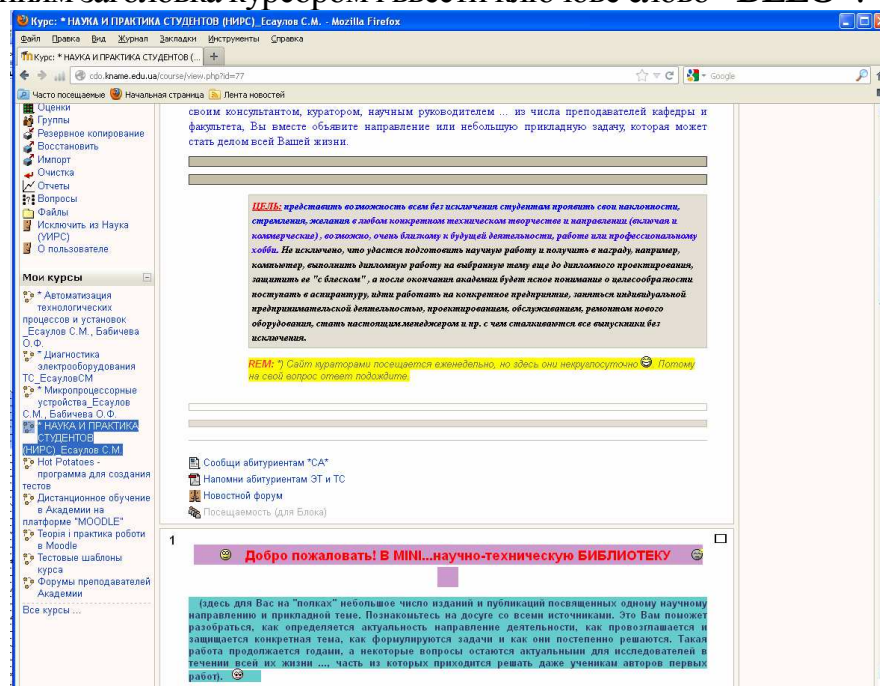


Рис. 16 – Сторінка курсу ДО * НАУКА И ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ (НИРС)_Есаулов С. М.

ДНТК не вимагає від вас офіційного представлення, але чекає повідомлень в розділах, з якими вам доведеться познайомитися самостійно.

Про розвиток деяких напрямів науки і техніки ви можете дізнатися з різних джерел в Інтернет або через сайт «Дистанційне навчання» <http://ut9li.narod.ru>. На цьому сайті ви знайдете безліч посилань, які приведуть вас до раніше невідомим історичним відомостям і проблемним повідомленням з області науки і техніки, яка вам згодиться для вибору теми своєї науково-дослідної роботи.

ТЕМА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ З ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯМ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ЇХ ДІАГНОСТИКА

Структура технологічних об'єктів – сукупність впорядкованих зв'язків між компонентами спеціалізованих транспортних засобів з електроустаткуванням, призначених для механізації різних робіт, перевезення вантажів і пасажирів.

Технічна діагностика – встановлення і вивчення ознак, що характеризують наявність дефектів в машинах, пристроях, вузлах, елементах і тому подібне, для пророцтва можливих відхилень в режимах їх роботи, а також розробка методів і засобів виявлення і локалізації дефектів.

Діагностика електрообладнання – дисципліна, що відбиває принципи встановлення ознак несправностей компонентів електричних схем електроустаткування і розробки засобів для їх виявлення і локалізації.

1.1 Характеристика компонентів електрообладнання транспортних засобів

Транспортні засоби або транспорт (transporto – переміщаю) – галузь виробничої діяльності, що здійснює перевезення людей або вантажів. Розрізняють наземний, водний і повітряний транспорт. Наземні види – автомобілі, електротранспорт і трубопроводи. Авто- і електротранспорт за призначенням можна розділити на: загального користування (сфера звернення населення), не загального користування (внутрішньовиробнича сфера), спеціалізований (механізація певного виду робіт і послуг).

Транспортні засоби (ТЗ) із спеціальним електромеханічним устаткуванням в муніципальних умовах використовуються для виконання різних видів робіт за участю людини або самостійно. Асортимент таких ТЗ постійно збільшується. Спеціалізовані транспортні засоби (СТЗ) мають різне електроустаткування, яке експлуатуються за допомогою енергоустановок на базі авто- і електромобілів або контактної мережі міського електротранспорту.

Контактна мережа (КМ) електротранспорту є багатокілометровими ділянками дрітної електричної мережі й рейковими шляхами, що забезпечують життєдіяльність транспортних комунальних підприємств. Усі КМ з'єднуються з тяговими підстанціями (ТП), що містять дороге устаткування, призначене для перетворення електричної енергії високовольтного ланцюга живлення 10/8 кВ в напругу постійного струму (600В), розраховану на використання споживачів з різними величинами навантаження.

Для захисту електроустаткування транспорту від струмів короткого замикання (КЗ) і ненормованих умов експлуатації в природних умовах, використовуються складні інтелектуальні засоби автоматики, що забезпечують своєчасне відключення устаткування від випрямних агрегатів, включення засобів примусового охолодження агрегатів, включення пристроїв сповіщення

обслуговуючого персоналу, центральних і районних диспетчерських пунктів (ЦДП) і (РДП) і багато що інше.

Усі види транспорту складають парк рухомих одиниць (РО) транспортного підприємства, на базі якого пропонуються послуги з перевезення пасажирів і вантажів. Авто- і електромобілі, оснащені спеціальним електроустаткуванням і експлуатуються в різних природних умовах, що негативно впливає на їх технічний стан. Очевидно, що на найбільш зношені частини ТЗ впливають зовнішні чинники: запиленість, вологість, порушення умов експлуатації та ін. У таких умовах технічний стан електроустаткування необхідно регулярно контролювати, не допускаючи його експлуатацію за наявності дефектів.

Виявлення дефектів в електроустаткуванні виробляється при щоденному технічному обслуговуванні (ЩТО) транспортних засобів. Проведення ЩТО виконується на ділянках, оснащених засобами ручного, напіваавтоматичного і автоматичного діагностування (рис.1.1).

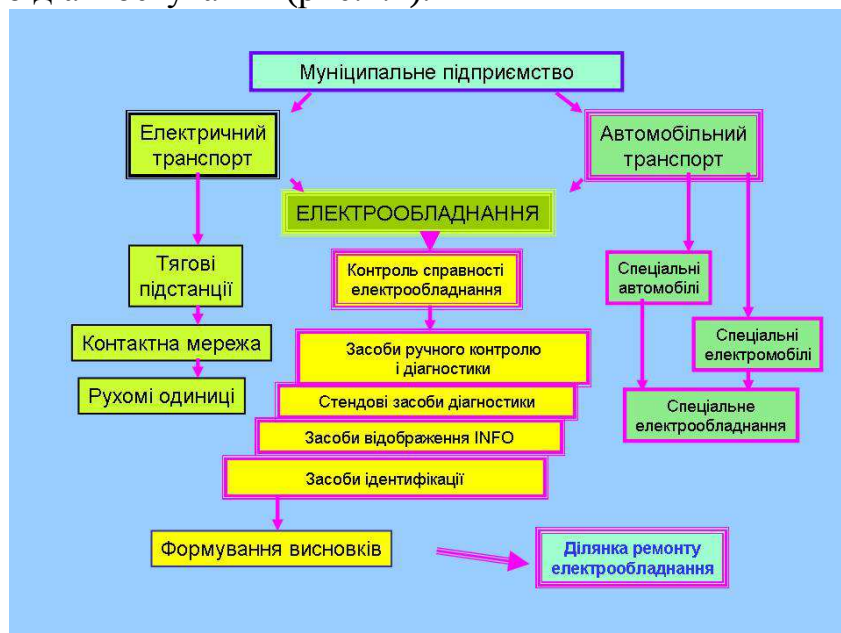


Рис. 1.1 – Транспортне електрообладнання і його діагностика

Діагностичне устаткування є автономними вимірювальними приладами або індикаторами. При діагностиці складних пристроїв використовують оригінальні за конструкцією стенди із спеціальними приладами для контролю, автоматичної обробки інформації й відображення результатів вимірів. При цьому транспортний засіб оснащується тільки спеціальними елементами для «знімання» початкової інформації.

Важливу роль при цьому має технічна підготовка персоналу, який зобов'язаний знати експлуатовану техніку, припускати термін її зносу, уміти правильно користуватися діагностичними приладами і стендами, ідентифікувати дані отриманих вимірів.

Компоненти діагностичного контролю забезпечують формування найважливішої інформації про справність електроустаткування. Отримана завершальна інформація зазвичай в електронному вигляді передається в базу

даних для використання її усіма зацікавленими підрозділами (ділянки обслуговування і ремонту). Діагностична інформація в сукупності відбиває:

1 – характеристику електроустаткування, терміни введення її в експлуатацію і обслуговування;

2 – хронологічний облік усіх виявлених несправностей і усунення їх з вказівкою дати і виконавців виконаних робіт;

3 – перелік і терміни ремонту або заміни компонентів устаткування з вказівкою виконавців проведених робіт.

Електронні записи зберігаються в базі даних, мають захист від коригування, але доступні для публікації і тиражування зацікавленими користувачами.

Плановий пошук можливих несправностей грає важливу роль для будь-якого підприємства, оскільки обслуговування ТЗ і ремонт окремих компонентів у нормовані терміни, забезпечує безперебійну надійну експлуатацію транспорту за будь-яких умов.

У зв'язку з різноманітністю технологічних прийомів і оригінальністю інженерних рішень при проектуванні спеціального електроустаткування для муніципальних підприємств, очевидно, що неможливо створити універсальний засіб діагностики для усіх видів електроустаткування. Гушавині усього техніка для діагностики електричних машин і механізмів створюється силами регіональних проектних організацій за участю персоналу самих користувачів електроустаткування.

З розвитком напівпровідникової техніки було створено безліч приймальних елементів (датчиків технологічних величин), за допомогою яких трапилася нагода створювати унікальне устаткування для систем автоматики різного призначення. Отримали інтенсивний розвиток і засоби діагностики технологічних об'єктів. Безліч діагностичних засобів створена в автомобільній галузі, в якій такі пристрої дозволяють не лише виявляти дефекти, але і вибирати оптимальні умови експлуатації, контролювати міру зносу окремих блоків і вузлів, попереджати експлуатацію в аварійних ситуаціях і багато що інше.

Мікропроцесорна техніка стала невід'ємною частиною практично усіх нових розробок на транспорті. Автомобілі оснащуються бортовими комп'ютерами, що виконують також функції вбудованого діагностичного експерта. Більше 100 точок контролю, передбачених на різних вузлах і блоках автомобіля, дозволяють не лише вести багатовимірний аналіз параметрів експлуатації транспортного засобу, але і вибирати при цьому найбільш оптимальні режими, забезпечуючи тим правильну експлуатацію усього устаткування.

1.2. Характеристика електроприводів спеціального устаткування транспортних засобів

Електрична машина – пристрій, що відбиває взаємозв'язок між електричною і механічною системами, призначеними для перетворення енергії з однієї форми в іншу.

До базових компонентів електроустаткування слідє віднести всі електричні вузли і блоки транспортних засобів, на основі яких створюються засоби механізації для муніципального господарства.

Двигуни – машини, що перетворюють електричну енергію в механічну.

Генератори – машини, що перетворюють механічну енергію, що підводиться до валу, в електричну (постійного і змінного струму, автомобільні генератори та ін.).

Перетворювачі – машини, що перетворюють електричну енергію з певними параметрами (виду струму, напруга, частота) в електричну енергію з іншими аналогічними параметрами.

Виконавчі двигуни – електричні двигуни служать для перетворення електричного керуючого сигналу, що підводиться до них, в механічне переміщення валу (двофазні і трифазні асинхронні двигуни, синхронні машини, двигуни постійного струму, крокові двигуни, двигуни редукторів, одно- і трифазні сельсини та ін.).

Електричні машини постійного струму набули поширення в установках різної потужності від доль вата до тисяч кіловат. Основною гідністю таких машин є можливість плавного регулювання швидкості обертання валу в широкому діапазоні швидкостей. Популярність таких машин обумовлена можливістю застосування електромеханічних пристроїв на їх базі з електричним живленням від автономних джерел постійного струму (автомобільних акумуляторів, випрямних агрегатів, пересувних генераторів постійного струму та ін.).

Електромашини змінного струму (синхронні і асинхронні) у ряді випадків можуть працювати як в синхронному, так і в асинхронному режимах.

Синхронні машини (СМ) або *синхронні двигуни* (СД) – ротор обертається із швидкістю (синхронно) обертання магнітного поля статора. Такі машини з потужністю від доль ватів до мільйонів кіловат знайшли застосування при рішенні дуже широкого кола прикладних завдань. Найбільш популярні СМ в пересувних електростанціях, автономних джерелах електроенергії, на технологічних об'єктах з насосами (пересувні спеціалізовані машини для ремонту водопровідної і каналізаційної мереж), повітродувках, мішалках і тому подібне практично з будь-якою необхідною потужністю електромеханічного приводу.

Асинхронні машини (АМ) – ротор такого двигуна обертається відносно ведучого поля з постійним відставанням (несинхронний).

Надійні в роботі економічні *асинхронні безколекторні двигуни* різної потужності застосовуються в більшості технічних пристроїв, експлуатація яких передбачена з живленням від мережі промислової частоти.

Асинхронні машини з фазним і короткозамкнутим ротором використовуються досить часто, але найбільш поширені з них останні, оскільки відрізняються простотою конструкції і високою надійністю в роботі.

Редукторні реактивні СД – є мікродвигунами, за допомогою яких можна отримати низьку синхронну швидкість при стандартній частоті або значно нижчу швидкість, ніж дають звичайні реактивні двигуни при підвищених частотах. Застосування електромагнітної редукції в СД усуває необхідність використання механічних редукторів, забезпечуючи тим малошумність конструкцій і їх високу надійність.

Сельсини – спеціальні електричні машини, використовувані для передачі на відстань величин кутового переміщення з високою мірою точності. Сельсини використовують в засобах автоматики і на технологічних об'єктах для точних кутових переміщень виконавчих органів і механізмів.

Двигуни, генератори, виконавчі двигуни змінного і постійного струму обов'язково оснащуються системами керування і регулювання.

1.3. Схеми контролю, керування і сигналізації електрообладнання

У системах контролю, керування і автоматичного регулювання спеціалізованих транспортних засобів значне місце займають електричні прилади, блоки апаратури і пристроїв, що забезпечують рішення завдань контролю, керування, регулювання, захисту, сигналізації конкретних технологічних процесів і компонентів використовуваного в них електромеханічного устаткування.

У будь-якому навіть найпростішому пристрої на базі електродвигуна обов'язково є вимикач напруги, запобіжник, засіб сигналізації подачі напруги та ін.

Розробка принципів електричних схем завжди містить певний елемент творчості розробника і вимагає умілого застосування класичних елементарних ланцюгів і функціональних вузлів, а також використання елементної бази, що постійно оновлюється, щоб створити оптимальне технічне рішення з урахуванням вимог електричних установок, що пред'являються до схем і пристроїв.

Схема – конструкторський документ (креслення), в якому складові частини виробу-елементи і зв'язки між ними зображені умовно.

У принципів електричних схемах такими елементами є резистори, конденсатори, транзистори, мікросхеми і тому подібне. Коли говорять про несправність схеми, очевидно, що йдеться не про креслення, а про саме електрообладнання з елементами, зображеними на схемі.

Уміння читати схеми лежить в основі підготовки фахівців, несправностей, що займаються пошуком, і усуненням їх в експлуатованому електроустаткуванні. Існує декілька типів схем, за допомогою яких здійснюється детальне вивчення електричних конструкцій і пристроїв.

Структурна схема – визначає основні функціональні частини пристрою або окремих його блоків.

Функціональна схема – роз'яснює процеси, що протікають в кожній з частин пристрою.

Принципова (повна) схема – визначає повний склад елементів і зв'язків між ними і дає детальне уявлення про принцип роботи пристрою.

Система автоматичного контролю – сукупність приймальних елементів, перетворювачів і вимірювальних пристроїв, призначених для виміру поточних значень базових технологічних величин, тісно пов'язаними з ходом технологічного процесу або його окремих стадій.

Система керування – сукупність керованого об'єкту і пристрою керування (комплекс засобів збору, обробки, передачі інформації, формування керуючого сигналу або команд, сигналів сповіщення та ін.), дія якого спрямована на підтримку або поліпшення умов експлуатації технологічного об'єкту.

Схема сигналізації – сукупність компонентів, що забезпечують безперервний контроль і сповіщення про порушення нормального режиму експлуатації технологічного об'єкту за допомогою електромеханічних, світлових і звукових сигналів.

На технологічних об'єктах з електроприводами як приймальні елементи часто використовують невеликі електричні машини.

Крокові двигуни (КД) – імпульсні або синхронні електродвигуни з переривчастим обертанням ротора, яке точно відповідає числу і порядку імпульсів, що подаються на керуючі обмотки (фази). Ці двигуни малої потужності відрізняються швидкодією, простотою, надійністю, точністю і малими габаритами. КД застосовуються в засобах автоматики і автоматизованих приводах з числовим програмним керуванням дискретної дії. Для зменшення кроку реалізації в таких електричних машинах використовують електромагнітну редукцію, що дозволяє підвищити швидкодію за рахунок зменшення часу на переміщення ротора при відробітці кроку, але крутний момент при цьому помітно знижується.

Магнесини – магнітоелектричні безконтактні сельсини, призначені для синхронної передачі обертання валів виконавчих пристроїв і механізмів в системах з малопотужними індикаторними пристроями автоматики.

Тахогенератори (ТХГ) – макрогенератори постійного струму з незалежним збудженням або з постійними магнітами. Застосовуються для отримання електричного сигналу (напруга) пропорційного швидкості обертання валу. ТХГ використовують в схемах автоматизації технологічними об'єктами, стабілізації швидкості обертання приводів, системах стеження та ін.

У зв'язку з постійно зростаючим асортиментом електромеханічних пристроїв, що створюються для потреб працівників муніципального господарства, безперервно росте і асортимент електричних машин, використовуваних в новому устаткуванні. Відмінною рисою нових виробів є застосування в них вбудованих компонентів, які спрощують розробку засобів контролю і автоматизації, що дає передумову створення електромеханічних пристроїв, експлуатація яких можлива без участі оператора людини (роботи, маніпулятори та ін.).

1.4. Принципові електричні схеми електроустаткування

Електроустаткування сучасних транспортних засобів є складним комплексом взаємопов'язаних електротехнічних і електронних систем, приладів і пристроїв, що забезпечують надійне функціонування двигуна, трансмісії і ходової частини, спеціального електромеханічного устаткування, безпеки руху, автоматизації робочих процесів автомобіля або електромобіля, комфортні умови для водія, пасажирів або персоналу, обслуговуючого спеціальне навісне і додаткове устаткування.

Електроустаткування включає наступні системи і пристрої: електропостачання; пуску електростартера двигуна; освітлення, світлової і звукової сигналізації; електронні системи керування агрегатами і блоками; інформації і контролю технічного стану усього використовуваного устаткування транспортного засобу і його агрегатів; електроприводів; пригнічення радіоперешкод; комутаційні, захисні пристрої і електропроводку.

У систему електропостачання входять генераторна установка і акумуляторна батарея. До системи пуску електростартера відносять акумуляторну батарею, електростартер, реле керування (додаткові реле і реле блокування) і електротехнічні пристрої для полегшення пуску двигуна. Система запалення в карбюраторному двигуні забезпечує роботу двигуна, в яку входять свічки, котушка запалення, переривник-розподільник, датчик-розподільник, напівпровідниковий комутатор, додатковий резистор, високовольтні дроти, наконечники і так далі.

Система освітлення і світлової сигналізації об'єднують освітлювальні прилади (фари головного освітлення), освітлювальні ліхтарі (габаритні вогні, покажчики повороту, стоп-сигнали, ліхтарі заднього ходу, освітлення робочих місць та ін.) і різні реле управління ними.

Система інформації і контролю включає датчики і покажчики тиску масла, температури охолоджуючої рідини, рівня палива в баку, спідометр, тахометр, сигнальні (контрольні) лампи, датчики положення механічних приводів, валів, виконавчих механізмів та ін.

Електропривод (електродвигуни, моторедуктори, мотонасоси) знаходить усе більше застосування в системах склоочистки, опалювання, вентиляції, передпускового підігрівання двигуна, підйому і опускання скла, антени радіостанції для зв'язку з диспетчером, дзеркал заднього виду, блокування дверей і склопідйомників.

Комутаційна і захисна апаратура: вимикачі, перемикачі, сполучні панелі і роз'ємні з'єднання.

Розвиток електроустаткування тісно пов'язаний з широким застосуванням напівпровідникової електроніки і мікропроцесорів, що забезпечують автоматизацію і оптимізацію робочих процесів, велику безпеку руху, зниження токсичності відпрацьованих газів і поліпшення умов роботи водіїв та персоналу, обслуговуючого спеціальне устаткування.

У спеціалізованих автомобілях муніципального призначення для очищення вулиць від снігу і вологого прибирання, вивезення відходів,

обслуговування паркового господарства та ін. застосовується устаткування, яке характеризується збільшенням числа споживачів електроенергії від бортової мережі автомобіля або автономного джерела електричного живлення. У зв'язку з цим на зміну колишньому електроустаткуванню приходять нові, складніші за конструкцією і схемним рішенням електричні та електронні вироби і системи. Від технічного стану усього електроустаткування багато в чому залежить експлуатаційна потужність будь-якого транспортного засобу і продуктивність устаткування при виконанні певного виду робіт.

Контактно-релейні схеми (КРС) – є складання об'ємної конструкції, виконані на контактних і релейних елементах. Роботу таких пристроїв можна контролювати і спостерігати, що ілюструє лабораторний стенд ПЭ-ДД (пакет програм SinSys) (рис. 1.2).

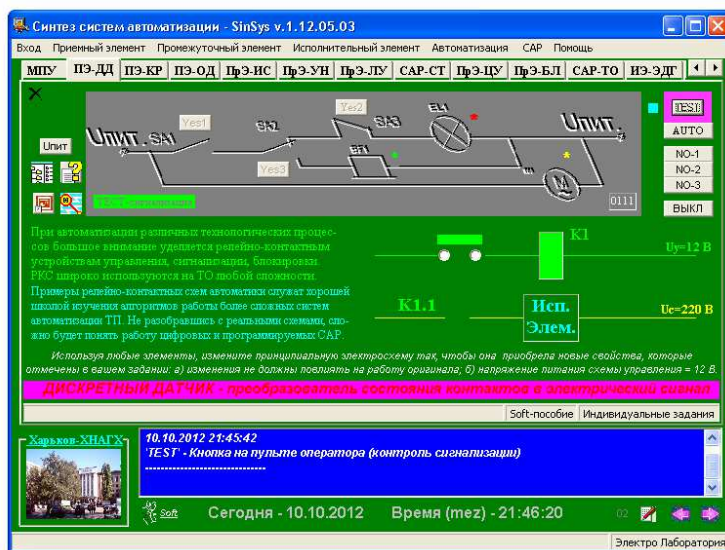


Рис. 1.2 – Електронний стенд для вивчення роботи КРС

КРС реалізують часто дуже складні алгоритми керування різними виконавчими механізмами. КРС можуть містити засоби контролю електричних величин, сигналізації їх гранично допустимих рівнів, захисту, блокування та ін. Стан контактів окремих елементів схеми дозволяє зрозуміти роботу таких пристроїв, а тому вивчення реальних КРС рекомендоване для початку освоєння прикладної схемотехніки, що утілює ідеї розробників в транспортне устаткування.

Безконтактні (логічні) схеми (ЛС) – реалізують складні алгоритми автоматичного контролю, регулювання і сигналізації робочих процесів на транспортних засобах за допомогою електронних логічних пристроїв виконаних на базі твердотілих напівпровідникових мікросхем і елементів. Ці пристрої є виробами навісного друкарського монтажу (плати) з малими вагою і різними габаритними розмірами. Привабливою стороною таких пристроїв є функціональність, економічність, надійність роботи без планового обслуговування в широкому інтервалі температур довкілля. У відмінності від КРС роботу компонентів в таких схемах неможливо спостерігати без спеціальних засобів – «тест-індикаторів», що підключаються до пристроїв через спеціальні роз'єми.

Роботу логічного пристрою можна спостерігати за допомогою стенду ПРЭ-ЛУ (пакет програм SinSys) (рис. 1.3).

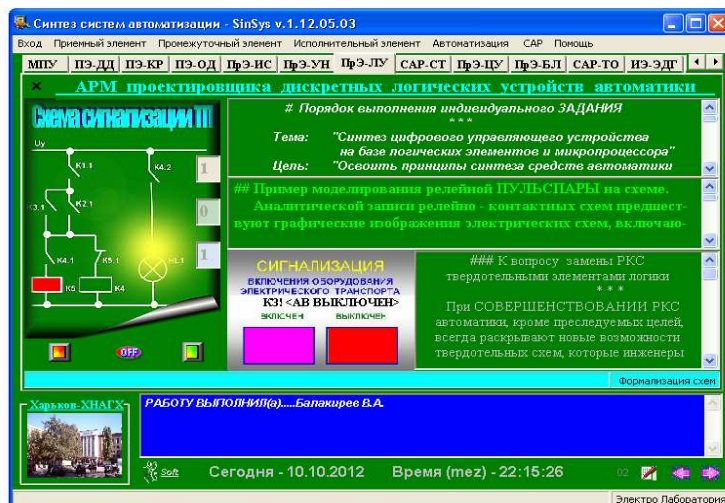


Рис. 1.3 – Електронний стенд для вивчення роботи логічних пристроїв

У електронному устаткуванні транспортних засобів часто можна зустріти гібридні схеми, в яких спільно використовуються контактні й напівпровідникові елементи (контактно-транзисторна система запалення).

Програмовані пристрої (мікропроцесорні, мікроконтролери) – є складними технічними пристроями на базі великих інтегральних схем є автономні або бортові комп'ютери, функціональні властивості яких визначаються програмним забезпеченням. Гідністю таких пристроїв є можливість технічної реалізації пристроїв з високим «інтелектом», модернізація яких досягається шляхом вдосконалення їх програмного забезпечення. Такі пристрої мають вбудовані засоби самодіагностики і сповіщення користувачів з використанням попередньо розробленого переліку можливих несправностей, що представляють ідентифікаційну базу тільки для конкретного пристрою. Публікація умовних номерів несправностей на дисплеях або моніторах, на жаль, може бути розшифрована тільки фахівцем, який добре знає структуру мікропроцесорного пристрою і розуміє мову програмного забезпечення. Як і в ЛС для діагностики мікроконтролерів передбачаються спеціально розроблені «тест-індикатори», що підключаються до пристроїв через спеціальні тест-роз'єми.

Приклад програмованого пристрою, що забезпечує обробку даних від декількох датчиків, можна спостерігати на стенді ПРЭ-БЛ (пакет програм SinSys) (рис. 1.4).

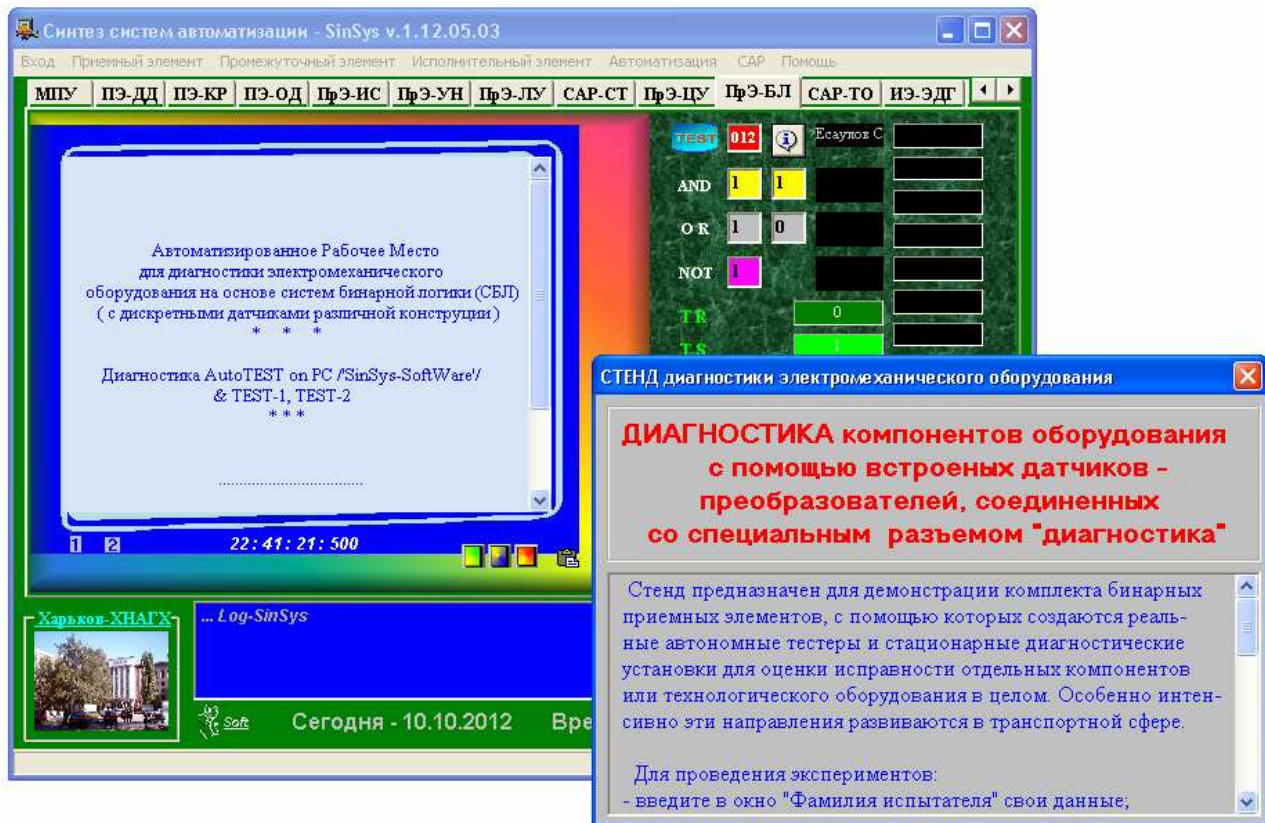


Рис. 1.4 – Стенд (АРМ) програмної обробки початкових даних від декількох приймалень елементів

Цей стенд оснащений також засобами, що демонструють перегляд бази цих умовних позначень можливих несправностей комп'ютера. Доступ до цієї інформації не передбачений для усіх користувачів (кнопки «1» – TEST – 1; «2» – TEST – 2).

Розглянуті приклади ілюструють різницю схем електроустаткування між варіантами, використовуваними на транспортних засобах, що зайвий раз вказує про високий рівень вимог до технічної підготовки персоналу, обслуговуючого і виконуючого ремонт електроустаткування сучасного електромеханічного устаткування, особливо, спеціального призначення.

На рис. 1.5 ілюструється реальна схема електроустаткування автомобіля, в якій представлена електрична машина-генератор (1), реле (2) контактно-релейної схеми керування, блок стабілізації бортової мережі, виконаний на напівпровідникових елементах (3), блок керування, контролю і діагностики окремих компонентів схеми (4) на інтегральних мікросхемах, панель контролю і сигналізації робочих параметрів автомобіля (5), що містить показуючі вимірювальні прилади, засоби світлової індикації, сигналізації і аудіовипромінювачі.

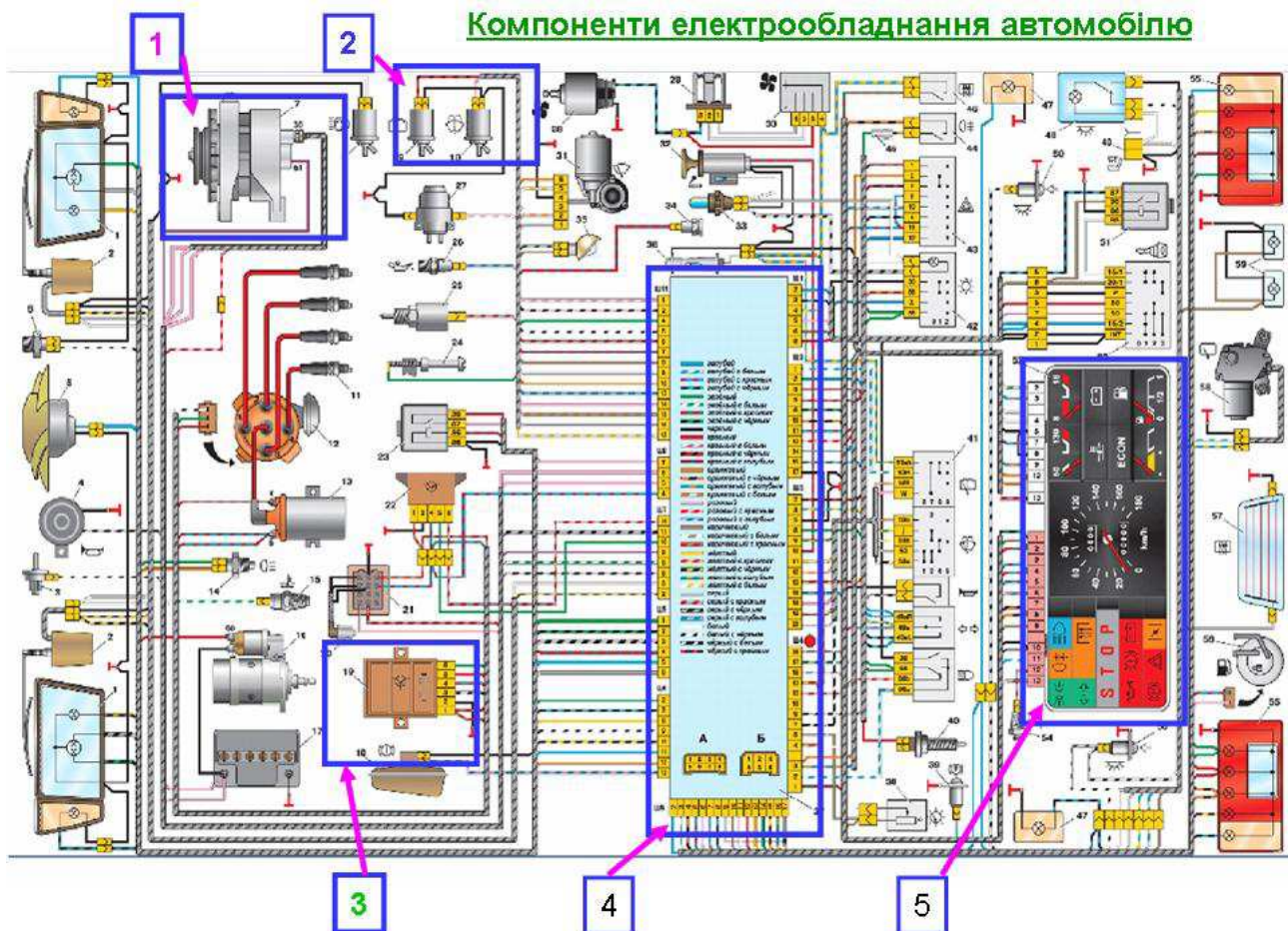


Рис. 1.5 – Принципова схема електрообладнання автомобіля :
 1 – електрогенератор; 2 – релейні компоненти; 3 – напівпровідниковий блок стабілізації бортової мережі; 4 – блок керування з клемми діагностики; 5 – панель контролю і сигналізації параметрів.

1.5 Пошук несправностей в електромеханічному устаткуванні

Електромеханічне устаткування – це комплект технічних засобів, в якому електрична енергія перетворюється у відповідне механічне лінійне або кутове переміщення, що забезпечує виконання необхідної роботи. Як такі пристрої найбільш популярні електричні приводи (електродвигуни) різної потужності з редукторами на валу і виконавчими механізмами.

Взаємозв'язок механічних і електричних компонентів в такому устаткуванні відрізняється складністю при діагностуванні й пошуку можливих несправностей.

Традиційно варіанти діагностування ділять на 2 роздільні операції:

- діагностування механічної частини;
- діагностування електричної частини.

Механічна частина відрізняється тим, що, розібравши будь-який блок на складові елементи, деякі дефекти в них нерідко виявляються візуально, параметри інших окремих елементів можна виміряти, визначити їх

неприпустимі відхилення. Інші дефекти, що відносяться до прихованих, можна виявити лише за допомогою спеціальних пристроїв (ультразвукові дефектоскопи, тепловізори, рентгеноскопи та ін.). Алгоритм (послідовності операцій) пошуку несправностей в механічному устаткуванні шляхом його розбирання, огляду, вимірів дозволяє перевірити справність будь-якого елементу і відразу сформулювати висновки про доцільність ремонту або заміни кожного з них. Після усунення дефектів зборка усіх елементів пристрою виробляється в порядку зворотному порядку прийнятому при розбиранні.

Електрична частина в усіх електромеханічних пристроях відрізняється оригінальністю, оскільки є електроустаткування різного призначення, виконання, розміщення. Навіть однакові за функціональністю електричні схеми завжди відрізняються використовуваною елементною базою і монтажем окремих частин схеми. У електричних схемах утілюються оригінальні ідеї розробників, а їх реалізація, монтаж і компонування не завжди передбачають простий доступ до здійснення прямих вимірів електричних величин. У електричних схемах різного призначення в більшості випадків несправні елементи на вигляд нічим не відрізняються від справних. Пошук дефектів в таких пристроях можливий тільки за допомогою різних засобів виміру, контролю і діагностики. Послідовність операцій пошуку несправностей (алгоритм) в кожному випадку залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників (характеристика і прояв несправності при експлуатації пристрою; число електричних компонентів, що впливають на прояв виявленої несправності; елемент схеми, що реалізовує несправність; другорядні елементи, сприяючі прояву цієї несправності і т.п.). Ці чинники і будуть в кожному конкретному випадку визначати свої прийоми пошуку несправностей.

Нині багато електричних блоків, виконаних на друкувальних платах, не припускають навіть часткове їх розбирання, що істотно ускладнює не лише пошук можливих несправностей, але і їх усунення.

1.6 Ручний спосіб пошуку несправностей в електричних схемах

Прояв несправностей в електричних схемах характеризується збоями в роботі пристрою, порушенням теплового режиму окремих компонентів при експлуатації пристрою в нормованих умовах, невірним виконанням команд керування або повною відмовою в роботі.

Електричні несправності можна підрозділити на два типи:

1. Немає з'єднання там, де воно має бути. Це обрив ланцюга, який виявляється вольтметром, амперметром, тестером.

2. Існує з'єднання там, де його не повинно бути. Цю несправність називають коротким замиканням (КЗ), яке призводить до збільшення струму, механічних дій, нагріву провідникового ланцюга і окремих елементів. Така несправність може бути викликана багатьма причинами, а тому процес її визначення складнішим, а повернення електричного ланцюга в нормальний робочий стан називатиметься *технічною діагностикою*.

Технічна діагностика, наприклад, пошуку причин КЗ включатиме:

- перевірку цілісності провідника (вимір опір);
- вимір потенціалу в двох точках ланцюга (вимір напруги);
- наявність струму через ділянку ланцюга (вимір струму);
- аналіз вимірних величин опору, напруги і струму.

У кожному окремому випадку рекомендується перевіряти напругу на входах, потім в спеціальних точках контролю (вказуються в документації виробника). У вимкненому стані перевіряють справність запобіжників, пристроїв захисту, цілісність ланцюгів і опір ізоляції. Після цього перевіряється схема під напругою.

При цьому діагностика силових керуючих ланцюгів відрізнятиметься одна від одної.

Перевірка силового ланцюга передбачає (устаткування з великими струмами навантаження): живлення (вольтметр), що підводиться до ланцюга; перевірку коректного функціонування пристроїв захисту (індикатори, тестери); візуальна перевірка цілісності провідників і кабелю (перевірка знеструмленої мережі «на обрив» і опір ізоляції за допомогою вимірника опорів); перевірка на іскріння і запах гару; перевірка цілісності ланцюга під напругою (вольтметри з певною точністю, індикатори, контрольні лампи).

При первинній діагностиці схеми витягається інформація про можливу несправність компонентів конкретного вузла або блоку. Щоб уникнути будь-яких нових дефектів при включенні устаткування для виконання необхідних вимірів і тестування обов'язково необхідно знеструмити усю схему або її пошкоджену частину.

Діагностика керуючих ланцюгів (слаботочне устаткування) передбачає перевірку: наявності і відповідності номіналам джерела живлення (вольтметр, амперметр); правильної роботи дискретних елементів, реле, таймерів, перемикачів та ін. за допомогою вимірювальних пристроїв (осцилограф, індикатори); візуальна перевірка цілісності провідникових ланцюгів; перевірка з'єднань дротів і клем; перевірка логічної послідовності перемикання контактних пристроїв (релейних, твердотілих); перевірка установки часу таймерів (електронний секундомір, індикатори, вольтметри з різними межами вимірів, тестер).

У керуючих ланцюгах схеми при включенні живлення слід використовувати передбачені органи керування для скидання блоку в «0» (коли немає формування керуючих величин). При знеструмленому керуючому пристрої запустити тестову команду і наслідувати рекомендації (документація розробника) для первинного пошуку несправностей схеми, відмічаючи момент їх прояву. Після цього включити керуючий пристрій і виробляти діагностування за попередньо підготовленою програмою.

Схема на рис. 1.6 ілюструє приклад пошуку несправностей в ній за допомогою різних вимірювальних приладів.

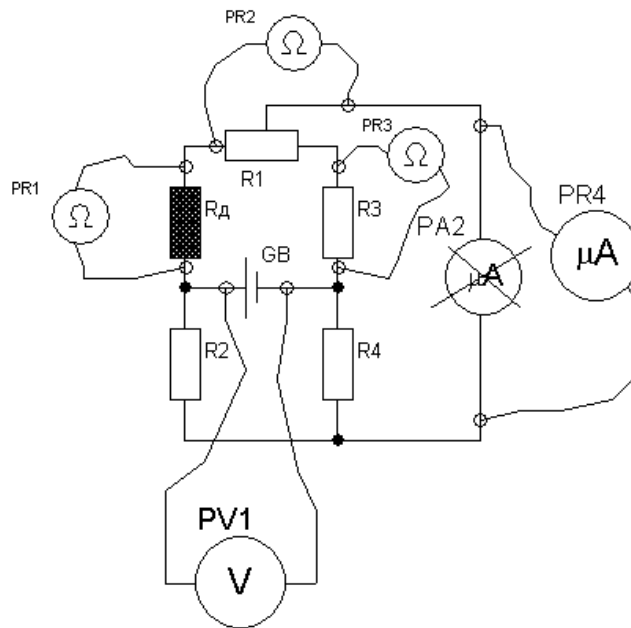


Рис.1.6 – Схема пошуку несправних елементів за допомогою переносних приладів контролю:
PV, PR – вимірювальні прилади

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 7В потрібний прилад з межами виміру від 0 до 10В і т.п.).

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

Такий багатоетапний підхід майже завжди забезпечує збереження устаткування, застерігає обслуговуючий персонал від невірних дій і реалізації нових неполадок.

Ручний спосіб пошуку несправностей відрізняється трудомісткістю, вимагає уваги і умілого застосування вимірювальних пристроїв.

ТЕМА 2. ДІАГНОСТИЧНІ ПАРАМЕТРИ, ЇХ ВИБІР І ВИМІР

2.1 Класифікація діагностичних параметрів

Технічне діагностування електроустаткування на транспорті спрямоване в цілому на рішення однієї або декількох завдань: визначення технічного стану за принципом «справно – несправно», пошук і локалізацію місця несправності; на прогнозування вірогідності безвідмовної роботи. Данні завдання вирішуються шляхом проведення робіт по діагностичному забезпеченню електроустаткування транспортних засобів на всіх стадіях розробки, виробництва, експлуатації, капітального ремонту, зберігання та ін.

Діагностичне забезпечення – комплекс взаємопов'язаних методів пошуку несправностей, нормативів, апаратурних і програмних засобів, процесів діагностування, систем метрологічного забезпечення використовуваних методів і засобів технічного діагностування.

Придатність компонентів електроустаткування для їх періодичного контролю досягається за рахунок зручного і простого підключення датчиків різних величин, вибором ефективних методів пошуку несправностей і контролю, введення в схеми вбудованих датчиків і локальних засобів діагностики, комплектування ТЗ бортовими засобами контролю, що видають у будь-який момент часу інформацію про технічний стан відповідних вузлів і блоків. Найбільший інтерес при цьому представляють комплексне використання різних засобів діагностики.

Вимоги до параметрів і методів діагностування включають вимоги до кількісного і якісного складу діагностичних параметрів і до алгоритму пошуку несправностей.

Методи діагностування визначають виходячи зі встановлених завдань і показників діагностування. При цьому використовується діагностична модель об'єкту, правила виміру діагностичних параметрів, їх аналіз і обробка отриманих даних.

З усього різноманіття діагностичних параметрів вибирають і використовують в практичних цілях тільки ті, які відрізняються однозначністю, стабільністю, доступністю і зручністю виміру, інформативністю і технологічністю. Разом з бортовими системами діагностування як і раніше удосконалюються зовнішні засоби технічної діагностики, що являються часто оперативними і ефективними при використанні їх на лініях експлуатації транспорту.

Класифікація діагностичних параметрів (рис. 2.1) враховує технологічні процеси, умови експлуатації пристроїв та ін. чинники, а тому може змінюватися.

В цілому діагностичні параметри (ДП) можна розділити на 3 групи:

- визначувані *в робочих процесах* (відносяться до основних технологічних);
- *супутні* – самостійні, але проявляючі себе тільки при реалізації основних технологічних процесів;



Рис. 2.1 – Класифікація діагностичних параметрів

– *електричні* – характеризуються електричними величинами в схемах електроустаткування.

Комплексні – коли справність устаткування можна визначити за декількома параметрами виміряними одночасно.

Локальні – пов'язані з конкретними елементами схеми, окремими вузлами і блоками, діагностування яких виконують автономними пристроями.

Детерміновані, одиничні, сукупні – відрізняються постійністю, незалежно від умов експлуатації електроустаткування.

Лінійні, ступеневі – відмінною рисою їх є можливість розробки математичних описів процесів придатних для розробки цифрових засобів діагностики.

Дискретні – до них відносяться засоби якісного аналізу справності каскадів, блоків, вузлів і пристроїв.

Похідні – залежать від дискретних величин, які з дискретними параметрами мають тісний функціональний взаємозв'язок.

2.2 Вибір вимірюваних величин і засобу їх контролю

Для оцінки технічного стану компонентів електроустаткування вибирають структурні параметри і параметри, які можна використовувати як діагностичні. «Імовірнісні ваги» структурних параметрів за різними умовами експлуатації електричних схем визначають за даними статистичних відмов. При постійному вдосконаленні електроустаткування на транспорті «імовірнісні ваги» визначають за допомогою Інтернет-форумів фахівців конкретного напрямку.

Вибір діагностичних параметрів для оцінки справності компонентів електроустаткування здійснюють з рекомендованої номенклатури (нормативно-технічна документація), а частіше за даними Інтернет-форумів.

На діючому електроустаткуванні найбільш популярні величини контролю – струм I , напруга U , коефіцієнт потужності $\cos\varphi$. В трифазній мережі виміру піддається величина $U\phi$, а Un визначається як похідна:

$$Un = U\phi \cdot 1,732. \quad (2.1)$$

Також визначаються й інші аналогічні параметри

$$In = I\phi \cdot 1,732; \quad (2.2)$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot 1,732. \quad (2.3)$$

У силових керуючих ланцюгах постійного струму такі електричні величини вимірюються за допомогою приладів, а тому їх діагностування може здійснюватися без пошуку похідних величин шляхом використання комплектів приладів для ланцюгів високої і низької напруги.

Усі прилади, призначені для виконання прямих вимірів (шкала таких приладів отградуєвана в одиницях виміру контрольованої величини Вольт, Ампер, Ом та ін.), відрізняються точністю і межами вимірів. Якщо визначається потужність споживача електричної енергії, то доводиться використовувати вольтметр для виміру напруги U і амперметр для виміру струму I . Добуток результатів вимірів за допомогою вибраних приладів дозволить знайти шуканий параметр P – потужність. Визначимо помилку вимірів R_0 для такого вимірювального пристрою:

$$P = U \cdot I, \quad (2.4)$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta U} = \frac{\Delta(UI)}{\Delta U} = I, \quad (2.5)$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta U} = \frac{\Delta(UI)}{\Delta I} = U. \quad (2.6)$$

При $P = 1000 \text{ Вт}$, $\Delta = \pm 1 \text{ Вт}$, $P_{\text{сер}} = 0,95$, $\eta = 0,1\%$ ($K_n = 0,1$) знайдемо

$$R_0 = \left[\left(\frac{\Delta(UI)}{\Delta U} \right)^2 \cdot R_U^2 + \left(\frac{\Delta UI}{\Delta I} \right)^2 \cdot R_I^2 \right]^{0,5}, \quad (2.7)$$

$$R_0 = \left[5^2 \cdot 0,2^2 + 200^2 \cdot 0,005^2 \right]^{0,5} = [1 + 1]^{0,5} = 1 \text{ Вт}.$$

Враховуючи існуючі класи точності вимірювальних показуючих приладів: 0,01...0,06 – перевірочні прилади; 0,1...0,06 – зразкові прилади; 1,0...4,0 – широкого застосування, можна укласти, що наш прилад з $R_0=1Bm$ для величини 1000Вт складає 0,1% (відповідає класу 0,1).

Клас точності вимірювальних приладів вказується на циферблаті й табло.

2.3 Аналогові величини і пристрої для їх виміру

Особливістю багатьох технологічних величин є необхідність їх безперервного контролю при експлуатації устаткування за допомогою технічних засобів, що формують аналогові інформаційні сигнали.

Аналоговий сигнал – електрична величина, що безперервно змінюється в часі без стрибків і переривань.

Технологічні величини, що безперервно міняються, у ряді випадків не можна контролювати, користуючись прямими їх вимірами. Для вирішення таких завдань широкого поширення набули непрямі методи вимірів за допомогою датчиків-перетворювачів, що забезпечують перетворення технологічної величини в зручний для виміру і подальшої обробки електричний сигнал («температура – напруга», «рівень рідини – струм», «висока напруга – напруга», «тиск – напруга» і т.п.). Оскільки сам вимір у такому разі носить непрямий характер, то шкалу показуючого приладу такого вимірювального пристрою необхідно спеціальним чином отградувати в одиницях вимірюваної величини, тісно взаємопов'язаної з параметром контролю.

На рис. 2.2а наведена мостова схема на резисторах (неврівноважений міст) для контролю технологічного параметра за допомогою резистивного датчика R_0 (котушка з мідного або платинового дроту, захищена від агресивних дій на неї довкілля), що розміщується в контрольованому середовищі. Наприклад, з допомогою R_0 можна безперервно вимірювати температуру будь-якого об'єкту або агресивного середовища. Показуючий прилад $PA1$ – міліамперметр такого пристрою градується в одиницях виміру температури із попередньо заданими інтервалами $T=0 \dots 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $0\dots100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-20\dots+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і кроком $\Delta T=10\text{ }^{\circ}\text{C}$; $5\text{ }^{\circ}\text{C}$; $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і т.п.

Подібні схеми використовують для перевірки резистивних датчиків та інших аналогічних елементів електричних схем. Стенд для діагностики резистивних елементів завжди складатиметься з вимірювальної схеми, а перевірочні датчики R_0 підключатимуться до нього через роз'ємний пристрій.

На рис. 2.3, 2.4 представлені 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 показуючим

приладом $PA2$, включеного до діагоналі моста. На рис. 2.3 ілюструється практичне застосування конденсаторного датчика $C2$ для контролю, наприклад, кліренсу робочої поверхні культиватора при механізованій обробці ґрунту в парку, контролі пасажиропотоку, стану вантажів при їх транспортуванні та ін. При такому застосуванні датчика $C2$ його місткість залежить від відстані між його обкладаннями. Якщо використовувати протидіючу пружину (рис. 2.4) $П1$ для повернення рухливого обкладання конденсатора в початкове положення, то такий датчик-перетворювач може використовуватися для контролю тягових характеристик електричних машин, положення валу виконавчого органу та ін.

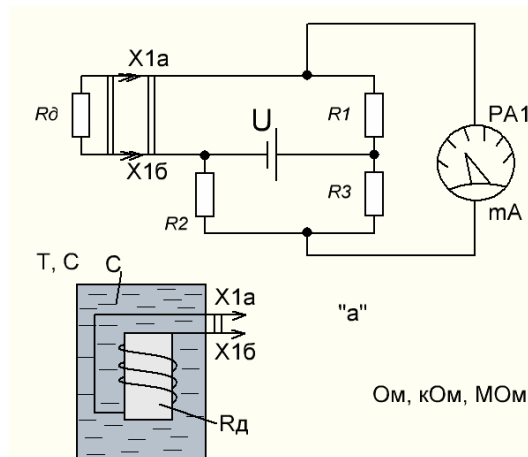


Рис. 2.2 – Мостова схема датчика-перетворювача

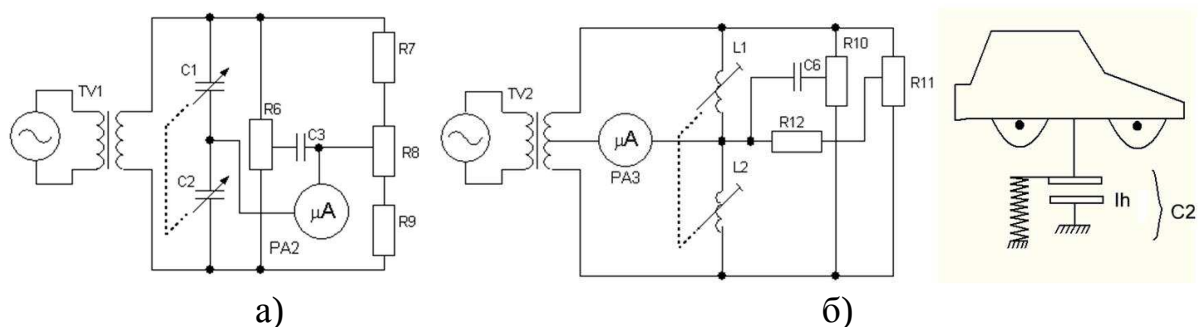


Рис. 2.3 – Мостові схеми змінного струму

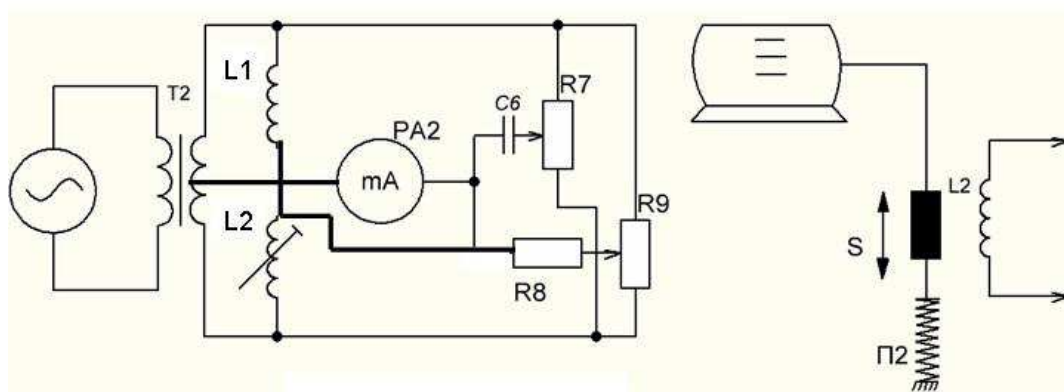


Рис. 2.4 – Індуктивна мостова схема змінного струму

На рис. 2.4. зображена мостова схема змінного струму для контролю індуктивності. Резистори $R7$ і $R9$ служать для установки меж виміру

контрольованого параметра при різних величинах $L1$ і $L2$. Показуючий прилад $PA2$ в діагоналі моста забезпечує спостереження зміни контрольованої величини.

Приклад визначення тягових властивостей електроприводу ЕД реалізується за допомогою індуктивного датчика $L2$ виконаного з передатним механізмом, що включає плунжер (рухоме осердя з матеріалу з магнітними властивостями) і протидіючої пружини $П2$. Механічне зміщення плунжера котушки S усередині котушки впливає на величину її індуктивності, що і служить непрямою мірою визначення тягової характеристики електричної машини. Настроювальні параметри передавального механічного пристрою визначаються в електричній частині схеми, виконаної у вигляді індуктивної мостової схеми.

2.4 Пошук несправностей в аналогових пристроях електроустаткування

Пошук несправностей і діагностика параметрів розглянутих аналогових датчиків-перетворювачів при можливих відмовах і некоректній роботі схем виконується за допомогою засобів контролю електричних величин в плечах мостової вимірювальної схеми. Оскільки показуючий прилад $PA2$ в схемах використовується як вимірник контрольованої величини, то він одночасно виконує роль індикатора правильного налаштування мостової схеми (балансування схеми). Така чудова властивість показуючого приладу забезпечує автоматичний контроль справності усіх елементів вимірювальної схеми, оскільки дефекти в будь-якому з елементів негайно будуть відмічені показуючим приладом у вигляді зміщення настроювальних параметрів схеми. Крім того, за допомогою $PA2$ не вимагається контроль роботи механічних передавальних елементів, відхилення настановних параметрів в яких завжди легко можуть компенсуватися налаштуваннями самого вимірювального моста. Така універсальність у вимірювальних схемах давно була помічена фахівцями-проектувальниками засобів діагностики, які в сучасних розробках широко використовують якісні параметри електричних схем в ролі параметрів діагностики для реалізації пристроїв самодіагностики електроустаткування.

2.5 Дискретні пристрої електроустаткування

Дискретні електричні схеми відрізняються від аналогових тим, що сигнали команд в них від органів керування, приймальних і проміжних елементів формуються періодично (короткочасно).

Дискретний сигнал – електрична величина, що змінюється через деякі проміжки часу або періодично скачками.

На рис. 2.5 ілюструється схема включення виконавчих елементів – електричних машин ($M1 - M3$) за допомогою кнопки $S1$ і проміжних реле, які забезпечують можливість дистанційного керування електродвигунами і безпеку

роботи обслуговуючого персоналу Проміжні реле ($K1 - K3$) відносяться до дискретних елементів, оскільки спрацьовують, якщо на їх керуючі обмотки подається напруга живлення U_y відповідна напрузі спрацьовування. У виконавчій частині схеми – силовому ланцюзі з напругою живлення U_c електроприводів при замиканні контактів реле станеться дискретне спрацьовування електродвигунів. На жаль, словесний опис роботи схеми не завжди повно відбиває процеси в електричних ланцюгах при роботі дискретних схем керування електродвигунами.

Роботу дискретних елементів зручно ілюструвати за допомогою трапецій – часових діаграм, що відображують роботу, як окремих елементів, так і взаємозв'язок усіх елементів схеми в часі.

На рис. 2.6 ілюструється часова діаграма роботи проміжного реле, яка відбиває процеси, що відбуваються у будь-який момент часу при спрацьовуванні і відпуску якоря реле. Вигляд трапеції визначається процесами намагнічення і розмагнічування осердя електромагніту реле.

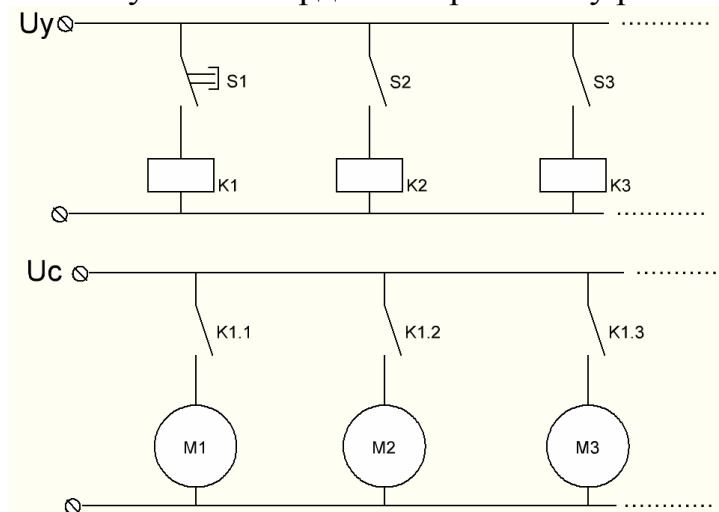


Рис. 2.5 – Приклад схеми з дискретними елементами:
 U_y , U_c – напруга живлення керуючої й силової частин схеми електроустаткування; $S1 - S3$ – контактні елементи; $K1 - K3$ – проміжні реле; $M1 - M3$ – електричні машини

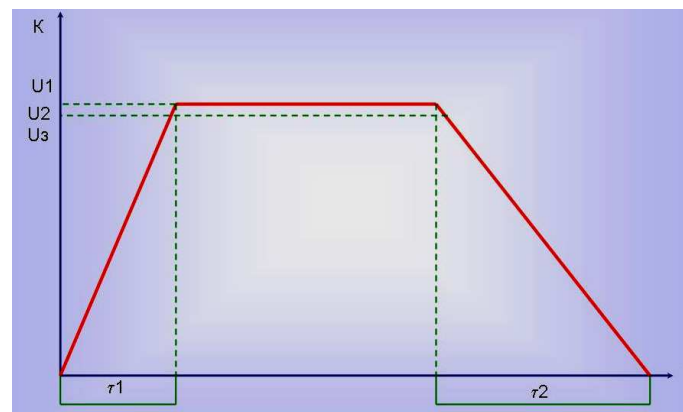


Рис. 2.6 – Приклад діаграми роботи проміжного реле

Діаграма роботи реле має вигляд трапеції з переднім і заднім фронтами неоднакового нахилу. Затримка включення електромеханічних реле τ_1 пояснюється процесами намагнічення сердечника електромагніту і впливом ЕРС самоіндукції котушки. Включення реле відбувається при збільшенні напруги U_1 , утримання якоря можливе в інтервалі величин напруги живлення від U_1 до U_2 . Величина напруги U_3 характеризує відключення реле, а сам задній фронт із затримкою τ_2 характеризує тривалість в часі процесу розмагнічування сердечника електромагніту реле при відключенні джерела живлення. Роботу усіх проміжних реле можна представити таблицею взаємодії (табл. 2.1). Найбільшого поширення набули таблиці включення і налаштування контактів (часових, програмних) реле.

Таблиця 2.1 – Взаємодія компонентів схеми

S1	K1	K2	K3	M1	M2	M3
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1

Таку таблицю (табл. 2.1) зручно використовувати при пошуку несправностей і складанні програми перевірки устаткування. На жаль, таблиця взаємодії не дає уявлення про важливіші параметри, на які слід звертати увагу при діагностиці і пошуку несправностей схем. Більшу наочність при цьому мають діаграми взаємодії компонентів схем (рис. 2.7), за допомогою яких настроюють дискретне устаткування, визначають несправності, усувають причини неточної роботи та ін.

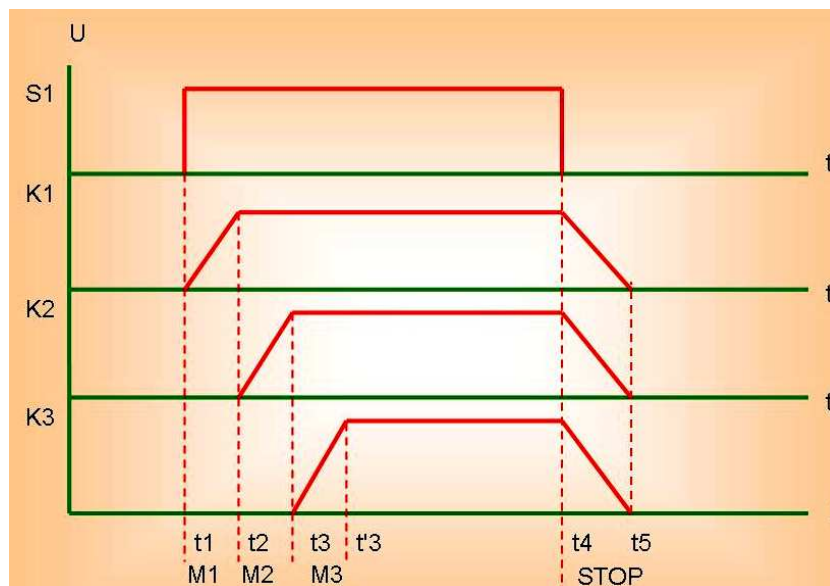


Рис. 2.7 – Діаграма взаємодії компонентів схеми

На діаграмі по осі U відкладаються величини напруги, при яких спрацьовують виконавчі елементи $K1 - K3$ в частині керуючої схеми.

$S1$ – діаграма включення в $t1$ (по вісі t) ЕД контакту тумблера.

$K1$ – діаграма роботи однойменного реле, на яку напругу живлення подається у момент часу $t1$ і в $t2$ замикаються його робочі контакти.

$K2$ – діаграма однойменного реле, на яке в $t2$ подається напруга живлення, а в $t3$ воно замикає контакти і комутує ланцюг живлення реле $K3$.

$K3$ – діаграма роботи однойменного реле.

При відключенні $S1$ реле $K1$ знеструмлюється, після чого відключаються реле $K2$ і $K3$. Оскільки електромагнітні системи в цих реле мають приблизно однакові властивості, то на діаграмі у момент часу $t4$ відбувається знеструмлення усіх реле, а в $t5$ – одночасне відключення усіх реле $K1$ – $K3$ і електричних машин, відповідно.

З діаграми видно, що схема реалізує часові затримки при включенні електричних двигунів, але відключення останніх відбувається одночасно.

Властивість таких схем зручно використовувати в тих випадках, коли пусковий струм, електричних двигунів, що одночасно включаються, може перевищувати допустимі величини, а засоби захисту від К.З. при цьому помилково спрацьовуватимуть і відключатимуть електроустаткування без реальних на те причин. Тому незначні за тривалістю інтервали часу $t1-t2$, $t2-t3$, $t3-t'3$, коли реалізується затримка включення проміжних реле, дозволяють набути бажаних властивостей керуючих пристроїв при включенні декількох електродвигунів одночасно.

2.6 Параметричні властивості дискретних схем автоматики

Розглянемо різні схеми включення реле на рис. 2.8 та їх роботу.

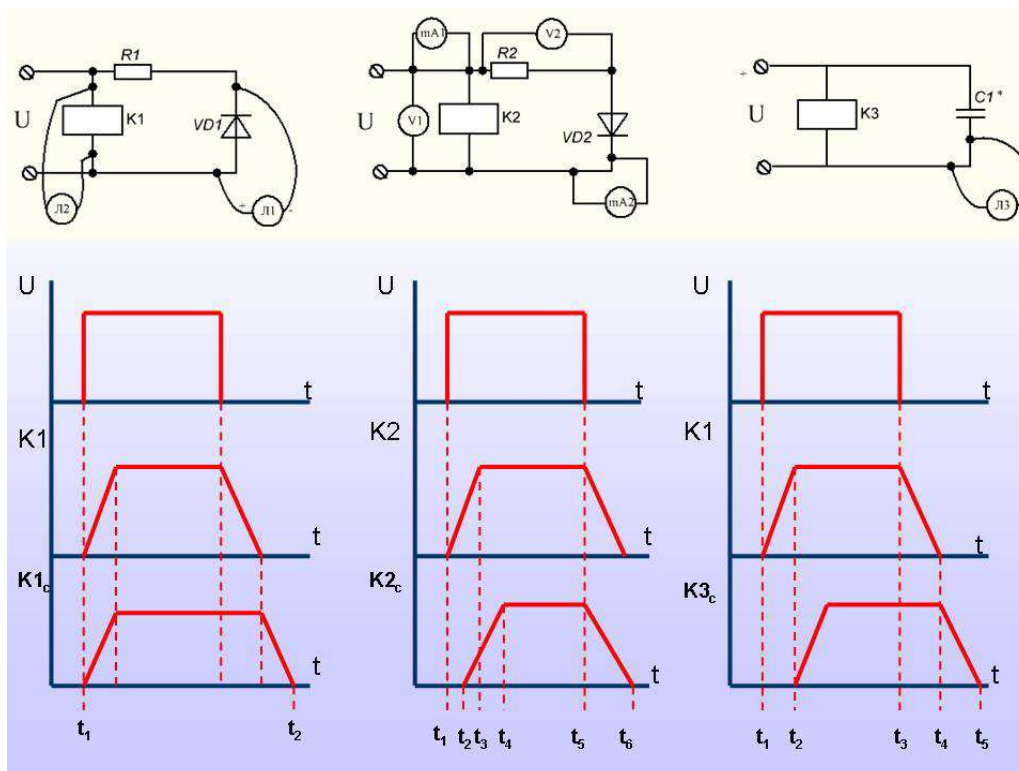


Рис. 2.8 – Схеми і діаграми роботи дискретних елементів

Електромагнітні реле постійного струму $K1$ і $K2$ працюють з паралельно включеними діодами $VD1$ і $VD2$ і струмообмежувальними резисторами $R1$ і $R2$. $K3$ – з паралельно включеним конденсатором $C1$. На часових діаграмах $U = f(t)$ включення напруги живлення реле фіксується реєстратором в момент $t1$, а відключення – по заданому фронту прямокутника. Діаграми $K1$ – $K3$ відбивають роботу реле без додаткових елементів, діаграми $K1c$ – $K3c$ – діаграми даних схем.

Для реле $K1$, враховуючи полярність джерела U , $VD1$ включений зустрічно і знаходиться в закритому стані. В цьому випадку $VD1$ має високий внутрішній опір і ніяк не впливає на роботу $K1$ (пасивний стан). Тому передні фронти для $K1$ і $K1c$ в інтервалі $t1$ – $t2$ повторюються. При відключенні U (задній фронти трапеції для $K1$ обумовлений проявом ЕРС самоіндукції із зворотним знаком прикладеним до клем U . Для ЕРС $VD1$ відкритий і через нього з резистором $R1$ протікає струм. Цей струм утримує $K1$ у включеному стані. Під час $t3$ – $t4$ – формується часова затримка відключення $K1c$.

Згідно полярності джерела живлення $K2$ працює з $VD2$, який знаходиться у відкритому стані (мінімальний внутрішній опір елементу). При подачі напруги на $K2$ ланцюг ($R2+VD2$) впливає на величину струму через $K2$ (активний стан). На діаграмі цей активний взаємозв'язок елементів відображений часовим інтервалом $t2$ – $t4$, що характеризує часову затримку при включенні $K2c$. При відключенні U (джерела живлення) задні фронти трапецій $K2$ і $K2c$ на діаграмі ідентичні. Для $K2c$ це обумовлено байдужістю створюваної ЕРС самоіндукції, яка із зворотною полярністю додається до клем U з $K2$ і $VD2$, але діод із зворотним включенням, при цьому має великий внутрішній опір. Тому робота $K2c$ нічим не відрізняється від роботи $K2$.

Для схеми з $K3$ важливо враховувати процеси, що відбуваються в конденсаторі, що підключається до джерела постійного струму. При підключенні U до $K3$ через конденсатор $C1$ протікає струм I_c який заряджає його і в початковий момент має максимальне значення. У міру накопичення статичної електрики на обкладаннях конденсатора $C1$ величина струму I_c знижується до «0» (рис.2.9).

Інтервал часу від 0 до t'' (рис.2.9б) відбиває процес заряду конденсатора C , який у свою чергу відбивається на роботі $K3c$. У інтервалах $t1$ – $t2$ для $K3c$ виникає часова затримка при включенні $K3c$. При відключенні U (задній фронт прямокутника) формується інтервал $t4$ – $t5$, часова затримка при відключенні $K3c$. На діаграмі (трапеція) це параметр обумовлений розрядом конденсатора C на котушку реле $K3c$.

Розглянуті схеми включення реле популярні в КРС. Схеми з $K1$ – для реалізації часових затримок після виключення електроустаткування; з $K2$ – для часових затримок при включенні електроустаткування, а також захисту обмоток реле від їх пробую при відключенні джерела живлення оскільки. ЕРС може досягати значних величин, що перевищують розрахункову величину U джерела живлення.

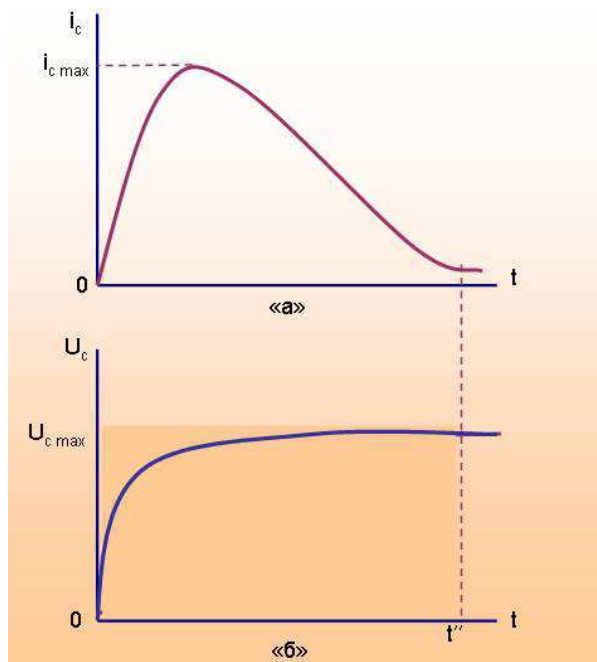


Рис. 2.9 – Заряд конденсатора:
а – зміна струму в ланцюзі конденсатора;
б – накопичення заряду на обкладаннях конденсатора.

З конденсаторами схеми застосовуються при включенні різного устаткування, регулюючи часові затримки шляхом заміни місткості конденсатора C , враховуючи, що із збільшенням місткості конденсатора, тривалість часових затримок збільшується при включенні й виключенні керуючої схеми.

Параметричний контроль роботи дискретних схем таких пристроїв часто складно виконати за допомогою аналогових показуючих приладів. Найбільш популярним засобом для контролю роботи елементів дискретних схем є запам'ятовуючий осцилограф (комп'ютерні пристрої).

Осцилограф – вимірювальний прилад для спостереження залежностей між двома або декількома величинами (електричними або перетвореними в електричні), що швидко міняються в часі.

2.7 Пошук несправностей і діагностика параметрів дискретних схем

Пошук несправностей і діагностика дискретних пристроїв традиційними засобами виміру струму і напруги на окремих елементах схеми та виконавчих пристроях часто не дає позитивних результатів. Найпереважніше використовувати для цього спеціальні стенди з засобами формування керуючих сигналів і реєстрацією часових інтервалів.

На рис. 2.10 наведена схема стенду для перевірки електромагнітних реле. Амперметр і вольтметр служать для контролю джерела живлення з напругою спрацьовування реле K_i . За допомогою мілісекундоміра реєструється час спрацьовування нормально замкнутих (НЗ) і нормально розімкнених (НР)

контактів. Експлуатація стенду можлива в автономному режимі на будь-якому технологічному об'єкті. Перевірочне реле демонтується або підключається до стенду за допомогою спеціального діагностичного роз'єму.

Діагностична частина стенду з джерелом живлення U_{CT} містить засоби включення схеми за допомогою спареного вимикача $S1, S2$, таймерів T' і T'' , і провідників із затисками для підключення до контактів повіряного реле $K_{i,2}$. При включенні живлення U_y напруга U_{CT} подається на таймер T' , який спрацьовує при включенні $K_{i,1}$, фіксуючи величину τ_1 . При відключенні схеми спрацьовує таймер T'' , який залишається у включеному стані доки не відокремляться контакти $K_{i,2}$, фіксуючі відповідну мчасову затримку τ_2 .

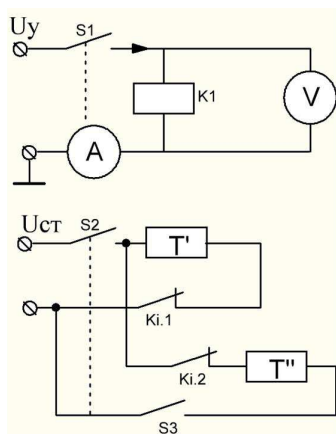


Рис. 2.10 – Приклад стенду для перевірки електромагнітних реле

При діагностиці будь-якої складності пристроїв на базі КРС необхідно враховувати помилки приладів виміру, точність яких на порядки має бути вище, щоб контролювати роботу багатьох взаємопов'язаних елементів при спрацьовуванні різних дискретних компонентів схеми.

На рис. 2.8 ілюструються приклади використання ручних приладів для контролю напруги, струму та ін. по місцю розміщення електроустаткування або окремих його частин. Застосування переносного омметра для вимірів опорів $VD1, K1$ та ін., цілісність провідників ліній зв'язку, відсутність коротких замикань в окремих ланцюгах приладами $Л1$ і $Л2$ припускає частковий демонтаж елементів схем. Так, щоб переконатися в цілісності котушки $K1$ реле необхідно буде від'єднати від схеми (демонтувати).

Вольтметри $V1, V2$ з різними межами виміру напруги, міліамперметри $mA1, mA2$ різного класу точності використовують для перевірки джерел живлення U і виміри струмів в різних провідникових лініях зв'язку схем.

Наприклад, за допомогою $V2$ можна виміряти падіння напруги на $R2$ і струм в ланцюзі за допомогою $mA2$. Залежно від результатів вимірів визначають справність резистора $R2$ і діода $VD2$.

У схемі з $K3$ справність C можна виконати переносним омметром $Л3$, включивши його в розрив ланцюга конденсатора. Оскільки причиною несправності конденсаторів може бути «втрата місткості», то в таких випадках

допомога переносних засобів контролю може виявитися проблематичною, оскільки вимагається точний вимір номінального значення елементу. Розглянуті раніше діаграми на реальному електроустаткуванні отримують за допомогою осцилографів. При цьому слід зазначити, що реальні осцилограми можуть істотно відрізнятися від теоретичних залежностей.

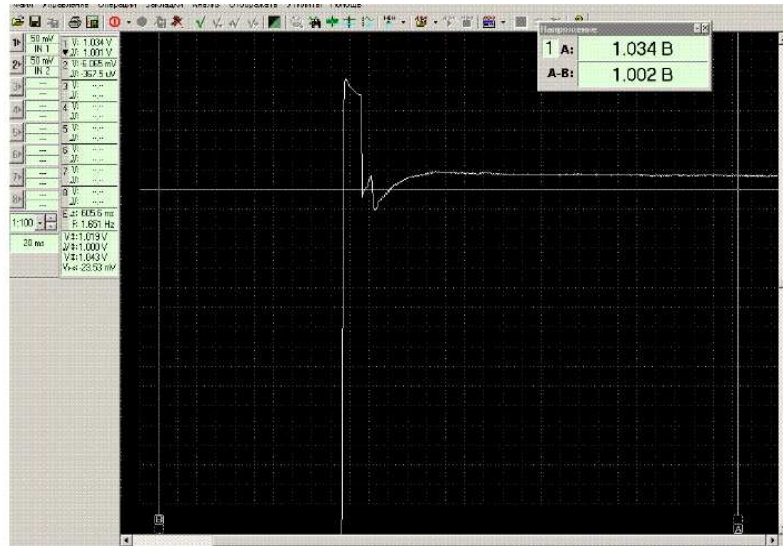


Рис. 2.11 – Осцилограма заряду конденсатора, отримана за допомогою комп'ютерного осцилографа

Щоб виявляти недоліки і розпізнавати несправності в схемах за допомогою таких графічних ілюстрацій вимагаються глибоке розуміння процесів, що відбуваються в електричних схемах, впливи окремих елементів схем на формування сигналів-відгуків і досвід роботи з такими інструментами.

Ідентифікація – встановлення відповідності розпізнаваного відхилення параметра схеми своєму зразку заздалегідь очікуваному результату (ідентифікатору).

ТЕМА 3. ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Різноманітність електромеханічного устаткування, вживаного на транспортних засобах, стала причиною розробки безлічі вимірювальних перетворювачів, що є єдиними технічними засобами для практичної побудови будь-яких вимірювальних пристроїв.

Вимірювальний перетворювач – технічний пристрій, побудований на певному фізичному принципі дії, виконуючий певне вимірювальне перетворення тільки однієї технологічної величини.

Функція вимірювального перетворювача – залежність вихідної величини (внутрішній опір, місткість, індуктивність та ін.) від вхідної (температури, тиски, рівня та ін.), що описується аналітичним вираженням або графіком.

3.1 Електромеханічні датчики-перетворювачі

Принцип роботи електромеханічних перетворювачів заснований на перетворенні подовжніх або перестановочних переміщень окремих елементів механізмів або середовищ в електричний сигнал.

Роль таких датчиків можуть виконувати передатні механізми із змінними резисторами для контролю рівнів рідини в закритих місткостях і посудинах, поплавцеві пристрої, механічні кінцеві вимикачі та інші засоби електричного блокування, що знайшли поширення в самих різних механічних пристроях і пристосуваннях.

3.2 Гідравлічні і пневматичні перетворювачі

На транспорті гідравлічні і пневматичні технічні пристрої застосовуються для дозованої подачі палива, приведення в дію механізмів гальмування і безпеки, перетворення мускульної сили людини для керування транспортом (приводи керма, гальм, підйомні домкрати та ін.). Такі системи відрізняються герметизацією усіх компонентів, усередині яких використовується рідке або газове робоче середовище.

На рис. 3.1 наведена схема регулювальника тиску в системі подачі рідини або газу.

До складу системи входять магістраль для подачі робочого середовища з витратою Q , сигнальний трубопровід P , що сполучає основний трубопровід з сільфоном (датчиком-перетворювачем S_L), регульований передатний механізм ($O1, 0, O2$), тяга із засувкою Z і плунжером усередині індуктивного датчика-перетворювача $P2$.

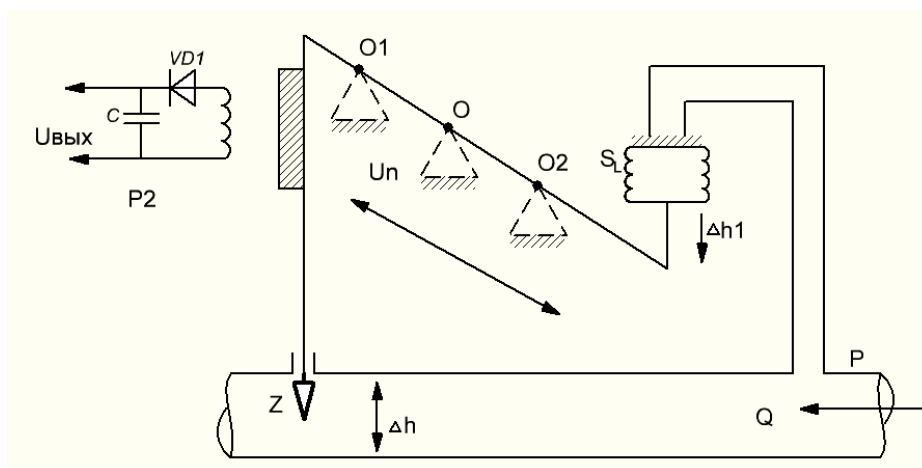


Рис. 3.1 – Система стабілізації подачі рідини або газу

При допустимих змінах Q у вихідній частині магістралі тиск P_2 підтримується на заданому рівні за допомогою засувки Z , переміщуваної в перерізі трубопроводу в межах величини Δh . Залежність контрольованих параметрів в цьому пристрої можна представити у вигляді

$$\left. \begin{aligned} U_{\text{вих}} &= f(P) \\ h &= f(P_1 - P_2) \\ U_{\text{вих}} &= f(h) \end{aligned} \right\}. \quad (3.1)$$

Щоб підтримувати заданий параметр постійним ($P_2 = \text{const}$) в схему внесено чутливий елемент S_L – сельсин. При змінах тиску вільна частина його переміщається на величину Δh_1 . За допомогою передатного механізму S_L і Z , і обраної вісі обертання між точками O_1 і O_2 , досягається певний коефіцієнт передачі

$$K_n^* = f\left(\frac{0 - O_1}{0 - O_2}\right), \quad (3.2)$$

що забезпечує вибір заданого значення Δh_1 . Таким чином, без використання сторонньої енергії реалізується стабілізація тиску $P_2 = \text{const}$ в магістралі шляхом переміщення виконавчого елемента Z на величину Δh .

Контроль роботи такого пристрою здійснюється за допомогою індуктивного датчика S , що складається з осердя, розміщеного на тязі засувки Z і вимірника індуктивності з аналоговим випрямлячем ($VD1$, C), вихідний сигнал якого залежить від положення плунжера (осердя) в котушці.

Підбираючи рівень напруги U_n живлення датчика, вибирають лінійний характер залежності (3.1). Такі датчики забезпечують лінійну залежність між $U_{\text{вих}}$ і Δh (рис. 3.2) з рівнем вихідного сигналу, що досягає значення від 1 мВ до 5 В.



Рис. 3.2 – Вихідний сигнал датчика при варіюванні тиску

Крутизна характеристики залежить від магнітних властивостей датчика і коефіцієнта передачі механізму K_n^* .

Аналогічно реалізуються електромагнітні датчики для діагностики і контролю роботи пневмомеханічного устаткування в автономному режимі. До важливих достоїнств таких пристроїв слід віднести простоту їх реалізації, надійність в експлуатації. Наладка таких пристроїв не вимагає високої кваліфікації обслуговування персоналу.

3.3 Акустичні датчики

Акустичні датчики реалізують ефект Доплера, початок застосування яких відноситься до 1842р. Ефект Доплера пов'язаний із зрушенням частоти сигналу залежно від відношення його передачі й повернення від рухомого предмета або технологічного об'єкту (ТО).

Схему акустичного вимірювального перетворювача ілюструє рис.3.3.

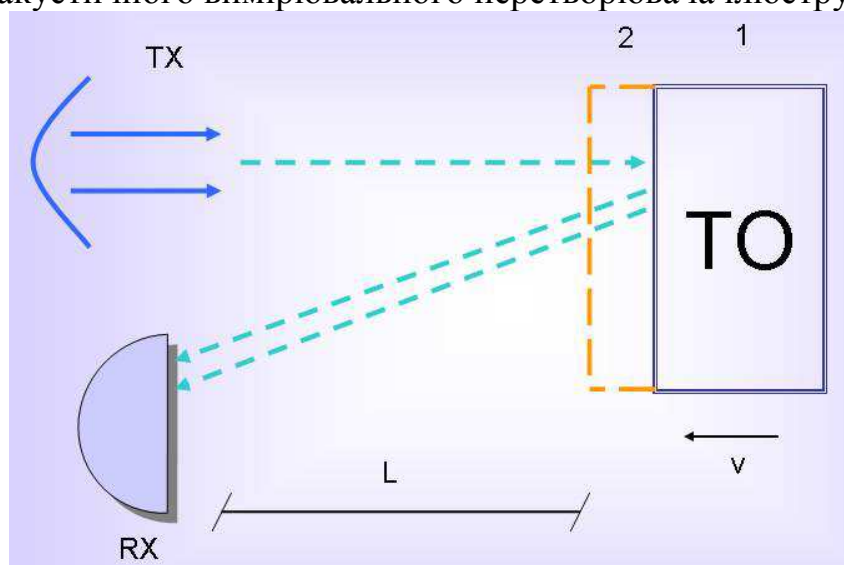


Рис. 3.3 – Принцип створення акустичного перетворювача :
 1 – початковий стан ТО; 2 – переміщення ТО в просторі;
 TX – випромінювач (передавач); RX – приймач

Початкова відстань L між передавачем TX і ТО в точці 1. RX приймає відбитий сигнал на ТО. При швидкості руху ТО з величиною u через певний час t об'єкт переміститься в точку 2:

$$t = \frac{L}{u}, \quad (3.3)$$

$$L_1 = L - ut. \quad (3.4)$$

Зменшення (збільшення) відстані між ТО і відповідно TX і впливатиме на результат виміру.

В цьому випадку час t_1 визначиться залежністю:

$$t_1 = \frac{T + (L - vT)}{u}, \quad (3.5)$$

де T – період імпульсу від випромінювача TX , досягаючий приймач RX ;

$T_{рег}$ – період реєстрації запишеться вираженням:

$$T_{рег} = t_1 - t = T \left(1 - \frac{v}{u} \right), \quad (3.6)$$

де u - швидкість руху об'єкту.

Таким чином, функція Доплера пов'язує швидкість хвилі випромінювача v із швидкістю руху об'єкту u :

$$f_{дон} = f \left(1 + \frac{v}{u} \right). \quad (3.7)$$

Датчики на ефекті Доплера безконтактні, найчастіше виконані у вигляді автономних пристроїв, прості у використанні і залежно від вибраної частоти випромінювача (v) ефективно працюють в умовах великого числа перешкод.

На транспорті для контролю лінійної швидкості руху оснащуються автономними реєстраторами, що реалізують функцію залежності (3.7).

3.4 Гальваномагнітні перетворювачі Холу і Гауса

Принцип дії гальваномагнітних перетворювачів (ГМП) заснований на фізичних ефектах, що виникають в твердих тілах, які знаходяться в магнітному полі. *Ефект Холу* полягає у виникненні поперечної різниці потенціалів (ЕРС Холу) на бічних гранях пластини, а *ефект Гауса або магніторезистивний ефект* проявляється в зміні електричного опору пластини. Обидва ефекти

обумовлено зміною траєкторії руху заряджених часток в магнітному полі, виникають одночасно, пов'язані між собою так, що кожен з них приводить до послаблення іншого.

Пластина датчика – чотириполюсник (рис. 3.4), оснащується електродами 1, 2 і 3, 4, розміщувани на гранях. Якщо на пластину діє сила Лоренца $F = evB$ магнітної індукції, то на гранях перетворювача можна виявити різницю потенціалів.

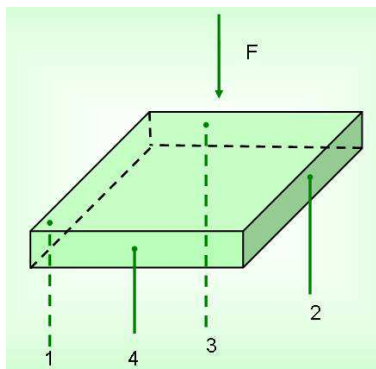


Рис. 3.4 – Принцип створення гальваномагнітних датчиків

Причиною такого явища є перерозподіл носіїв зарядів в пластині під дією сили F . В датчику до торців пластини 1, 2 – струмовим електродам, підключають джерело ЕРС (різниця потенціалів), а друга група електродів 3, 4 – в центральній частині подовжніх граней, служить для виявлення змінювальної провідності пластини. У таких датчиках ефект пов'язаний з властивостями вживаного матеріалу, яким використовуються напівпровідники або матеріали з феромагнітними властивостями (ферити) та іншими чинниками. Габаритні розміри датчиків змінюються від 0,1 до 0,001мм. При цьому допустимий струм в таких матеріалах, як ситал та індій може бути від 5 до 50мА. Такі значні струми нескладно контролювати досить простими засобами виміру.

Датчики Холу і Гауса відрізняються лише вибором матеріалу і формою самої пластини, служать на транспорті як ідеальні засоби контролю швидкості обертання валів, подовжнє переміщення виконавчих елементів і роботи елементів устаткування з кутовим і подовжнім переміщенням їх старанних частин.

3.5 Перетворювачі на основі ефекту Баркгаузена

Неоднорідність структури феромагнітного зразка може бути обумовлена його руйнуванням, локальними немагнітними включеннями, що може служити параметром контролю дефектів устаткування, яке містить такі компоненти.

Феромагнітні зразки можна штучно створювати, наносячи на виріб устаткування шар матеріалу з магнітними властивостями, стан якого надалі

контролювати на основі перемагнічування його за допомогою магнітів різного виконання.

На рис. 3.5 зображений комплект перетворювача для контролю зразка деталі машини.

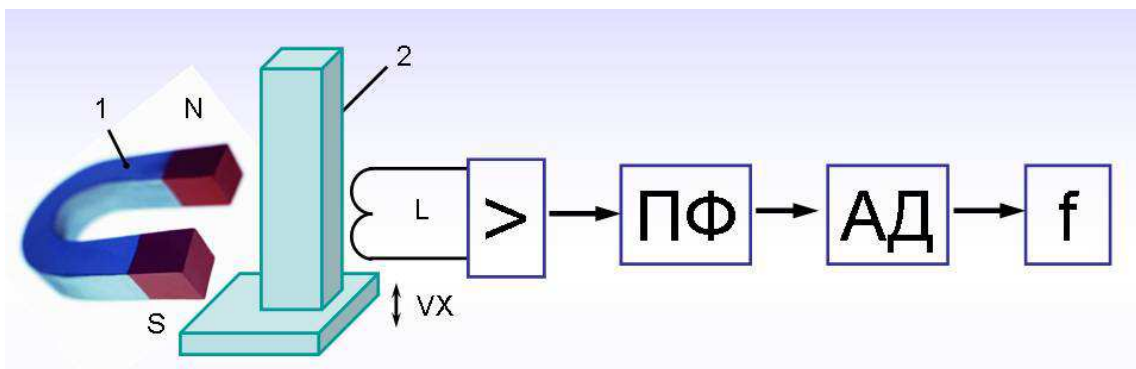


Рис. 3.5 – Принцип реалізації перемагнічування ефекту Баркгаузена

Зразок 2 з феромагнітними властивостями знаходиться в полі дії постійного магніта 1. Силкові магнітні лінії замикаються через зразок. При переміщенні намагніченого зразка 2 з швидкістю Vx на ній порушуються межі намагніченої ділянки. У прохідній котушці L при цьому індукуються імпульси ЕРС. Далі ЕРС посилюється, подається на смуговий фільтр (ПФ) і на амплітудний дискримінатор (АД). Оскільки реєстрація ведеться в певному спектрі частот за допомогою ПФ, то АД реєструє сигнали певної частоти. Якщо властивості об'єкту 2 міняються – частота дотримання імпульсів f також зазнає зміни.

Стаціонарні випадкові процеси, що виникають в комплекті перетворювача з елементами 1, 2 і котушкою індуктивності L , і є інформативними параметрами технічного стану контролюваного об'єкту.

На рис. 3.6 представлений запис амплітуди сигналів певної частоти $f(t)$, які тісно пов'язані з феромагнітними властивостями контролюваного зразка 2.

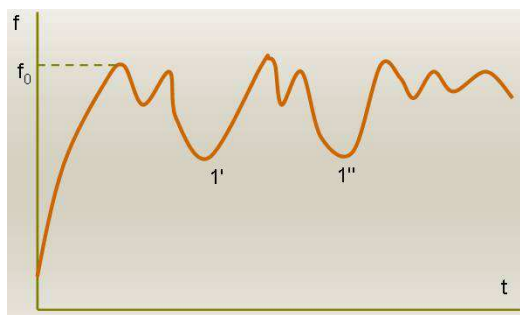


Рис. 3.6 – Реєстрація амплітуди імпульсів при перемагнічуванні зразка

Пікові значення говорять про високу провідність, а западини – про порушення цих властивостей. Якщо контролюється гальванічне покриття, наприклад, валів виконавчих механізмів, то величина варіювання параметра f_0 (точок $1'$ і $1''$) говорить про неякісний стан їх робочої поверхні, пов'язаних із зносом при експлуатації, дефектами при виготовленні, ремонті і т.п.

Результати вимірів, отримані такими засобами контролю, вимагають спеціальних прийомів ідентифікації їх, без чого «розшифрувати» записи амплітудних значень не представиться можливим.

3.6 Вихрові, індуктивні перетворювачі

Вихрові, індуктивні перетворювачі є сукупністю індуктивних котушок, що створюють магнітні поля, еквівалентні постійному магніту з полюсами $N-S$. При вільному розміщенні котушки індуктивне поле зазнає деформації і легко контролюється в експерименті звичайним компасом.

Якщо на шляху магнітно-силових ліній розмістити магнітопровідящий матеріал – поле деформується і може впливати на аналогічні властивості елементів, що знаходяться в зоні його дії (рис.3.7).

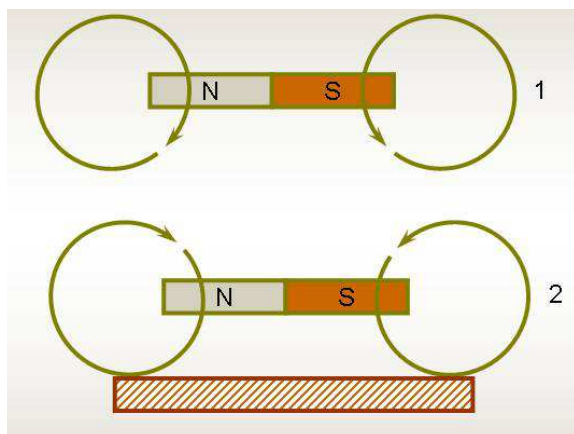


Рис. 3.7 – Індуктивні перетворювачі магнітних полів

Електромагнітне поле може створюватися джерелами низьких частот до 100кГц. У таких випадках у відмінності від джерел магнітного поля постійного рівня спостерігатиметься проникнення магнітного поля в середу контролю. Як параметр контролю в таких випадках використовується величина, яка залежить від частоти генерації, магнітних властивостей μ і γ – витрат на виході зразка.

При *високочастотних коливаннях* (починаючи з 500кГц), будь-який зразок (металева пластина, пруть) активно починають проявляти власні індуктивні і місткісні властивості.

Такий принцип закладений у ряді приладів, які дозволяють безконтактно контролювати: розміри металевих виробів, якість і товщину покриттів металу іншим металом, дефекти поверхонь у вигляді подряпин, тріщин, сколов, раковин.

До недоліків таких методів відносять залежність результатів вимірів від температури, стабілізація якої не завжди представляється можливою.

3.7 Магнітопружні перетворювачі

Принцип перетворення магнітопружних перетворювачів заснований на зміні магнітної проникності феромагнітних тіл залежно від механічної напруги (магнітопружний ефект), що виникає в них, обумовленої дією на феромагнітні тіла механічних сил (що розтягують, стискають, скручують).

На рис.3.8а зображений принцип створення датчиків з магнітопружним ефектом. На котушку $E1$ подається напруга змінної частоти, а з котушки $E2$ знімається ЕРС, що наводиться магнітним полем. Якщо під дією сили P зразок деформується, то відбувається зміна траєкторії магнітних силових ліній (рис.3.8б), які і будуть причиною зміни параметра $E2$.

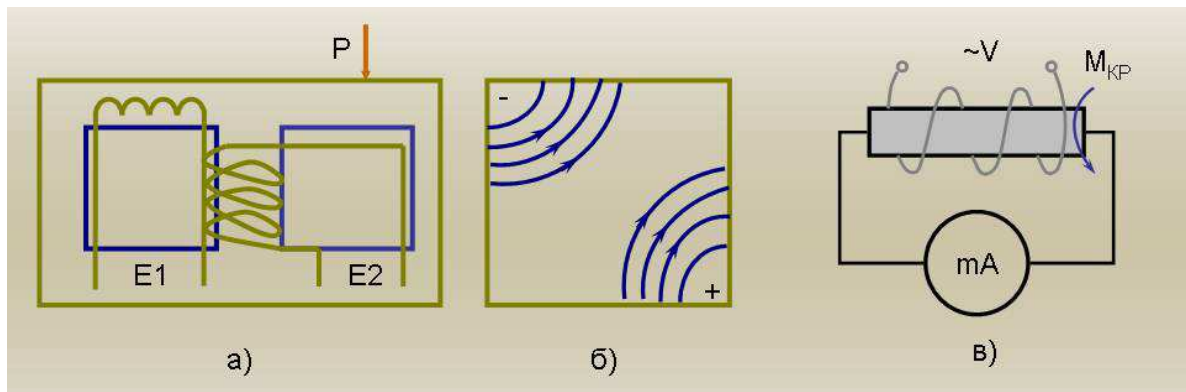


Рис. 3.8 – Принцип створення датчиків з магнітопружним ефектом

Датчики Видемана стали найпопулярнішими, які використовуються для контролю технічного стану валів різних конструкцій, що деформуються під впливом крутного моменту згідно (рис.3.8в). Датчик в такому пристрої забезпечує отримання необхідних даних без спеціальних пристроїв, оскільки його роль виконує сам об'єкт контролю. Величина струму, контрольована міліамперметром, що сполучається з торцевими поверхнями подовжного зразка, при частоті в полі збудження від 1 до 10кГц і навантаженнях 10^{-2} Н / м досягає 30мкА (20мВ). Такі пристрої відносяться до засобів неруйнівного контролю зразків, але при реалізації вимагають джерела змінного магнітного поля.

3.8 Індукційні перетворювачі (віброзаходи)

Індукційні перетворювачі (ІП) засновані на використанні явища електромагнітної індукції. У загальному випадку вони є котушкою з осердям, яка характеризується деяким узагальненим параметром, залежним від площі поперечного перерізу, магнітної проникності середовища й інших чинників, і ЕРС.

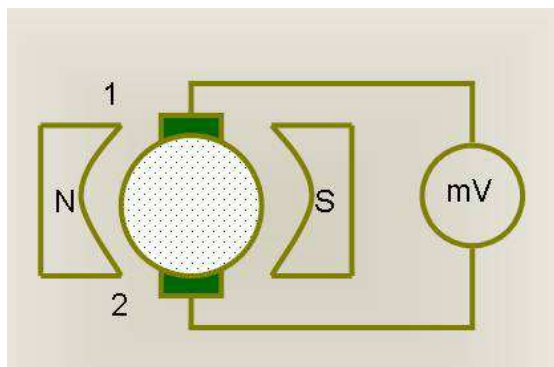


Рис. 3.9 – Принцип пристрою віброміра:

1 – магніт; 2 – полюсний наконечник;

mV – вимірювальний прилад, сполучений до вимірювальної обмотки.

ІП влаштовані таким чином, що, знаходячись в зоні зовнішніх магнітних силових ліній (1 – магніт, 2 – полюсний наконечник) своїм полем створюють опір зовнішньому магнітному потоку. При зустрічній дії полів вимірюються віброприскорення або вібропереміщення контрольованих об'єктів.

Контроль амплітудних параметрів ведеться чутливим мілівольтметром. При цьому самі віброзаходи потребують спеціальних засобів захисту від зовнішніх полів, для чого розробляються спеціальні екрануючі корпуси.

Якщо зразок індукційного перетворювача замінити рідиною, то такий перетворювач дозволить вимірювати витрати рідин і газів.

Головним достоїнством таких пристроїв є відсутність прямого контакту датчика з контрольованим середовищем. Такі умови дозволяють надійно експлуатувати віброміри багато років без обслуговування.

3.9 Електрохімічні перетворювачі

Електрохімічні перетворювачі або осередки (ЕХП) складаються з заповненого електролітом осередку і електродної системи з двох або декількох електродів, що включаються у вимірювальну схему.

Електрохімічний осередок характеризується розвиванням нею ЕРС, падінням напруги від струму, що проходить, електричним зарядом, опором, місткістю й індуктивністю. Виділяючи залежність між одним з цих параметрів і вимірюваною величиною, можна створювати перетворювачі для виміру складу і концентрації речовин в рідинах, часу, тиску, переміщення, швидкості, прискорення та інших фізичних величин.

Параметри будь-якого ЕХП залежать від природи і складу електроліту і електродів, хімічних перетворень, температури, швидкості переміщення розчину та інших чинників. При розміщенні в рідині електроду, що має властивості обміну іонами з рідиною: позитивні іони виділяються на електроді, заряджаючи його позитивно відносно розчину. Практично можна виміряти потенціали будь-яких електродів. Початком відліку (умовний нуль) вважається потенціал «водневого електроду» відносно розчину з нормальною активністю

водневих іонів. ЕРС ЕХП визначатиметься для міді – +0,34В, для цинку – –0,76В і т.д.

Приклад використання скляного електроду для визначення кислотності рідини ілюструється на рис.3.10.

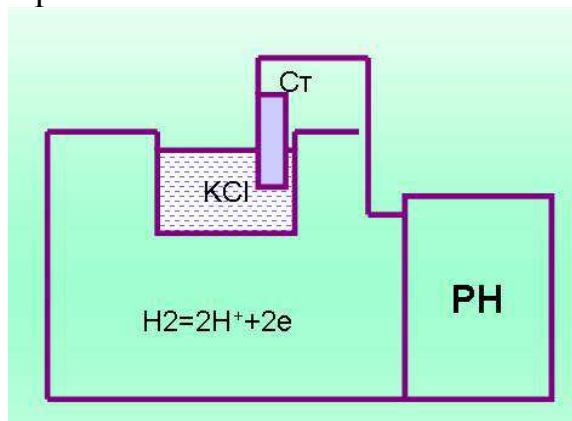


Рис. 3.10 – Вимірник рН води

При розміщенні в рідині електроду, що має властивості обміну іонами з рідиною, осередок має електричні властивості.

Визначення ЕДС здійснюють за формулою Нернсту

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln f_c, \quad (3.8)$$

$$F = E_0 + \frac{0,058}{n} \ln f_c, \quad (3.9)$$

де R – універсальна газова постійна;

T – абсолютна температура;

n – валентність іонів;

F – число Фарадея;

C – концентрація іонів;

f – коефіцієнт, що визначає властивості середовища, простішим вираженням залежності (3.8), а E_0 визначається при 18°C розчину.

Найбільш популярні мембранні ЕХП, створені на основі спеціальних матеріалів, що пропускають одні іони і затримують інші. Мембранні ЕРС уявляють величезний інтерес, оскільки синтезуються для селективного контролю іонів певних компонентів в рідких середовищах.

ЕХП знайшли застосування в техніці діагностування різного устаткування, в якому використовуються охолоджуючі рідини, розчини кислот, лугів та ін.

3.10 Перетворювачі на основі напівпровідникових елементів

Налагоджений випуск напівпровідникових елементів з відомими стабільними електричними характеристиками дозволяє у ряді випадків використовувати як датчики. Малі габарити, економічність і широкий температурний інтервал можливої експлуатації напівпровідників притягає увагу багатьох проектувальників, засобів контролю різного призначення, що займаються розробкою.

Приклад створення засобів візуального контролю гранично допустимих значень струму і напруги за допомогою фотодіодів і стабілітронів представлений стендом «ПЭ-ОД» (електронна лабораторія SinSys).

На рис. 3.11 ілюструється схема контролю параметрів, пов'язаних з тиском рідини в герметичній системі. У звужуючому пристрої або фільтрі з тиском на вході q_1 вихідна величина цього параметра визначатиметься величиною q_2 . Різниця між q_1 і q_2 зазвичай пов'язана з наявністю в рідині твердих часток забруднень, що накопичилися при тривалій експлуатації робочої рідини.

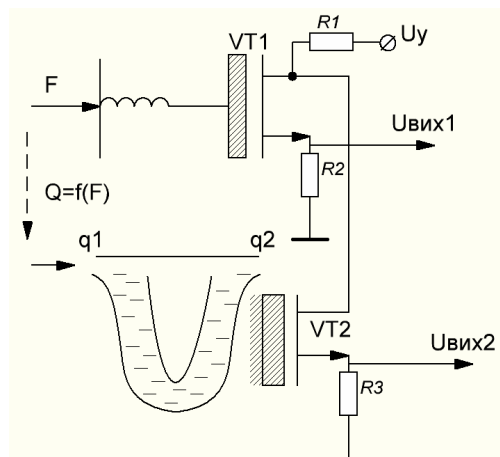


Рис. 3.11 – Схема контролю електричних параметрів

Взаємозв'язок тиску рідини, концентрації домішок, впливи температури та інших чинників на такі середовища зазвичай описуються системами рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} U_{вих1} &= f(F) \\ U_{вих2} &= f(c) \\ U_{вих3} &= f(n) \end{aligned} \right\}. \quad (3.10)$$

Використання таких математичних описів в прикладному плані вимагає застосування спеціального устаткування, оснащеного засобами моделювання і автоматизованого розрахунку.

Проте реалізація такого завдання істотно спрощується при використанні польових транзисторів. VT1 і VT2 реєструють «електричне поле», що створюється затвором, яке пов'язане з елементами схеми контролю F і Q .

Оскільки $U_{вих1}$ і $U_{вих2}$ є функціями величин F тиску і концентрації домішок C , то шуканий результат вимірів в такому пристрої може бути отриманий за допомогою аналогових обчислювальних пристроїв, що виконуються на операційних схемах.

Задане число вихідних сигналів буде з різною мірою корелювати з початковою інформацією, які можна використовувати не лише в засобах контролю, але і в пошуку несправностей і діагностиці такого електронного устаткування.

3.11 Перетворювачі електричних величин

Перетворювачі струму і напруги набули найширшого поширення в електроустаткуванні різного призначення.

У ланцюгах змінного струму як перетворювачі використовуються трансформатори струму та напруги і індуктивні дільники напруги. Вторинна напруга і струм в таких пристроях може бути 100В, 100/(3^{0,5}) В, 150В і 1А, 2А, відповідно.

У ланцюгах постійного струму використовуються пасивні на резисторах і активні на базі напівпровідникових елементів дільники напруги, шунти, електронні вольтметри і амперметри з оптичними індикаторами дискретної дії, розраховані для контролю різних величин вимірюваних параметрів.

3.12 Комплекти перетворювачів технологічних величин

При комплексній оцінці технічного стану транспортних засобів передбачено використання комплектів різних приймальних елементів, за допомогою яких виконується багатовимірний аналіз технічного стану багатьох блоків і вузлів технологічних об'єктів одночасно.

Перш ніж створювати систему діагностики необхідно скласти загальну таблицю потреби контролю технологічних величин (рис.3.12).

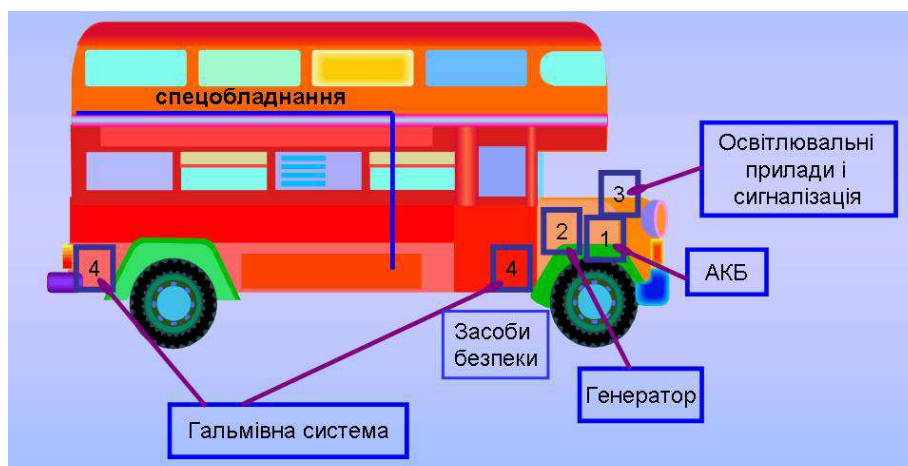


Рис. 3.12 – Структурна схема технологічного устаткування на транспорті

Таблиця 3.1 – Таблиця контролю робочих параметрів транспортного засобу

№	Технологічне устаткування ТЗ	Датчик-перетворювач	Принцип реалізації
Базовий транспортний засіб			
1	Бортова мережа: – АКБ – генератор	«Напруга – напруга»; «Струм – напруга»	електромагнітні показуючі прилади: перетворення $V \rightarrow V$, $I \rightarrow V$ (оптопарі)
2	Засоби освітлення і сигналізації	«Струм – напруга»	оптопарі $V \rightarrow V$, $I \rightarrow V$
3	Гальмівна система і засоби безпеки	«Тиск – напруга»	гідроелектричні, пневмоелектричні на базі сільфону або п'єзодатчика: перетворення $R \rightarrow P$ чи $P \rightarrow R$
Спецобладнання ТС			
4	Паливний бак для спеціальних потреб	«Рівень палива – напруга»	поплавцевий з реостатом $H \rightarrow R$
5	Електричний дизель-генератор	«Крутний момент, – напруга»	магнітопружний перетворювач $M_{KP} \rightarrow U$
6	Щит керування та контролю і сигналізації	«Напруга – напруга»; «Струм – напруга»; «Потужність – напруга»	реєструючі показуючі прилади контролю величин U, I, P

ТЕМА 4. АНАЛОГОВІ КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ

У практиці контролю технологічних величин на транспорті й на різних технологічних об'єктах широко застосовуються аналогові обчислювальні пристрої для обробки початкової інформації, що представляє електричні величини різного рівня. Раніше розглянуті резистивні, місткові й індуктивні вимірювальні схеми з реально існуючими датчиками-перетворювачами знайшли практичне застосування для формування інформаційних сигналів виду «параметр – електрична величина».

4.1 Суматори

Суматори виконують складання електричних величин і часто застосовуються в схемах для отримання результатів виміру декількома датчиками-перетворювачами. *За принципом дії суматори поділяються на інвертуючі, не інвертуючі і диференціюючі.*

На рис.4.1а ілюструється суматор, виконаний на аналоговій мікросхемі DA1. На вхід цього пристрою підключено декілька датчиків, контролюючих декілька фізичних величин (струм, напруга та ін.), що є уніфікованими рівнями напруги (10; 5; 2,5В та ін.). Коефіцієнт передачі за кожним із входів визначається параметрами резисторів $R_1 - R_n$ і резистора в лінії зворотного зв'язку R_4 . Вихідний сигнал $U_{вих}$ визначається вираженням (4.1) в якому коефіцієнт посилення K_i визначається відношенням (4.2):

$$U_{вих} \approx - \sum_{i=1}^n K_i U_{i\text{ вх}}, \quad (4.1)$$

$$K_i = \frac{R_4}{R_i}. \quad (4.2)$$

Справність такого компонента схеми залежить від усіх елементів, що входять в схему. Для контролю і налаштування такого каскаду використовують лабораторні засоби виміри, що включають вимірники струму, напруги і осцилограф. У експлуатованих пристроях зручно застосовувати оптичний індикатор вихідного сигналу (на схемі реалізований світлодіодом VD1 із стабілітроном VD2). Такий компонент в схемі не впливає на налаштовувальні параметри каскаду, але дозволяє контролювати його справність на діючому електроустаткуванні.

На рис. 4.1b ілюструються криві P1 – P3, які відбивають поведінку вхідних величин в часі. Крива $U_{вих}$ пропорційна сумі вхідних сигналів суматора. Перевищення параметра P3 у момент часу відбиває ненормований

характер поведінки взаємозв'язаної з $P3$. Аналогічний процес відмічений в t_2 – перевищення параметра $P2$. Такі процеси супроводжуються відображенням елементу схеми $VD1$, що представлено прямокутними залежностями в часі, співпадаючими з поведінкою контрольованих технологічних величин (перевищення рівня U_0 – нормованого значення). Незважаючи на невисоку селективність вживаного оптичного індикатора, очевидна подвійна роль його застосування, як для реєстрації ненормованих параметрів, так і при несправності самого каскаду.

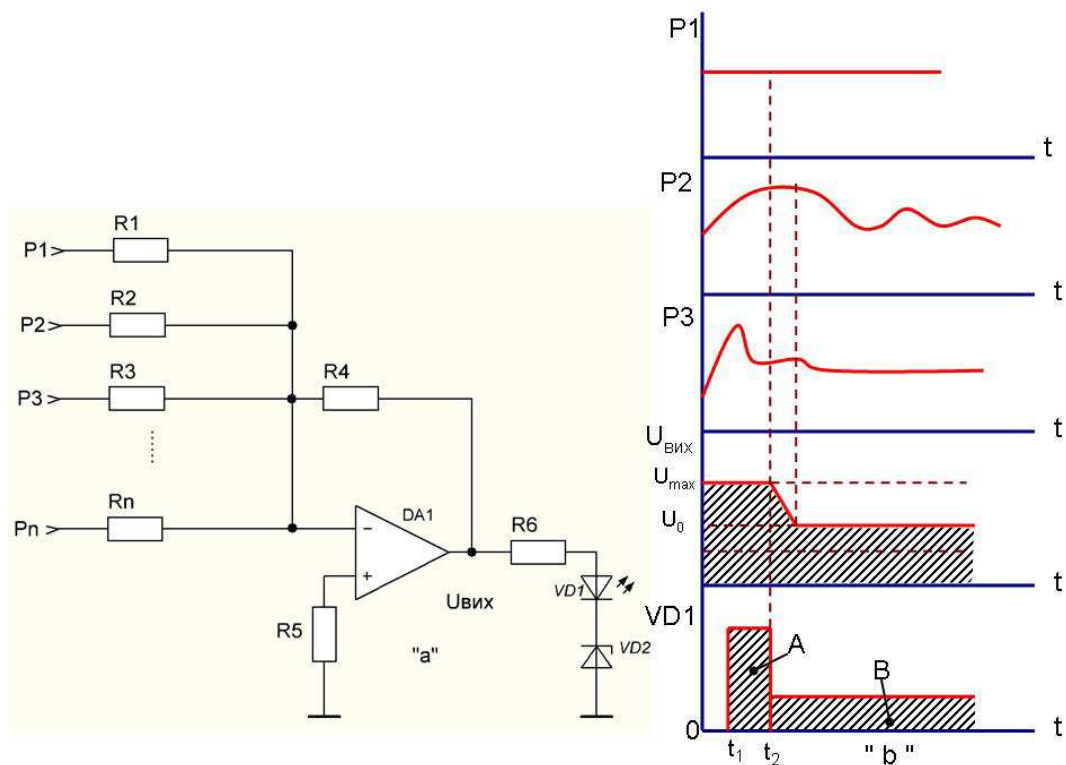


Рис. 4.1 – Схема аналогового суматора з індикатором

Переваги: простота реалізації; економічність; висока чутливість.

Недоліки: низька точність, вплив перешкод на результати вимірів.

Пошук несправностей в таких пристроях виконується за допомогою спеціальних засобів, що формують тестові сигнали аналогічні реальному об'єкту, дозволяючи виміряти електричні характеристики напівпровідникових елементів, що входять в схему, та ін.

4.2 Диференціатори

Передавальна функція ідеального диференціатора має вигляд:

$$U_{вих}(p) \approx p\tau U_{вх}(p), \quad (4.3)$$

де τ – постійна часу диференціювання;

$U_{вх}$ – вхідний сигнал;

$U_{вих}$ – вихідний сигнал.

Схема такого блоку представлена на рис. 4.2.

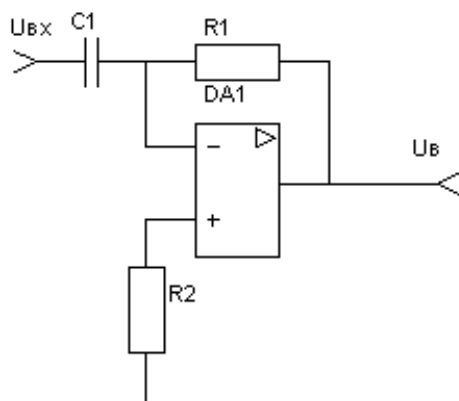


Рис. 4.2 – Схема диференціатора

На жаль, цей пристрій відрізняється низькою заводозахищеністю, тому частіше використовують схеми, що містять елементи боротьби з перешкодами і відрізняються більшою стійкістю до зовнішніх дій (рис. 4.3) або складніші рішення.

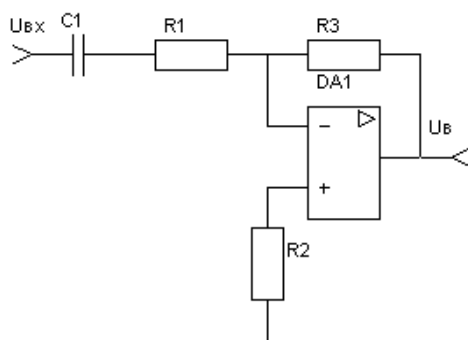


Рис. 4.3 – Схема заводозахищеного диференціатора

У ряді випадків диференціатори поєднують з суматорами, що дозволяють виконувати відразу дві операції диференціювання і підсумовування електричних величин.

У таких пристроях можливе застосування раніше розглянутого засобу оптичної індикації для візуального контролю поведінки технологічних параметрів і справності самих каскадів схем.

Пошук несправностей в таких пристроях виконується за допомогою спеціальних засобів тих, що формують тестові сигнали аналогічні реальному об'єкту і дозволяють виміряти електричні характеристики напівпровідникових елементів, що входять в схему.

4.3 Помножувачі

Помножувачі реалізують добуток двох співмножників будь-якого знаку. Часто використовують помножувачі змінної вхідної величини на різні коефіцієнти, щоб отримати сигнал з певною корекцією. Приклад простого помножувача ілюструє схема на рис. 4.4. З достатньою мірою точності каскад забезпечує рішення завдань, коли вимагається вхідну величину множити на різні постійні коефіцієнти згідно з вираженням

$$U_{вих} \approx K_i(P1) - U(P2). \quad (4.4)$$

Перетворення вхідної величини $U_{вих}$ виробляється за допомогою такого електронного пристрою, в якому необхідний коефіцієнт множення K_i визначається параметрами елементу в ланцюзі зворотного зв'язку, виконаного на транзисторі $VD1$:

$$K(P1) = \frac{R_{VT1}}{R_3}. \quad (4.5)$$

Використовуючи декілька таких схем, трапляється нагода вирішувати аналогічні завдання з декількома вхідними величинами згідно залежності

$$\left. \begin{aligned} P'_1 &= P_1 \cdot K_1 \\ P''_1 &= P_1 \cdot K_2 \\ P'''_1 &= P_1 \cdot K_n \end{aligned} \right\}. \quad (4.6)$$

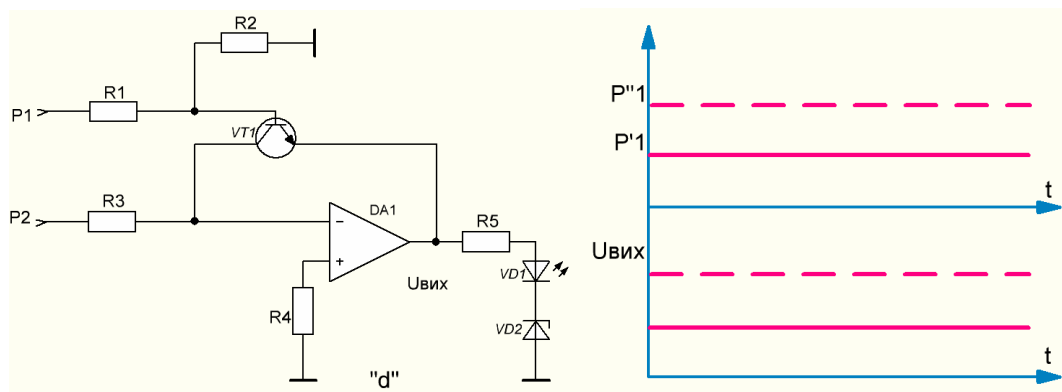


Рис. 4.4 – Схема помножувача з вибором коефіцієнта множення

Пошук несправностей в таких пристроях виконується за допомогою спеціальних засобів, що представляють випробувальні стенди стаціонарного або мобільного виконання.

4.4 Логарифмічні підсилювачі

Логарифмічні підсилювачі широко використовуються в різних перетворювачах для лінеаризації вимірюваних величин. Точні логарифмічні підсилювачі включають схеми, що забезпечують апроксимацію вхідних електричних величин або їх спеціальне додаткове перетворення. Прості схеми логарифмічного і антилогарифмічного підсилювачів представлені на рис. 4.5, 4.6.

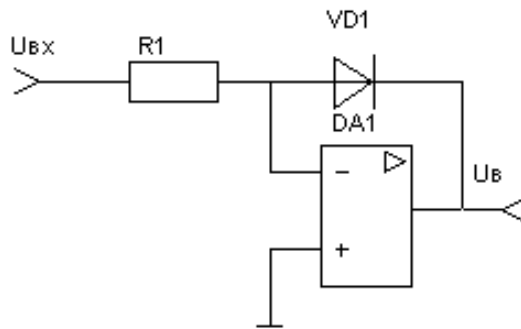


Рис. 4.5 – Схема логарифмічного підсилювача

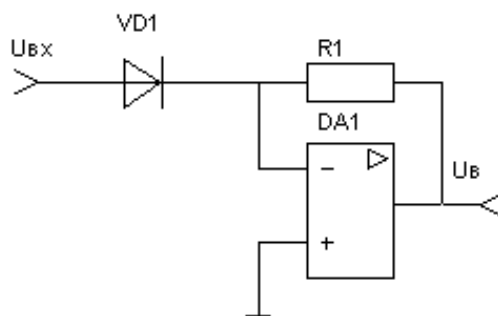


Рис. 4.6 – Схема антилогарифмічного підсилювача

Для схеми логарифмічного підсилювача вихідний сигнал каскаду визначатиметься залежністю

$$U_{\text{в}} = n \log U_{\text{вх}} + n \log(R1), \quad (4.7)$$

де n – коефіцієнт, залежний від електричних властивостей діода $VD1$.

Очевидно, що для забезпечення роботи діода в області малих струмів (умова стабільності його параметрів) опір резистора $R1$ необхідно вибирати великої величини (при малій вхідній напрузі). У свою чергу вхідний струм I_0 операційного підсилювача має бути на порядок менше мінімального струму, що протікає через діод.

Для схеми антилогарифмічного підсилювача передавальна функція матиме вигляд

$$U_{\text{в}} = -I_0 R_1 (U_{\text{вх}} / n) . \quad (4.8)$$

Зважаючи на складну технічну реалізацію таких пристроїв пошук несправностей в них можливий тільки на спеціально обладнаних стендах фахівцями, що мають високу кваліфікацію і досвід ремонту і налагодження їх.

4.5 Спеціальні обчислювальні схеми

Спеціальні схеми розробляються для вирішення приватних завдань, що відносяться тільки до конкретного технологічного об'єкту. Зазвичай їх створюють за допомогою відомих схем, але які відрізняються новими прикладними властивостями.

Наприклад, для обліку короткочасно існуючих у вимірювальних лініях імпульсів різної амплітуди і тривалості обчислювальні пристрої оснащуються спеціальними реєстраторами. У таких пристроях короткочасні вхідні імпульси не лише реєструються, але і перетворюються для обліку при розрахунках величин корисних сигналів.

На рис. 4.7 представлений реєстратор електричних імпульсів, виконаний із застосуванням відомого диференціатора. У цій схемі імпульс P_2 через конденсатор C_1 і резистор R_3 поступає на вхід операційного підсилювача $DA1$. Мінючи коефіцієнт передачі каскаду (вибір параметрів $VT1$) підбирається рівень вхідного сигналу, при якому реєстратор імпульсу повинен «спрацювати» – забезпечити формування вихідного сигналу без урахування імпульсу, що впливає на якість роботи вимірювальної схеми.

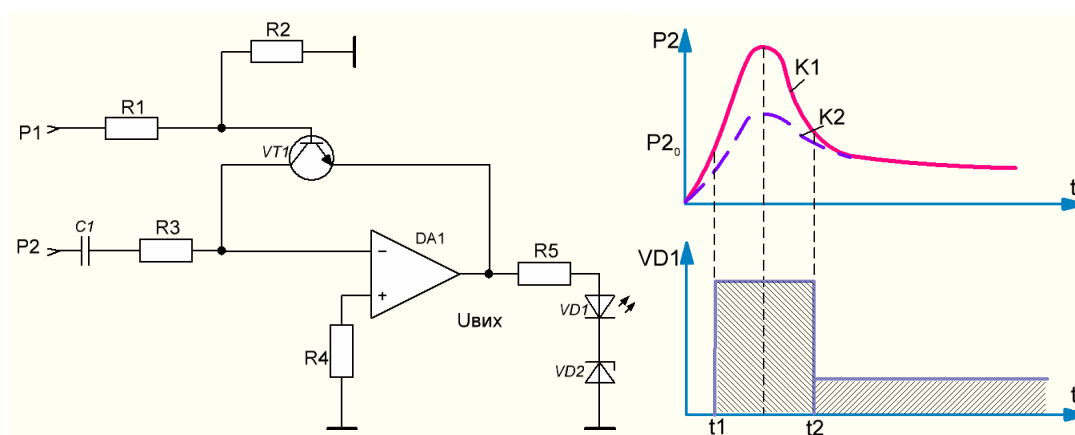


Рис. 4.7 – Схема реєстратора електричних імпульсів

Таким чином реєструється похідна величина вхідного сигналу і формується імпульс для коригування вихідного сигналу, залежний від параметрів вхідного ланцюга (конденсатора $C1$ і резистора $R3$):

$$U_{\text{вих}} = \frac{\tau dU_{\text{вх}}}{dt} \approx \tau \frac{\Delta U_{\text{вх}}}{t_2 - t_1}, \quad (4.9)$$

$$R'_3 = f(R_1, R_2), \quad (4.10)$$

$$\tau = C_1 R_3. \quad (4.11)$$

Пошук несправностей в таких пристроях виконується за допомогою тестових приладів або стендів, що дозволяють реалізувати джерела сигналів адекватні реальному об'єкту для кожного вхідного ланцюга окремо.

4.6 Захист аналогових обчислювальних пристроїв від перешкод

У раніше розглянутих прикладах зверталася увага на зовнішні чинники, впливом яких не можна нехтувати при експлуатації засобів, що забезпечують перетворення і вимір електричних величин.

Транспортні засоби з навісним устаткуванням експлуатуються в умовах, коли можуть знаходитися різні зовнішні джерела електромагнітних перешкод. Джерелами істотних перешкод є електричні зварювальні установки, колекторні електричні двигуни, контактори та інші пристрої. Для боротьби з перешкодами застосовують різні і спеціальні схеми. На рис. 4.8 блок-схема вимірювального пристрою, в якому окрім датчика технологічного параметра (ДТП), вимірювальної схеми (ВС) і масштабного підсилювача (формував нормованого сигналу U_H), передбачений змішувач (ЗМ). У змішувачі за допомогою сигналу з нормованим рівнем U_H'' від спеціального генератора (генератор стандартних сигналів – ГСС), реалізується модуляція інформаційного сигналу. Вихідний сигнал цього каскаду визначатиметься залежністю, в якому інформативною є його амплітуда.

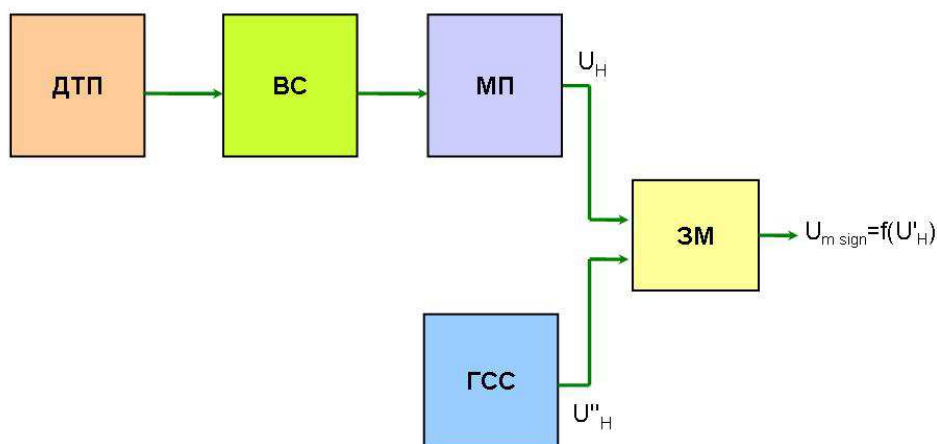


Рис. 4.8 – Блок-схема пристрою для захисту інформації від перешкод:
 ДТП – датчик технологічного параметра, ВС – вимірювальна схема,
 МП – масштабний підсилювач, ГСС – генератор стандартних сигналів,
 ЗМ – змішувач

На рис. 4.9 зображена схема суматора з модулятором інформаційного сигналу від датчика, який виконаний на мікросхемах $DA1$, $DA2$. Змішувач на транзисторах $VT1$ і $VT2$ виконаний таким чином, що на входи транзисторів подаються сигнали від двох джерел: на $VT1$ – нормований рівень від датчика, а на $VT2$ – сигнал від генератора на логічному елементі $DA2$.

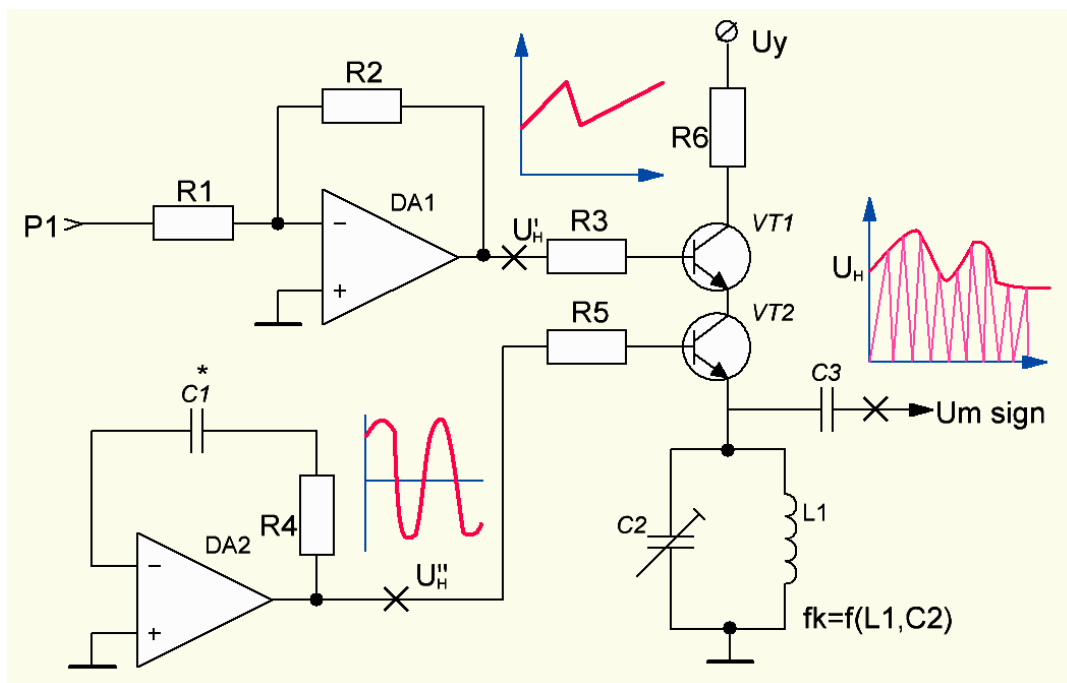


Рис. 4.9 – Принцип отримання модульованого сигналу

За допомогою конденсатора $C1$ виконується налаштування коливального контура на виході пристрою залежно від обраної частоти генерації, на якій виконується передача інформації на відстань і подальша обробка її в приймачі.

Незважаючи на простоту, такий пристрій забезпечує захист інформації від перешкод, змінює частоту генерації, враховуючи спектр частот уражених перешкодами в конкретних умовах експлуатації вимірювального пристрою.

Пошук несправностей в таких пристроях виконується за допомогою комплектів приладів на стендах, оснащених необхідними засобами для формування і виміру синусоїдальних гармонійних сигналів, імпульсів різної форми і тривалості, виміру електричних характеристик напівпровідникових приладів.

ТЕМА 5. ЦИФРОВІ КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ

5.1 Система логічних елементів

Система існуючих логічних елементів має такі особливості:

- на входах і виходах логічних елементів діють тільки потенціальні сигнали ;
- з виходу одного елемента на вхід іншого передаються як перехідні, так і встановлені значення сигналів;
- реалізується обмежений набір булевих функцій: НІ, ЧИ, І, НІ-ЧИ, НІ-І та ін., що полегшує застосування автоматизованих методів проектування (дивитися програму SinSys ► меню: допомога, САПР – система автоматизованого проектування схем).

Потенціальні елементи розрізняють за схемою технічною ознакою – способом з'єднання транзисторів, діодів і резисторів між собою в межах однієї схеми типового базового елемента. Сукупність із загальною ознакою побудови утворюють вид схемної логіки.

Логіка роботи логічного елемента (ЛЕ) ЧИ (OR): на два входи X1 і X2 подаються вхідні сигнали (табл.5.1). Функцію Y можна записати для довільного числа вхідних змінних

$$Y = X1 \vee X2 \vee \dots \vee X_n. \quad (5.1)$$

Схема двоходового елемента ЧИ, його умовне графічне зображення і часові діаграми роботи показані на рис. 5.1.

Таблиця 5.1 – Залежність вихідного сигналу ЛЕ <ЧИ>

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

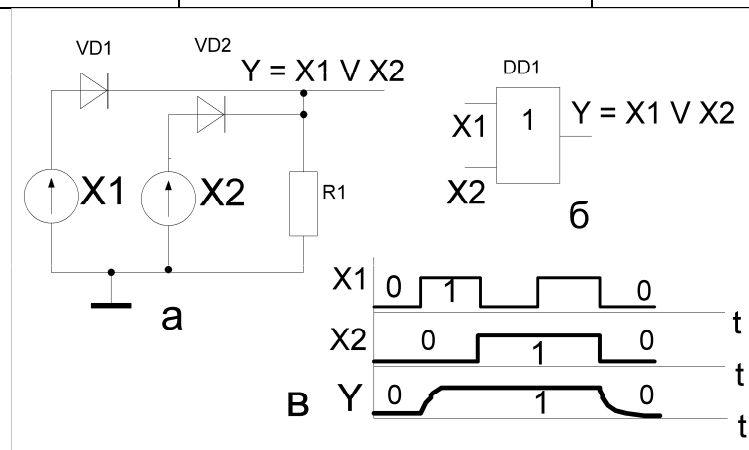


Рис. 5.1 – Елемент <ЧИ>:

а – схема; б – умовне графічне зображення; в – часові діаграми роботи

Ілюстрація роботи ЛЕ <OR> представлена в програмі SinSys ► електронна лабораторія «ПрЭ-БЛ».

Логіка роботи ЛЕ І (AND) подана в табл.5.2. На основі логіки одержують вираз для вихідної булевої функції елемента $Y = X1 \cdot X2$. Функцію Y для довільного числа вхідних змінних можна записати:

$$Y = X1 \cdot X2 \cdot \dots \cdot X_n. \quad (5.2)$$

Таблиця 5.2 – Залежність вихідного сигналу ЛЕ <І>

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

На рис. 5.2 показані схема, графічне зображення і часові діаграми роботи ЛЕ <І>.

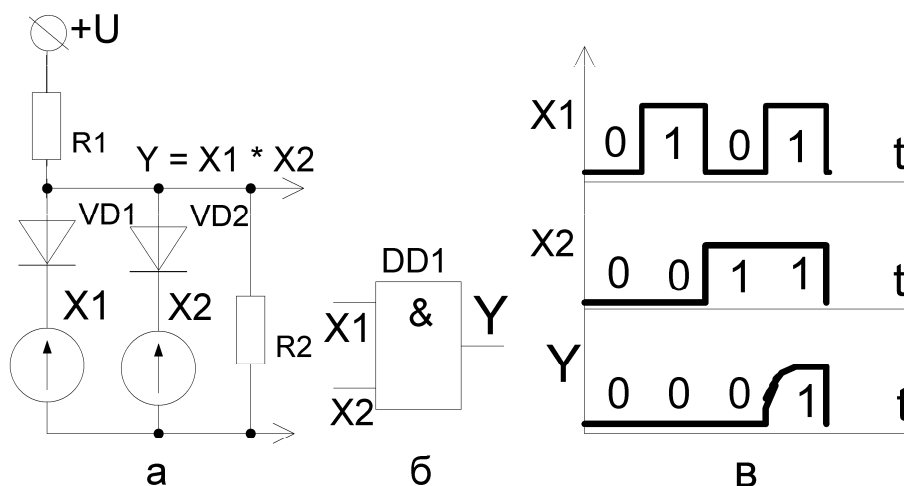


Рис. 5.2 – Елемент <І>:

а – схема; б – умовне графічне зображення; в – часові діаграми роботи

Високий рівень напруги U на виході діодного елемента I встановлюється тільки при одночасній подачі на обидва входи високих рівнів напруги при яких закриваються кремнієві діоди $VD1$ і $VD2$. При цьому від джерела живлення U через резистор $R1$ і $R2$ протікає струм навантаження

$$I = \frac{U}{R1 + R2}, \quad (5.3)$$

і встановлюється значення високого рівня вихідної напруги U_{BP}

$$U_{BP} = I \cdot R2 = \frac{U \cdot R2}{R1 + R2}. \quad (5.4)$$

Ілюстрація роботи ЛЕ <AND> представлена в програмі SinSys ➤ електронна лабораторія «ПрЭ-БЛ».

Логіку роботи елементу <НІ> (НЕ, NOT) або інвертора ілюструє таблиця істинності (табл.5.3). На основі табл.5.3 одержують вираз для вихідної булевої функції $Y = \bar{X}$.

Таблиця 5.3. Залежність вихідного сигналу ЛЕ НІ

X	Y
0	1
1	0

Схема елемента <НІ>, його умовне графічне зображення і часові діаграми роботи показані на рис.5.3. Схема елемента <НІ> (транзисторний ключ): транзистор VT1; резистори в колі колекторного навантаження R_K і бази R_B ; U – джерело живлення.

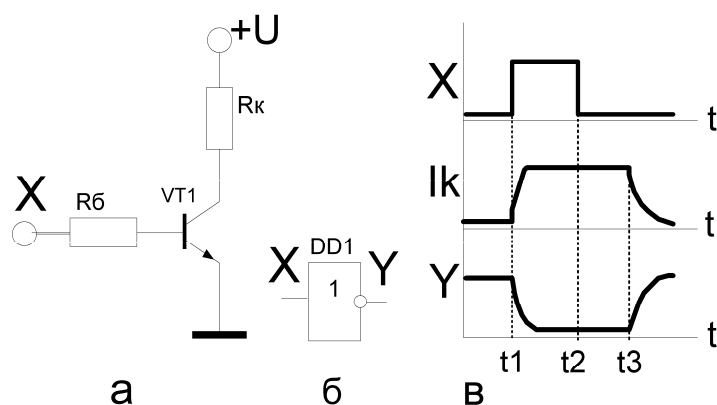


Рис.5.3 – Елемент <НІ>:

а – схема; б – умовне графічне позначення; в – часові діаграми роботи

Транзистор VT1 може знаходитися в трьох основних режимах: відсікання колекторного струму (закритий стан), насичення (відкритий стан) і активної роботи (посилення). У режимі відсікання колекторний і базовий переходи закриті (на вхід поданий низький рівень напруги), у колі колектора протікає дуже малий обернений струм колекторного переходу і на колекторі транзистора встановлюється високий рівень напруги.

Ілюстрація роботи ЛЕ <NOT> представлена в програмі SinSys ➤ електронна лабораторія «ПрЭ-БЛ».

5.2 Цифрові схеми і їх діагностика

У базових і аналогічних інших логічних пристроях формування необхідних сигналів здійснюється тільки у тому випадку, якщо спостерігається певна відповідність в часі імпульсів, що поступають на входи цифрових схем. Синхронність роботи джерел і приймачів імпульсів є головною умовою коректного функціонування усіх цифрових пристроїв.

Оскільки імпульси електричних сигналів в лініях зв'язку існують короткочасно, то їх контролювати можна тільки за допомогою спеціальних

вимірювальних пристроїв, у складі яких обов'язково представлені багатопроменеві осцилографи, генератори імпульсів різної форми з регульованою частотою, вольтметри, міліамперметри та інші автономні тестові пристрої.

Цифрові пристрої – дискретні електричні схеми, виконані на базі логічних та інших дискретних елементів.

При пошуку несправностей в цифрових схемах застосовують засоби реалізації спеціальних логік. Найефективніше логіка пошуку несправностей реалізується програмованими логічними контроллерами (ПЛК), які повторюють релейну дискретну логіку, а сам принцип *реалізації сходової логіки діагнозу* дістав назву від релейної логіки, що реалізовує послідовність дій, що становлять основу сходового логічного програмування.

ТЕМА 6. КОМБІНОВАНІ СХЕМИ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

6.1. Склад комбінованого електроустаткування

Комбіновані електричні схеми відносяться до найбільш поширених в електроустаткуванні. Обумовлено це використанням слабкострумових компонентів з силовим електроустаткуванням. До складу комбінованих схем входять аналогові й цифрові компоненти, засоби захисту від перешкод, фільтри, підсилювачі потужності, безконтактні комутатори та ін.

У транспортних засобах на базі автомобіля (рис. 6.1) використовують різне електроустаткування з бортовими джерелами живлення – генератор, акумуляторна батарея (АБ).

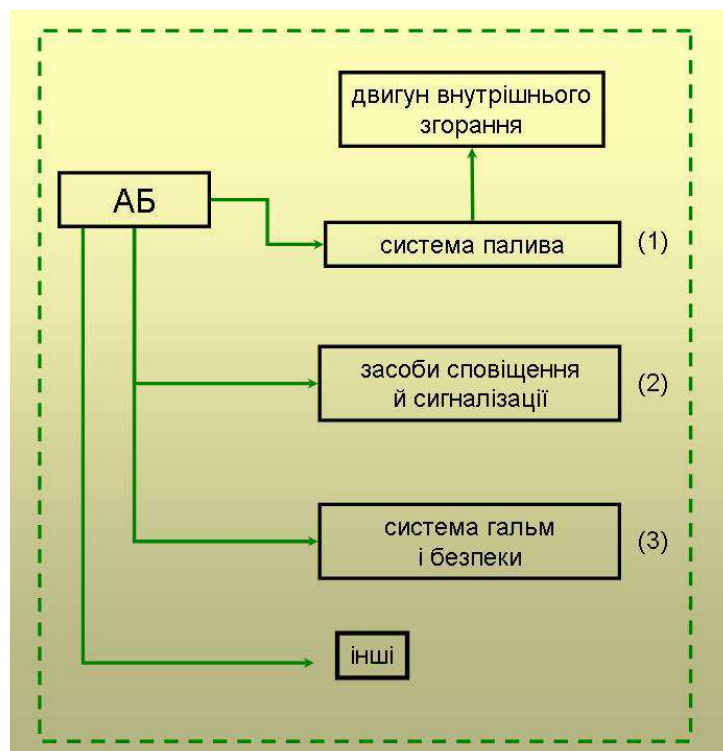


Рис. 6.1 – Комбіноване електроустаткування ТЗ

Двигун внутрішнього згорання оснащений системою запалення, в якій є контактний або безконтактний перетворювач високої напруги (1).

Засоби освітлення, світлової сигналізації і сповіщення (2), системи гальм і безпеки (3) включають базове гідравлічне або пневматичне устаткування і спеціальні електричні підсилювачі-перетворювачі.

Окрім вищезгаданих на ТЗ можуть використовуватися інше електричне устаткування для керування навісним або таким, що возиться спецобладнанням. До таких пристроїв слід віднести електронні підсилювачі, бортові комп'ютери з усіма периферійними компонентами, автоматичні блоки контролю, керування, сигналізації із засобами ручного керування і багато що інше.

1. **Система запалення** на рис. 6.2 у своєму складі містить напівпровідниковий підсилювач потужності на $VT1$, навантаженням якої сужить котушка запалення L_{K3} . Як переривник в контактній схемі застосовують бігунок K_3 з розрядним конденсатором $C1$. В безконтактних пристроях R_3 і $C1$ підключається до транзистора в результаті ефект розряду досягають через безконтактний транзистор, що працює в ключовому режимі. У таких схемах цьому термін служби комутаційних елементів істотно зростає.

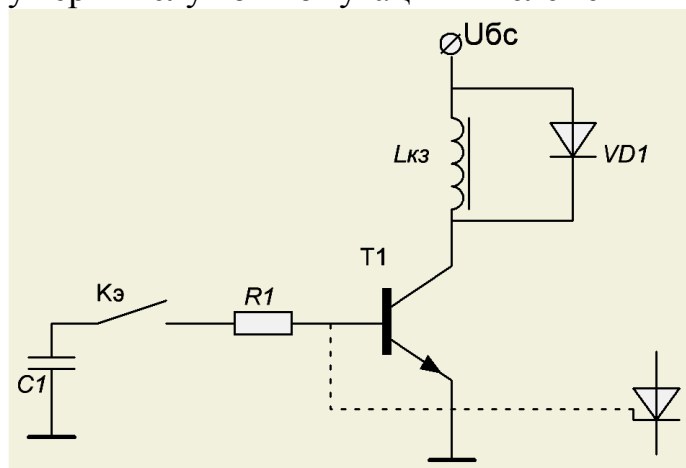


Рис. 6.2 – Підсилювач потужності системи запалення

Причини несправностей в схемах запалення можуть бути пов'язані з будь-яким з елементів, що входить в пристрій: K_3 , C , $VT1$, L_{K3} . Інтегральний принцип пошуку несправностей полягає в контролі режиму роботи транзистора $VT1$, для чого контролюють струм, споживаний каскадом.

На рис. 6.3 наведена схема транзисторного підсилювача із засобами контролю струму і дискретним індикатором на логічному елементі $DD1$. Залежно від обраних параметрів роботи індикатора падіння напруги на резисторі $R4$ виникне тільки при виході з ладу транзистора $VT1$ (пробіі транзистора).

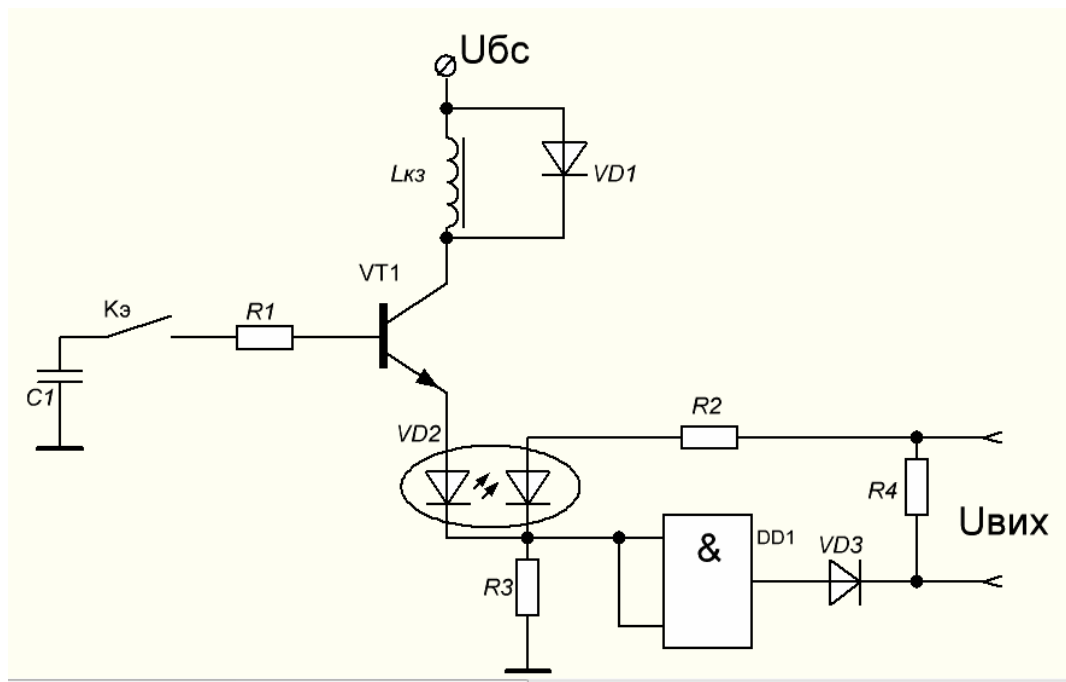


Рис. 6.3 – Система запалення з індикатором несправності

В усіх інших випадках, коли VT1 справний, індикатор не функціонує. Такий простий сигналізатор зручно розміщувати безпосередньо на автомобілі. Сам пристрій буде автономним засобом діагностування системи запалення.

2. **Устаткування освітлення і сигналізації** включає фари ближнього і далекого світла, габаритні ліхтарі, покажчики повороту і багато інших освітлювальних приладів. На рис. 6.4 ілюструється ланцюг живлення ламп розжарювання EL1 – EL4 фар з роздільними вимикачами S1.1 – S2.2.

Струм в ланцюзі живлення освітлювальних приладів має розрахункове значення при справності усіх компонентів електроустаткування.

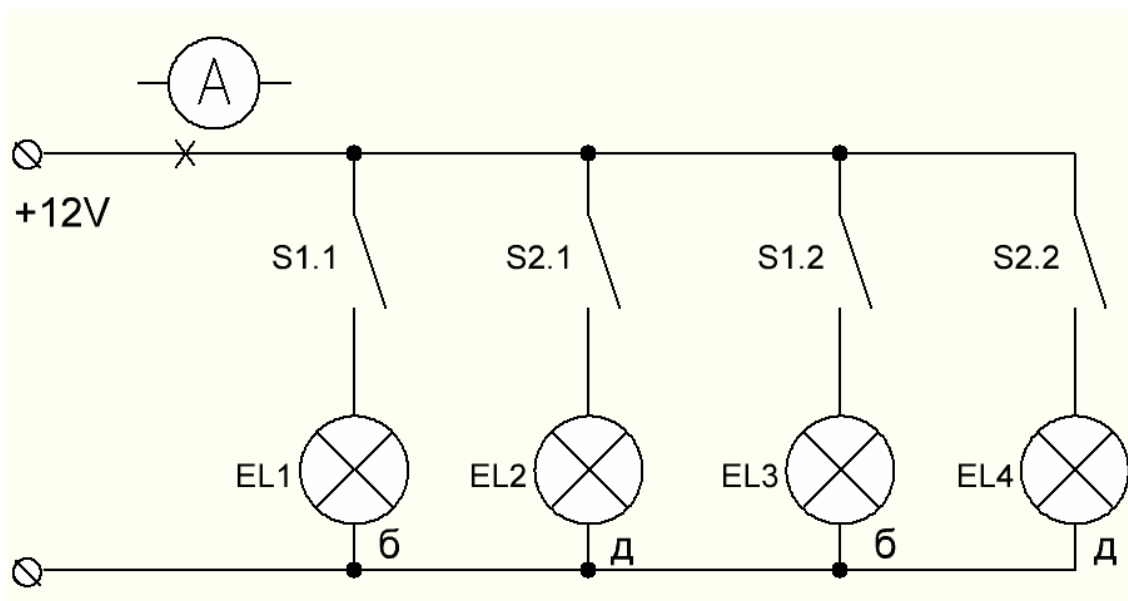


Рис. 6.4 – Схема включення фар далекого і ближнього світла

Нормоване значення споживаного схемою струму можна визначити, користуючись залежністю:

$$I_{\Phi Б} = \frac{U_{AB}}{R_1 + R_2}, \quad (6.1)$$

$$I_{\Phi Д} = \frac{U_{AB}}{R'_1 + R'_2}, \quad (6.2)$$

де U_{AB} – напруга бортової мережі;

R_1, R_2 – опір ланцюга при «ближньому світлі»;

R'_1, R'_2 – опір ланцюга при «далекому світлі».

Дискретну різницю величин струму в ланцюзі живлення фар можна контролювати за допомогою автономного засобу – оптичного амперметра, виконаного на базі оптопар.

Приклад реалізації такого пристрою наведений на рис. 6.5.

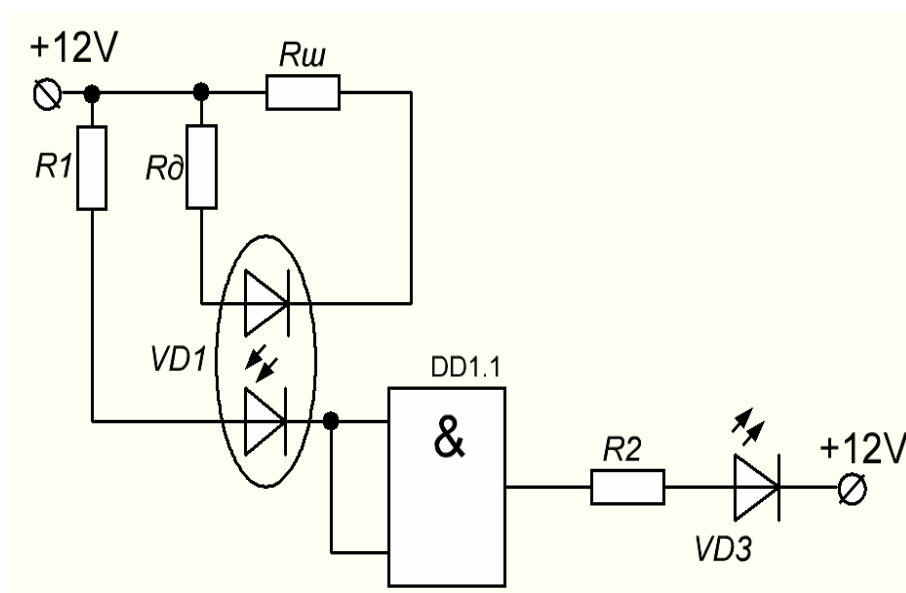


Рис. 6.5 – Автономний індикатор справності приладів освітлення

Дискретний сигнал від оптопар $VD1$ подається на вхід елементу $DD1$, навантаженням якого є світлодіод $VD2$. При певних значеннях $R_{ш}$ і $R_{д}$ (залежать від експлуатаційних параметрів фар при ближньому або далекому світлі) фотодіод $VD2$ не індикуватиме при справному устаткуванні. Будь-які несправності викличуть індикацію $VD2$.

Такий автономний засіб діагностування може бути розміщений на самому автомобілі для будь-якого аналогічного електричного приладу, перевірка справності якого виконується систематично при ЩТО.

3. Обов'язковою частиною щоденного технічного огляду є **системи гальм і безпеки**. У більшій частині автомобілів система гальм має гідравлічний, пневматичний або комбінований принцип дії.

Для контролю стану, наприклад, гідравлічної системи доцільно використовувати показуючі прилади (манометри) або комбіновані пристрої з датчиками, що перетворюють тиск в електричний сигнал (тензометричні й резистивні датчики).

Резистивний датчик тиску на базі сільфону ілюструється на рис. 6.6.

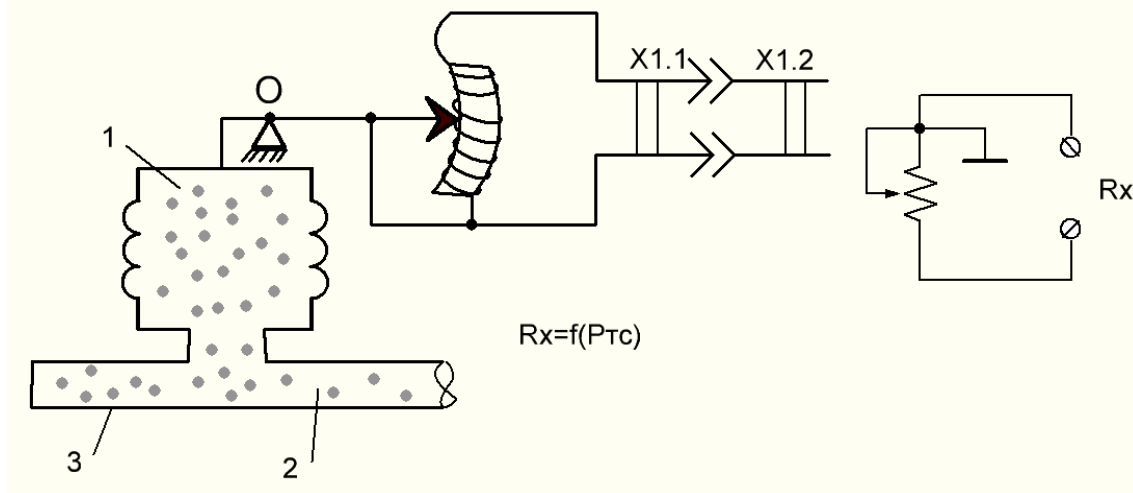


Рис. 6.6 – Датчик сільфону тиску

Сільфон 1 (гофрований патрубок з повним корпусом) взаємопов'язаний з гідросистемою 2. Під впливом тиску 3 контрольованого середовища сільфон деформується на величину h .

При деформації сільфону 1, зміщується рухливий елемент реостата, вихідний опір якого буде тісно взаємопов'язаний з параметром контролю. Контроль величини R_x дозволяє створювати не лише засоби контролю, але справність усіх компонентів, що входять до складу такого вимірника тиску.

На рис. 6.7 зображена блок-схема індикатора справності реостатного манометра, що складається з реостатного датчика, вимірювальної схеми ВС, масштабного підсилювача МП, показуючого приладу ПП з індикаторами.

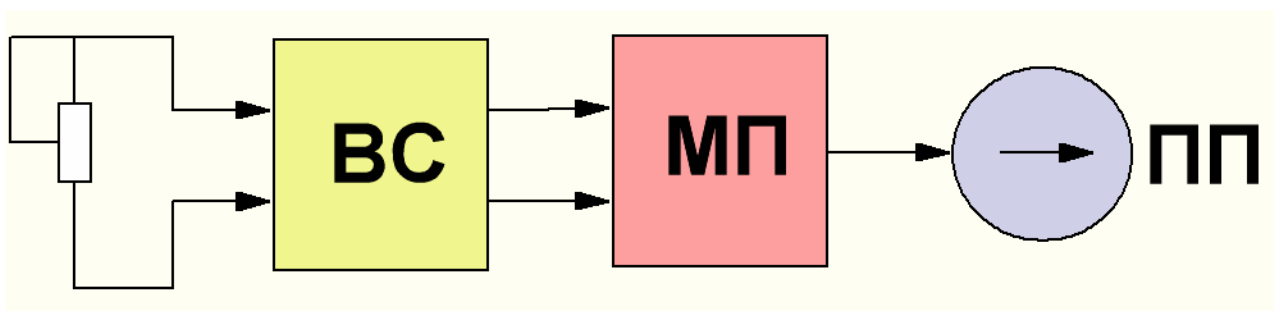


Рис. 6.7 – Блок-схема реостатного манометра з індикатором справності

ТЕМА 7. РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТУВАННЯ

7.1 Графічне представлення алгоритмів діагностування

Блок-схема – упорядкована сукупність різних графічних форм, що символізують певні операції, які поєднані між собою стрілками, що показують напрямок розвитку подій у програмі за певними умовами.

Блоки умовно можна розділити на:

- 1) блоки початку і кінця алгоритму (овальна форма);
- 2) блоки обробки даних (прямокутна форма);
- 3) блоки перевірки умов (ромбовидна форма з двома точками виходу).

За структурою блок-схеми алгоритмів вирішення завдань діагностування електрообладнання ТО розділяють на *лінійні, гілкові й циклічні*.

Концептуальна блок-схема – це перерахування в логічному порядку найважливіших подій процесу діагностування.

Функціональна блок-схема – відбиває сукупність процесів або операцій, деталізація яких залежить від технічних засобів, що використовують при діагностуванні електрообладнання.

7.2 Вибір етапів діагностування електроустаткування

При розробці блок-схеми алгоритму діагностування електроустаткування при цьому мається на увазі реалізація декількох етапів :

1. Визначення технічного стану пристрою, що діагностується;
2. Пошук і локалізація устаткування, що має відмови або несправності;
3. Прогнозування залишкового ресурсу пристрою після ремонту.

В автомобілях і електромобілях, використовуваних для механізації ручної праці в муніципальному господарстві, основними компонентами електроустаткування є: базове електроустаткування транспортного засобу і спеціалізоване електроустаткування, використовуване для механізації виконуваних робіт (електроприводи, блоки керування, допоміжні електротехнічні засоби).

При складанні алгоритму діагностування при ЩТО необхідно:

1. Розглянути прийоми діагностування базового електроустаткування ТЗ (вузли і блоки, несправність яких забороняє експлуатацію ТЗ: системи запалення, АКБ, генератор, стартер, системи гальм і безпеки, освітлювальні й сигнальні прилади та ін.);
2. Розглянути прийоми діагностування спеціального електроустаткування ТЗ (додаткові АКБ і генератор, блок контролю, керування й сигналізації автономної бортової мережі, пневматичні і гідравлічні пристрої з електроприводами і перетворювачами, та ін.);
3. Вивчити взаємозв'язок діагностичних параметрів в усіх групах електроустаткування (загальні діагностичні параметри, системи блокування, засобу контролю, сигналізації).
4. Вибрати методики аналізу отриманих результатів вимірів придатні для реалізації їх технічними засобами.

7.3 Складання блок-схеми алгоритму діагностування

Для реалізації алгоритмів діагностики технічними засобами часто застосовують математичні описи, що відбивають роботу окремих компонентів електричних схем, які допомагають синтезувати устаткування для виконання пошуку несправностей і діагностики їх технічного стану.

Якщо передбачається автономний принцип пошуку несправностей і діагностування, то в цьому випадку передбачається застосування вбудовуваних датчиків, що розміщуються прямо на електроустаткуванні. Такі компоненти діагностичних пристроїв повинні мати відповідне виконання для надійної довготривалої експлуатації їх під впливом довкілля. За відсутністю датчиків-перетворювачів, що серійно випускаються, доцільно передбачити їх проектування і виготовлення. У тому випадку, якщо автономний варіант діагностики складно реалізувати розглядається варіант виготовлення стаціонарного діагностичного стенду. В цьому випадку компоненти електроустаткування до стенду повинні будуть підключатися за допомогою роз'ємів.

Розглянуті вище чинники необхідно враховувати, оскільки від них залежить можливість реалізації розробленого алгоритму діагностики.

Приклад блок-схеми алгоритму діагностики електроустаткування наведений на рис. 7.1.

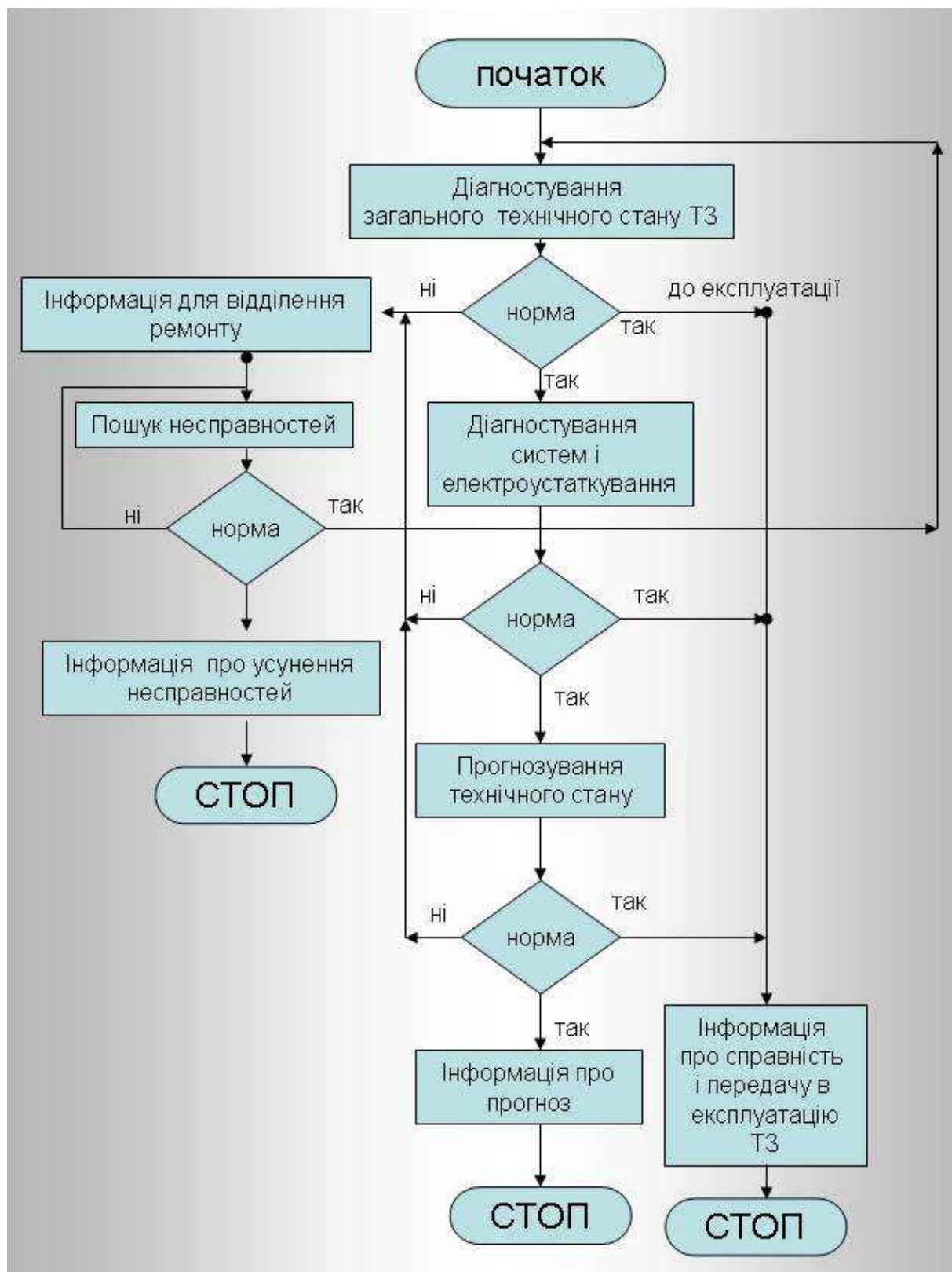


Рис. 7.1 – Блок-схема алгоритму діагностики спеціального електроустаткування

ТЕМА 8. МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

8.1 Моделювання дискретних електричних пристроїв

Найчастіше до них відносяться схеми включення електроприводів, які містять: керуючі пристрої з кнопками, тумблерами, засобами блокування, контролю, сигналізації.

Для КРС на рис. 8.1 можливі несправності можуть бути пов'язані з електродвигуном M , проміжними реле $K1$, $K2$ і елементами комутації. У кожному окремому випадку пошук несправностей припускає реалізацію свого оригінального алгоритму. Очевидно, що вся програма пошуку можливих несправностей може включати декілька самостійних взаємопов'язаних операцій.

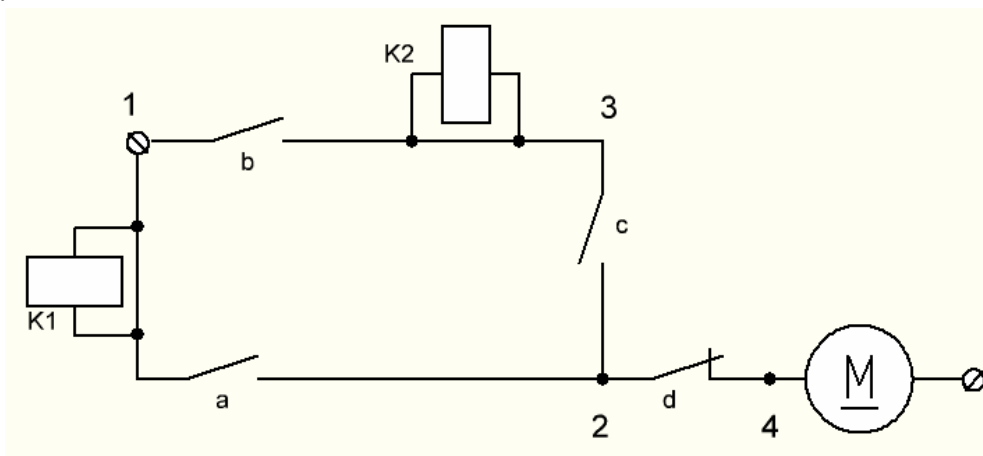


Рис. 8.1 – Моделювання несправності КРС

На рис. 8.1 контактних елементів позначені a, b, c, d служать для керування електродвигуном M тільки при виконанні певних умов. Для випадку з несправним електродвигуном M виконаємо моделювання такої ситуації, скориставшись квадратичною матрицею такого стану схеми.

Квадратична матриця матиме рівну кількість рядків і стовпців відповідних числу вузлів в схемі (відмічені цифрами 1 – 4). При цьому справні елементи в схемі позначаються в стверджуючому виді, а несправні – інверторами.

При складанні загального рівняння – математичного опису несправності, користуються традиційними прийомами.

З'єднання елементів на схемі відзначається буквою і вноситься до матриці (з'єднання між точками 1 і 2 позначені елементом a).

Оскільки між точками 3 і 4 немає електричного з'єднання, то в матриці ця умова фіксується у вигляді «0». Для даної схеми стан елемента d відмічений інверсією $\bar{d}$, що відрізняється від стверджуючих станів a, b, c .

Визначник між вузлами 1 і 4 запишемо, викресливши з матриці 1-й рядок і 4 стовпець. Для вирішення поставленого завдання скористаємося правилом рішення матриці.

Головний визначник матриці для ланцюга 1–4 матиме вигляд:

$$\Delta_{14} = \begin{vmatrix} a & 1 & c \\ b & c & 1 \\ 0 & \bar{d} & 0 \end{vmatrix} = a \begin{vmatrix} c & 1 \\ \bar{d} & 0 \end{vmatrix} + b \begin{vmatrix} 1 & c \\ \bar{d} & 0 \end{vmatrix}. \quad (8.1)$$

Логічне рівняння запишеться у вигляді:

$$f_M = a\bar{d} \vee b\bar{d}c = \bar{d}(a \vee bc). \quad (8.2)$$

Загальне рівняння (8.2) є математичним описом конкретного пристрою несправності, що допускається. Користуючись законами і аксіомами алгебри, представимо функціональну схему, що реалізовує логічний пристрій, який визначає несправність в розглянутій схемі:

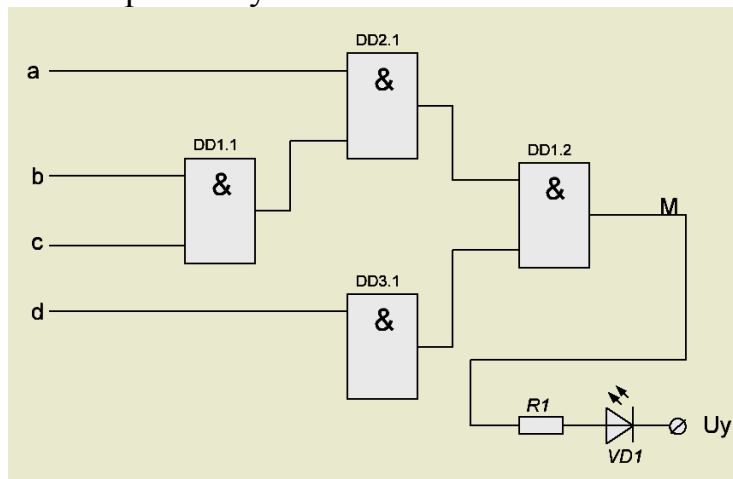


Рис. 8.2 – Логічний діагностуючий пристрій

Схема на рис. 8.2 реалізована на логічних елементах (логічні мікросхеми). Такий компактний пристрій з індикатором VD1 дозволяє оповіщати користувача про виниклу несправність, пов'язану тільки з електричним двигуном.

Для проектування аналогічного пристрою, що забезпечує контроль справності будь-якого іншого елементу схеми, необхідно розробити додатковий математичний опис, реалізація якого дозволить створити аналогічний сигналізатор справності чергового компонента схеми.

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

$$u_{эл} \rightarrow 2^u > 2^5 = 32 > 2^8 = 256. \quad (8.3)$$

Переваги автономних логічних схем діагностики:

– економічні, займають мало місця, не порушують логіку роботи основного електротехнічного устаткування, не вимагають додаткового відходу і

обслуговування, безпомилково ідентифікують виниклі несправності, не потребують кваліфікованого обслуговуючого персоналу.

Недоліки:

– для реалізації вимагають додаткових матеріальних витрат.

8.2 Моделювання аналогових пристроїв

Спеціальна техніка часто є комбінацією електричного і механічного устаткування. Для діагностування справності такого устаткування часто користуються електронними засобами, в яких реалізуються математичні моделі електромеханічних пристроїв.

При математичному моделюванні комбінованих пристроїв завжди розглядаються певні умови експлуатації (умови обмеження). Існує безліч математичних методів моделювання статички і динаміки аналогових пристроїв. У кожному конкретному випадку розробники переслідують певну мету отримати: статичні залежності – для контролю і оптимізації умов експлуатації об'єкту; динамічні – оцінити поведінку об'єкту в умовах дії на них різних зовнішніх чинників.

Загальний принцип застосування електронних моделей для діагностування електроустаткування полягає в тому, що діагностичний пристрій контролює технологічний об'єкт (ТО) і його математичну модель (МТО), а за результатами вимірів ідентифікується можлива несправність в електроустаткуванні (рис.8.3).

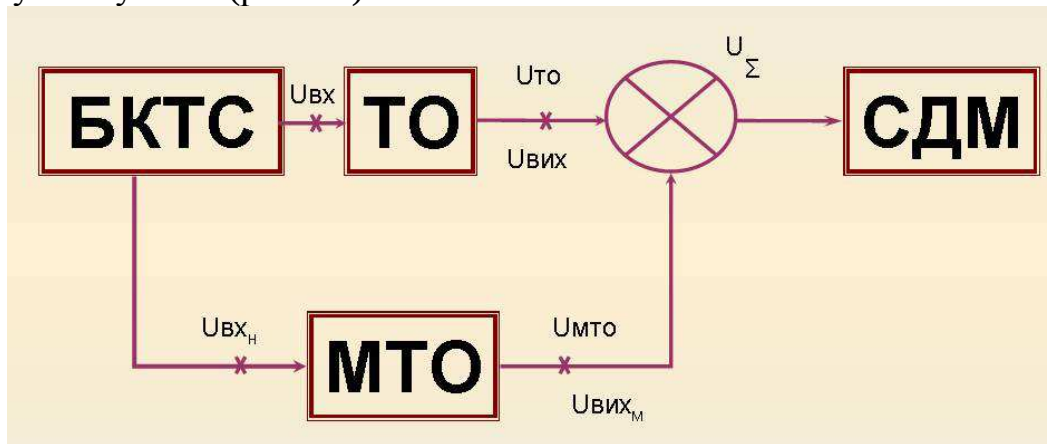


Рис. 8.3 – Моделювання несправностей аналогового устаткування

Засоби діагностики з математичними описами аналогових об'єктів в більшості випадків результати вимірів ідентифікують з декількома можливими несправностями, які поділяються на: нормовані або допустимі; неприпустимі, вимагаючі термінової зупинки об'єкту; випадкові, якими можна нехтувати, але врахувати і проаналізувати причину виникнення при повторенні.

$$\Delta\Sigma = U_{TO} - U_{MTO}, \text{ при } \Delta\Sigma \begin{cases} > 0 - \text{неприпустимі (STOP)} \\ > 0 - \text{припустимі (очікувані)} \\ < 0 - \text{випадкові, виправлюючі} \end{cases} \quad (8.4)$$

У аналогових логічних пристроях від блоку керуючих тест-сигналів БКТС, випробувальні сигнали поступають на об'єкт ТО і його модель МТО.

Вихідні сигнали $U_{ТО}$ і $U_{МТО}$ порівнюють в обчислювальному блоці, а результат обробки початкових даних поступає на систему аналізу діагностичних модулів (СДМ) – блок аналогових або цифрових логічних експертів. За допомогою СДМ виконується аналіз і ідентифікація результатів вимірів, але висновки електронного експерта формується тільки для переважаючої умови $0 < \Delta\Sigma = 0 > 0$, відповідного тільки одній причині несправності. При цьому передбачається, що реальний об'єкт і його модель адекватні (виконуються нормовані умови експлуатації ТО).

Якщо реалізується ненормований режим експлуатації ТО, то в МТО передбачено декілька параметрів, коригування яких дозволяє отримати нову модель, що адекватно описує процеси в ТО.

Таким чином, перебудовувана електронна МТО може забезпечувати комплексне діагностування і електричної і механічної частин устаткування, хоча ідентифікація причин для $\Delta\Sigma > 0$ і < 0 потребуватиме додаткової обробки отриманих результатів вимірів. У будь-якому випадку такий пристрій істотно скорочує час пошуку несправностей, попереджає експлуатацію об'єкту в ненормованих умовах, не допускає поломок його.

Найбільш прийнятним варіантом реалізації таких засобів діагностики з моделюванням об'єктів є розробка спеціалізованих стендів, в яких статичними і динамічними математичними описами для певного типу електромеханічного устаткування є системи рівнянь для різних умов експлуатації аналогічних пристроїв.

Найбільший інтерес викликають засоби діагностики, які забезпечують апроксимацію експериментальних даних і отримання математичних описів.

У такому діагностичному устаткуванні статичні і динамічні характеристики ТО задаються за допомогою КТС, що моделює нормований і інші режими експлуатації ТО. Після внесення тест-сигналів реєструють вихідні величини $U_{вих}$, $U_{вих.м}$, часові інтервали, виконують графічну інтерпретацію залежностей (рис. 8.4), визначають необхідні параметри і отримують математичні описи ТО:

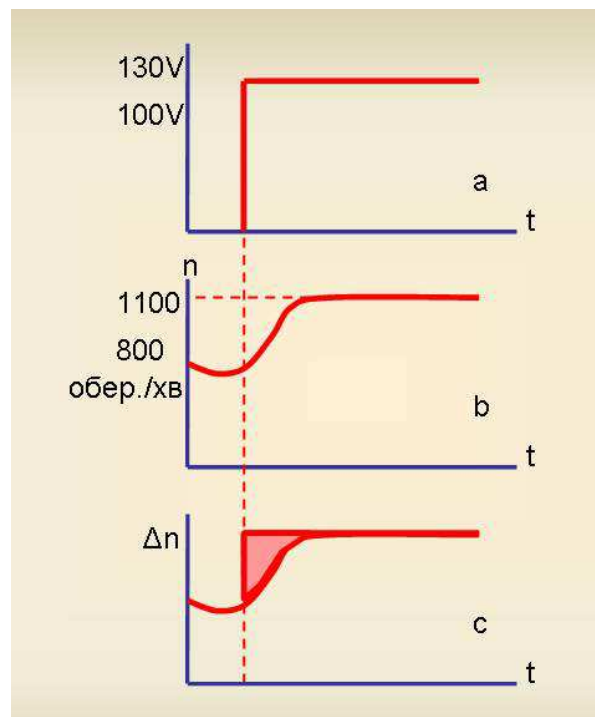


Рис. 8.4 – Графічний інтерпретація тестування ТО

Залежність n від t на рис. 8.4а є результатом ступінчастого збурення на вході ТО, яке, наприклад, для двигуна було отримано стрибкоподібною зміною напруги живлення на його керуючій обмотці від 100 до 130В.

Вигляд характеристики на рис. 8.4b відбиває початок перехідного процесу в момент t_1 при внесенні збурення, коли число обертів дорівнює 800. Сталий режим в t_2 (далі зміна числа обертів не спостерігається), характеризується новим рівнем $n=1100$ обер./хв. Аналогічним чином реєструються і $U_{вих.м}$. На рис.8.4с Δn від t відбивають динамічні властивості ТО (одночасно реєструються на ТО і МТО). Невідповідність виражається різницею:

$$\Delta n = n_{ТО} - n_{МТО}. \quad (8.4)$$

Для обробки отриманих даних в динаміці зручно користуватися передавальними функціями вигляду

$$W(p) = \frac{K}{Tp + 1} \quad (8.5)$$

для аперіодичної ланки або комбінацією таких виразів для складних ТО.

Вид перехідної характеристики відповідає перехідному процесу в аперіодичній ланці.

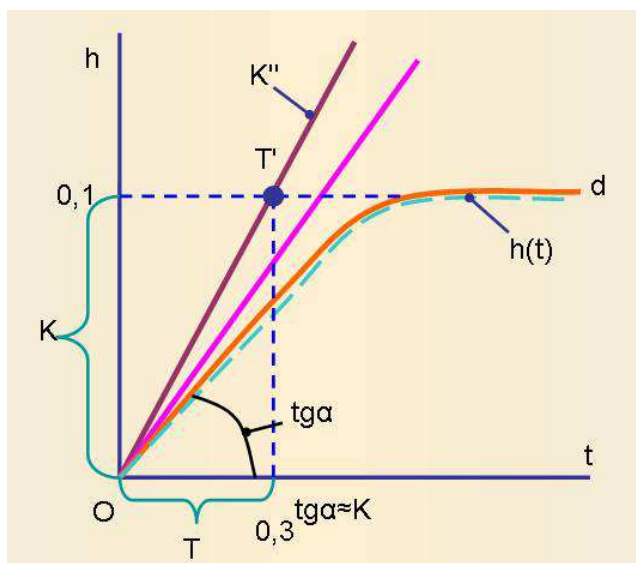


Рис. 8.5 – Визначення параметрів графічним способом

На рис. 8.5 показані прийоми графічного визначення динамічних параметрів (8.5) ТО за його часовою характеристикою ($tg\alpha$ – величина пропорційна коефіцієнту посилення об'єкту діагностування). Так, якщо з початку перехідного процесу O до кривої перехідного процесу провести дотичну K'' , а сталий режим U_H продовжити на вісь ординат – отримаємо коефіцієнт посиленні ТО $K = 0,1$, а спроектувавши на вісь абсцис (вісь часу) –

отримаємо постійну часу ТО $T = 0,3$. Для нашого прикладу (8.5) матиме вигляд:

$$W(p) = \frac{0,1}{0,3p + 1}. \quad (8.6)$$

Формула (8.6) – передавальна функція ТО, де p – оператор диференціювання. Теоретичну часову характеристику можна побудувати, скориставшись залежністю:

$$h(t) = K \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right). \quad (8.7)$$

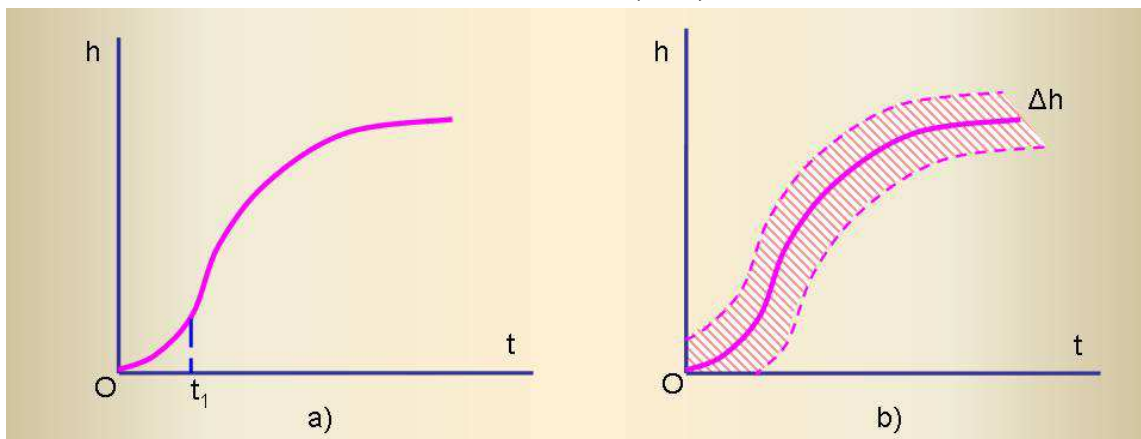


Рис. 8.6 – Часова характеристика:

a – експериментальна; *b* – теоретична з областю варіативної (помилки)

На рис. 8.6b часова характеристика $h(t)$ – перехідна характеристика отримана за допомогою математичної моделі ТО може використовуватися як «перебудовувана модель» з динамічними властивостями, що змінюються.

У ряді випадків використовують перехідну характеристику виду:

$$W(p) = \frac{K \exp(-p \cdot \tau)}{Tp + 1}, \quad (8.8)$$

для якої додатково визначають час запізнювання τ – «запізнювання» реакції ТО на тест-сигнал збурення. Теоретичну часову характеристику для такого об'єкту отримують за формулою

$$h(t) = K \cdot \exp\left(-\frac{t - \tau}{T}\right). \quad (8.9)$$

Розглянуті приклади моделювання динамічних ланок ТО і отримання адекватного математичного опису ТО, які потрібні на діючих стендах діагностики електроустаткування, що виконуються за допомогою обчислювальної техніки.

Достоїнства: доступність коригування параметрів математичних описів, можливість застосування їх до ТО з різними технічними характеристиками (потужність, габарити, навантаження та ін.).

Недолік: складно врахувати зовнішні дії на ТО, знос компонентів, стохастичний характер умов експлуатації та ін.

8.3 Мехатронні системи на транспорті

Мехатроніка – це нова галузь науки і техніки, присвячена створенню й експлуатації машин та систем з комп'ютерним керуванням рухом, яка базується на знаннях в області механіки, електроніки і мікропроцесорної техніки, інформатики і комп'ютерного керування рухом машин та агрегатів.

Сучасний термін «Мехатроніка» («Mechatronics») був введений фірмою Yaskawa Electric в 1969 році і зареєстрований як торговельна марка в 1972 році. Це поняття в єдиному словосполученні означає інтеграцію знань у відповідних галузях науки і техніки, яка дозволила зробити якісний стрибок в створенні техніки нових поколінь і виробництві новітніх видів систем і устаткування.

Мехатронні пристрої – сукупність механічних і електронних пристроїв, виконаних у вигляді моноблока або багатофункціонального електромеханічного пристрою.

Електромеханічна частина включає механічні ланки і передачі, робочий орган, електродвигуни, сенсори і додаткові електротехнічні елементи (гальма, муфти). Механічний пристрій призначений для перетворення рухів ланок в необхідний рух робочого органу. Електронна частина складається з мікроелектронних пристроїв, силових перетворювачів і електроніки вимірювальних ланцюгів. Сенсори призначені для збору даних про фактичний стан зовнішнього середовища і об'єктів робіт, механічного пристрою і блоку приводів з наступною первинною обробкою і передачею цієї інформації в пристрій комп'ютерного керування (ПКК). До складу ПКК мехатронної системи зазвичай входять комп'ютер верхнього рівня і контроллери керування рухом.

Мехатронні пристрої акумулюють в собі найунікальніші приймальні елементи, мініатюрні датчики і сенсори, гібридні перетворювачі різних фізичних величин, мініатюрні виконавчі електричні приводи різної потужності. Такі пристрої в першу чергу знаходять застосування при аваріях, пожежах, катастрофах в службах порятунку і ліквідації аварій, що входять в муніципальні структури. Більшість мехатронних роботів створюються на базі надійних транспортних засобів, незамінне застосування яких було на Чорнобильській атомній станції (вибух четвертого енергоблока 26 квітня 1986р.) і при аварії на АЕС «Фукусима-1» в Японії, що сталася в результаті [HYPERLINK «http ://www.rg.ru/sujet/ 1388/index.html" \t "_blank»](http://www.rg.ru/sujet/1388/index.html) землетруси в 11 березня 2011 року.

Сукупність механічних і електронних елементів, перші з яких є виконавчими пристроями, а другі – формувачами сигналів керування в сучасних технічних рішеннях представляються багатофункціональними блоками, синхронна робота яких досягається тільки за допомогою обчислювальних модулів на базі мікропроцесорів і мікроконтролерів.

У мехатронних пристроях найбільш поширено використання електронних засобів *самодіагностики* (вбудовані діагностичні компоненти електромеханічних систем).

ТЕМА 9. РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

9.1 Підготовка алгоритму пошуку несправностей і діагностики

Для підготовки алгоритму пошуку несправностей і діагностики електроустаткування необхідно виконати ранжирування усіх параметрів контролю за мірою їх важливості, об'єднуючи при цьому окремі вузли і блоки у взаємозпов'язані групи.

Для ТЗ:

- елементи бортової електричної мережі;
- засобів експлуатації двигуна;
- засобів освітлення і сигналізації;
- електроприводи системи гальм і безпеки.

Для спецобладнання:

- елементи бортової електричної мережі спецобладнання;
- електроприводи спеціального призначення (ЕСП);
- засобів контролю, керування й сигналізації (ЗККС);
- засобів ручного керування електроустаткуванням.

Загальну блок-схему пошуку несправностей можна представити в наступному вигляді (рис. 9.1):

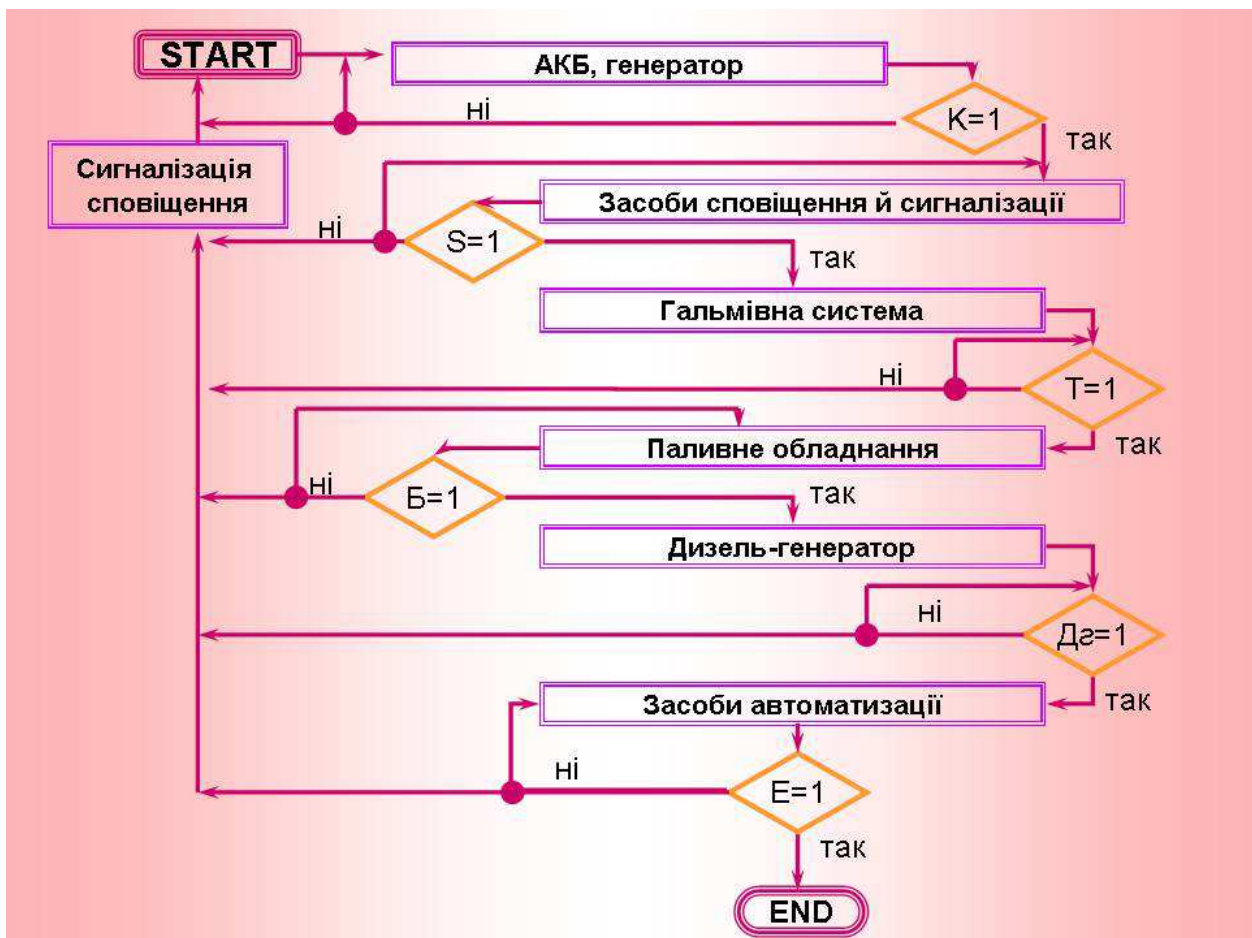


Рис. 9.1 – Блок-схема алгоритму пошуку несправностей

Розглядаючи кожну окрему групу, представлену в блок-схемі, вивчається можливість контролю параметричних величин технічними засобами і можливість автоматизації спостереження й реєстрації їх. В результаті виконання такої роботи, представляється можливим підготувати ескізний проект розміщення усіх датчиків-перетворювачів на транспортному засобі (рис. 9.2).

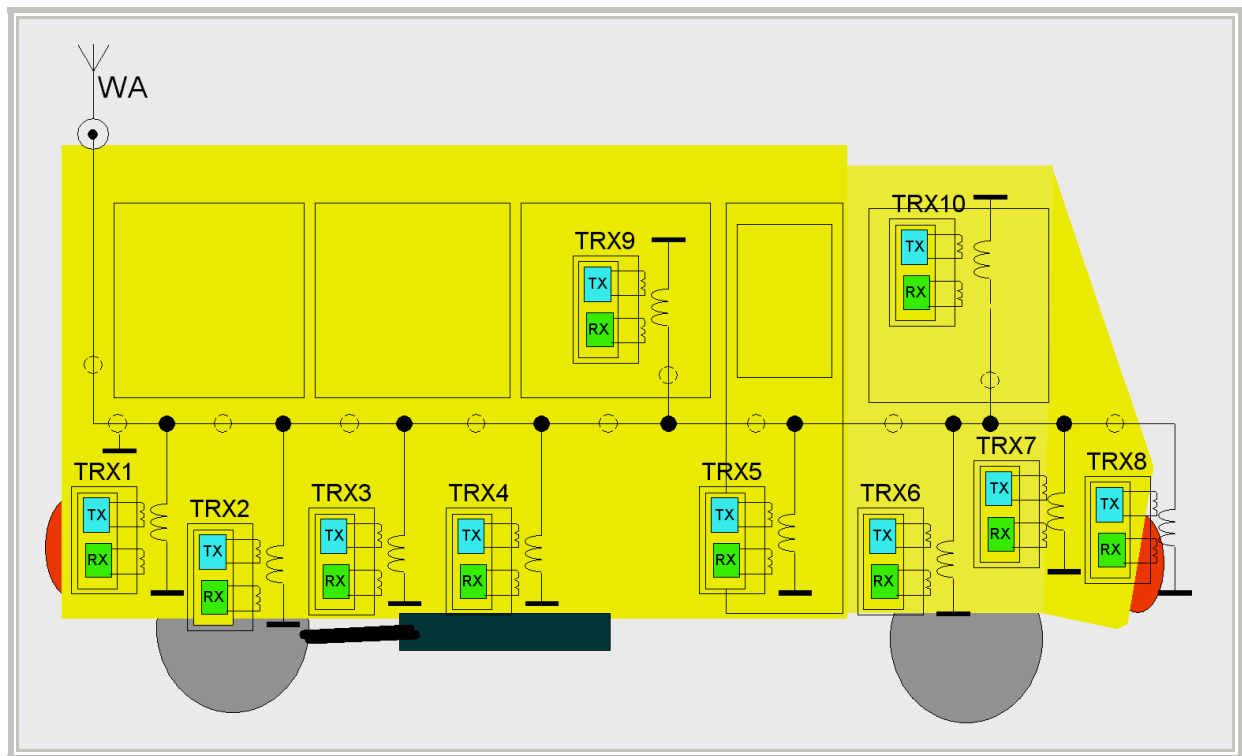


Рис. 9.2 – Приклад розміщення датчиків в автомобілі:
TRXi – дискретні датчики-перетворювачі контрольованих параметрів

9.2 Бінарні системи діагностики

Бінарні засоби діагностики (БЗД) знайшли широке застосування при автоматизації методик пошуку несправностей і діагностування електроустаткування. Головним достоїнством БЗД є простота їх конструкції й реалізації. Усі БЗД складаються з датчиків-перетворювачів і аналізаторів інформації, що отримуються з них. У БЗД контролюються області допустимих значень усіх параметрів, вихід за які розцінюються як несправність і служить причиною формування сигналу (коду) виду «справно – несправно» для обслуговуючого персоналу або використання в системі автоматичного керування устаткуванням.

На схемі (рис. 9.3) ілюструється варіант БЗД АКБ і генератора ТЗ.

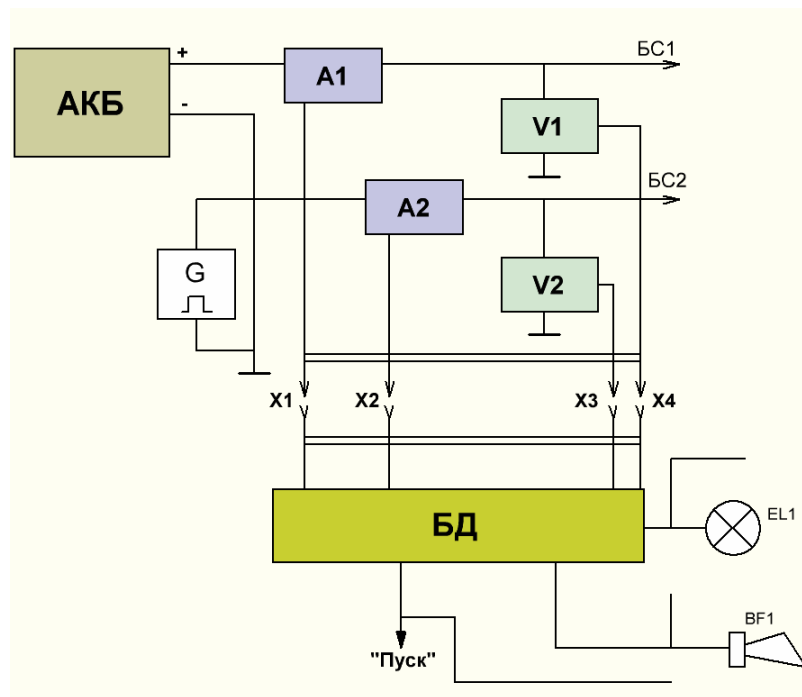


Рис. 9.3 – Блок-схема бінарного пристрою діагностики:
«Пуск» – лінія включення БЗД; EL1 – елементи сигналізації; G – генератор тактових імпульсів

У різних ділянках бортової мережі $BC1$, $BC2$ розміщуються дискретні вимірники струму – $A1$, $A2$ і напруги – $V1$, $V2$. Якщо значення напруги в лініях контролю відповідають нормованим значенням датчики $V1$ і $V2$ формують сигнали високого рівня. Датчики струму $A1$ і $A2$ за відсутності навантаження формують рівні вихідних сигналів прийнятих «нульовими». Такий стан зберігається при усіх режимах навантажень експлуатації електроустаткування, якщо вони не перевищують допустимі величини. Будь-які перевищення струму в контрольованих ділянках супроводжуються сигналами сповіщення, які використовуються в засобах сигналізації, регулювання або запам'ятовуються для їх аналізу електронними експертами або фахівцями.

Таким чином, високі рівні сигналів від $A1$ і $A2$ будуть причинами формування сигналів тривоги, що поступають на роз'єми $X1$ і $X2$ (роз'єми діагностики) тільки в екстрених випадках.

БЗД є автономними дискретними логічними пристроями з одним або декількома датчиками, засобами сигналізації або роз'ємом для підключення електронного експерта. Розміщення засобів сигналізації на БЗД у ряді випадків переважне технічне рішення, оскільки локальні індикатори не лише служать засобами сповіщення, але і візуально вказують місце несправності, що виявила себе. Такі пристрої часто об'єднуються на транспорті в єдині системи самодіагностики або системи бортової діагностики (СБД або OBD, Європейська система бортової діагностики – EOBD).

Європейська бортова діагностика (EOBD) – система керування ТЗ, що забезпечує безперервну оцінку сигналів, що отримуються від різних датчиків і виконавчих механізмів, встановлених на різних блоках і вузлах ТЗ.

Сучасні системи самодіагностики можуть згенерувати і зберігати більше 100 кодів несправностей, число яких безперервно збільшується. Слід розуміти, що можливості СБД не безмежні. Несправності, що реєструються деякими датчиками, не обов'язково призводять до позитивного результату – визначення причини несправності. Проте, інформація від СБД у будь-якому випадку підлягає аналізу.

Взаємозв'язок параметрів контролю і сигналів сповіщення зручно представляти таблицями (табл.9.1), якими зручно користуватися при моделюванні дискретних БСД.

Таблиця 9.1 – Фрагмент взаємозв'язку параметрів контролю і сигналів сповіщення в БЗД

A1	A2	V1	V2	G	EL1	BF1
0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	1	0	1

Приклади рівнянь для реалізації БЗД :

– моделювання умов індикації $EL1$

$$Y_{EL1} = \overline{A1} \wedge \overline{A2} \wedge \overline{V1} \wedge V2 \vee \overline{A1} \wedge \overline{A2} \wedge V1 \wedge \overline{V2}; \quad (9.1)$$

– рівняння, що відбиває умову дозволу експлуатації електроустаткування:

$$Y_{Пуск} = \overline{A1} \wedge \overline{A2} \wedge V1 \wedge V2; \quad (9.2)$$

– рівняння, що описує неприпустимий режим експлуатації електроустаткування:

$$Y_{BF1} = A1 \wedge A2 \wedge V1 \wedge V2. \quad (9.3)$$

щоб через контакти 1, 2 здійснити ручну діагностику мереж, а через контакти 3, 4, 5 та ін. для підключення зовнішнього засобу діагностики – «тестер діагностики».

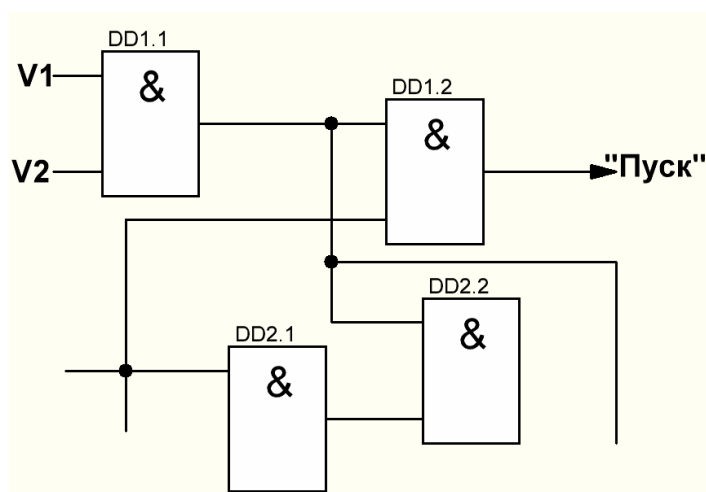


Рис. 9.3 – Фрагмент функціональної схема для контролю напруги в лініях живлення бортової мережі ТЗ

Функціональна схема реалізується на мікросхемах, є платою, що монтується безпосередньо на ТЗ. Сигнал «Пуск» формується схемою як «дозволяючий», використовуваний в системі блокування електроустаткування.

Системи рівнянь (9.1) – (9.3) для складного електроустаткування зазвичай реалізуються в автономних електронних пристроях (тестерах), якими користується обслуговуючий персонал в стаціонарних засобах діагностування або на лініях експлуатації транспорту. При такому варіанті реалізації БЗД усі датчики-перетворювачі з'єднуються з роз'ємом «Діагностика» на ТЗ, через який вони підключаються до автономного тестера.

У тестерах прийнята умовна система сигналів сповіщення, яка детально описується для користувачів в документації, що додається.

Приклад варіанту формування можливих сигналів в бінарній системі діагностики електроустаткування ТЗ (рис. 9.3) представлений в табл. 9.2.

Таблиця 9.2 – Сигнали сповіщення і причини можливих несправностей

Сигнал	Причина несправності
EL1 – безперервний	Несправність в лінії живлення БС1
EL1 – миготливий	Коротке замикання в лінії живлення БС1
BF1 – безперервний	Несправність в лінії живлення БС2
BF1 – переривчастий	Коротке замикання в лінії живлення БС2
EL1 – безперервний + BF1 – безперервний	Розряд АКБ
EL1 – миготливий + BF1 – переривчастий	Заборона на експлуатацію ТЗ
EL1 + BF1 – не відображають	Норма
«Пуск»	Дозвіл експлуатації ТЗ

На підставі «візуальної» інформації, що отримується за допомогою засобів реалізації БЗД, оператори і експлуатаційники мають досить повне уявлення про стан електроустаткування.

Для підвищення достовірності результатів вимірів приймальні пристрої в БЗД є сукупністю датчиків-перетворювачів і обчислювальних пристроїв, що реалізуються на базі напівпровідникових суматорів, інтеграторів, логарифматорів та ін. Приклад схеми датчика-перетворювача з компаратором наведений на рис. 9.4.

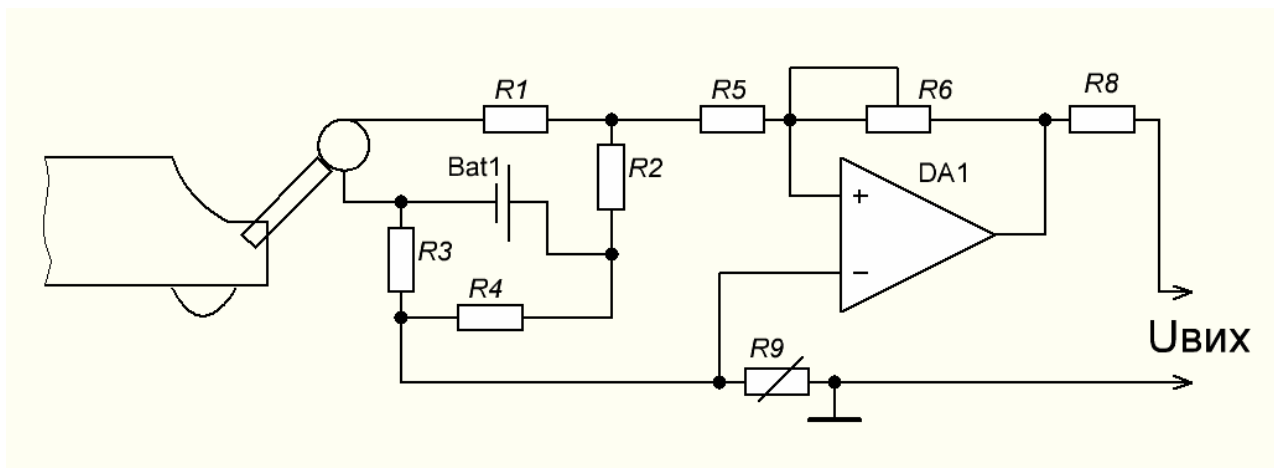


Рис. 9.4 – Датчик-перетворювач з компаратором на операційній схемі

Датчик температури (рис. 9.4) є електронним компонентом схеми що містить резистивний термоперетворювач R_t , вимірювальний міст і масштабний підсилювач – компаратор на мікросхемі DA1. Таке технічне рішення забезпечує стабільність отримуваних результатів виміру в умовах значного перепаду температури довкілля, дії джерел перешкод, нестабільності джерел живлення та ін.

Переваги БЗД: простота реалізації автономних засобів діагностики і самодіагностики електроустаткування, їх надійність і економічність.

Недоліки БЗД: вимагають ретельного налаштування вимірювальних схем, додаткових вимірювальних коштів при налагодженні, досвіду фахівців, обслуговуючих БЗД.

9.3 Кодування несправностей

У розробляваних і функціонуючих системах діагностики електронні модулі СБД формують умовні коди несправностей, які визначаються самим виробником.

«Повільні коди» виявлених несправностей формуються досить повільно і їх реєстрація здійснюється за допомогою різних засобів індикації (світлодіоди, контрольні лампи, аудіовипромінювачі).

«Швидкі коди» – інформаційні повідомлення про несправності, що формуються з великою швидкістю, реєстрація яких здійснюється цифровими прочитуючими пристроями (FCR).

Приклад кодування несправностей за допомогою формувача бінарного коду ілюструється в табл.9.3.

Формат і тип даних, що виводяться, визначається виготівником ТЗ і автономного устаткування для діагностики несправностей. У цифрових пристрої FCR реалізуються тільки можливі для діагностування несправності.

Таблиця 9.3 – 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

ТЕМА 10. РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНИХ БЛОКІВ І СТАЦІОНАРНИХ СТЕНДІВ

10.1 Реалізація сходової логіки діагностики

Найефективніше реалізується логіка пошуку несправностей на базі програмованих логічних контролерів (ПЛК), які повторюють релейну дискретну логіку, а сам принцип реалізації носить назву *сходової логіки діагнозу*, що дістав назву від релейної логіки, в якій послідовність дій керування, складає основу сходового логічного програмування.

Розглядаючи засоби самодіагностики, слід пам'ятати, що вбудовуване устаткування не повинне стати причиною виходу з ладу спеціальних засобів при експлуатації їх і повинно відповідати вимогам що пред'являється до них галузевими стандартами.

Блок-схема компонентів самодіагностики ТЗ може мати вигляд: механічне обладнання (МО) з електроприводом (ЕП); керуючий пристрій (КП) ЕП; засоби самодіагностики із засобами сигналізації (ЗС) і засобу блокування (ЗБл) (рис. 10.1).

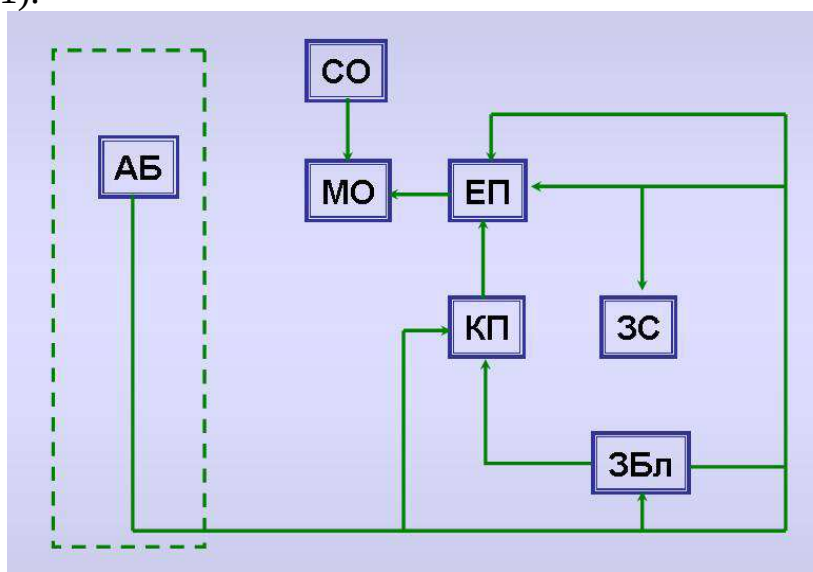


Рис. 10.1 – Блок-схема електронних засобів самодіагностики ТЗ

Система самодіагностики (СС) реагує на відхилення параметрів від їх нормованих значень, сповіщає про експлуатаційні умови МО, сигналізує режими «небезпечно», «аварія» та ін. або запам'ятовує код виявленої несправності.

ЗБл – обов'язковий компонент для усіх спеціалізованих ТЗ. Їх призначення – заборонити експлуатацію ЕП, а через нього і МО, якщо не виконані певні умови.

КП для СО може мати складну структуру залежно від умов експлуатації електромеханічного устаткування ТЗ.

10.2 Діагностика гібридних електричних схем

Електроустаткування гібридного виконання містить компоненти, виконані на різній елементній основі. Цей чинник істотним чином впливає на складання і реалізацію блок-схем діагностики таких пристроїв. Прикладом такого пристрою може служити імпульсна система плавного регулювання швидкості провідного валу електродвигуна (рис.10.2)

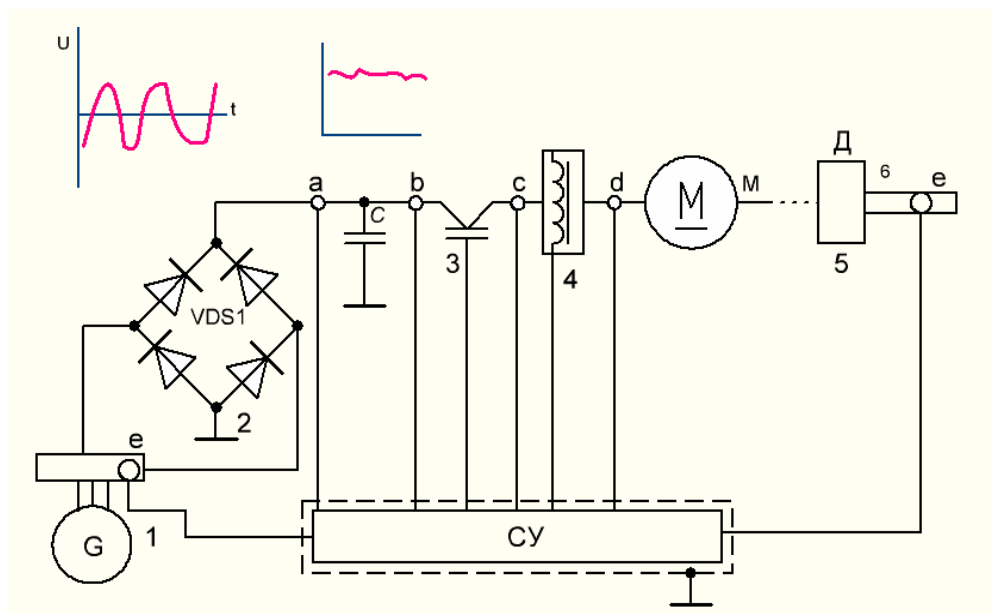


Рис. 10.2 – Схема частотного керування електроприводом

Гідністю електродвигунів постійного струму і асинхронних з плавним регулюванням швидкості обертання валу є можливість практичного застосування гнучких технічних прийомів для вибору економічно вигідних умов експлуатації таких машин. Широкий асортимент електродвигунів, дозволяє на їх основі створювати самі різні за габаритами електроприводи (ЕП). На жаль, асинхронні електродвигуни потребують спеціальних схем активного керування, основними компонентами яких є: джерело змінного струму – генератор 1, підключений до випрямляча 2, на виході якого пульсує напруга, що згладжується фільтром С. Після фільтру в схемі використовується інвертор 3, на виході якого залежно від керуючих імпульсів системи керування (СК)

формуються вихідні імпульси з різною частотою дотримання. Вихід інвертора через високочастотний фільтр 4 підключається до ЕП.

Сам ЕП сполучений механічним виконавчим механізмом 5, взаємопов'язаним з технологічним об'єктом 6. Якщо двигун працює з постійним навантаженням на валу, то таку схему досить настроїти одного разу. Якщо навантаження носять випадковий характер і змінюються стохастичним чином в значних межах, схема керування ЕП потребуватиме систематичної перебудови. Перебудову можна виконувати, заздалегідь збираючи інформацію від датчиків D на виконавчому пристрої 5 і керуючому електроустаткуванні (електричні параметри живлячої мережі). Повна інформація вимагає аналізу параметрів і в проміжних точках пристрою (a, b, c, d).

Розглянутий приклад ілюструє складність реалізації системи керування електроприводом, який полягає в об'ємному характері збираної і оброблюваної інформації про функціонування усіх компонентів схеми, застосування оригінального розрахунку з допустимою помилкою керуючих величин для інвертора, які постійно оновлюватимуться.

Наведена схема досить повно відбиває складність таких пристроїв і подій, що відбуваються усередині самої схеми. Якщо параметри регулювання керуючого параметра визначатимуться з неприпустимою помилкою, не виключено, що економічні показники при використанні такого пристрою негативно вплинуть на рентабельність (великі витрати енергії на тепло через нагрів випрямляча й інвертора).

Очевидно, що такі засоби автоматики потребують засобів діагностики, без яких взагалі неможливо їх налаштувати.

Створити універсальну систему діагностування для такого устаткування не представляється можливим. Поки реалізація деяких Windows-додатків з програмними осцилографами підтверджує можливість застосування типових алгоритмів з покроковими діагностикою і прийомами налагодження можуть використовуватися як базові для виконання таких робіт підготовленими фахівцями.

Розглянутий приклад доводить, що нині існують актуальні завдання, вирішення яких може бути досягнуте при умілому використанні нових технологій у вимірювальній техніці і засобах діагностики електроустаткування.

ТЕМА 11. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ

11.1 Розрахунок і вибір компонентів для діагностичних пристроїв

Приклад використання для реалізації алгоритмів діагностики електромеханічного устаткування програмованих пристроїв примушує звернути увагу на те, що якість їх роботи залежить від використовуваних приймальних елементів, формувачів уніфікованих величин, математичних методів обробки початкової інформації і розрахунку різних керуючих сигналів та ін.

При проектуванні засобів діагностики необхідно враховувати статичні й динамічні властивості компонентів. При цьому самі елементи мають бути мініатюрними, мати стабільні параметри, не робити негативну дію на основне технологічне устаткування при його експлуатації.

На спеціалізованих ТЗ особлива увага приділяється стабільності параметрів бортової електричної мережі, до якої підключаються споживачі різної потужності з різним характером умов їх експлуатації.

Так, наприклад, при конструюванні бортового джерела живлення (БДЖ) заздалегідь необхідно визначити параметри усіх передбачуваних споживачів електроенергії. До них відносяться: резистивні датчики (5В; 0,01А); магнітні, індукційні перетворювачі (~5–100В; 0,01–0,3А); диференціальні датчики-перетворювачі (~12В; 0,12А); оптичні перетворювачі; підсилювачі-нормалізатори; засоби сигналізації (лампи, світлодіоди); аналогові, дискретні, мікропроцесорні пристрої; засоби примусового охолодження і багато що інше.

З переліку видно, що ці та інші компоненти схем мають різні характеристики навантажень, які й приймаються як базові при розрахунку БДЖ.

Повна потужність трансформатора визначається як сума потужностей споживачів, що підключаються до кожної вторинної обмотки:

$$P_{TP} = U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + \dots \quad (11.1)$$

До конструктивних параметрів відносяться коефіцієнт використання трансформатора $K_{ИТ}$ і число обмоток, які повинні розміститися на осерді та ін.

Для розрахунку імпульсного джерела живлення зручно скористатися програмою SinSys (меню <БП-ИТ>) (рис. 11.1), яка допоможе отримати необхідні конструктивні дані для імпульсного трансформатора на осерді, що серійно випускається, виконаного у вигляді тора (рис. 11.2).

Параметри осердя (зовнішній діаметр D , внутрішній d , висота тора h , магнітна проникність матеріалу μ та ін.) вибираються з довідкових джерел виробників осердь.

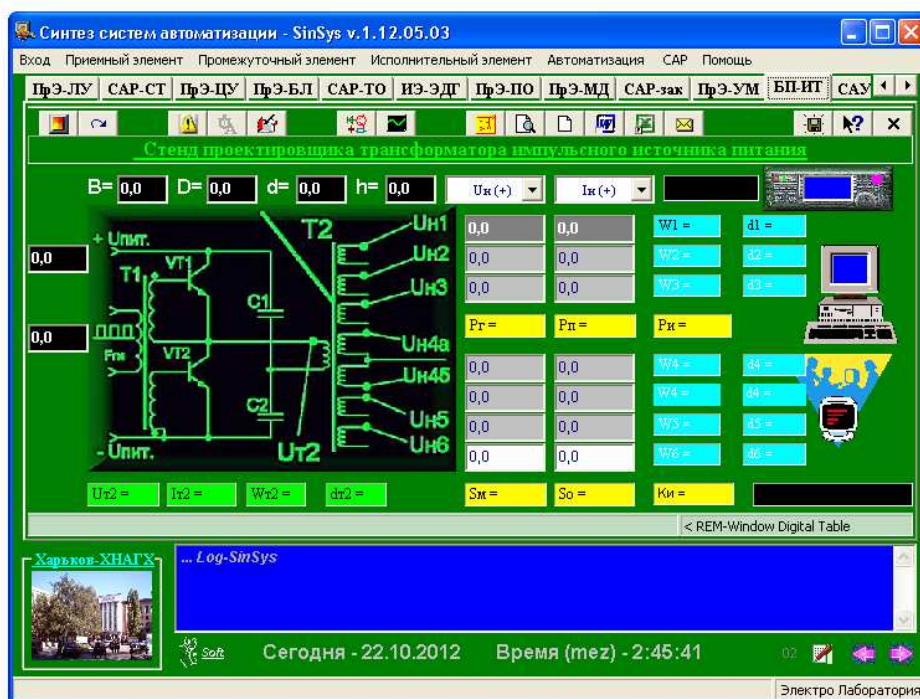


Рис. 11.1 – Интерфейс програми розрахунку блоку живлення для діагностичного устаткування ТЗ

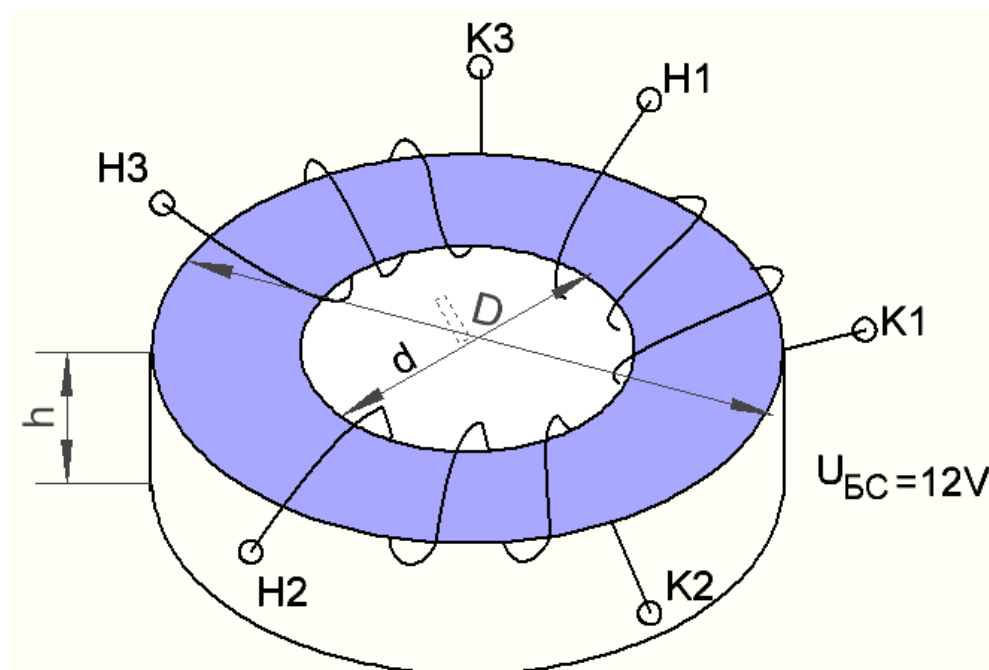


Рис. 11.2 – Конструкція осердя імпульсного трансформатора

Для серійних інженерних розрахунків розроблені комп'ютерні програми, якими зручно користуватися не лише при конструюванні електроустаткування, але й при ремонті його, оскільки нерідко доводиться знаходити заміну компоненту схеми, що вийшов з ладу, іншим аналогічним компонентом, тільки після виконання певного об'єму типових розрахунків.

11.2 Технічний дизайн діагностичних пристроїв

Технічна діагностика – галузь знань, що включає відомості про методи і засоби оцінки технічного стану машин, механізмів, устаткування, конструкцій та інших технічних об'єктів.

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

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

Для захисту від радіоперешкод в таких пристроях використовуються фільтри різної конструкції й екрануючі елементи. Монтаж компонентів повинен виконуватися з урахуванням можливого демонтажу його, доступу для виконання наладки, ручної діагностики, ремонту і заміни елементів, що вийшли з ладу. Дизайн автономного блоку діагностики наведений на рис.11.3.

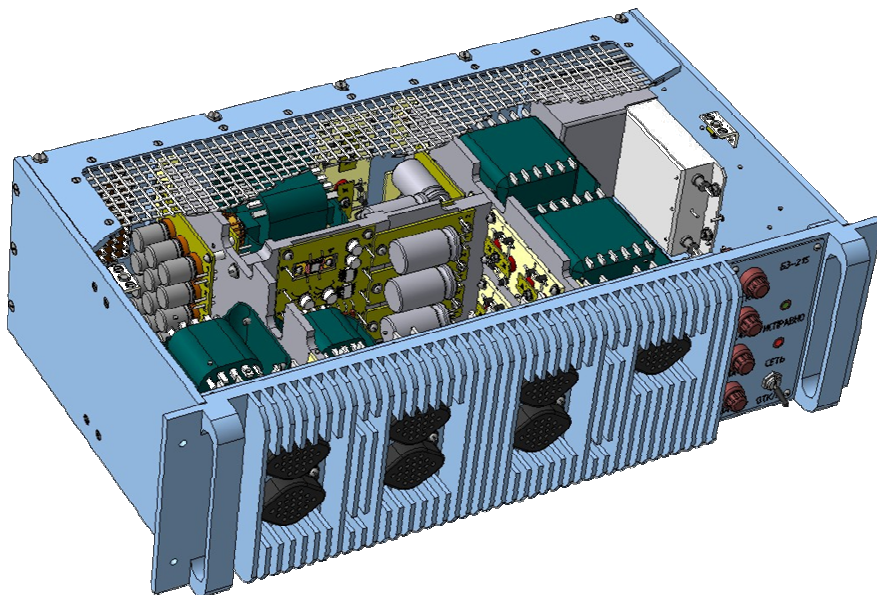


Рис. 11.3 – Дизайн автономного блоку діагностики електроустаткування

Важливим компонентом діагностичного устаткування є панель керування, яка може розміщуватися безпосередньо на пристрої (передня панель), на пульті оператора ТЗ, у вигляді виносного блоку і т.п.

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

Технічний дизайн панелей керування завжди вимагає особливої уваги при їх проектуванні, оскільки від компонування елементів багато в чому залежить

зручність в користуванні, простота освоєння прийомів, що реалізують алгоритм діагностування електроустаткування, швидке звикання до розташування органів управління сигналізації.

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

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

Для діагностичного пристрою з переліком компонентів в табл.11.1 приклад підготовки ескіза панелі керування ілюструється на рис. 11.4.

Таблиця 11.1 – Перелік компонентів діагностичного прибудую для розміщення їх на пульті

Призначення компоненту	Виконання	Напис пояснення
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»
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

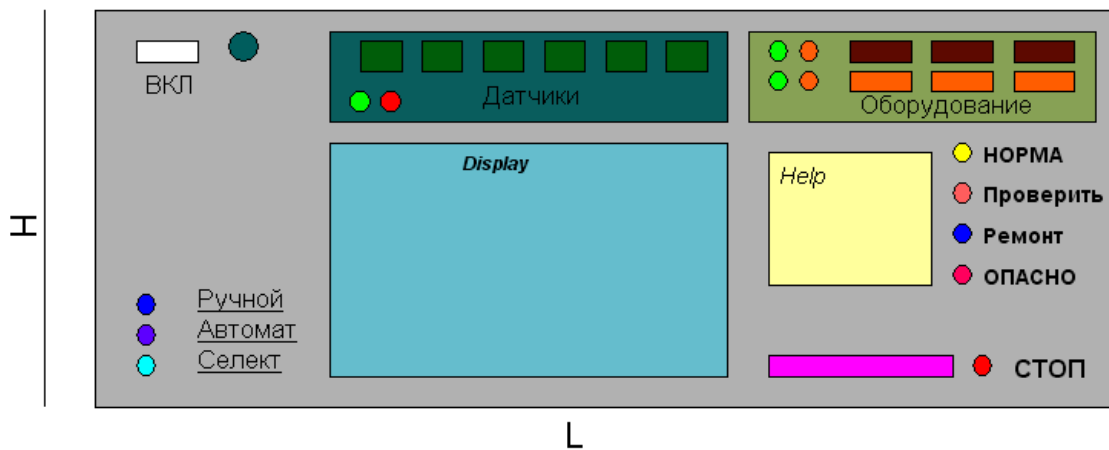


Рис. 11.4 – Ескізний проект пульта керування автоматичного діагностичного пристрою для спеціального транспортного засобу:
L, H – габаритні розміри пульта

ТЕМА 12. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ

Роль економічного аналізу полягає в отриманні певних нових характеристик, що дозволяють отримати обґрунтовані досягнення мети в проєктованих або експлуатованих технічних засобах.

12.1 Визначення економічної ефективності пристрою

Технічне обслуговування транспортних засобів і систем – це комплекс робіт, що проводяться обслуговуючим персоналом в цілях підтримки в справному стані і готовності до застосування усього устаткування за призначенням із заданою ефективністю. Основними функціями операторів є підготовка технічних засобів до роботи, контроль за їх роботою і огляд техніки після закінчення роботи.

Істотне ускладнення сучасної техніки висуває великі вимоги до професійних знань і навичок, загальної культури і психологічних якостей операторів. Тому ефективність технічних засобів слід розглядати як єдину систему техніки і людини на усіх етапах розробки і експлуатації устаткування у взаємозв'язку із зовнішнім середовищем.

При очевидній доцільності застосування пристроїв для технічної діагностики електроустаткування, які допускають мінімальні простої ТЗ при обслуговуванні, має бути наукове обґрунтоване рішення про прийняття таких пристроїв для їх експлуатації спільно з ТЗ. При цьому розглядаються три чинники: технічний, економічний і організаційний, серед яких економічний займає важливе місце.

Попередній економічний аналіз визначається обліком основних фінансових витрат, супроводжуючих реалізацію технічних засобів діагностики електроустаткування.

Витрати на впровадження засобів технічної діагностики включають: розробку проекту; дослідження приймальних компонентів, датчиків, сенсорів; експериментальне проектування електричних принципових схем; реалізацію алгоритмів діагностики у вигляді програмного забезпечення для мікроконтроллера; розробка засобів самодіагностики; монтаж устаткування; наладка пристрою діагностики; перевірочні випробування ТО із засобами діагностики, пуско-налагоджувальні роботи та ін.

Експлуатаційні витрати розглядають в двох варіантах, визначуваних витратами до і після впровадження засобів діагностики.

Для визначення первинних економічних показників засобів технічної діагностики зручно скористатися програмою SinSys (меню <САУ-ТП>) (рис. 12.1).

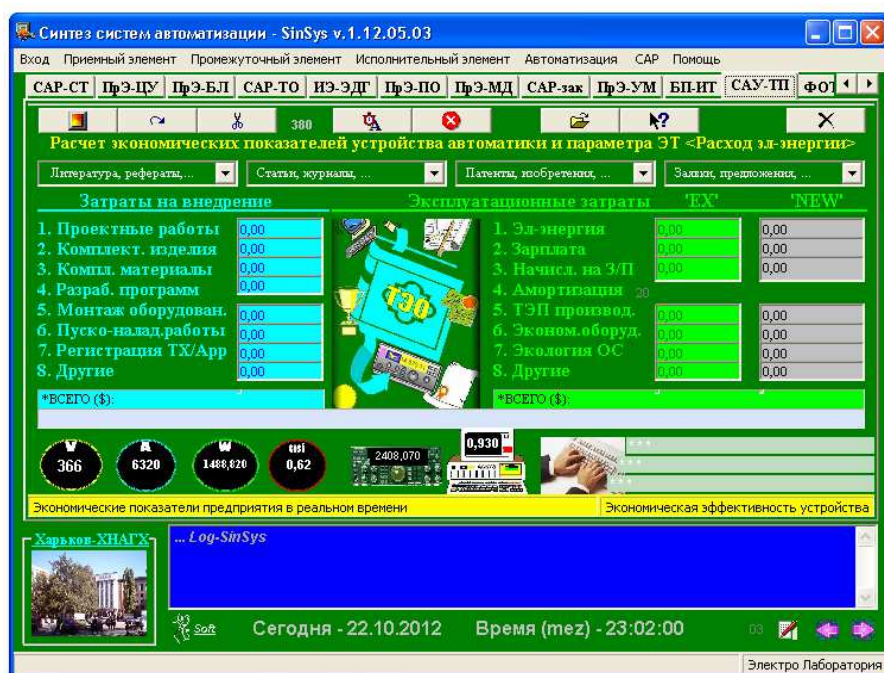


Рис. 12.1 – Інтерфейс програми для розрахунку економічних показників

У сучасних засобах діагностики економічні показники використовуються як початкова інформація для аналізу справності електроустаткування в реальному часі. Один з прикладів такого технічного рішення наведений в програмі SinSys (рис. 12.1). Електронний засіб самодіагностики визначає ненормовані режими експлуатації енергоспоживачів, фіксує економію і перевитрату споживаної електроенергії, перевантаження в мережі, короткі замикання та ін.

Пасивний принцип роботи таких засобів діагностики полягає в представленні усієї інформації тільки на табло і електронних журналах реєстрації подій для користувачів, оскільки активні функції захисту устаткування від коротких замикань та ін. чинників виконують автономні засоби автоматики на лініях електропостачання.

Окрім вказаних функцій засобу самодіагностики контролюють справність датчиків, стежать за виконанням графіків планових ремонтів, реєструють збої в роботі електроустаткування і багато що інше.

12.2 Облік тенденцій розвитку техніки із засобами самодіагностики

Сучасні технічні рішення мають високу інтеграцію, що полягає в тому, що при проектуванні електроустаткування в єдиний функціональний модуль можуть входити два або більш елементів можливо навіть різної фізичної природи. Іншими словами, на стадії проектування традиційні структури машин перетворюються в сукупність декількох самостійних модулів гібридної конструкції.

Найбільш популярні мехатронні модулі й електронні системи з невід'ємними від них засобами самодіагностики знаходять широке застосування в наступних областях:

- верстатобудування і устаткування для автоматизації технологічних процесів;
- робототехніка (промислова і спеціальна);
- авіаційна, космічна і військова техніка;
- автомобілебудування (антиблокувальні системи гальм, системи стабілізації руху автомобіля і автоматичної парковки, засобу безпеки);
- нетрадиційні транспортні засоби (електровелосипеди, вантажні візки, електроролери, інвалідні коляски);
- офісна техніка (копіювальні і факсимільні апарати);
- елементи обчислювальної техніки (принтери, плоттери, дисководи);
- медичне устаткування (реабілітаційне, клінічне, сервісне);
- побутова техніка (пральні, швацькі, посудомийні та інші машини);
- мікромашини (для медицини, біотехнології, засобів телекомунікацій);
- контрольно-вимірювальні пристрої і машини;
- фото- і відеотехніка;
- тренажери для підготовки пілотів і операторів;
- шоу-індустрія і паркове устаткування (системи звукового і світлового оформлення).

З вищесказаного виходить, що засоби діагностики поширюються на усі області діяльності людини, т.к актуальність і практична цінність таких пристроїв вже доведена в усіх прикладних сферах. Тому при розробці нових діагностичних пристроїв постійно використовуватимуться усі сучасні досягнення науки і техніки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Варварин В. К. Выбор и наладка электрооборудования.— М.: Форум, 2008.— 240 с.
2. Павлович С.Н., Фираго Б.И. Ремонт и обслуживание электрооборудования. – Санкт-Петербург: Вышэйшая школа, 2009.— 248 с.
3. Кисаримов Р. А. Наладка электрооборудования. Справочник.— Санкт-Петербург: РадиоСофт, 2003.— 352 с.
4. Моисеев Ю. А., Челышев С. В. Технологическая надежность сложного изделия и ее отработка. – М.: Едиториал УРСС, 2003.— 176 с.
5. Михеев Г.М. Цифровая диагностика высоковольтного электрооборудования.— М.: Додэка XXI, 2008.— 304 с.
6. Добров В.В. Диагностика неисправностей легкового автомобиля ISBN 5-17-037165-9, АСТ, стр.60 - 2006
7. Литвиненко В. В. Электрооборудование автомобилей ВАЗ-2110, ВАЗ-2111, ВАЗ-2112. – М.: За Рулем, 2007.— 168 с.
8. Система управления двигателями ВАЗ-2111 (1.5 л 8 кл.), 21214-11 (1.7 л 8 кл.) с распределенным последовательным впрыском топлива под нормы токсичности ЕВРО-2. – М.: Автоваз – 2004. – 176с.
9. Козлов П. Л., Куликов А. В., Рекунов А. Е., Христов П. Н., Боюр В. С., Зимин В. А. ЭСУД автомобилей LADA KALINA, 110, NIVA с контроллером М7.9.7 ЕВРО-3. Устройство и диагностика. – М.: Автоваз, 2006.—228 с.
- 10.Аринин И.Н. Диагностирование технического состояния автомобилей. – М.: За Рулем, 2004.— 138 с.
11. Chowanietz E. Automobile electronics. — Society of Automotive Engineers, Inc, 1995, 246 pp.
- 12.Shufi Mizutani, Car electronics. – Nippondenso Co, Ltd. 1992. 280pp.
- 13.Tom Denton. Automobile electrical and electronic systems. - Society of Automotive Engineers, Inc., 1995. 312 pp.
- 14.William B. Ribbens. Understanding automotive electrpncs. - Butterworth-Heinemann, 1998. 434 pp.
- 15.Scan tool and lab scope guide. — Chek-Chart Publication, 1997,123pp.

- 16.Allan Wm. Bonnick. Wehicle electronic systems and fault diagnosis. — STS Press, 1998. 225 pp.
- 17.Ronald K. Jurgen. Automotive electronics handbook. — McGraw-Hill, Inc., 1999.
- 18.Система управления двигателями ВАЗ-2122 и ВАЗ-2112 (1,5 л) с распределенным впрыском топлива. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту. – Издательство третий Рим, 1999. 168с.
- 19.Ютт В. Е. Электро оборудование автомобилей: Учеб. Для студентов вузов. – 2 изд., перераб. И доп.- М.: Транспорт 2000. 320с.
- 20.Система управления двигателями ВАЗ-2122 и ВАЗ-2112 (1,5 л) с распределенным впрыском топлива. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту - Издательство третий Рим, 1999.168с.
- 21.James D. Preparation guide for the advanced engine performance specialist test (L1). 1998. 110 pp.
- 22.Engine performance diagnosis and tune-up. – Chek-Chart, 1998. 507 pp.
23. Соснин Д.А. Автотроника: Учебн. пособие. – М.: «Солон-Р», 2001. 272с.

Навчальне видання

ЄСАУЛОВ Сергій Михайлович

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

**ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*(для студентів 4 – 5 курсів всіх форм навчання
за напрямом підготовки 6.050702 – «Електромеханіка»)*

Відповідальний за випуск *О. Ф. Бабічева*

В авторській редакції

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз.112Л

Підп. до друку 26.09.2012
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 5,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12. 05. 2011 р.