

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

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**  
**ТА УСТАНОВОК**

*(для студентів 5 – 6 курсів усіх форм навчання  
за спеціальностями 7.05070204, 8.05070204 – «Електромеханічні системи  
автоматизації та електропривод»)*



**Харків**  
**ХНУМГ**  
**2013**

**Методичні вказівки** до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизація технологічних процесів та установок» (для студентів 5 – 6 курсів усіх форм навчання за спеціальностями 7.05070204, 8.05070204 – «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 92 с.

Укладачі: С. М. Єсаулов  
О. Ф. Бабічева

Рецензент: канд. техн. наук А. К. Бабіченко (ХНТУ «ХП»)

Ці методичні вказівки присвячені для вивчення дисципліни «Автоматизація технологічних процесів та установок» і складають основу закріплення знань з прикладної теорії автоматичного регулювання при виконанні лабораторних робіт.

Затверджено на засіданні кафедри електричного транспорту  
протокол №1 від 3.09.2013р.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
ЯК ЗАРЕЄСТРУВАТИСЯ В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ. ПОРЯДОК РОБОТИ НА САЙТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ НА БАЗІ MOODLE.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1      Побудова схеми автоматизації технологічного процесу.....	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2      Розробка і дослідження аналогової системи автоматичного регулювання.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3      Розробка математичної моделі статичної електричної системи.....	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4      Експериментальне вивчення динамічних властивостей об'єкту першого порядку.....	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5      Апроксимація перехідних характеристик реальних об'єктів керування.....	33
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6      Розробка багатоканальної системи діагности рухомого транспорту.....	39
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7      Розробка релейного позиційного керуючого пристрою.....	43
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8      Розробка пристрою сигналізації для автоматичного регулятора.....	49
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9      Дослідження і обробка результатів вимірювань пристрою дистанційної передачі даних.....	54
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10      Розробка блоку живлення для проектного пристрою автоматики.....	60
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11      Оцінка економічних показників проектної системи автоматизації ТО.....	66
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12      Розробка мікропроцесорної системи автоматики.....	69
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13      Розробка системи автоматизації мийно- прибирального корпусу депо.....	74
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14      Дослідження цифрової системи для дистанційного обміну даними.....	78
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15      Дослідження регуляторів безперервної дії.....	82
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	88
Таблиця Д1 .....	89
Таблиця Д2 .....	90
Таблиця Д3 .....	91

## ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів є дисципліною, завдання якої полягає у вивченні основних принципів побудови *систем автоматичного регулювання (САР)* для різних *технологічних об'єктів (ТО)* і установок.

САР, як предмет вивчення, складаються з безлічі взаємодіючих елементів, які належать і *об'єкту керування (ОК)*, і комплексу засобів автоматики. Для вивчення таких взаємозв'язаних технічних рішень застосовується системний підхід, що вимагає обліку всіх існуючих чинників, що впливають на стан елементів, і розгляд системи в цілому.

Експериментальні і експериментально-аналітичні методи вивчення об'єктів автоматизації в даний час орієнтовані на використання обчислювальної техніки і спеціального програмного забезпечення. Оригінальні програмні засоби дослідження технологічних процесів, до яких відноситься і пакет програм «*SinSys*», розроблений на кафедрі електричного транспорту, за допомогою віртуальних моделей і електронних стендів дозволяють отримувати необхідні дані без фізичної реалізації багатьох вивчаємих технологічних об'єктів і компонентів засобів автоматизації.

Лабораторний курс дисципліни «Автоматизація технологічних процесів» відображає прикладний характер матеріалів лекцій, підручників, навчальних посібників і орієнтований на освоєння класичних методів дослідження ТО і засобів автоматизації за допомогою широких вживаних комп'ютерних засобів.

Виконання лабораторних робіт передбачає вивчення теоретичних питань, що відносяться до конкретної теми, і прикладний характер засвоєння отриманих знань при дослідженні об'єктів керування і обробці отриманих результатів.

# 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 Університету <http://www.kname.edu.ua/>:



Рис. 1 – Офіційний сайт ХНУМГ

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

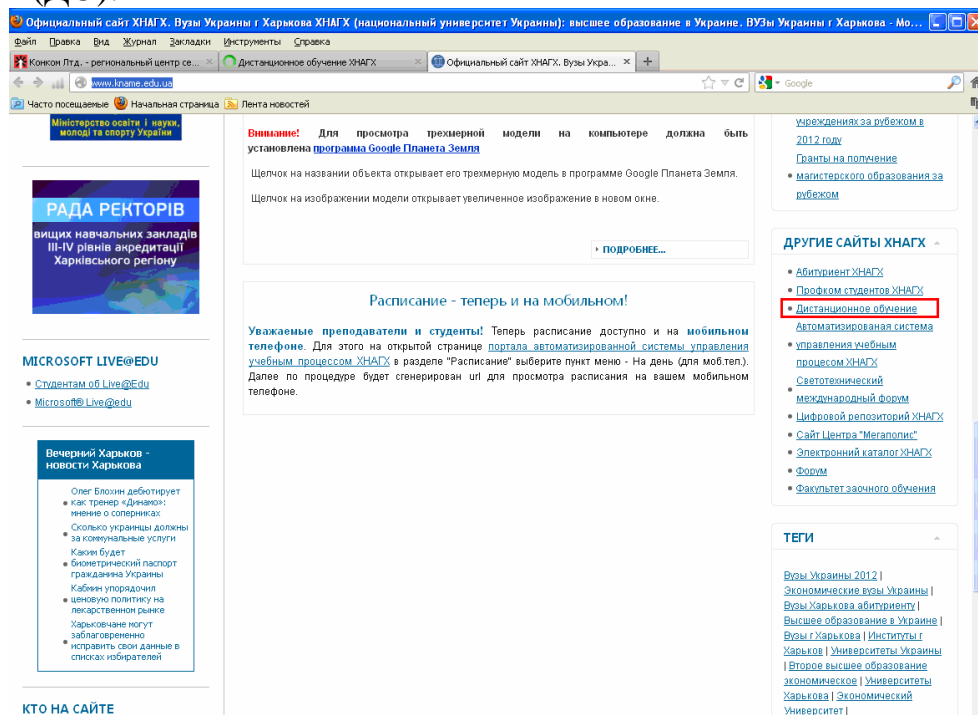


Рис. 2 – Головна сторінка сайту ХНУМГ

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

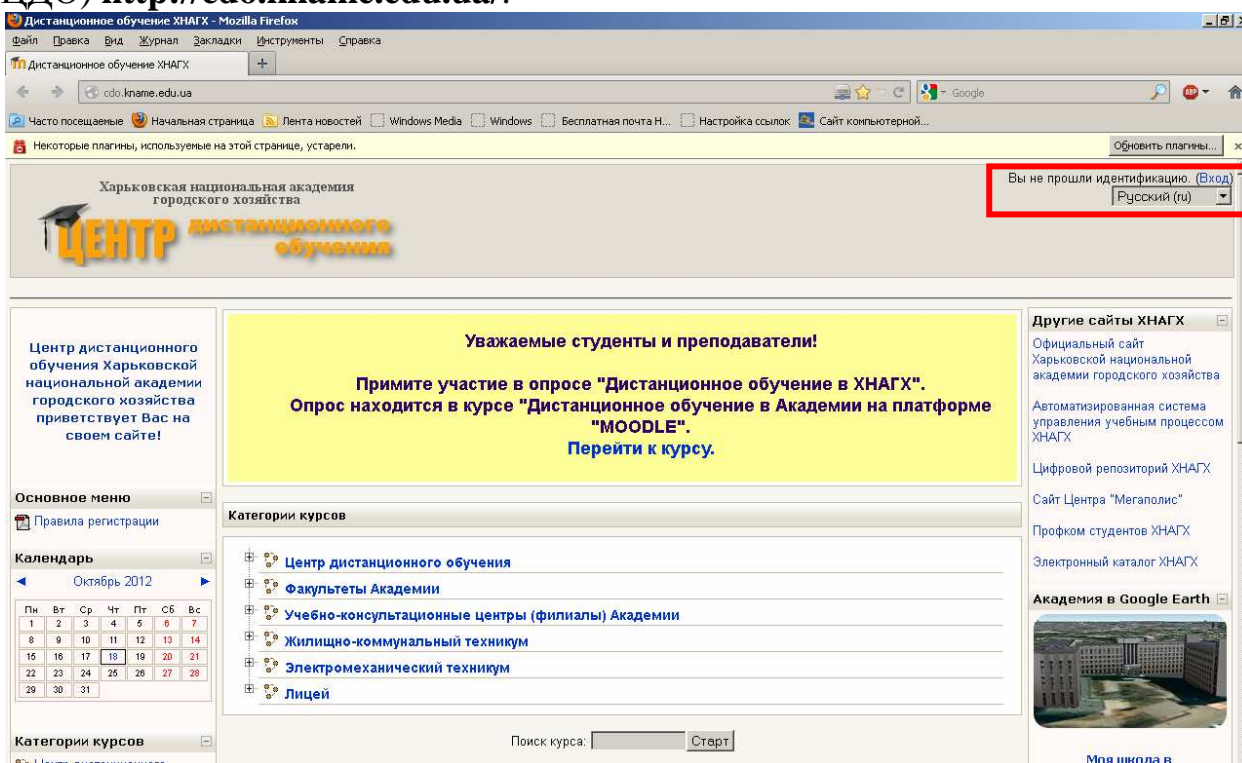


Рис. 3 – Сайт дистанційного навчання

4. Для проходження ідентифікації, натиснути кнопку <ВХОД> (вгорі, справа).

5. Користуючись клавіатурою ввести свої «ЛОГІН» і «ПАРОЛЬ» (за замовчанням – це ідентифікаційний код) у відповідні вікна інтерфейсу і натиснути кнопку <ВХОД>:

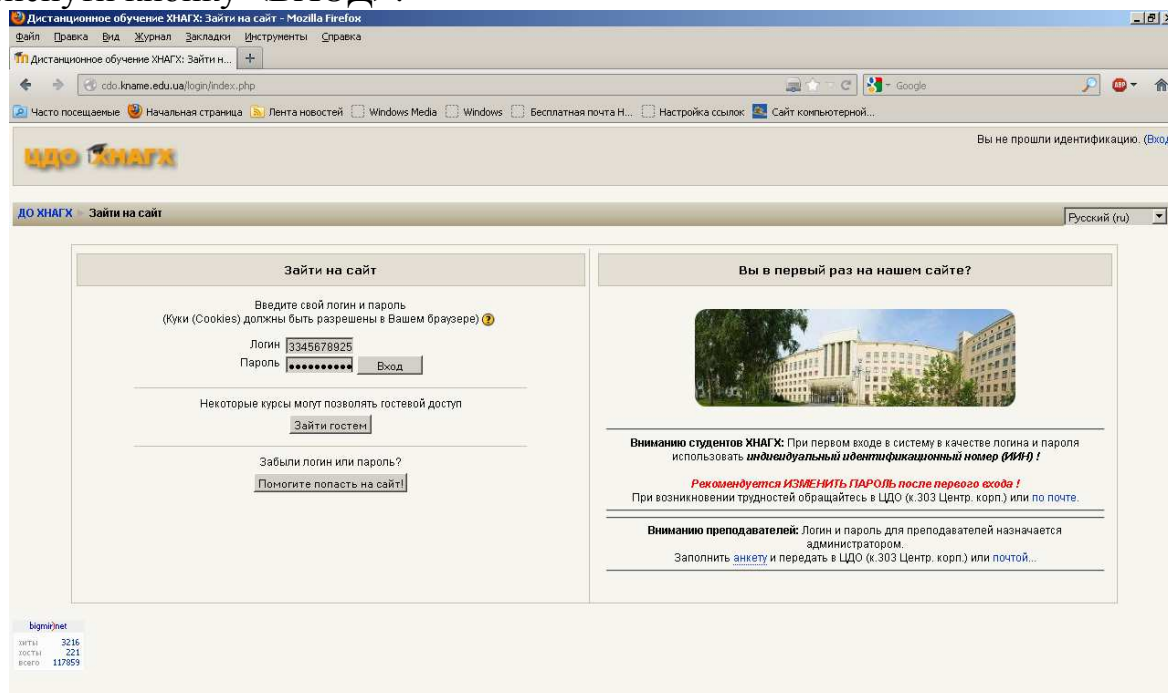


Рис. 4 – Сторінка «Зайти на сайт» в системі ДО

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.

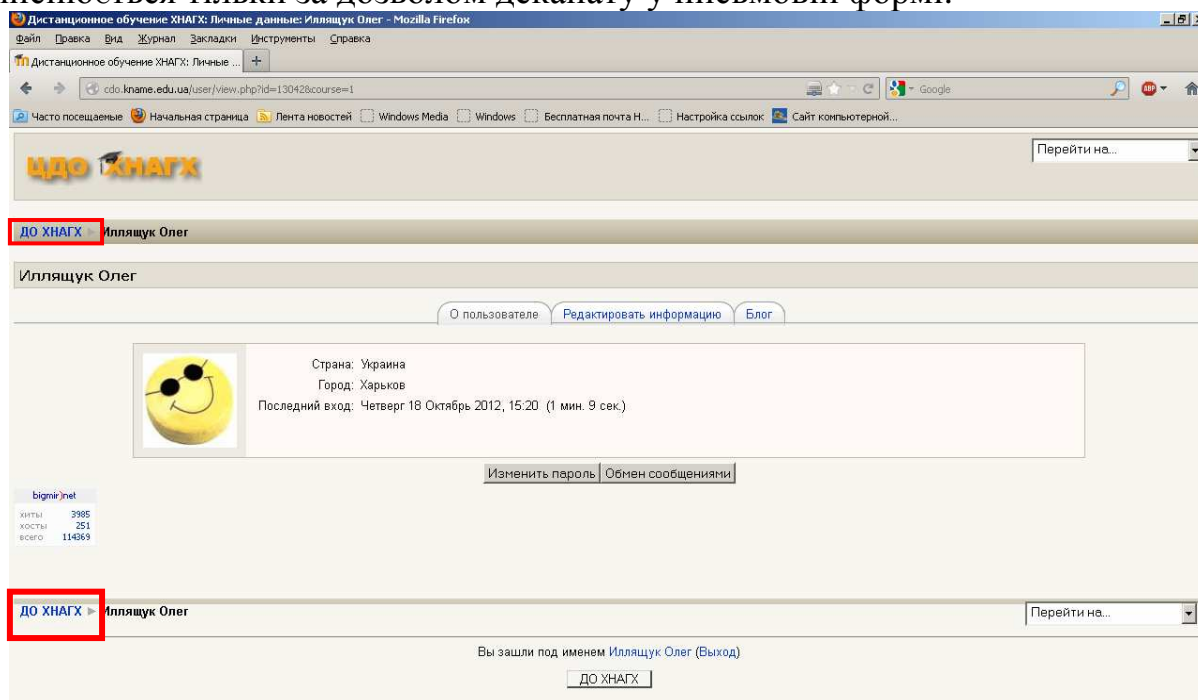


Рис. 7 – Особиста картка учасника ДО

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:

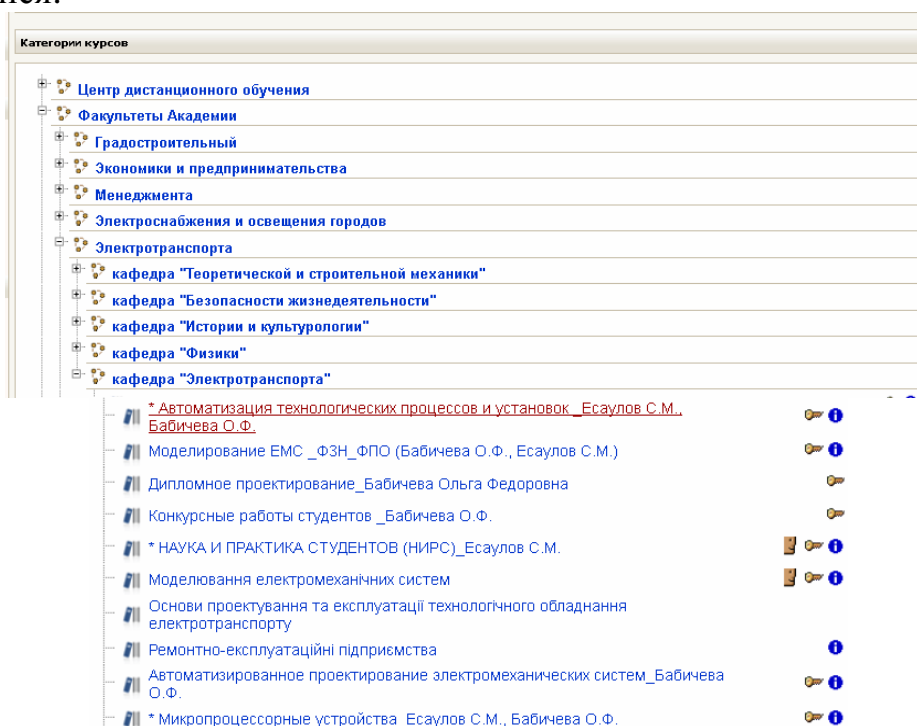


Рис. 8 – Як знайти потрібний курс  
«Автоматизація технологічних процесів та установок»



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 ХНУГХ > Курсы > Зайти на АТПУ

\* Автоматизация технологических процессов и установок \_Есаулов С.М., Бабичева О.Ф.

Преподаватель: Есаулов Сергей Михайлович

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

Кодовое слово:

Рис. 9 – Сторінка для реєстрації на курс ДО «Автоматизація технологічних процесів та установок»

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

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И УСТАНОВОК**  
- прикладная теория автоматического управления (ТАУ)

Уважаемые студенты! Примите к сведению, что все Ваши "общения" с любым курсом на сайте дистанционного обучения фиксируются системой автоматически. Выполненные или не сданные в срок задания остаются в логах, которые отражают вашу прилежность к учебе и служат поводом для формирования общего впечатления о работе студента в семестре.

Средства автоматизации на выставках Харькова  
Новостной форум  
Посещаемость (для Блока)

1 **КУРС ЛЕКЦИЙ по дисциплине**

... не забывайте, что аудиторные лекции всегда будут отличаться по содержанию от бумажных изданий, т.к. в них учитываются новости технологий, достижения аппаратных решений, обновление технического парка современного оборудования для отрасли и др.

... и **БИБЛИОТЕКА (ЭЛЕКТРОННАЯ книжная полка)**

- Курс лекций АТПУ
- Работа в программе SinSys
- Автоматизация технологических процессов
- Автоматизация электрических приводов
- Автоматизация промышленных механизмов
- Фото средств автоматики в коммунальном хозяйстве

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ и СВОБОДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ**

- Оригинальное ПО - пакет "SinSys-112\_D" (для СДО)
- Справочник "Helps to SinSys"

2 **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ и свободное программное обеспечение (СПО)**

Рис. 10 – Сторінка курсу ДО «Автоматизація технологічних процесів та установок»

На сторінці курсу ДО «Автоматизація технологічних процесів та установок» (АТПУ) 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 виробляється таким чином:

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

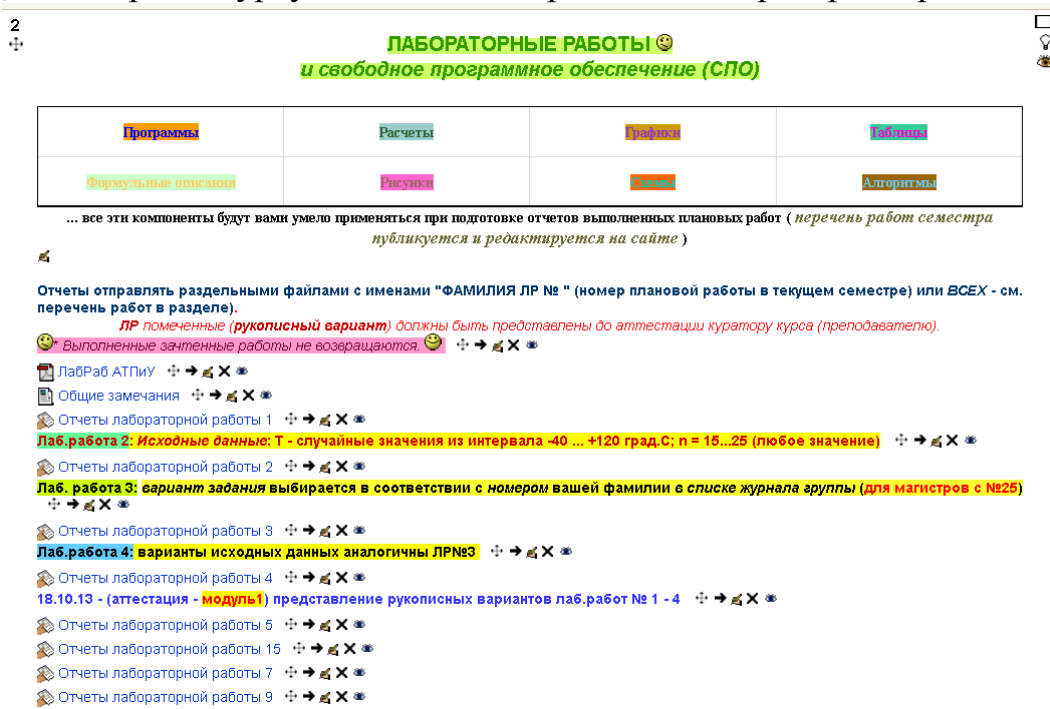


Рис. 11 – Розділ <Лабораторные работы>

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

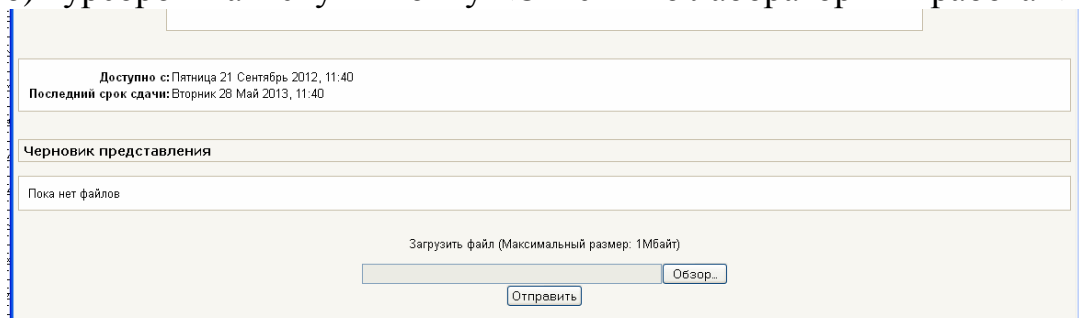


Рис. 12 – Як завантажити файл

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

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

д) перейменувати файл згідно з поясненням (<Лаб №\_Прізвище.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№\_Прізвище>), виділити файл курсором (у вікні <Имя файла> з'явиться ім'я вибраного файлу), натиснути кнопку <Открыть>;

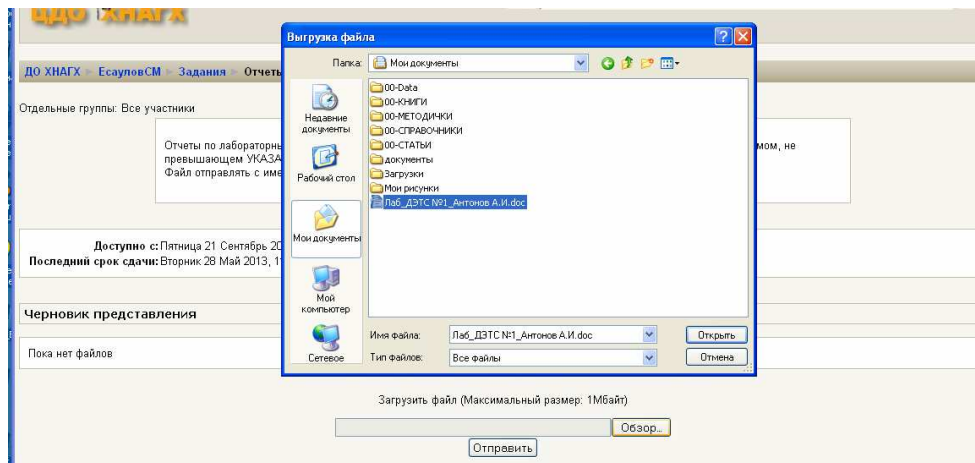


Рис. 13 – Вибір необхідного файлу для завантаження

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

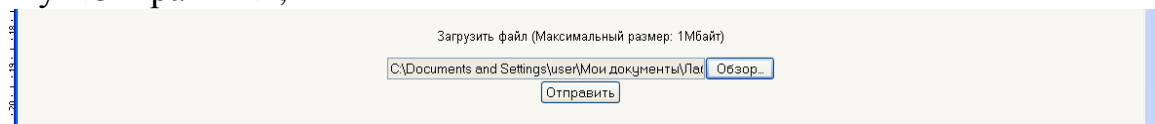


Рис. 14 – Завантаження файлу

и) перевірити результат відправлення електронного документу через публікацію повідомлення на сторінці в рядку «**Черновик представления**» латинським текстом, наприклад, <Lab №1\_Antonov.doc>. Натиснути кнопку <Отправить для оценивания> і натиснути кнопку <Да>;

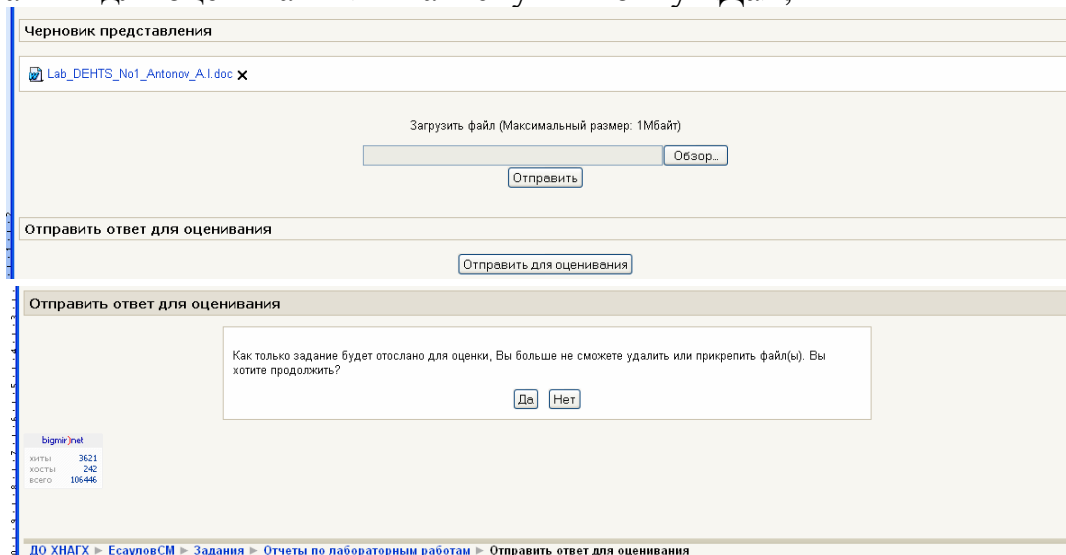


Рис. 15 – Відправити відповідь для оцінювання

л) повернутися на сторінку курсу <АТПУ>.

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

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

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>.

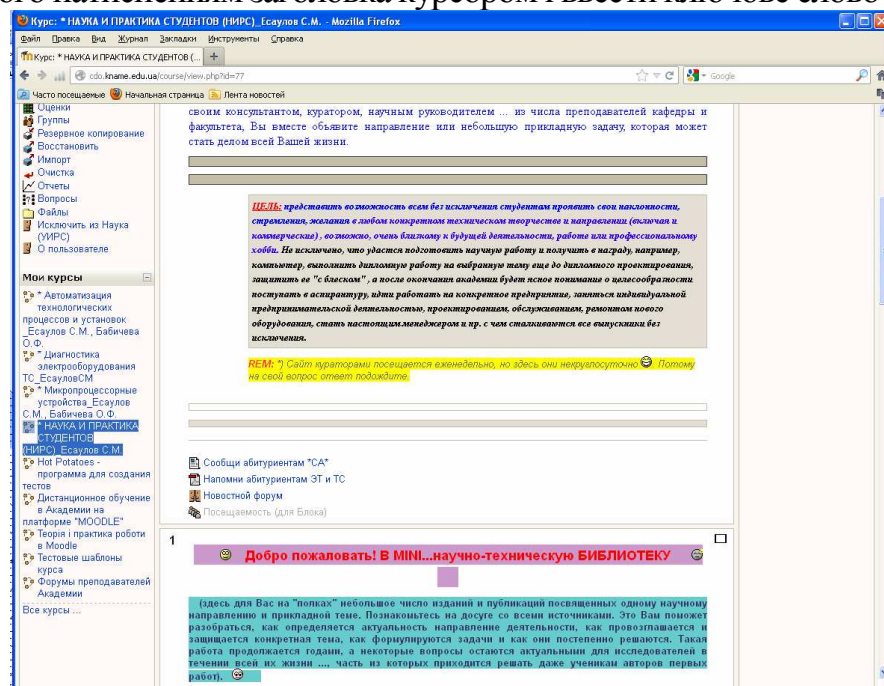


Рис. 16 – Сторінка курсу ДО \* НАУКА И ПРАКТИКА СТУДЕНТОВ (НИРС)\_Есаулов С. М.

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.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### ПОБУДОВА СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

**Мета роботи:** експериментально досліджувати взаємозв'язок компонентів і принцип включення виконавчих елементів на лабораторному стенді, розробити функціональну схему автоматизації технологічного об'єкта відповідно до індивідуального завдання.

#### *Короткі відомості з теорії*

Перед проектуванням систем автоматизації складається завдання на проектування, що містить:

- опис роботи технологічної схеми з характеристиками устаткування технологічного процесу (ТП);
- переліки контрольованих і регульованих величин;
- вимоги до надійності систем автоматизації;
- результати науково-дослідних робіт з математичним описом статичних і динамічних властивостей об'єкта автоматизації за кожним каналом керування.

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

*Умовне позначення приладів* - круг або овал з межею, в який вписуються буквені позначення контрольованої і регульованої величин і всі функціональні ознаки пристрою контролю.

Умовні позначення параметрів контролю і приладів представлені в табл.1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Умовні позначення технологічних параметрів

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

Таблиця 1.2 – Умовні позначення приладів контролю

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

Слід пам'ятати, що при використанні позначень, не передбачених ДСТ 3925-58 і ОСТ 36.27-77, застосовують резервні букви (відсутні в таблиці), які в одній документації не повинні повторюватися.

Крім того, використовуються додаткові позначення, що визначають характеристики роботи приладів і засобів автоматизації (табл.1.3).

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

Таблиця 1.3 – Позначення характеристик роботи приладів

Позначення	Характеристика
Електричний сигнал	E
Пневматичний сигнал	P
Гідравлічний сигнал	G
Аналоговий сигнал	A
Дискретний сигнал	D
Операція підсумовування	$\Sigma$
Перемножування двох сигналів	X
Ділення сигналів	/
Обмеження значення (верхнє)	max
Обмеження значення (нижнє)	min
Ввод сигналу в мікропроцесорному пристрої	Bi
Вивод сигналу з мікропроцесорного пристрої	Bo

Порядок запису умовних позначень наступний: вимірювана величина (*E* - електрична), свідчення (*I*), реєстрація (*R*), регулювання, керування (*C*), включення, відключення, перемикавання (*S*), сигналізація (*A*).

Приклад виконання функціональної схеми автоматизації ТО ілюструє рис. 1.1

Пристрій на рис. 1.1 призначений для примусового охолодження випрямного агрегату. Режим автоматичного включення вентилятора здійснюється по сигналу з приймального елемента 1-1, який перетвориться підсилювачем 1-2 у керуючий сигнал, подається на виконавчий елемент 1-3 (електромагнітний пускач). За допомогою компоненту 1-3 включається електродвигун 1-4 вентилятору. Для ручного включення вентилятора в схемі передбачена кнопка 1-5, яка оснащена засобами світлової і звукової сигналізації. 1-6

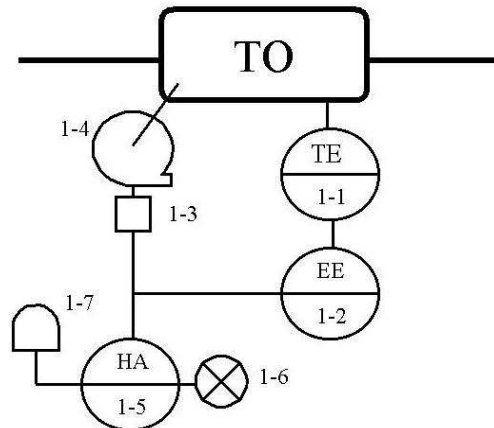


Рис. 1.1 – Приклад виконання функціональної схеми автоматичного охолодження випрямного агрегату:

*ТО - технологічний об'єкт (випрямний агрегат);*

*ТЕ - приймальний елемент (датчик) контролю температури;*

*ЕЕ - перетворювач сигналу (підсилювач); 1-3 виконавчий елемент (електромагнітний пускач); 1-4 - виконавчий механізм (електродвигун вентилятора); НА - кнопка ручного керування; 1-6 - сигнальна лампа (світлодіод); 1-7 - звуковий сигнал (дзвінок, сирена, п'єзовипромінювач).*

### 1.1 Опис лабораторного стенду

Лабораторний стенд (рис.1.2) ілюструє фрагмент електричної схеми керування декількома виконавчими елементами (*ВЕ*), встановленими на технологічному об'єкті.

Використовуючи кнопки керування можна переконатися в працездатності пристрою і визначити взаємозв'язок контактів *SA1-SA3* з сигнальною лампою *EL1*, звуковим індикатором *BF1* і електродвигуном *M*.

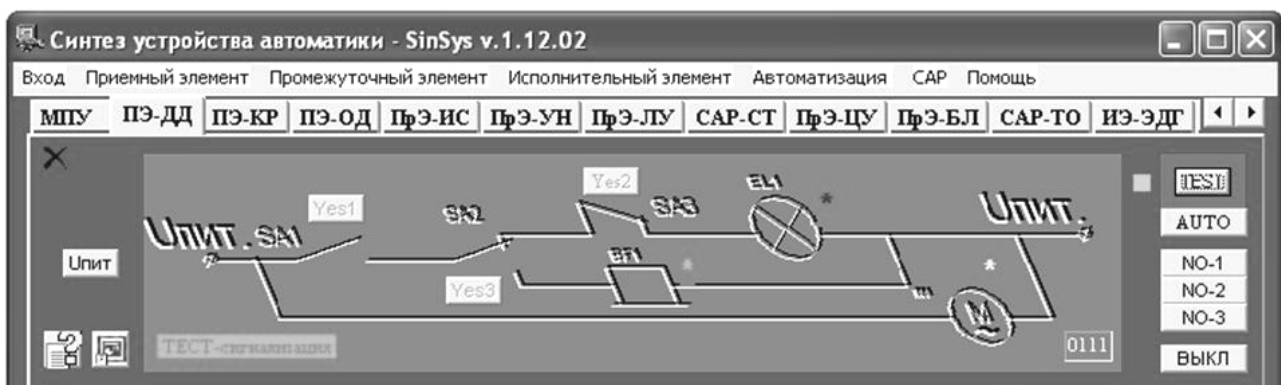


Рис. 1.2 – Стенд електричної схеми керування ІЕ



## 1.2 Завдання

1. Вивчити взаємозв'язок компонентів і з'ясувати принцип включення всіх виконавчих елементів використаних в лабораторному стенді.

2. Використовуючи початкові вимоги до системи автоматизації ТО (Табл.Д1), на базі лабораторного стенду скласти опис роботи технологічного об'єкта, в якому вихідна ордината контролюється вибраним приймальним елементом, а керуюча дія на об'єкт здійснюється за допомогою виконавчого механізму, оснащеного електричним двигуном  $M$ .

3. Враховуючи, що всі контакти схеми є елементами проміжних реле або кнопок ручного керування описати їх призначення.

4. Скласти функціональну схему системи автоматизації технологічного об'єкта відповідно індивідуальному завданню.

## 1.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд ПЭ-ДД.

2. Ознайомитися зі всіма поясненнями до елементів стенду.

3. Ознайомитися з умовними позначеннями, вживаними при проектуванні схем автоматизації ТО.

4. Використовуючи початкові дані індивідуального завдання, скласти опис роботи технологічного об'єкта. При необхідності використовувати будь-які необхідні компоненти для досягнення поставленого завдання.

5. Скласти функціональну схему автоматизації ТО.

6. Скласти замовлену специфікацію засобів автоматики.

## 1.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мета роботи, опис роботи технологічної схеми відповідно до завдання, функціональну схему автоматизації ТО відповідно до прийнятих умовних позначень, специфікацію всіх компонентів.

## 1.5 Контрольні питання

1. Що таке об'єкт регулювання?

2. Перерахуйте обов'язкові компоненти будь-якої системи автоматичного регулювання (САР).

3. Поясніть призначення локальних систем автоматизації.

4. Для чого в САР застосовуються первинні вимірювальні перетворювачі?

5. Привести приклади приймальних елементів.

6. Яку роль в системах автоматики виконують проміжні елементи?

7. Перерахувати властивості електромагнітного реле, як проміжного елемента схеми автоматики.

8. Привести приклади відомих проміжних елементів.

9. Чи є різниця між виконавчим механізмом і виконавчим елементом?

10. Які вам відомі виконавчі елементи?

11. Як позначаються компоненти схем автоматики на функціональних схемах?

12. Яка документація входить до складу проекту систем автоматизації ТП?

13. Приведіть приклади електричних, пневматичних і гідравлічних систем автоматизації ТО.



## РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛОГОВОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

**Мета роботи:** на лабораторному стенді експериментально досліджувати роботу компонентів віртуальної моделі технологічного об'єкта, вивчити статичні характеристики, розробити структурну і функціональну схеми безперервної системи автоматичної стабілізації температури.

### Короткі відомості з теорії

Системи автоматичної стабілізації різних параметрів на технологічних об'єктах знайшли дуже широке застосування. Найбільш поширені з таких систем забезпечують підтримку регульованого технологічного параметра (ТП) на заданому значенні, яке залишається завжди постійним.

За характером регулюючих дій на технологічний об'єкт системи стабілізації часто називають *безперервними*. Це такі системи, в яких безперервній зміні вхідної величини відповідає безперервна зміна дії, що керує.

Якщо система стабілізації містить взаємозв'язані приймальний, проміжний і виконавчий елементи, що забезпечують регулювання тільки одного технологічного параметра на ТО, то така система називається *одноконтурною*.

Графічне зображення частин автоматичної системи, які взаємопов'язані між собою за певною ознакою і шляхами передачі дій називають *структурною схемою* автоматичної системи.

На структурних схемах елементи автоматичних систем зображаються квадратами або прямокутниками (рис.2.1), в які вписуються умовні позначення компонентів, наприклад, ПЕ - приймального, ПрЕ - проміжного, ВЕ - виконавчого, ЗЕ - задаючого (задатчик) елементів і т.п. Елементи, що підсумовують, зображають у вигляді круга розділеного на сектори (зачернюють сектори, в які входять негативні дії в схемах з негативним зворотним зв'язком).

При розробці структурних схем враховують особливості елементів. Так, якщо ВЕ не є простим перетворюючим підсилювальним елементом, а в динамічному відношенні є складнішою ланкою (інтегруючим, аперіодичним і т.п.), то її динамічні властивості обов'язково використовуються при формуванні закону регулювання, а на структурних схемах особливості ВЕ обов'язково повинні бути відмічені.

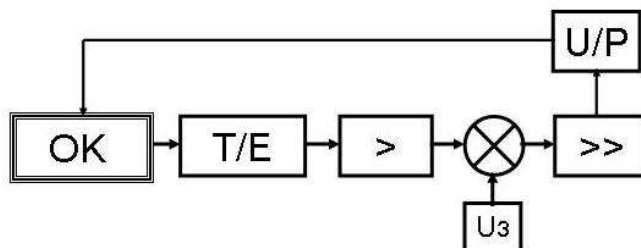


Рис. 2.1 – Структурна схема системи автоматики:

ОК - об'єкт керування; Т/Е - датчик - перетворювач (температура - е.р.с.);  
> - підсилювач напруги; >> - підсилювач потужності; ⊗ - елемент порівняння  
(суматор); Uz - задатчик; U/P - виконавський елемент  
(електричний сигнал - механічна дія).

Очевидно, що ця вимога відноситься до зображення всіх елементів систем автоматики, що слід враховувати при розробці аналогічних технічних рішень будь-якої складності.

## 2.1 Опис лабораторного стенду

Лабораторний стенд (рис.2.2) ілюструє варіанти схеми стабілізації теплового режиму випрямного агрегату на тяговій підстанції електротранспорту із застосуванням примусового охолодження.



Рис. 2.2 – Стенд автоматичної системи стабілізації ТП

Стенд адаптований для реалізації температурного режиму випрямного агрегату до 110-130 градусів. За допомогою кнопок керування *Start*, *Start-2*, *Start-3* здійснюється пуск будь-якого з трьох випрямних агрегатів - технологічних об'єктів ТО-1, ТО-2, ТО-3, оснащених локальними системами автоматичного керування (САК) – стабілізації терморежиму.

У відповідних вікнах і на табло інтерфейсу відображаються основні електричні величини, ПЕ і ПрЕ схеми (ПЕ - терморезистор; ПрЕ - вимірювальний міст, підсилювач напруги, підсилювач потужності), ПЕ величини струму в контактній мережі (перетворювач на базі резистора - шунта) і сигнали для сповіщення оператора в критичних ситуаціях, обумовлених перевищенням температури ТО гранично інтервалами допустимих рівней.

## 2.2 Завдання

1. Вивчити взаємозв'язок елементів автоматичної системи стабілізації теплового режиму випрямного агрегату на тяговій підстанції.
2. З'ясувати призначення і принцип взаємозв'язку всіх елементів схеми використаних в лабораторному стенді.
3. Скласти таблицю (табл.2.1) формування вихідних сигналів компонентів безперервної системи стабілізації і провести дослідження всіх випрямних агрегатів (*TO-1 ... TO-3*). Для чого відповідно до індивідуального завдання необхідно вибрати аналогову або мікропроцесорну САР, ввести персональні початкові дані (у вікна  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ ), задати число експериментів (вікно «Количество экспериментов»  $N_{\text{досл.}} = 15.30$ ), натиснути *<Reset>*, *<STOP>*, і провести дослід з  $TO_i$ , натискаючи відповідні кнопки *<START<sub>i</sub>>*. Після завершення групи дослідів збережіть дані електронного журналу, скориставшись кнопкою *<Сохранить Log\_SinSys>* для кожного *TO* у вибраній папці. Отримані дані дослідів перенесіть у табл.2.1 (у середовищі *MsExcel*).
4. Скласти структурну схему системи стабілізації ТП.
5. Скласти функціональну схему системи автоматичної стабілізації ТП.
6. За даними дослідів побудувати графіки відповідних статичних залежностей і сформулювати висновки про роботу досліджених систем автоматичного регулювання.

Таблиця 2.1 – Результати експериментального дослідження безперервної системи автоматичної стабілізації теплового режиму

ТО №	№ досліду	Температура, град. (С) $t$	Вихідний сигнал, В		Струм в мережі, А ( $I_c$ )
			Проміжний елемент, В (U <sub>вых.ан.</sub> или U <sub>вых.dig.</sub> )	Підсилювач потужності, В (U <sub>упр.</sub> )	
ТО1	1	0			
	2	15			
	3	30 $t$			
	...	...			
	...	112			«ВА ВИМКНЕНИЙ»
ТО2	1	60			
	2	65			
	3	70			
	...	...			
	...	...			
ТО3	1	60			
	2	65			
	3	70			
	...	...			
	...	...			

### 2.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд «САР-СТ».
2. Ознайомитися зі всіма поясненнями до елементів стенду.
3. Ознайомитися з умовними позначеннями компонентів схеми стабілізації ТП.
4. Змінюючи величину температури випрямного агрегату (виконується програмою автоматично), провести досліди на випрямних агрегатах (ТО-1, ТО-2, ТО-3). Результати спостережень внести до таблиці (табл. 2.1) в середовищі MsExcel.
5. Визначити умови формування сигналу тривоги - «НЕБЕЗПЕЧНИЙ РЕЖИМ».
6. Користуючись програмою MS Excel побудувати графічні залежності:  $T=f(I)$  ;  $U_{вихі}=f(T)$ ;  $U_{упр.і} = f(T)$  и провести аналіз отриманих статичних характеристик.
8. Користуючись графічним редактором програми SinSys («Помощь» ► HLP 08 «САПР схем») або MS PowerPoint, скласти структурну схему автоматизації ТО.
9. Скласти функціональну схему автоматизації ТО з урахуванням сигналів тривоги.
10. Підготувати таблицю переліку елементів і устаткування для реалізації системи автоматики на ТП (табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Перелік компонентів системи автоматизації

Зона	Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	1-1	Датчик температури резистивний	1	$T_{max}=120^{\circ}C$ ; $R_{max}=130\text{ Ом}$
	1-2	Вимірювальний міст	1	$U_{вих}=0,023\text{ мВ}$
	1-3	Підсилювач напруги	1	$U_{вих}=0-5\text{ В}$
	1-4	Підсилювач потужності	1	$U_{вих}\sim 110\text{ В}$
	1-5	Виконавчий механізм з електродвигуном	1	$P_d=50\text{ Вт}$ , $N=8000\text{ об/хв.}$
	...			

### 2.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, опис технологічного об'єкта, таблиці спостережень, графічні залежності, аналіз статичних характеристик, структурну і функціональну схеми системи стабілізації теплового режиму, таблицю переліку компонентів для реалізації системи автоматики, виводи.

## 2.5 Контрольні питання

1. Що таке система автоматичного регулювання?
2. Поясніть призначення систем автоматичної стабілізації ТП.
3. Перерахуйте компоненти замкненої системи автоматичного регулювання (САР).
4. Які функції в САР виконує приймальний елемент?
5. Поясніть принцип роботи резистивного датчика температури.
6. Привести приклади відомих датчиків температури.
7. Яку роль в системах автоматики виконують виконавчі елементи?
8. Поясніть призначення структурних схем систем автоматизації.
9. Які системи автоматизації називаються одновимірними і багатовимірними?
10. Які системи автоматизації називаються одноконтурними і багатоконтурними?
11. Поясніть принципи побудови безперервних систем автоматизації ТП?
12. Поясніть призначення структурних схем систем автоматизації.
13. Поясніть необхідність побудови статичних характеристик при розробці систем автоматизації ТО.
14. Які існують методи отримання статичних характеристик?
15. Що таке параметрична чутливість ТО?
16. Що таке коефіцієнт передачі компоненту схеми?
17. Як визначити коефіцієнт посилення компоненту схеми за експериментальними статичними характеристиками?
18. Які вимоги розробники пред'являють до статичних характеристик?
19. Поясніть алгоритм формування керуючого сигналу в системі керування за відхиленням.
20. Навіщо в пристроях автоматики використовується задатчик?
21. Яку роль виконує підсумковий елемент в схемах?
22. Чому САР називається аналоговою?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СТАТИКИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА

**Мета роботи:** експериментально досліджувати віртуальну модель виконавчих елементів (електричних двигунів) і розробити математичні моделі статyki.

#### *Короткі відомості з теорії*

Статичний або сталий режим роботи об'єкта керування (ОК) характеризується незмінними в часі значеннями вхідних і вихідних його параметрів.

Функціональна залежність вихідної величини  $Y$  від вхідної  $X$  в сталому режимі називається *статичною характеристикою ОК*:

$$Y_i = f(X_i). \quad (3.1)$$

Відношення приростів цих величин в статичному режимі називається *коефіцієнтом посилення  $K$*  даного об'єкта:

$$K_i = \frac{dY_i}{dX_i}. \quad (3.2)$$

Статичні залежності виражаються, як правило, рівняннями алгебри або їх системою.

Статика процесів дозволяє визначити початкові і кінцеві дані динамічних режимів ОК, спосіб регулювання, а також керуючі величини.

Використання конкретного каналу дії ОК як регулюючий, в основному, визначається крутизною його статичної характеристики.

Експериментальним шляхом визначаються статичні характеристики на реальних об'єктах. Результати дослідів служать для побудови графіків. Причому, досліди проводять багато разів для отримання максимально достовірної інформації.

На стенді «ПРЭ-МД» в розділі «Статика» ілюструються відомі залежності, які використовуються при математичному описі різних технологічних процесів, наприклад, нагріві води «величина тока – температура», витратах електроенергії при експлуатації електромашин «количество электричества – число перевезенных пассажиров» і т. п.

Змінюючі початкові дані проведіть експерименти і визначте впливи вхідних величин на поведінку статичних характеристик. Зробіть виводи.

При отриманні лінійних графіків, математичні їх вирази мають вигляд:

$$Y_{вих} = KX_{вх} + Y_0, \quad (3.3)$$

$$K = \frac{Y_i - Y_0}{X_i - X_0}. \quad (3.4)$$

При нелінійних графіках їх математичний вираз значно ускладнюється. У таких випадках користуються лінійними статичними характеристиками в певному діапазоні варіювання параметрів об'єкта.

### 3.1 Опис лабораторного стенду

Лабораторний стенд «ИЭ-ЭДГ» ілюструє різні схеми керування електричними двигунами (рис.3.1). У електромеханічних пристроях електричні машини можна вважати складними об'єктами керування. Проте, часте їх використання в системах автоматики для перетворення електричної енергії в поступальну і обертальну ходу механізмів, дозволяє розглядати ці пристрої як виконавчі елементи (ВЕ). Доцільність вивчення статичних характеристики таких ВЕ обумовлено необхідністю обліку їх при проектуванні систем автоматизації ТО.

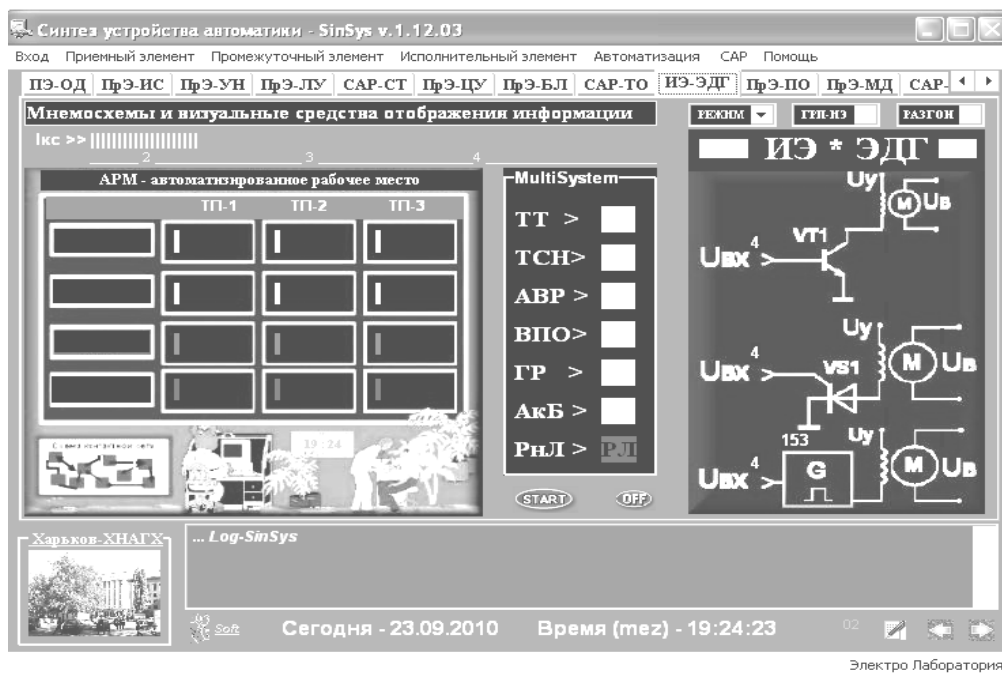


Рис. 3.1 – Лабораторный стенд «ИЭ-ЭДГ»

Вибираючи заданий **«Эксплуатационный режим»** для визначеної **«Модификации электродвигателя»** після натиснення кнопки **«TEST»** стенд включиться і в електронному журналі **Log\_SinSys** автоматично почнуть фіксуватися параметри контролю роботи електричних машин **ЭДГ1, ЭДГ2, ЭДГ3**.

Після натиснення на кнопку **<OFF>** - стенд вимикається.

У зв'язку з тим, що застосовуються різні схеми керування електродвигунами, очевидно, що робота цих ВЕ відрізнятиметься.

Стенд оснащений різним індикаторами, за допомогою яких забезпечується візуальний контроль роботи устаткування стенду.

### 3.2 Завдання

1. Вивчіть взаємозв'язок елементів стенду, з'ясуйте принцип роботи електродвигунів з контрольно-вимірювальною апаратурою і порядок проведення експериментів.
2. Скласти блокову схему експериментального стенду для дослідження статичних залежностей виконавчих елементів засобів автоматики (електродвигунів).
3. Скласти функціональну схему установки для регулювання швидкості обертання валів електродвигунів.
4. Провести експерименти.

### 3.3. Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд «ИЭ-ЭДГ».
2. Ознайомитися зі всіма поясненнями до елементів стенду.
3. Ознайомитися з умовними позначеннями на схемі.
4. Вибрати початкові параметри за допомогою меню «**Эксплуатационный режим**» и «**Модификация ЭДГ**», включити стенд і провести дослідження всіх електродвигунів.
5. Результати спостережень з електронного журналу «**Logs\_SinSys**» внести до таблиці дослідів (табл.3.1) в середовищі MsExcel.
6. Експериментальні дані за допомогою програми MS Excel представити в графічному вигляді.
7. Визначити нахил лінії регресії отриманих залежностей.
8. Розробити математичні моделі статички для кожного електричного двигуна у вигляді лінійних залежностей  $N_i = A + BU$  і  $N_i = A + BU + CU^2$ .
9. Побудувати експериментальні і аналітичні залежності для кожного електродвигуна.
10. Підготувати завершальні висновки про статичні властивості всіх ВЕ і доцільності їх застосування в системах автоматики.

### 3.4. Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, схему керування електричними двигунами і опис її роботи, таблицю дослідів, графічні залежності, математичні моделі статички ВЕ, аналіз статичних характеристик і висновки про застосовність вивчених схем керування з реальними електричними двигунами (табл. Д.2).



Таблиця 3.1 – Результати дослідження виконавчих елементів

№ досліджу	Керуюча напруга $U_{вх}$ , В	Модифікація ЕДГі ( $U_{с,В}$ ; $n$ -число обертів вала електродвигуна, обер./хв.)								
		ЕДГ1	$U_{с,В}$	$n$ , обер./хв.	ЕДГ2	$U_{с,В}$	$n$ , обер./хв.	ЕДГ3	$U_{с,В}$	$n$ , обер./хв.
1										
2										
3										
...										
...										
11	10									

### 3.5. Контрольні питання

1. Що таке об'єкт керування?
2. Що таке статичний режим об'єкту керування?
3. Поясніть необхідність вивчення статички ОК.
4. Як визначити коефіцієнт передачі ОК?
5. Як отримати статичну характеристику досвідченим шляхом?
6. Поясніть аналітичний метод отримання статичних характеристик.
7. Як апроксимуються досвідчені дані?
8. Які існують шляхи отримання статичних залежностей?
9. У чому особливість нелінійних статичних залежностей?
10. У чому сенс оптимізації технологічних процесів за допомогою статичних характеристик?
11. Що таке канал керування?
12. Як визначити основний канал керування технологічним процесом, використовуючи статичні характеристики?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТА ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

**Мета роботи:** експериментально досліджувати динамічні властивості об'єкта керування - електричного двигуна і представити результати у вигляді рівняння динаміки, передавальної функції, годографа АФХ.

#### Короткі відомості з теорії

Динамічні властивості об'єкта керування виражаються динамічними характеристиками.

*Динамічна характеристика* - функціональна залежність між змінами вхідною і вихідною величинами в динамічному режимі.

*Динамічний режим* - вхідні  $X_i$  і вихідні  $Y_i$  величини об'єкта керування змінюються в часі  $t$ . Тому динамічну характеристику формально виражають у вигляді:

$$Y_i(t) = f(X_i, t). \quad (4.1)$$

Всі експериментальні методи визначення динамічних властивостей ОК засновані на зіставленні змін вхідних і вихідних параметрів при різних режимах роботи контролюваного технологічного об'єкта.

На стенді «ПРЭ-МД» в розділі «ТО» ілюструються динамічні характеристики ТО різного порядку. Після натиснення на кнопку «Переходные процессы» включаються різні віртуальні моделі і на дисплеї формуються криві розгону – результати одиничного збурення. Експериментуючи з параметрами моделей можна отримати повне уявлення про поведінку ТО при різних збуреннях, а деякі моделі дозволяють з'ясувати вплив на перехідні процеси такого параметра ТО, як транспортне запізнювання.

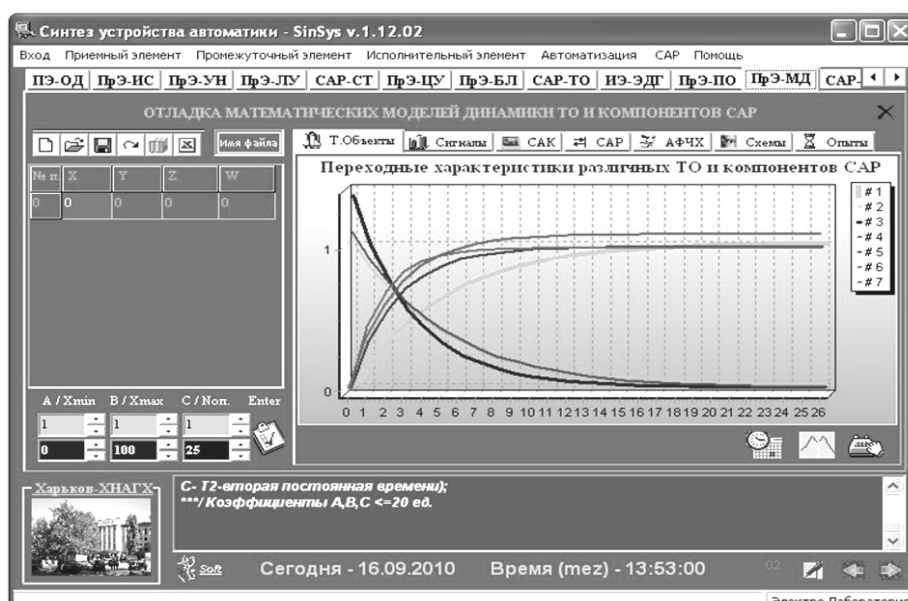


Рис. 4.1 – Стенд моделювання динаміки компонентів САР

*Експериментальне визначення динамічних характеристик ОК* виконуються методами аналізу часових, статистичних і частотних характеристик.

*Часові характеристики* - дослідження ОК в часі при подачі на його вхід певної збурюючої дії.

*Статистичні методи* - дослідження ОК в часі при їх нормальній експлуатації з використанням активного (збурення вноситься спеціальним формувачем вхідної величини) або пасивного (фіксуються випадкові збурення на вході) експерименту.

*Методи частотних характеристик* - дослідження ОК в часі при подачі на його вхід періодичних збурюючих дій, що дозволяють фіксувати

амплітудно-фазові (АФХ), амплітудно-частотні (АЧХ) і фазочастотні (ФЧХ) характеристики.

Графічний спосіб визначення передавальної функції динамічної ланки першого порядку, коли його перехідна характеристика (реакція на одиничну вхідну дію) отримана експериментальним шляхом, ілюструє рис.4.2.

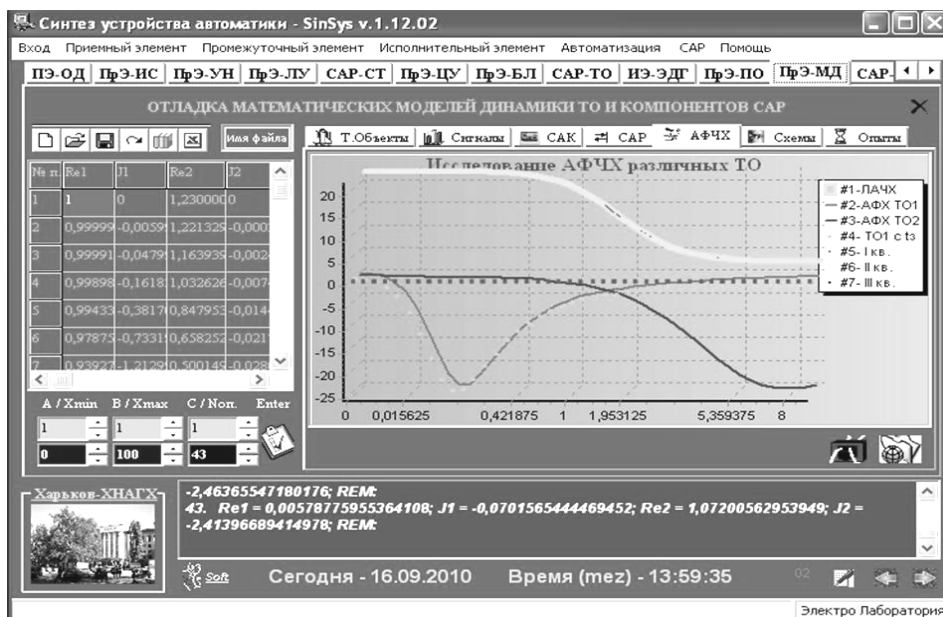


Рис. 4.2 – Стенд для дослідження АФЧХ ТО

Використовуючи програму SinSys ( у лабораторії моделювання «ПРЭ-МД» розділ <Опыты>), виберіть варіант індивідуального завдання В-хх і натисніть кнопку <Объект ПЕРВОГО ПОРЯДКА>. Міняючи коефіцієнт посилення; постійну часу і транспортне запізнювання ТО отримаєте теоретичну перехідну характеристику, співпадаючу з досвідченою кривою розгону (рис. 4.3).

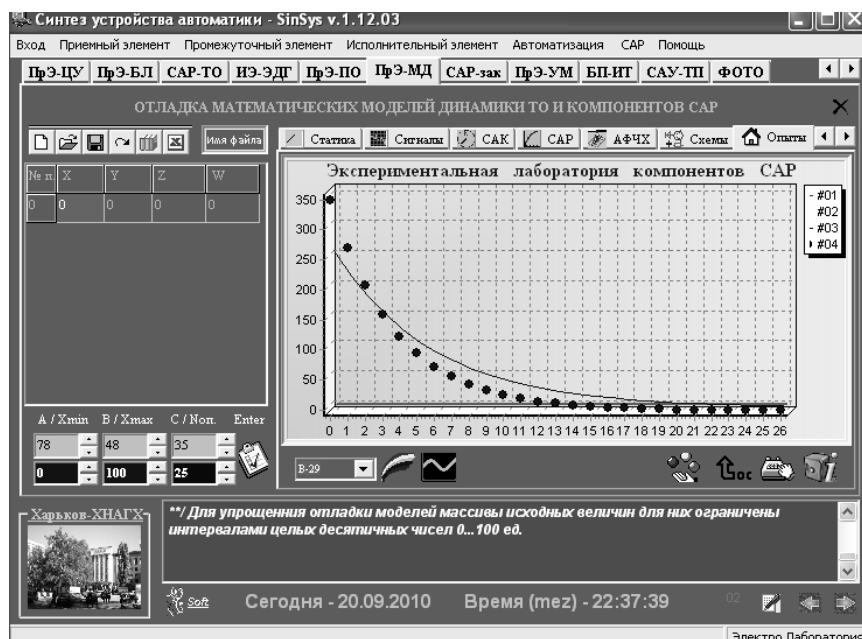


Рис. 4.3 – Інтерфейс стенду відладки динамічних моделей ТО

Використовуючи досвід відладки математичної моделі об'єкту, отримаєте рівняння передавальної функції і часової характеристики, слідуючи алгоритму обробки експериментальних даних.

Рівняння динаміки для аперіодичної ланки із запізнюванням має вигляд:

$$T\left(\frac{dY}{dt}\right) + Y = kX(t - \tau). \quad (4.2)$$

Рішення цієї залежності знаходять як суму загального і приватного рішень. Загальне рішення визначається початковим однорідним рівнянням

$$T\left(\frac{dY}{dt}\right) + Y = 0, \quad (4.3)$$

і характеристичним рівнянням

$$Tp + 1 = 0, \quad (4.4)$$

яке має корінь

$$p = -\frac{1}{T}. \quad (4.5)$$

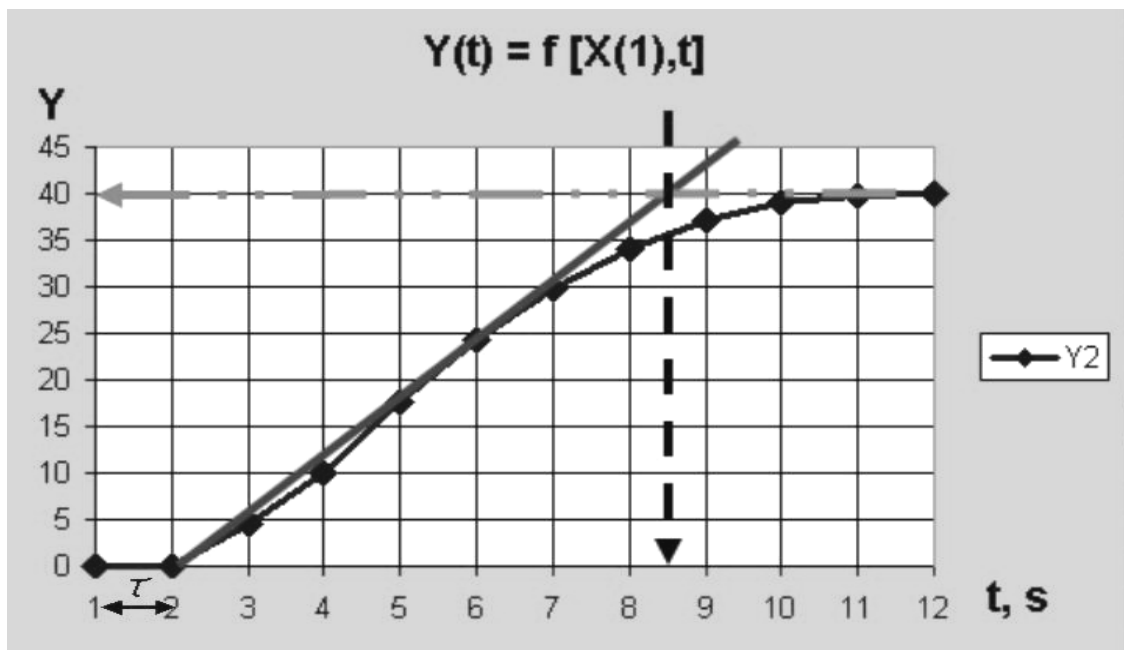


Рис. 4.4 – Експериментальна часова характеристика ОК

Загальне рішення запишеться у вигляді:

$$Y = C \cdot \exp(pt) = C \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (4.6)$$

де  $C$  - постійна інтеграції.

Приватне рішення визначається з рівняння

$$Y_3 = kX, \quad (4.7)$$

і має вигляд

$$Y_3 = kl(t). \quad (4.8)$$

В результаті можемо записати рішення в наступному вигляді:

$$Y = Y_0 + Y_3 = kl(t) + C \cdot \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (4.9)$$

оскільки з початкових умов  $C = -kl(t)$ , то

$$Y = kl(t) \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right)\right]. \quad (4.10)$$

Для обліку часу запізнювання  $\tau$ , зареєстрованого на експериментальній кривій (рис. 4.1, ділянка «1-2»), необхідний вираз (4.10) представити у вигляді:

$$Y = kl(t) \left[1 - \exp\frac{-t - \tau}{T}\right]. \quad (4.11)$$

Передавальна функція аперіодичної динамічної ланки з урахуванням запізнювання має вигляд:

$$W(p) = \frac{k \cdot \exp(-\tau p)}{Tp + 1}, \quad (4.12)$$

яка в частотні характеристики перетвориться шляхом заміни оператора Лапласа  $p = j\omega$ , де  $j = -1^{0,5}$  – уявне число,  $\omega$  – частота.

#### 4.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **ИЭ-ЭДГ** (див.рис.3.1). Електричний двигун з безконтактним пристроєм керування на транзисторах приймається як об'єкт керування.

Для включення стенду слід натиснути кнопку «**START**», а для виключення – «**OFF**».

## 4.2 Завдання

1. Вивчити взаємозв'язок вхідного керуючого сигналу з вихідним параметром – числом обертів валу електродвигуна.
2. Включити стенд і провести дослідження електродвигуна, приймаючи одиничним збуренням приріст вхідного сигналу на величину +10 В.
3. Результати спостережень і обробки даних оформити у вигляді таблиці і ілюстрацій.
4. Побудувати частотну характеристику динамічного елементу.
5. Проаналізувати отримані результати дослідження ОК.

## 4.4 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПРЭ-МД** в розділі «ТО».
2. Змінюючи параметри віртуальних моделей об'єктів вивчити їх вплив на перехідні процеси.
3. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ** (рис.4.5).
4. На прикладі контактів реле «Рнр» і «Рнз» ознайомитися з електронними принципами вимірювання тривалості процесів, що протікають в короткі проміжки часу.
5. Відкрити лабораторний стенд **ИЭ-ЭДГ**.
6. Ознайомитися зі всіма поясненнями до елементів стенду.
7. За допомогою меню «**Переходной процесс ИЭ**» вибрати заданий варіант і натиснути <ЭДГ-ИЭ>. Після публікації в електронному журналі «**OFF-оборудование стенда отключено**» перенести дані журналу «**Logs\_Sinsys**» в таблицу дослідів (табл.4.1).

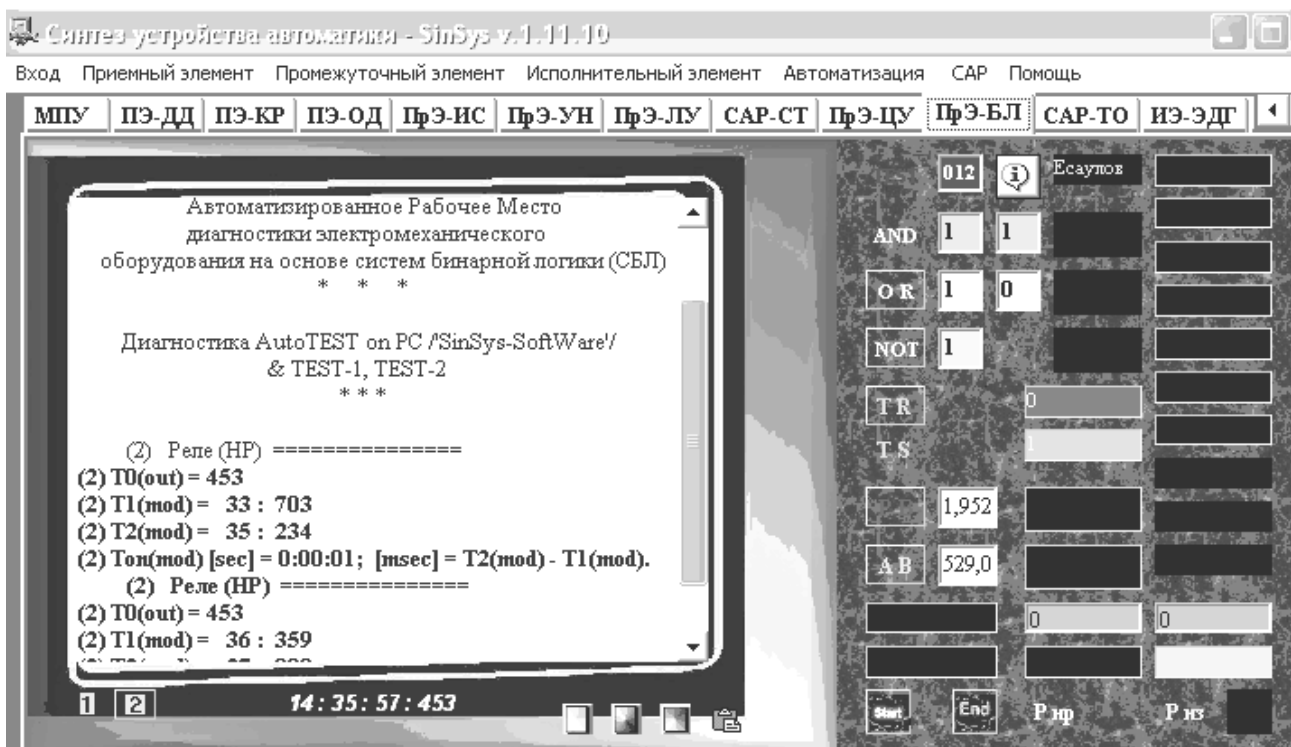


Рис. 4.5 – Лабораторный стенд **ПрЭ-БЛ**

Таблиця 4.1 – Результати дослідження динамічних властивостей ОК

№ досліду	Час $t$ , ms	Параметр відгуку, обер./хв.				Аналіз даних		
		$Y_{експ}$	$Y_{1p}$	$Y_{2p}$	$Y_{3p}$	$dY_1 = Y_{експ} - Y_p$	$dY_2$	$dY_3$
1	0							
2	30							
...	...							
11	300							
Середнє абсолютне відхилення								
Середнє квадратичне відхилення								

8. Експериментальні дані за допомогою програми MS Excel представити в графічному вигляді, виконати необхідні додаткові побудови (рис.4.1) для визначення параметрів динамічної ланки першого порядку.

9. Знайти параметри передавальної функції аперіодичної ланки.

10. Представити рівняння динаміки і його рішення.

11. Розрахувати величину відгуку ( $Y_{1p}$ ), користуючись отриманим рівнянням динаміки.

12. Побудувати експериментальну  $Y_{експ}$  і аналітичну  $Y_{1p}$  залежності для досліджуваного об'єкта керування.

13. За допомогою статистичних функцій програми MS Excel визначити абсолютні відхилення ( $dY_1$ ), середнє абсолютне і середнє квадратичне відхилення величин відгуку.

14. Виконати коректування знайдених параметрів  $k$ ,  $T$  (збільшити, зменшити) і побудувати графічні залежності  $Y_{експ}$ ,  $Y_{2p}$ ,  $Y_{3p}$ .

15. Визначити статистичні величини для отриманих даних ( $dY_2$ ) ( $dY_3$ ) (п.12).

16. Користуючись параметрами  $dY_i$ , вибрати передавальну функцію адекватну ОК, перетворити її для дослідження частотних властивостей (табл.4.2) і побудувати годограф об'єкта першого порядку з урахуванням величини запізнювання. Приклад побудови годографа ілюструється в SinSys►ПрЭ-МД►АФЧХ (рис.4.6).

17. Підготувати висновки про вплив параметрів на динамічні властивості ОК.

#### 4.5 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, схему лабораторної установки для проведення дослідів з ТО, таблицю результатів експериментів і обробки дослідних даних, передавальну функцію ОК, графіки перехідних характеристик, отримані експериментальним шляхом і за допомогою рівняння, статистичний аналіз отриманих результатів, годограф АФХ, аналіз результатів дослідження ОК.

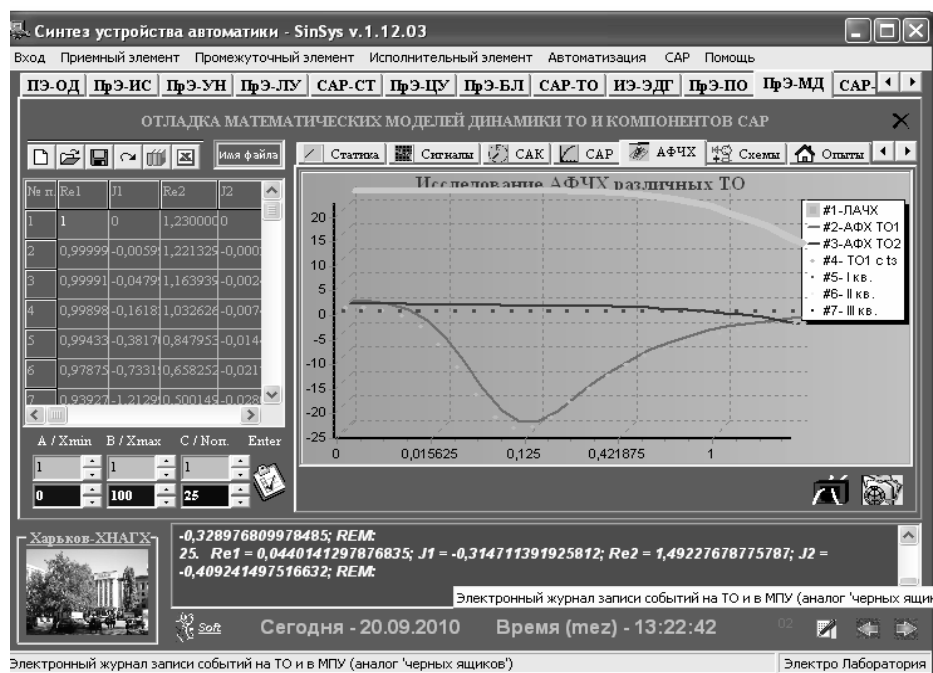


Рис. 4.6 – Интерфейс програми побудови АФЧХ

Таблица 4.2 – Розрахунок параметрів годографа АФХ для різних частот

№ п/п	$\omega$ , рад./т	$Re(\omega)$	$Re(\omega) + \tau$	$I(\omega)$	$I(\omega) + \tau$	Примітка
1	0					
2	0,01					
3	0,015					
4	0,02					
5	0,025					
6	0,05					
7	0,075					
8	1					
9	5					
10	10					
...	...					
...	...					
20	max					

#### 4.6 Контрольні питання

1. Що таке динамічні властивості ОК?
2. Що таке динамічний режим роботи ОК?
3. Поясніть шляхи представлення динамічних характеристик ОК.
4. У чому особливість експериментальних методів дослідження динамічних властивостей ОК?
5. У чому переваги аналітичних методів вивчення динамічних властивостей ОК?
6. Як визначаються параметри аперіодичної динамічної ланки за даними експериментів?
7. Пояснити призначення частотних методів дослідження ОК?
8. Що таке годограф амплітудно-фазової характеристики (АФХ)?



9. Як проводиться аналіз ОК за допомогою годографів частотних характеристик?
10. Що таке транспортне запізнювання ОК?
11. Як враховується чисте запізнювання в передавальних функціях?
12. Як враховується запізнювання при побудові годографа АФХ?
13. Які критерії стійкості ОК відносяться до графічних?
14. У чому сенс поняття стійкості ОК?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### АПРОКСИМАЦІЯ ПЕРЕХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

**Мета роботи:** експериментально отримати перехідну характеристику об'єкта керування, апроксимувати криву розгону, визначити і оцінити властивості, якими володіє реальний об'єкт.

#### *Короткі відомості з теорії*

На будь-яких технологічних об'єктах проведення експериментів з метою знаходження їх *часових характеристик або кривих розгону* припускає експлуатацію об'єкта в рівноважному стані з подальшим нанесенням на його вхід збурюючої дії.

*Криві розгону* на ОК отримують при ступінчастій збурюючій дії.

Якщо ОК має декілька вхідних величин, то під час зняття часової характеристики за визначеним каналом решта вхідних величин повинна бути стабілізована.

Використовуючи програму SinSys ( у лабораторії моделювання ПРЭ-МД розділ <Опыты>), виберіть варіант індивідуального завдання В-хх і натисніть кнопку <Объект ВТОРОГО ПОРЯДКА>. Міняючи параметри динамічної моделі ТО, отримаєте теоретичну перехідну характеристику, співпадаючу з досвідченою кривою розгону (рис.5.1).

Використовуючи досвід відладки математичної моделі об'єкта, отримаєте рівняння передавальної й функції і часової характеристики, слідуючи алгоритму обробки експериментальних даних.

Експериментальні часові характеристики, що мають S-подібну форму, часто належать об'єктам  $n$ -го порядку, які достатньо точно апроксимують ланцюжком послідовно сполучених аперіодичних ланок 1-го порядку.

Для отримання параметрів динамічних ланок користуються графічним методом, представленим на рис.5.2.

S-подібну часову криву обробляють відповідно до рис.5.1. Знаходять відношення  $T_{ab}/T_{bd}$ . Користуючись табл.5.1, встановлюють порядок об'єкта  $n$ .

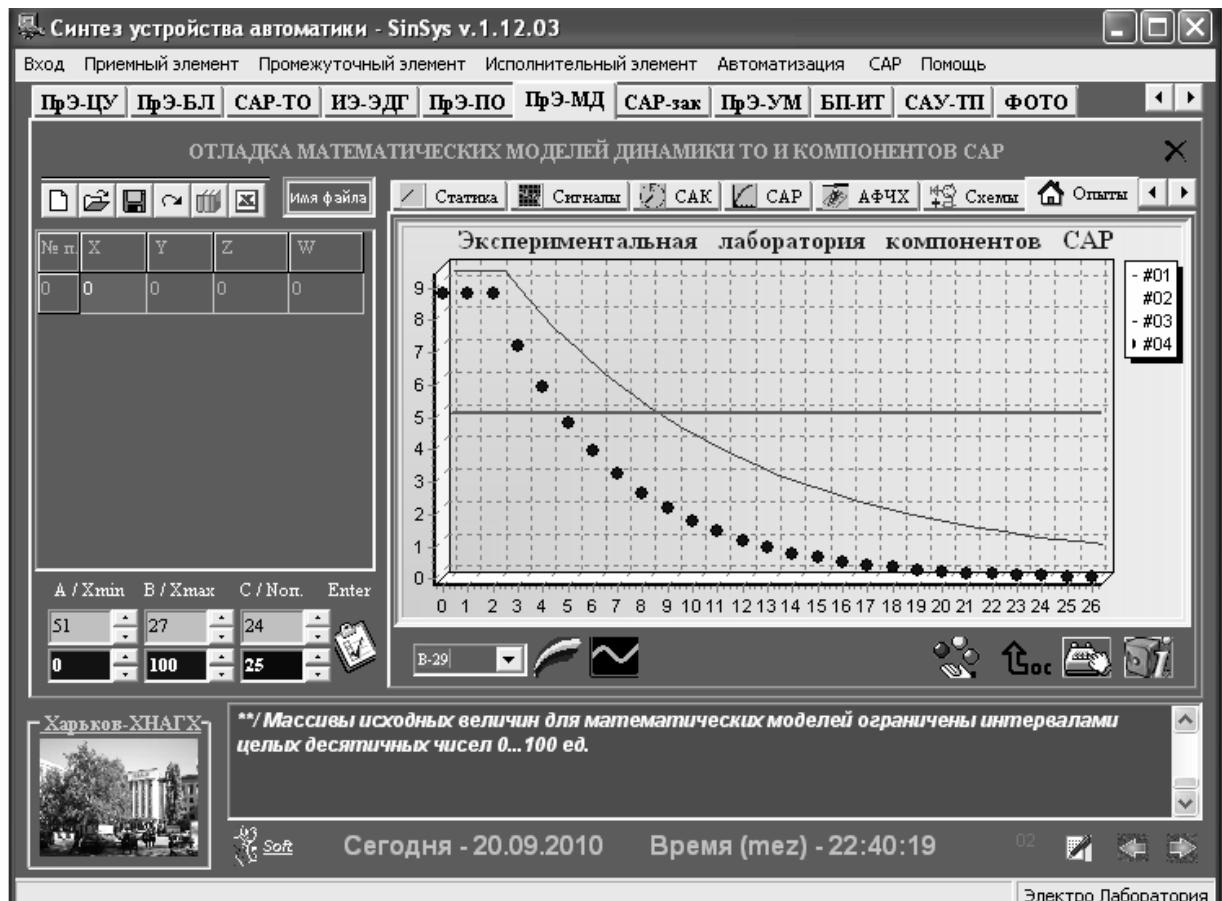


Рис. 5.1 – Интерфейс стану відладки динамічних моделей ТО

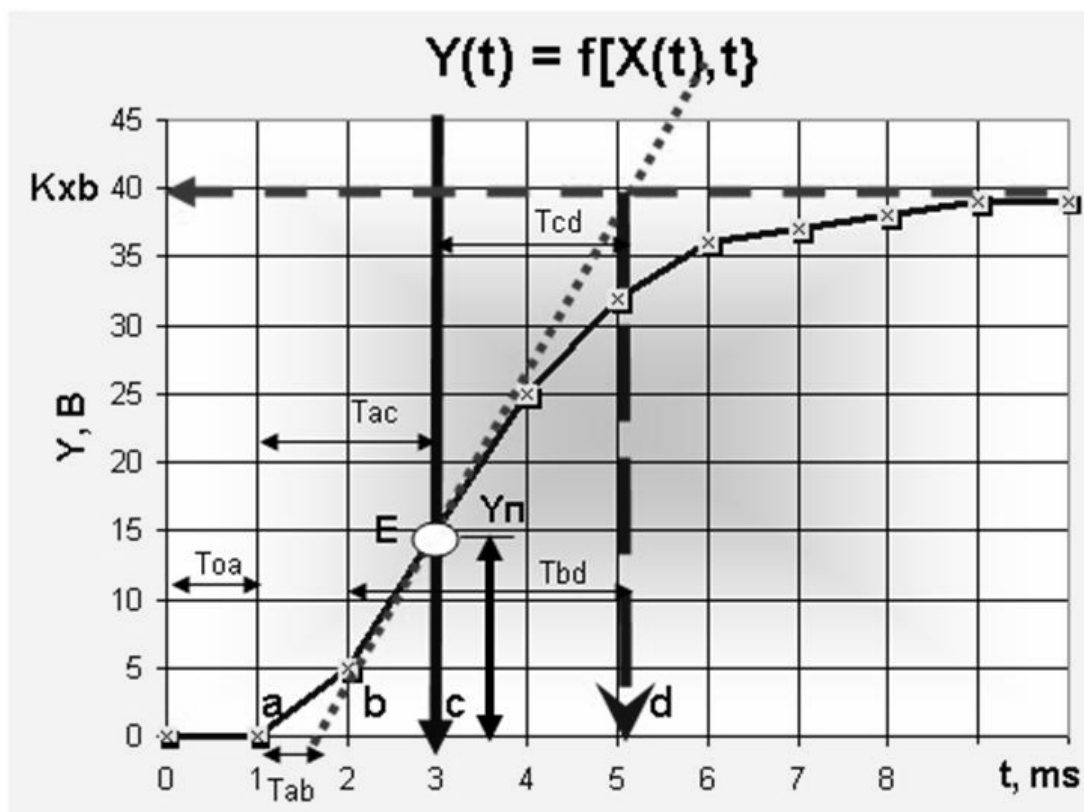


Рис. 5.2 – Знаходження параметрів об'єкта за S-подібною кривою розгону

Таблиця 5.1 – Дані для визначення порядку ОК і параметрів його передавальної функції

$Tab/Tbd$	$n$	$k_1$	$k_2$
0	1	1	0
0,104	2	2,718	0,282
0,218	3	3,695	0,805
0,319	4	4,463	1,425
0,410	5	5,119	2,100

Якщо забезпечується задана точність визначення відношення  $Tab/Tbd$ , то порядок  $n$  об'єкта встановлюється за меншим найближчим табличним значенням.

Параметри аперіодичної ланки при  $n = 1$  рівні:

$$T = Tbd, \tau = Tab; \quad (5.1)$$

при  $n > 1$ :

$$T = Tbd/k_1, \tau_1 = k_2 T. \quad (5.2)$$

Умовний час запізнювання ОУ  $\tau_y$  знаходять за формулою

$$\tau_y = Tab - \tau_1. \quad (5.3)$$

Якщо на експериментальній кривій є ділянка  $0A$  ( $0A = \tau_d$ ), то для ОК 1-го порядку запізнювання визначається за рівністю

$$\tau = \tau_d + \tau_y, \quad (5.4)$$

а для об'єктів 2-го порядку - за формулою

$$\tau = \tau_d + \tau_y - \tau_1. \quad (5.5)$$

Коефіцієнт посилення об'єкта  $k$  знаходять за відношенням:

$$k = \frac{Y}{X} = \frac{k_{xb}}{Y_0} \cdot \frac{X_{po}}{X_p - X_{po}}, \quad (5.6)$$

де  $(X_p - X_{po})$  – зміна вхідної величини, що визначає одиничне збурення;

$X_{po}$  – нормоване значення вхідної величини (до внесення збурення);

$\frac{k_{xb}}{Y_0}$  – зміна параметра відгуку.

Шукана передавальна функція ОК матиме вигляд:

$$W(p) = k \frac{\exp(-p\tau)}{(Tp+1)^2}. \quad (5.7)$$

Використовуючи, знайдену передавальну функцію ОК, можна знайти перехідну характеристику при вказаному в умові збуренні. Для цього передавальну функцію помножують на зображення збурення  $1(t)$ . Отримане зображення вихідної величини ОК використовують для знаходження оригіналу за відомими функціями Лапласа:

$$h(t) = k \cdot \left[ 1 - \left( 1 + \frac{t-\tau}{T} \right) \cdot \exp\left(-\frac{t-\tau}{T}\right) \right]. \quad (5.8)$$

Розрахункова залежність параметра відгуку матиме вигляд:

$$Y = Y_0 X \cdot [1 + h(t)\Delta X], \quad (5.9)$$

за якою визначається розрахункова часова характеристика.

При задовільному збігу між експериментальною і розрахунковою кривими, очевидно, що конкретний ОК можна представляти у вигляді двох аперіодичних ланок 1-го порядку і ланки запізнювання, сполучених послідовно.

### 5.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **ИЭ-ЭДГ**. Для включення стенду слід вибрати задані «**Переходной процесс...**», і натиснути кнопку «**ИЭ-ЭДГ**» (дождитесь завершения записи данных в «**Logs\_Sinsys**» – публикация «**OFF-оборудование стенда выключено**»).

### 5.2 Завдання

1. Вивчити взаємозв'язок вхідного керуючого сигналу з вихідним параметром - числом обертів валу електродвигуна.
2. Включити стенд і провести дослідження заданого електродвигуна.
3. Результати спостережень і обробки даних оформити у вигляді таблиці і ілюстрацій.

### 5.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ**.
2. На прикладі контактів реле «**Рнр**» і «**Рнз**» ознайомитися з електронними принципами вимірювання тривалості процесів, що протікають в короткі проміжки часу.

3. Відкрити лабораторний стенд **ИЭ-ЭДГ**.
4. Ознайомитися зі всіма поясненнями до елементів стенду.
5. Включити стенд і провести дослідження заданого віртуального електродвигуна.
6. Результати спостережень из «**Logs\_Sinsys**» внести до таблиці дослідів (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Результати дослідження динамічних властивостей ОК

№ дослідів	Час $t$ , ms	Параметр відгуку, обер./хв.				Аналіз даних		
		$Y_{експ}$	$Y_{1p}$	$Y_{2p}$	$Y_{3p}$	$dY_1 = Y_{експ} - Y_p$	$dY_2$	$dY_3$
1	0							
2	30							
...	...							
11	300							
Середнє абсолютне відхилення								
Середнє квадратичне відхилення								

7. Експериментальні дані за допомогою програми MS Excel представити в графічному вигляді і виконати необхідні додаткові побудови для визначення параметрів ОК.
8. Розрахувати необхідні величини і отримати вираз передавальної функції ОК.
9. Розрахувати величину відгуку ( $Y_{1p}$ ), користуючись отриманим рівнянням динаміки.
10. Побудувати експериментальну  $Y_{експ}$  і аналітичну  $Y_{1p}$  залежності для досліджуваного об'єкта керування.
11. Провести коректування знайдених параметрів передавальної функції ОК, результати розрахунку внести до табл.5.2 ( $Y_{1p1}$ ,  $Y_{1p2}$ ,  $dY_{1.1}$ ,  $dY_{1.2}$ ).
12. За допомогою статистичних функцій програми MS Excel визначити абсолютні відхилення ( $dY_i$ ), середнє абсолютне і середнє квадратичне відхилення величин відгуку.
13. Передавальну функцію ОК з точнішою апроксимацією, використовувати для дослідження частотних властивостей (табл.5.3) і побудови годографа об'єкта  $n$ -го порядку з урахуванням величини запізнювання.
14. Представити об'єкт  $n$ -го порядку у вигляді послідовних сполучених динамічних ланок 1-го порядку і побудувати експериментальну  $Y_{експ}$  і аналітичну характеристики.
15. За допомогою статистичних функцій програми MS Excel визначити абсолютні відхилення отриманих залежностей (п.14) ( $dY_i$ ), середнє абсолютне і середнє квадратичне відхилення величин відгуку.
16. Сформулювати висновки про результати апроксимації перехідних характеристик і динамічні властивості ОК.

#### 5.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, схему лабораторної установки для проведення дослідів з електродвигуном, таблицю результатів експериментів і обробки дослідних даних, передавальні функції ОК, графіки перехідних характеристик, отримані експериментальним шляхом і за допомогою рівнянь, статистичний аналіз даних, годограф будь-якої частотної характеристики, виводи за наслідками дослідження.

Таблиця 5.3 – Розрахунок параметрів годографа АФХ для різних частот

№ п/п	$\omega$ , рад./т	$\operatorname{Re}(\omega)$	$\operatorname{Re}(\omega) + \tau$	$I(\omega)$	$I(\omega) + \tau$	Примітка
1	0					
2	0,01					
3	0,015					
4	0,02					
5	0,025					
6	0,05					
7	0,075					
8	1					
9	5					
10	10					
...	...					
...	...					
20	max					

#### 5.5 Контрольні питання

1. Що таке крива розгону ОК?
2. Як отримати часову характеристику на реальному ОК?
3. Які умови повинні дотримуватися на ОК при проведенні експериментів?
4. Поясніть поведінку S-подібної часової характеристики?
5. Як визначити порядок ОК?
6. Дайту характеристику ОК другого порядку.
7. У чому особливість отримання передавальної функції 2-го порядку за експериментальними даними?
8. Як впливає постійна часу на часову характеристику  $n$ -го порядку?
9. Як впливає коефіцієнт посилення до ОК на поведінку часової характеристики?
10. У чому сенс апроксимації перехідних характеристик?
11. Що таке час запізнювання?
12. Поясніть вплив часу запізнювання на перехідну і частотні характеристики ОК.
13. Поясніть призначення частотних методів дослідження ОК?
14. Що таке годограф амплітудно-фазової характеристики (АФХ)?
15. Як проводиться аналіз ОК за допомогою годографів частотних характеристик?
16. Які критерії стійкості ОК відносяться до графічних?
17. У чому сенс поняття стійкості ОК?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

## РОЗРОБКА БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ РУХОМОГО ТРАНСПОРТУ

**Мета роботи:** розробити функціональну і електричну принципову схеми системи діагностики рухомих одиниць.

### *Короткі відомості з теорії*

У всякому технологічному процесі є величини, що характеризують цей процес, які часто називають *параметрами процесу*.

Вимірювання будь-якого параметра характеризується рядом показників, з яких основними є *точність, чутливість і інерційність*.

*Точність вимірювань* визначається вимогами технологічного процесу. Завищені вимоги до точності здійснюють невиправдані ускладнення методів і приладів контролю.

*Чутливість  $S$*  вимірювального приладу - відношення лінійного або кутового переміщення показчика  $\delta Y$  до зміни контрольованої величини  $\delta X$  ( $S = \delta Y / \delta X$ ).

*Інерційність* характеризує реакцію вимірювального приладу на зміни контрольованої величини в часі. Визначається по аналогії з часовою характеристикою для ТО.

*Похибка вимірювання* - відхилення вимірюваного значення контрольованої величини від її дійсного значення.

Похибки виражаються абсолютною і відносною величиною.

*Систематичні похибки* - викликаються умовами вимірювання. Вони відомі і змінюються за певним законом.

*Випадкові похибки* - спотворюють результати вимірювання. Вони не можуть бути враховані, оскільки виникають без певної закономірності.

Вимірювальні прилади можуть бути *показуючі, самописні, підсумкові* (інтегруючі), *сигналізуючі і з дистанційною передачею свідчень*.

За класом точності вимірювальні прилади бувають *зразкові* (для точної таріровки), *контрольні* (для перевірки серійних приладів) і *технічні* (серійні прилади для практичних вимірювань з класом точності 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5, тобто похибка вимірювання складає 0,5- 5% діапазону вимірювання).

### *6.1 Опис лабораторного стенду*

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ** (рис.6.1) . Стенд призначений для роботи з комплектом приймальних елементів (датчиків), які розміщуються на рухомій одиниці (праве поле інтерфейсу). Локальний відеотермінал стенду розміщений в лівому полі інтерфейсу.

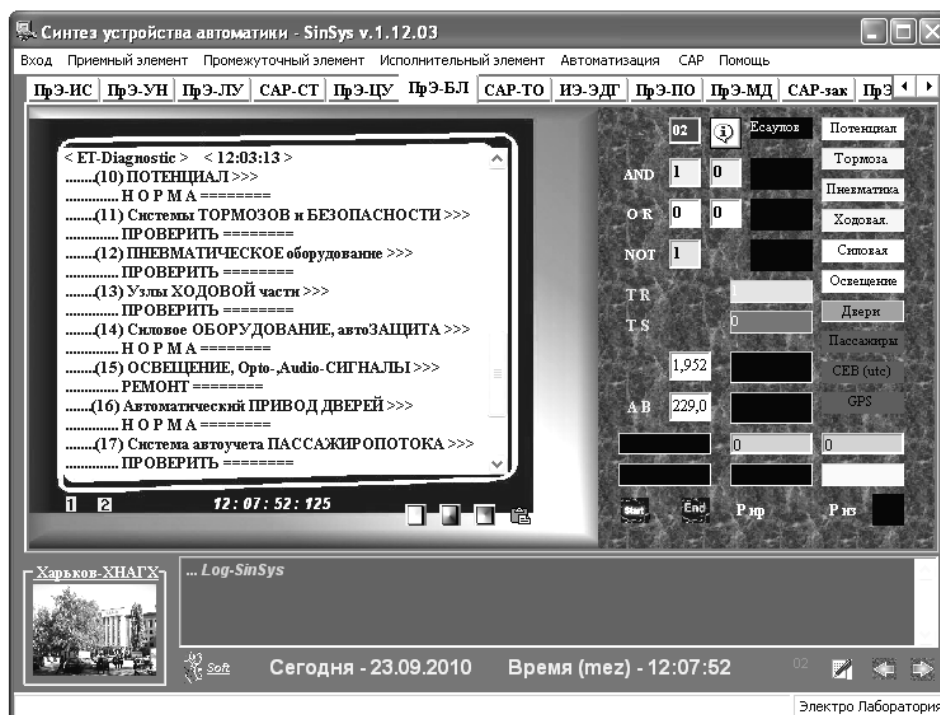


Рис. 6.1 – Интерфейс стенду діагностики рухомих одиниць

Для проведення експериментів у вікні «**Фамилия испытателя**» необхідно, користуючись клавіатурою, набрати своє прізвище.

Датчики (дискретні, аналогові, з елементами пам'яті, позиційні та ін.) постійно опитуються системою діагностики, на основі чого і формується електронний звіт по **вибраному устаткуванню** (у вікні «ВВОД КОДА» набрати певний код компоненту і натиснути <ENTER>) або **всього устаткування** (у вікні «ВВОД КОДА» будь-який код, окрім резервних і натиснути кнопку <TEST>), який зберігається (натиснути кнопку «СОХРАНИТЬ ИНФОРМАЦИЮ» для зберігання, аналізу, друкування в паперовому варіанті та ін.

При ремонті устаткування змінюючи «**Код діагностики**», можна повторити вищезгадані дії, щоб відразу визначати стан устаткування.

Програма має доступ до операційної системи (ОС) комп'ютера для виводу довідкової інформації про можливі помилки ОС (натиснути кнопку <1>) і діагностики «заліза» комп'ютера (кнопка <2>).

Призначення інших кнопок стенду легко визначити за спливаючими підказками, які з'являються при наведенні покажчика мишки на конкретний елемент.

Аналогічні стенди знайшли широке застосування на транспортних підприємствах. Вони призначені для здійснення комп'ютерного контролю різних вузлів і блоків рухомих одиниць. Використання спеціального програмного забезпечення дозволяє в короткі проміжки часу проводити ініціалізацію локальних систем контролю, за допомогою яких виявляти дефекти в устаткуванні рухомого транспорту і визначати ступінь зношеності різних вузлів і механізмів.



Для проведення експериментів у вікні **«Фамилия испытателя»** необхідно, користуючись клавіатурою, набрати своє прізвище.

У вікні **«Код диагностики»** набрати, наприклад «1» і натиснути клавішу чи кнопку <Enter>.

Міняючи **«Код диагностики»**, повторити вищезгадані дії.

За наслідками друку на екрані дисплея програми скласти таблицю умовних кодів діагностики вузлів і блоків рухомого транспорту (табл.6.1), передбачених на розробленому стенді.

Ознайомитися з автоматичним записом інформації на дисплеї стенду і способом її збереження у вигляді електронного документа.

Таблиця 6.1 – Таблиця умовних кодів автоматичної діагностики рухомого транспорту

№п/п	Умовний код	Вузол контролю	Приймальний елемент	Вихідна величина	Клас точності
1					
2					
3					
...					

## 6.2 Завдання

1. Вивчити принципи контролю різних технологічних величин на рухомому транспорті.

2. Запропонувати функціональну схему автоматичного контролю різних вузлів і блоків на рухомому транспорті.

3. Запропонувати алгоритм контролю найбільш важливих вузлів і механізмів на рухомому транспорті.

4. Запропонувати розрахункові схеми для вибраних параметрів контролю.

5. Розглянути доцільність підготовки електронного звіту автоматичної діагностики різних вузлів і блоків на транспорті.

6. Розробити принципову електричну схему автоматичної системи діагностики вибраних параметрів контролю.

7. Підготувати замовлену специфікацію компонентів для реалізації розробленої системи діагностики.

## 6.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ**.

2. Скласти таблицю умовних кодів (табл.6.1) діагностики устаткування на рухомих одиницях.

3. Використовуючи силуетне зображення рухомої одиниці, скласти функціональну схему системи автоматичної діагностики вузлів і блоків на даному технологічному об'єкті.

4. Скласти таблицю компонентів розрахункових схем системи діагностики (табл.6.2).

5. Виконати необхідні розрахунки компонентів схеми (параметри елементів вимірювальних схем, підсилювачів–нормалізаторів, джерела живлення та ін.), використовуючи програму MS Excel та інші додатки до програми.

6. Скласти загальну блок - схему системи діагностики.

7. За допомогою додатку «САПР схем» («SinSys» ➤ «Помощь» ➤ Нр-08 «САПР схем» чи <Ctrl+S> ) підготувати загальну принципову електричну схему системи діагностики.

#### 6.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, короткий опис призначення стенду діагностики, таблицю умовних кодів параметрів контролю ТО, розрахункові схеми автоматичного контролю параметрів об'єкта діагностики, таблицю компонентів розрахункових схем контролю, функціональну і електричну принципову схеми системи діагностики, опис роботи запропонованої автоматичної системи діагностики, виводи.

Таблиця 6.2 – Компоненти розрахункових схем системи діагностики

№ п/п	Об'єкт контролю і параметр	Тип приймального елемента	Вимірювальна схема і вихідна величина	Нормалізатор інформаційного сигналу	Свідчення	Сигналізація	Дистанційна передача	Запис на електронний носій
1	Тяговий електродвигун, температура	Терморезистор	Резистивний міст, мВ	Підсилювач - нормалізатор	+	+	+	+
2								
...								
...								

#### 6.5 Контрольні питання

1. Поясніть призначення систем автоматичного контролю параметрів на ТО.
2. У чому полягають особливості систем автоматичної діагностики ТО?
3. Які вимірювальні прилади використовуються при контролі ТП?
4. Які приймальні елементи використовуються для створення систем автоматичного контролю температури вузлів і механізмів?

5. Які приймальні елементи використовуються для контролю тиску в пневматичних і гідравлічних системах на транспорті?
6. Де застосовуються ємкісні датчики технологічних величин?
7. Поясніть принцип використання оптичних приймальних елементів.
8. Який принцип роботи електричних рівнемірів на транспорті?
9. Які датчики використовуються для контролю швидкості руху рухомого транспорту?
10. Які ПЕ використовуються для контролю величин струму і напруги в ланцюгах постійного струму?
11. Які ПЕ застосовують для контролю величин струму і напруги в ланцюгах змінного струму?
12. Як контролюється витрата електричної енергії на ТО?
13. Чим контролюється струм і напруга в електричних ланцюгах?
14. Поясніть призначення вимірювальних мостів у вимірювальних схемах контролю технологічних величин.
15. Як влаштовані і для чого застосовують нормалізатори електричних інформаційних сигналів?
16. Для чого складається специфікація компонентів функціональних і електричних принципових схем?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

### РОЗРОБКА РЕЛЕЙНОГО ПОЗИЦІЙНОГО КЕРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ

**Мета роботи:** розробити функціональну і електричну принципову схеми позиційного керуючого пристрою з використанням різних реле.

#### *Короткі відомості з теорії*

За законами регулювання керуючі пристрої (регулятори), в основному діляться на *інтегральні* (І), *пропорційні* (П), *пропорційно-інтегральні* (ПІ), *пропорційно-інтегрально-диференціальні* (ПІД).

*Позиційні регулятори* (Пз) *відносяться до релейних* - це регулятори, у яких при зміні вхідної керуючої величини вихідна величина може приймати тільки визначені, попередньо відомі значення.

Перехід від одного з відомих значень до іншого в Пз-регуляторі відбувається дуже швидко (миттєво). Пз-регулятори прості за конструкцією, надійні в роботі, нескладно налаштовуються і легко обслуговуються. В даний час Пз-регулятори реалізуються за допомогою мікропроцесорних систем автоматики.

*Двохпозиційне регулювання* - вихідна керуюча величина пристрою може приймати тільки два значення (мінімальне і максимальне, «відкрито» - «закрито»). Статична характеристика Пз-регулятора представлена на рис. 7.1.

Якщо поточне значення вхідної величини  $Y$  менше заданого значення ( $Y_0 = U_3$ ), то вихідна величина  $X_p$  приймає найменше своє значення, рівне нулю. Якщо ж  $Y > U_3$ , то вихідна величина  $X_p$  приймає максимальне значення  $X_{p \max}$ . При зміні поточного значення регульованої величини у момент переходу заданого значення  $U_3$  вихідна величина ПЗ-регулятора швидко змінюється від одного крайнього положення до іншого.

ПЗ-регулятор із зоною нечутливості формує вихідну величину  $X$  від 0 до  $X_{p \max}$  при  $Y = U_3 + \frac{\delta Y_t}{2}$  і від значення  $X_{p \max}$  до 0 при  $Y = U_3 - \frac{\delta Y_t}{2}$ .

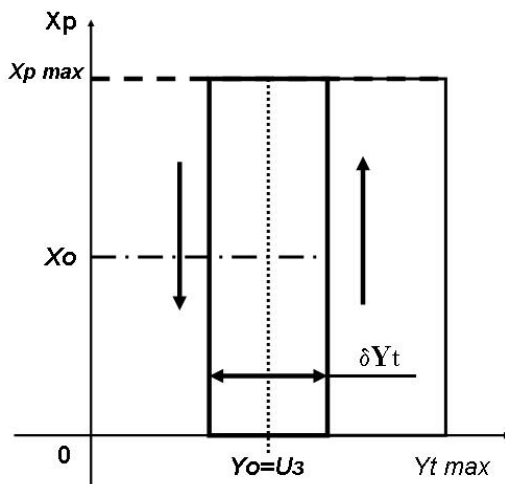


Рис. 7.1 – Статична характеристика ПЗ-регулятора із зоною нечутливості

У інтервалі поточних значень вхідної величини  $Y_t$

$$U_3 - \frac{\delta Y_t}{2} < Y_t < U_3 + \frac{\delta Y_t}{2}. \quad (7.1)$$

вихідна величина  $X_p$  може приймати тільки два значення (0 і  $X_{p \max}$ ).

При безперервній довільній зміні технологічного параметра на ТО вихідна величина ПЗ-регулятора змінюється відразу при переході величини  $Y$  її заданого значення  $U_3$  (рис.7.2). Очевидно, що ПЗ-регулятор не враховує, чи віддаляється регульована величина від заданого значення або наближається до нього, а також чи змінюється вона з великою або малою швидкістю.

У відносних величинах взаємозв'язок величин  $X_p$  і  $Y$  записується таким чином:

$$X = -1 \text{ при } Y > 0;$$

$$X = +1 \text{ при } Y < 0.$$

Очевидно, що такий взаємозв'язок параметрів найпростіше реалізувати за допомогою реле. Для пояснення роботи всіх позиційних апаратів використовуються діаграми взаємодії.

Діаграми взаємодії - зображають послідовність дії компонентів схем і розрахунків часу в сталих (або несталих) режимах.

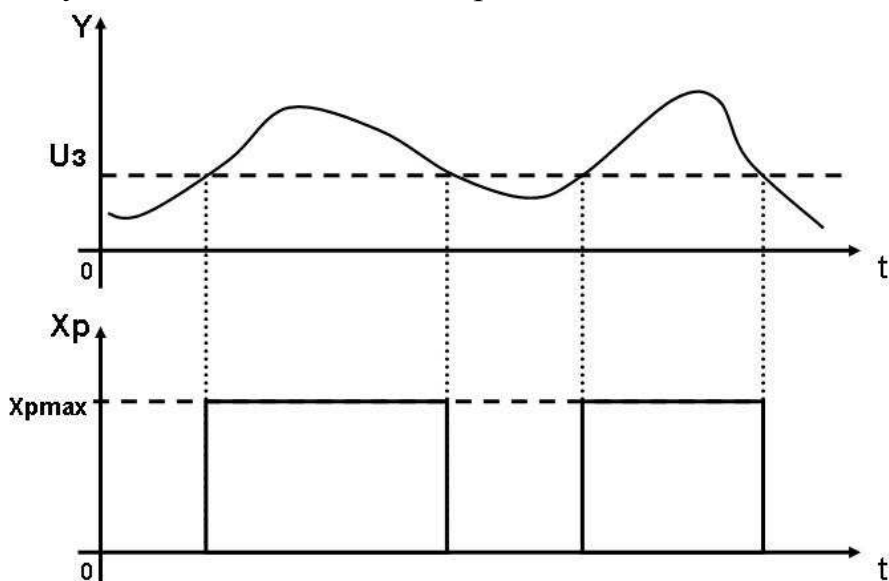


Рис. 7.2 – Формування вихідної величини  $X_p$  ПЗ-регулятора при змінах технологічного параметра  $Y$

Діаграми взаємодії повністю замінюють словесні описи роботи релейних схем. Приклад діаграми взаємодії двох електромагнітних реле ілюструє рис. 7.3.

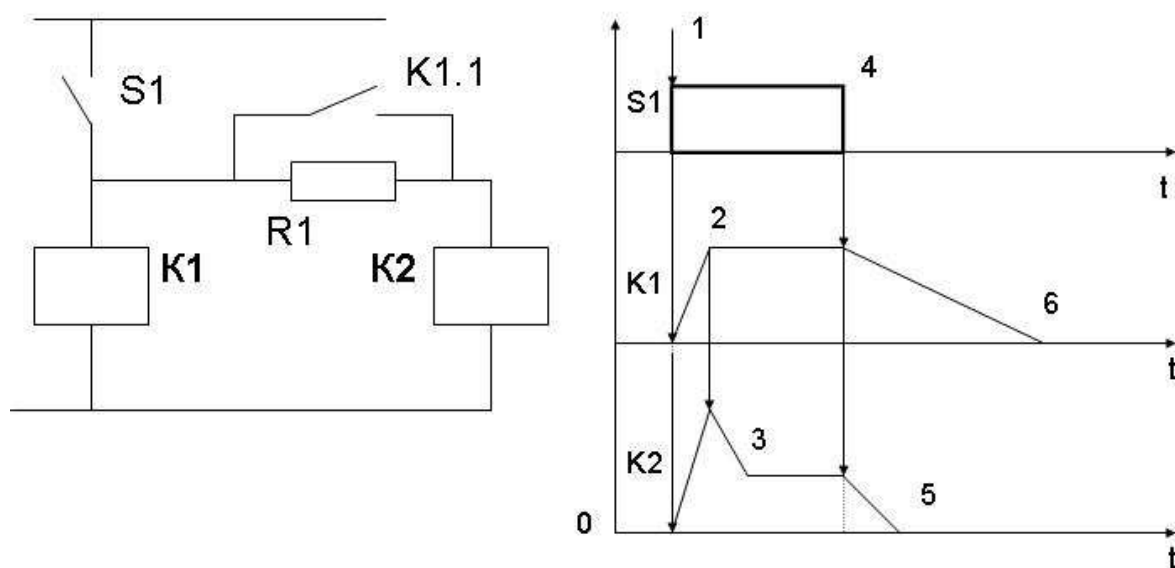


Рис. 7.3 – Діаграма взаємодії елементів схеми керування

З діаграми видно, що при одночасному включенні реле  $K1$  і  $K2$  за допомогою вимикача  $S1$  після спрацювання реле  $K1$  його контакти в ланцюзі реле  $K2$  розмикаються і вводять в ланцюг живлення реле  $K2$  резистор  $R1$ . Після цього струм в котушці реле  $K2$  за час 2-3 зменшується. Можна відзначити, що за час 1-2 реле  $K1$  спрацювало, перемкнулися його контакти, завершився рух якоря. Ланцюг живлення реле  $K1$  і  $K2$  розімкнений в точці 4. За час 4-6 контактів  $K1$  знову перемкнулися і прийшли в первинне положення. Для  $K2$  ці

процеси визначаються інтервалом часу 4-5. Трапеції діаграм показують наявність струму в котушках від основного джерела живлення.

За такою діаграмою легко визначити час, який потрібний подібному релейному апарату для досягнення певного результату. Очевидно, що при розробці Пз-регуляторів облік всіх цих величин важливий, оскільки вони позначаються на формуванні керуючих величин та ін. показниках якості роботи позиційних та релейних систем регулювання.

### 7.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **ПЭ-КР** (рис.7.4). Стенд ілюструє роботу електромагнітного, поляризованого реле і реле часу. Ці елементи застосовуються в пристроях автоматики, у тому числі і для реалізації Пз-регуляторів.



Рис. 7.4 – Интерфейс стенду электромагнитных реле

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування і кольорових індикаторів, розміщених на стенді.

Користуючись кнопками керування, слід вивчити принцип роботи всіх реле розміщених на даному стенді (проміжні, поляризовані, реле часу).

## 7.2 Завдання

1. Вивчити принцип роботи всіх реле, розміщених на стенді і електричної схеми, що забезпечує гальванічну розв'язку компонентів пульта керування з  $U_{\text{пит.}}=12\text{В}$  і силового устаткування з електродвигуном <М> і  $U_c=220\text{В}$ .
2. Запропонувати функціональну схему системи автоматики з Пз-регулятором на базі електромагнітного реле.
3. Запропонувати функціональну схему системи автоматики з Пз-регулятором на базі поляризованого реле.
4. Запропонувати функціональну схему системи автоматики з Пз-регулятором на базі реле часу.
5. Описати варіанти застосування пропонованих пристроїв автоматики на реальних технологічних ОК або розглянути їх у вигляді діаграм взаємодії.
6. Розробити принципові електричні схеми пропонованих пристроїв автоматики.
7. Підготувати замовлену специфікацію компонентів для реалізації розроблених систем позиційного регулювання.

## 7.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПЭ-КР**.
2. Скласти діаграми роботи досліджуваних реле (рис.7.4).
3. Скласти функціональні схеми позиційних пристроїв автоматики із застосуванням вивчених реле.
4. Запропонувати варіант використання позиційного керуючого пристрою із застосуванням всіх вивчених елементів для реального технологічного об'єкта і скласти опис його роботи за допомогою діаграм взаємодії.
5. Скласти таблицю компонентів (табл.2.2) і властивостей пропонованої системи автоматики (табл.7.1).
6. За допомогою додатку «САПР схем» (SinSys ► «Помощь» ► Hlp-08 «САПР схем» чи <Ctrl+S>) підготувати загальну принципову електричну схему позиційної системи автоматики.

## 7.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, короткий опис пристрою вивчених реле, діаграму роботи досліджених реле, опис роботи і таблицю компонентів пропонованих позиційних пристроїв автоматики, функціональну і електричну принципову схеми систем автоматики, виводи.

Таблиця 7.1 – Властивості позиційних систем автоматики

№ п/п	Об'єкт керування, параметр контролю	Тип приймального елементу	Пз - регулятор на базі якого реле	Свідчення параметра	Сигналізація	Дистанційна передача	Реєстрація роботи регулятора
1	Тяговий електродвигун, температура	Термoeлемент (біметалічна пластина)	Електромагнітного реле	-	+	+	-
2							
...							
...							

### 7.5 Контрольні питання

1. Які існують закони регулювання?
2. Що таке позиційний регулятор?
3. Поясніть статичну характеристику позиційного регулятора.
4. Поясніть пристрій принцип роботи електромагнітного реле.
5. Які три важливими властивостями володіють електромагнітні реле?
6. Поясніть різницю конструкцій електромагнітного, поляризованого реле і реле часу.
7. Поясніть призначення діаграм взаємодії релейних схем автоматики.
8. Які обов'язкові компоненти входять в пристрої позиційного регулювання.
9. Наведіть приклад реального застосування позиційного регулятора на об'єктах керування.
10. Запропонуйте варіант позиційного керування швидкістю обертання валу електродвигуна.
11. Поясніть властивість «запам'ятовування» інформації за допомогою поляризованого реле.
12. Наведіть приклад схеми захисту електричного ланцюга, наприклад, за максимальним струмом за допомогою «максимального реле»?



## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ СИГНАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА

**Мета роботи:** розробити функціональну і електричну принципову схеми сигналізації з використанням безконтактних серійних елементів.

### *Короткі відомості з теорії*

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

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

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

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

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

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

Для розробки складних схем сигналізації застосовують методи *фізичного моделювання* за допомогою стендів. Проте найпопулярнішим залишається метод алгебраїзації схем за допомогою апарату *формальної математичної логіки*. За допомогою цього методу схеми записуються аналітично у вигляді структурних формул, які можна аналізувати і спрощувати. Для відомої схеми пульс-пари (рис.8.1) структурна формула матиме наступний вигляд:

$$Y = f(x_1)X_1 + f(x_2)X_2, \quad (8.1)$$

або

$$Y = \bar{x}_2 X_1 + x_1 X_2, \quad (8.2)$$

де  $Y$  – логічна функція схеми;

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

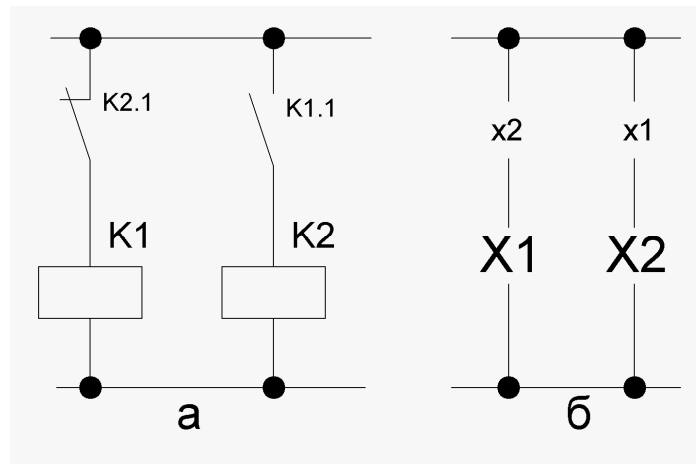


Рис. 8.1 – Схема пульс-пари:

*а – принципова електрична схема;*

*б – графічне зображення в теорії релейних схем.*

Роботу схеми сигналізації з одноразовою дією випромінювачів сигналів ілюструє лабораторний стенд **ПрЭ-ЦУ** (рис.8.2). Схема сигналізації реалізована на логічних безконтактних елементах. Структурні формули для всіх логічних функцій в даному технічному рішенні визначають, користуючись таблицею істинності (табл.8.1).

Таблиця 8.1 – Таблиця істинності пристрою сигналізації

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

При розробці схем сигналізації багатократної дії в простому випадку слід розглядати, наприклад, спільну роботу формувача аварійного сигналу і пульс-пари. Реальні схеми таких пристроїв включають елементи пам'яті, схеми збігу, генератори сигналів, схеми блокування і багато інших.

### 8.1 Опис лабораторних стендів

Для проведення експериментів використовуються лабораторні стенди **ПрЭ-ЦУ** (рис.8.2) і **ПрЭ-ЛУ** (рис.8.3).

Стенд **ПрЭ-ЦУ** (рис.8.2) ілюструє роботу логічної схеми сигналізації одноразової дії, який реалізований на логічних елементах (схема представлена на стенді). Аналогічні багатofункціональні пристрої застосовуються в будь-яких засобах автоматики для сигналізації різних режимів експлуатації технологічних об'єктів. Активація дискретного формувача «Digital» досягається натисненням покажчиком мишки зображення логічної схеми або зображення плати збірки цифрового пристрою.

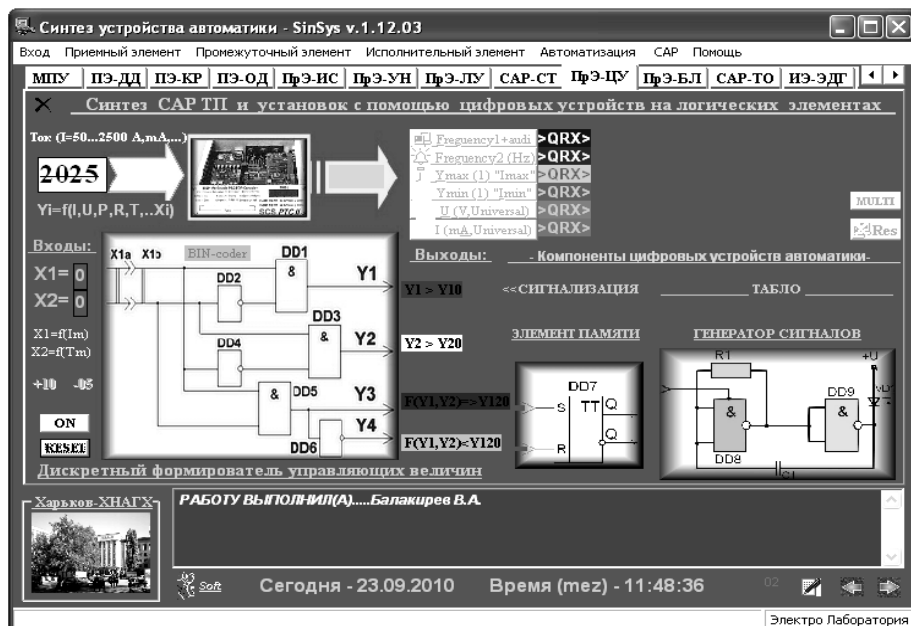


Рис. 8.2 – Интерфейс стенду схемы сигналізації



Рис. 8.3 – Стенд проектувальника логічних пристроїв

Стенд **ПрЭ-ЛУ** (рис.8.3) призначений для проведення експериментів з логічною схемою багатократної дії. Цей стенд оснащений додатковими елементами, що забезпечують переривисту роботу пристрою світлової сигналізації.

На стенді **ПрЭ-ЛУ** також є вся необхідна інформація, що пояснює порядок складання таблиці істинності і моделювання безконтактного пристрою автоматики.

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, вікон вводу логічної інформації і кольорових індикаторів, розміщених на стендах.

Вводу логічних величин «1/0» у відповідні вікна проводиться з клавіатури ПК. Змінюючи початкові дані, слід вивчити принципи роботи пристроїв сигналізації на стендах.

## 8.2 Завдання

1. Вивчити принцип роботи пристроїв сигналізації, розміщених на лабораторних стендах **ПрЭ-ЦУ, ПрЭ-ЛУ**.
2. Запропонувати функціональну схему системи автоматики з регулятором, оснащеним пристроєм сигналізації багатократної дії.
3. Досліджуючи роботу пристрою сигналізації на стенді **ПрЭ-ЛУ**, підготувати для нього таблицю істинності.
4. Розробити принципову електричну схему сигналізатора для будь-яких трьох режимів (аварійний, норма, нижній рівень (див. п.3)).
5. Підготувати замовлену специфікацію компонентів для реалізації розробленої схеми пристрою сигналізації.

## 8.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-ЦУ** і вивчити його роботу.
2. Переконалися у відповідності сигналів, що формуються на стенді **ПрЭ-ЦУ**, з їх логічними величинами в табл.8.1.
3. Скласти структурні формули для всіх функцій.
4. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-ЛУ** і вивчити його роботу.
5. Враховуючи можливість вводу на стенді **ПрЭ-ЛУ** трьох аргументів  $X_1$ - $X_3$ , скласти для даного пристрою сигналізації таблицю істинності.
6. Дослідити роботу сигналізатора, міняючи у вікнах вводу логічні величини  $X_1$ - $X_3$ . Результати спостережень внести до таблиці істинності у вигляді словесної інформації про сигналізацію конкретних режимів ТО (табл. 8.2).
7. Скласти структурні формули для вибраних аварійних режимів.
8. Вибрати будь-які три аварійні режими і розробити схему сигналізації багатократної дії, враховуючи, що аварійні сигнали (формувачі аварійних сигналів) повинні відключатися тільки при усуненні неполадки на ТО (наприклад, при  $X_1=X_2=X_3=0$ ).
9. Скласти таблицю компонентів (табл.2.2) необхідних для реалізації пропонованої схеми.
10. За допомогою додатку «САПР схем» (SinSys ► «Помощь» ► Нпр-08 «САПР схем») підготувати загальну принципову електричну схему пристрою сигналізації.

Таблиця 8.2 – Таблиця істинності і результатів експериментів

№п/п	$X_1$	$X_{...}$	$Y_1$	$Y_{...}$	Умови експлуатації ТО
1					
...					

#### 8.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, функціональну схему регулятора з сигналізатором, таблицю істинності для дослідженої схеми сигналізації з поясненням всіх режимів на конкретному ТО, структурні формули для аварійних режимів ТО, принципову схему пристрою сигналізації, перелік компонентів для реалізації пропонованого пристрою, виводи.

#### *Контрольні питання*

1. У чому різниця між аналоговими і цифровими мікросхемами?
2. Які існують схеми сигналізації?
3. Якими схемами сигналізації оснащуються засоби автоматики?
4. У чому різниця застережливих і аварійних сигналів?
5. Поясніть методи розробки схем сигналізації.
6. Поясніть роботу релейної пульс-пари і можливість її застосування.
7. Яка інформація міститься в таблицях істинності релейно-контактних схем?
8. Поясніть роботу схем сигналізації одноразової і багатократної дії.
9. У чому різниця релейно-контактних і безконтактних пристроїв сигналізації?
10. Як в сигналізаторах здійснюється запам'ятовування аварійного режиму на ТО?
11. Поясніть застосування відомих електромагнітних пристроїв, які можна використовувати як елементів пам'яті в сигналізаторах.
12. Які відомі напівпровідникові елементи можуть виконувати роль пристроїв, що запам'ятовують, в схемах автоматики і сигналізації?

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ ПРИСТРОЮ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

**Мета роботи:** досліджувати роботу різних перетворювачів початкової інформації і обробити результати роботи модулятора, що формує сигнал для дистанційної передачі даних.

### *Короткі відомості з теорії*

При розробці систем автоматизації використовуються різні приймальні елементи для вимірювання електричних величин: напруги, струму, опору, ємкості та ін. Для передачі результатів вимірювання на відстань застосовуються додаткові перетворювачі початкової інформації.

Відомо, що джерела інформації можуть бути *аналоговими* і *дискретними*. *Аналогові сигнали* є безперервною функцією часу  $x(t)$  і можуть мати будь-яке значення з безперервного діапазону амплітуд. *Дискретні сигнали* - існують в дискретні проміжки часу  $x(kT)$  і характеризуються послідовністю чисел  $k$  за фіксованим часом  $T$ . Дискретний сигнал завжди має кінцеве число амплітуд. У САР аналогова інформація часто перетворюється в цифрову. *Цифрова інформація* - послідовність кінцевого набору цифр і символів (знаків). *Знак* - послідовність двійкових цифр, використовуваних в стандартних кодах (ASCII - Американський стандарт, код Бодо, код Морзе та ін.). *Двійкова цифра (біт)* - фундаментальна одиниця інформації для всіх цифрових систем. *Потік бітів* - послідовність бінарних цифр (нулів і одиниць), так званих низькочастотних сигналів. *Символ* - цифрове повідомлення з декількох бітів.

Приклади формування інформаційних сигналів ілюструє стенд **ПРЕ-МД** в розділі «**Сигнали**» (для активації стендів натиснути кнопку «СНОВА»).

Натиснення кнопок «**Виды сигналов**» і «**Моделирование информационных сигналов**» дозволяє селективно активувати відповідні моделі, а на екрані користувач може спостерігати багато відомих осцилограм інформаційних сигналів (рис.9.1).

Для передачі даних на відстань використовуються *низькочастотні* (двохпроводна, коаксіальна лінії) і *високочастотні* (системи радіозв'язку) канали. Сама інформація перетворюється *модуляторами* – пристроями, за допомогою яких здійснюється керування параметрами гармонійних електромагнітних коливань несучого сигналу. *Несучий сигнал* (переносник інформації) - синусоїдальні коливання високої частоти.

Оскільки в перетворенні контрольованої величини в складних системах автоматики беру участь багато проміжних пристроїв, то результат вимірювання завжди має помилку. Об'єктивні похибки вимірювання параметра, обумовлені використанням вимірювальної і перетворювальної техніки, припускають обов'язкову оцінку точності вимірювань всім вимірювальним комплектом і визначення його класу точності відповідно з існуючими ДСТ.

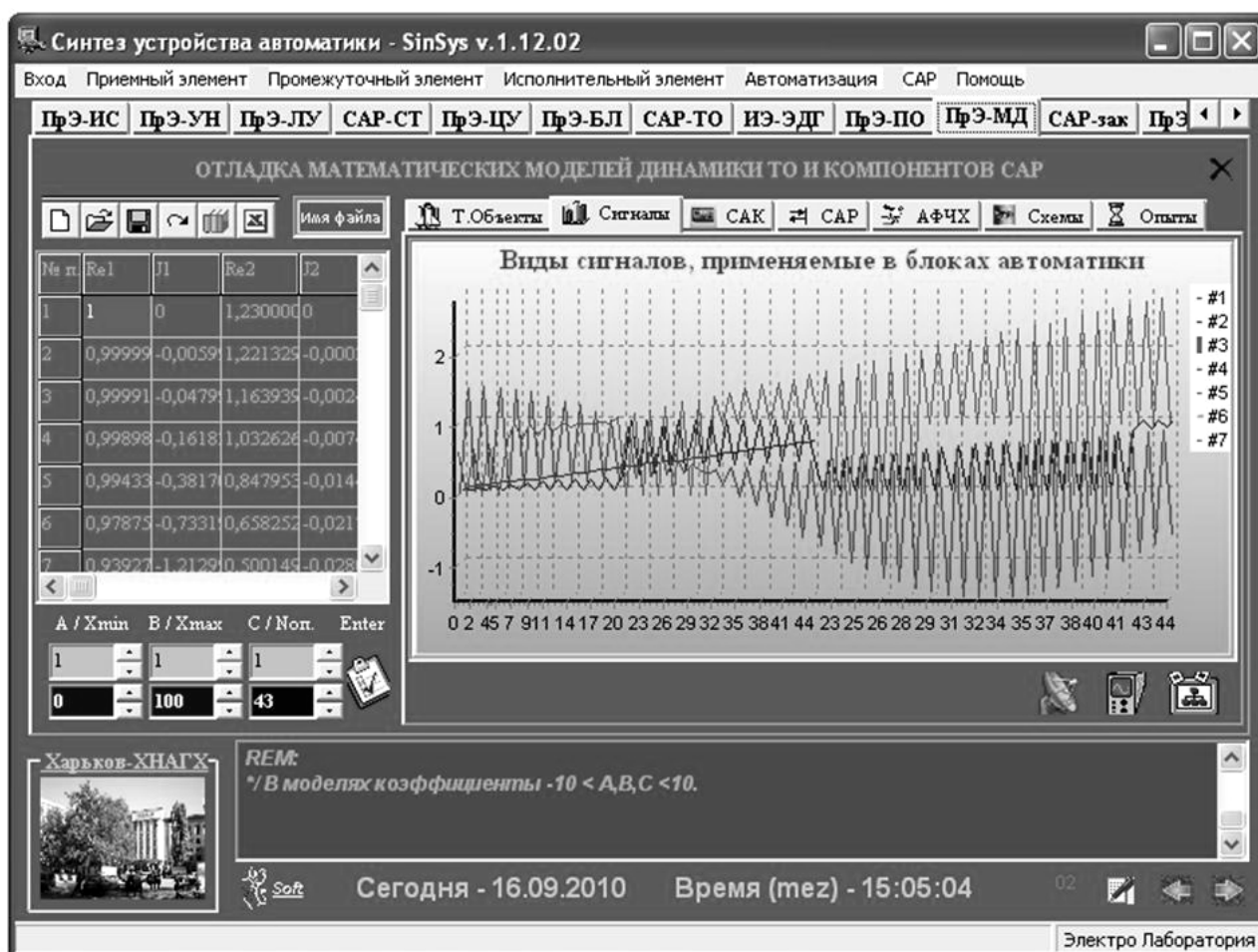


Рис. 9.1 – Стенд демонстрації видів інформаційних сигналів

Згідно ДСТ 12997-76 точність приладів і вимірювальних систем повинні відповідати рядам:

0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,04; 0,05; 0,06;

0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6;

1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0.

Найбільший інтерес завжди викликають результати непрямих вимірювань технологічних параметрів  $Y$ . Для приладів, використовуваних при цьому, доцільно завжди мати формулу зв'язку:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (9.1)$$

де  $X_i$  – вимірювані аргументи.

Початковими даними є ряди спостережень аргументів.

Обробка різного об'єму результатів вимірювань передбачається методами, що розглядаються у відповідних ДСТ і нормативних документах. При непрямих вимірюваннях передбачається: перевірка відсутності кореляції між результатами спостережень пари аргументів; визначення результатів вимірювань; визначення оцінки випадкової похибки; визначення оцінки не вимкненої систематичної похибки; визначення довірчих меж загальної

похибки. Менш трудомісткі розрахунки проводяться, якщо використовуються прилади із заданою похибкою.

Вимірювальні прилади характеризуються також чутливістю (зміна показань приладу при зміні вимірюваної величини), яка не пов'язана з похибкою приладів. Проте, поріг чутливості - найменша зміна вимірюваної величини, що викликає зміну вихідної величини (свідчень цифрового індикатора) слід враховувати.

Наприклад, для визначення потужності  $Q$  постійного струму, якщо відомі результати вимірювань струму (клас точності амперметра - 0,1) і напруги (клас точності вольтметра - 0,1) :  $I = 5 \pm 0,005$  А,  $U = 200 \pm 0,2$  В з вірогідністю  $P = 0,95$  визначають:

- найбільш вірогідне значення потужності

$$Q = UI = 200 \cdot 5 = 1000 \text{ Вт};$$

- знаходять приватні похідні, використовуючи формулу зв'язку

$$Q = UI; \quad (9.2)$$

$$\frac{\delta Q}{\delta U} = \frac{\delta(UI)}{\delta U} = I; \quad (9.3)$$

$$\frac{\delta Q}{\delta I} = \frac{\delta(UI)}{\delta I} = U. \quad (9.4)$$

Використовуючи вирази (9.3; 9.4), підставимо їх у формулу імовірнісної похибки  $R_Q$ :

$$R_Q = \left[ \left( \frac{\delta(UI)}{\delta U} \right)^2 \cdot R_U^2 + \left( \frac{\delta(UI)}{\delta I} \right)^2 \cdot R_I^2 \right]^{0,5}; \quad (9.5)$$

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

Результати непрямих вимірювань запишуться у вигляді

$$Q = 1000 \text{ Вт}; \Delta = \pm 1 \text{ Вт}; P = 0,95.$$

Помилка вимірювання складає 0,1% (Клас=0,1).

Для більшості приладів електровимірювань встановлені наступні класи точності 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0. Клас точності на приладах позначають числом, яке відповідає допустимій основній відносній похибці, вираженій у відсотках.



Так при вимірюванні потужності приладом класу 1,0 відносна похибка для величини 1000 Вт складе  $\pm 10$  Вт або  $(1000 \pm 10 \text{ Вт})$ .

### 9.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів з модулятором інформаційного сигналу використовується лабораторні стенд **ПрЭ-ЦУ** (рис.9.2).

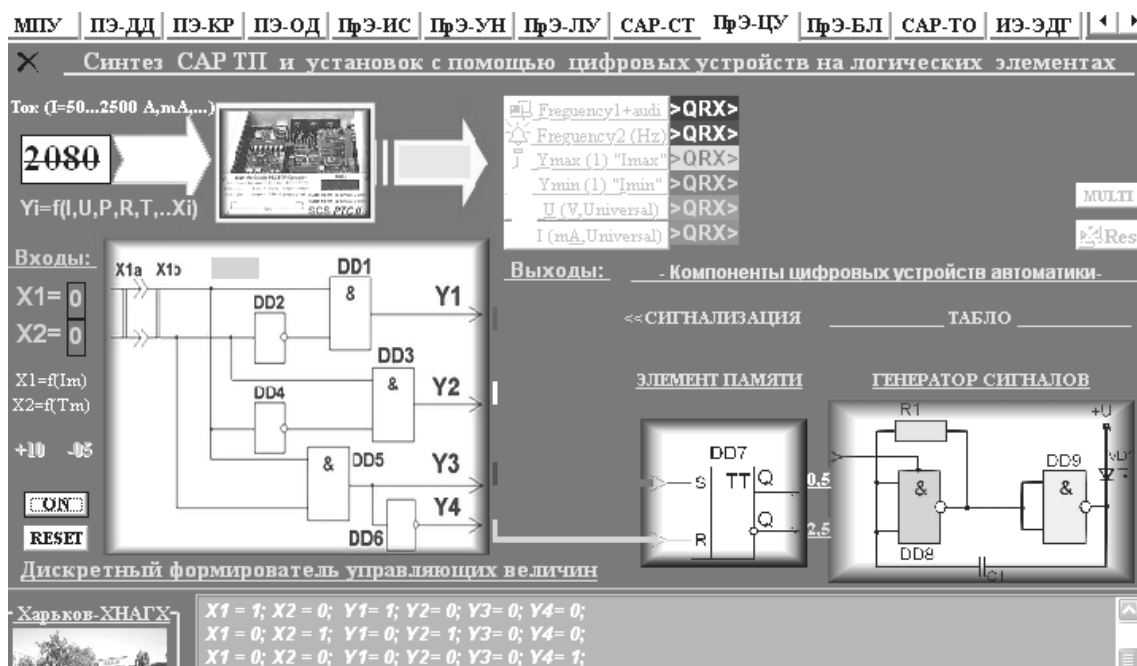


Рис. 9.2 – Інтерфейс стенду з модулятором інформаційного сигналу

Стенд **ПрЭ-ЦУ** (рис.9.2) ілюструє роботу перетворювача результатів вимірювання в низькочастотний інформаційний сигнал. Частотний модулятор (перетворювач інформаційного сигналу в певному спектрі частот) формує сигнал, який зручно передавати на відстань за будь-якими каналами зв'язку. За наявності звукової карти в ПК роботу модулятора можна контролювати і в аудіоверсії.

При проведенні досліджень на стенді можна спостерігати роботу позиційного керуючого пристрою, що формує рівні логічних «1» і «0», використовуваних дуже часто в системах автоматизації ТО.

Відповідні «вікна-таблиці» вимірювальних приладів вихідних сигналів підсилювачів-нормалізаторів ілюструють роботу відомих пристроїв, що формують нормалізовані величини струму в інтервалі 0...20 мА і напруга, - 0...10 В.

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, вікон для вводу початкової інформації, вікон-таблиці, кольорових індикаторів та ін. компонентів, розміщених на стенді.

## 9.2 Завдання

1. Вивчити принцип роботи модулятора та інших пристроїв, розміщених на лабораторному стенді **ПрЭ-ЦУ**. Для активації модулятора слід покажчиком мишки натиснути стрілку «**Примеры модулирования**». Активація дискретного формувача «**Digital**» досягається натисненням покажчиком мишки зображення логічної схеми або зображення плати збірки цифрового пристрою.
2. Запропонувати функціональну схему пристрою автоматики з модулятором для передачі результатів вимірювання контрольованого параметра на відстань, позиційним регулятором і формувачами уніфікованих сигналів.
3. Досліджувати роботу перетворювача, оснащеного модулятором, позиційним регулятором і формувачами нормованих сигналів.
4. Обробити результати вимірювань перетворювача інформаційного сигналу.
5. На підставі розрахункових даних про похибку перетворення інформаційного сигналу сформулювати висновки про доцільність використання модулятора.

## 9.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-ЦУ** і вивчити його роботу.
2. Переконавшись в справності всіх компонентів перетворювача.
3. Досліджувати роботу вимірювального перетворювача, дискретно (з рівномірним кроком) міняючи у вікні «**Ток**» величину струму  $I_c$ . Результати спостережень внести до табл. 9.1.
4. Визначити поріг чутливості перетворювачів (DF1, DF2) провівши дослідження будь-яких величин струму  $I_c$  заданих дискретно відповідно до табл. 9.2:

$$DF_i = \frac{I_{c \max} - I_{c \min}}{F_{i \max} - F_{i \min}}.$$

5. Користуючись програмою MS Excel, побудувати графічні залежності  $F_1 = f(I_c)$ ;  $F_1 = f(I_c \pm DI_c)$ ;  $F_2 = f(I_c)$ ;  $F_2 = f(I_c \pm DI_c)$ ;  $F_1, F_2 = f(I_c)$ ;  $U = f(I_c)$ ;  $I = f(I_c)$  і статичну характеристику позиційного регулятора із зоною нечутливості.

6. Обробити результати роботи модулятора, враховуючи, що перетворена інформація про величину струму в мережі використовується для визначення споживаної потужності (табл.9.2). При розрахунках прийняти наступні початкові дані:

- клас точності датчика струму  $I$  варіант - 1,0;  $II$  варіант - 0,5;
- клас точності датчика напруги - 0,5;
- напруга в мережі 600 В.

7. Сформулювати висновки на основі досліджень комбінованого приладу і результатів розрахунку.

#### 9.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, приклад схеми модулятора, функціональну схему дослідженого комбінованого приладу, таблицю результатів дослідів, графічні залежності, висновки.

Таблиця 9.1 – Таблиця дослідження вимірювального приладу

№ п/п	Струм $I_c, A$	Модулятор		Позиційний регулятор		Підсилювач – нормалізатор		Примітка
		$F_1, Гц$	$F_2, Гц$	$I_{min}$	$I_{max}$	$U, В$	$I, mA$	
1	50							
2	150							
3	250							
...								
...								
...								
n	2500							

Таблиця 9.2 – Таблиця дослідження порогу чутливості приладу

№ п/п	Струм $I_c, A$	$\Delta F_1 = 1 Гц$		$\Delta F_2 = 1 Гц$		Похибка	
		$I_{c max} - I_{c min}, A$	$\Delta I_c, A$	$I_{c max} - I_{c min}, A$	$\Delta I_c, A$	$R_{Q1}/\%$	$R_{Q2}/\%$
1	150	153-149	4	152-146	6		
2							
...							
...							
...							
n	2500						

#### Контрольні питання

1. Поясніть різницю між аналоговими і дискретними джерелами інформації.
2. У чому особливість цифрової інформації?
3. Що таке двійкова цифра?
4. Що таке потік бітів?
5. Поясніть поняття символ.
6. Чи є різниця між низькочастотними і високочастотними каналами передачі даних?
7. Поясніть роботу модуляторів.
8. Поясніть роботу формувача уніфікованого сигналу.
9. Поясніть роботу позиційного регулятора.
10. Чим обумовлені похибки вимірювань контрольованих величин на ТО?

11. Що таке клас точності приладу?
12. Поясніть різницю між чутливістю і порогом чутливості приладу?
13. Як враховується відносна похибка при вимірюванні технологічних величин?
14. Як зображаються перетворювачі інформації на функціональних схемах систем автоматизації?
15. У чому різниця між датчиком-перетворювачем і перетворювачем інформаційного сигналу?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

### РОЗРОБКА БЛОКУ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ПРОЕКТОВАНОГО ПРИБОРУ АВТОМАТИКИ

**Мета роботи:** розробити блок електричного живлення для проектного пристрою автоматики з транзисторним фільтром.

#### *Короткі відомості з теорії*

*Джерела живлення (ДЖ)* виконують унікальну роль у всіх пристроях автоматики - забезпечують стійким і безперервним живленням всі схеми. Враховуючи, що готові прилади складаються з схем реалізованих на різній елементній базі, очевидно, питання про проектування спеціального джерела живлення завжди є актуальним.

*Інтегровані системи живлення (ІСЖ)* містять декілька джерел, оскільки пристрої автоматики включають безліч ланцюгів навантаження: приймальних елементів, вимірювальних схем, пристроїв перетворення інформації, виконавчих елементів та ін. *Розподілені системи живлення (РСЖ)* завжди мають одне головне джерело з шиною взаємозв'язку зі всіма компонентами. ІСЖ ефективніші, оскільки в них менше витрат. *Типові системи живлення* - комбінація ІСЖ і РСЖ.

Вимоги до постійності живлячої мережі реалізується застосуванням стабілізованих джерел живлення. Всі ДЖ діляться на лінійні та імпульсні. *Лінійні ДЖ* - корисні при вихідній потужності до 10 Вт. Якщо вихідна потужність більше 10 Вт доцільно застосовувати *імпульсні ДЖ (ІДЖ)*.

ККД ДЖ з лінійними стабілізаторами складає 35 - 50%, а з імпульсними - від 80 до 95%. ІДЖ зручно застосовувати в переносних виробках, оскільки вони мають малі габарити. Очевидно, що ІДЖ привертають до себе велику увагу проектувальників засобів автоматики. Проте слід враховувати, що розробка ІДЖ вимагає великих витрат часу, а вартість їх завжди вище лінійних ДЖ.

При проектуванні ДЖ розрахунок параметрів трансформатора є дуже важливим. Трансформатор ДЖ - електромагнітний пристрій, призначений для зміни напруги. До найбільш важливих електричних параметрів

трансформаторів ДЖ відносяться: вихідна напруга, номінальна потужність, ККД, падіння напруги.

В даний час існує безліч інструментів для проектування трансформаторів ДЖ. Більшість виробників напівпровідників пропонують свої програмні пакети для розрахунку ІДЖ на основі елементної бази, що випускаються ними, що не завжди зручно для розробника. Проте при проектуванні отримані результати розрахунків вимагають коректування даних ІДЖ для представлення оптимальних даних при реалізації конкретного технічного рішення.

У типових розрахунках трансформаторів ІДЖ визначають:

- споживану потужність всіх пристроїв приладу;
- використовувану потужність трансформатора;
- площу перетину трансформатора;
- площу вікна вибраного магнітопроводу;
- габаритну потужність трансформатора (якщо використовується потужність менше габаритною, то слід застосувати інший типорозмір осердя, інакше продовжити розрахунок);
- напругу на первинній обмотці;
- число витків первинної обмотки;
- максимальний струм первинної обмотки;
- діаметр дроту первинної обмотки;
- число витків всіх вторинних обмоток;
- діаметри дроту для всіх вторинних обмоток.

При розрахунках слід користуватися параметрами магнітних матеріалів (табл.10.1) і типорозмірами осердь (табл.10.2).

Слід враховувати, що при необхідності осердя трансформаторів можуть набиратися з декількох серійновироблених осердь одного типорозміру.

### *10.1 Опис лабораторного стенду*

Для проведення експериментів і виконання необхідних розрахунків використовується лабораторний стенд **БП-ИТ** (рис.10.1).

Стенд **БП-ИТ** (рис.10.1) ілюструє одну з програм, розробка яких направлена на зниження трудомісткості розрахунків при проектуванні імпульсних джерел живлення.

Стенд оснащений вікнами для вводу початкових даних і табло для публікації результатів розрахунку.

Програма містить автоматичний аналізатор розрахунків, який без участі експериментатора стежить за отриманими даними і при необхідності інформує про їх неспроможність. Стенд оснащений засобами автоматичного розрахунку параметрів для однієї з обмоток ( $U_{нб}$ ), у вікна якої зазвичай вводять початкові дані для найбільш відповідальної обмотки трансформатора. При виборі **<Шаг ВОЛЬТ-добавки>** величину **<АМПЕР-добавки>** вибирають рівними **<0,0V>**, а при виборі **<АМПЕР-добавки>** - **<Шаг ВОЛЬТ-добавки> = <0,000A>**. Далі програма виконує розрахунок автоматично. Зупинку режиму рахунку здійснюють натисненням кнопки **<АВТО>**, а продовження – повторним

вибором колишньою або новою <...-добавки>. Якщо, наприклад, коефіцієнт використання трансформатора або інша величина, що задається розробником, стане нереальним для реалізації програма відзначить цей чинник сигналом, попереджувальним написом табло або вимкнеться зовсім, розцінивши подальші розрахунки недоцільними, про що слід пам'ятати користувачеві програми.

Таблиця 10.1 – Параметри магнітних матеріалів

Марка фериту	$f_{кр}^1$ , МГц	$B_{\max}, T_{л}$ при $H_{\max}, A/m$				$\mu^2$	$B_r, T_{л}$
		40	80	240	800		
Ферити загального використання							
1000НН	0,4	0,095	0,167	0,226	0,270	169	0,15
2000НН	0,1	0,154	0,200	0,236	0,250	796	0,12
1000НМ	0,6	0,206	0,290	0,340	0,370	1790	0,11
2000НМ	0,5	0,179	0,287	0,366	0,394	1562	0,13
3000НМ	0,1	0,250	0,320	0,360	0,370	1989	0,12
Термостабільні ферити							
1000НМЗ	1,8	0,100	0,200	0,290	0,334	995	0,10
1500НМІ	0,6	0,146	0,240	0,320	0,350	1393	0,10
1500НМЗ	1,5	0,148	0,250	0,350	0,380	1691	0,08
2000НМІ	0,5	0,165	0,244	0,312	0,340	1233	0,12
Високопроніцаємі ферити							
4000НМ	0,1	0,260	0,320	0,366	0,37	4890	0,13
6000НМ	0,05	0,270	0,308	0,345	0,35	1970	0,11
10000НМ	0,05	0,310	0,330	0,350	0,35	2188	0,11
Ферити для телевізійної техніки							
2500НМСІ	0,4	-	-	-	0,45	-	0,1
3000НМС	0,36	-	-	-	0,45	-	0,1
Ферити для імпульсних трансформаторів							
1000ННІІ	0,5	-	-	-	0,3	-	0,09
1100НМІІ	0,3	-	-	-	0,4	-	0,15

Таблиця 10.2 – Типорозміри осердь

Типорозмір	$D$ , мм	$d$ , мм	$h$ , мм	$m$ , г
K7×4×2	7±0,3	4±0,2	2±0,15	0,32
K10×6×3	10±0,3	6±0,2	3±0,15	0,86
K10×6×4,5	10±0,3	6±0,2	4,5±0,15	1,27
K12×5×5,5	12±0,4	5±0,2	5,5±0,15	2,83
K12×8×3	12±0,4	8±0,3	3±0,15	1,12
K16×8×6	16±0,4	8±0,3	6±0,25	4,9
K16×10×4,5	16±0,4	10±0,3	4,5±0,25	3,1
K20×10×5	20±0,5	10±0,3	5±0,25	6,3
K20×12×6	20±0,5	12±0,4	6±0,25	6,7
K28×16×9	28±0,6	16±0,4	9±0,4	20,4
K32×16×8	32±0,8	16±0,4	8±0,4	26,4
K32×20×6	32±0,8	20±0,5	6±0,25	16,4
K32×20×9	32±0,8	20±0,5	9±0,4	24,6
K38×24×7	38±0,8	24±0,5	7±0,4	26,6
K40×25×7,5	40±0,8	25±0,6	7,5±0,4	31,8
K40×25×11	40±0,8	25±0,6	11±0,5	46,3
K45×28×8	45±0,9	28±0,6	8±0,4	42,9
K45×28×12	45±0,9	28±0,6	12±0,5	63,9
K65×40×9	65±1,5	40±0,8	9±0,4	110

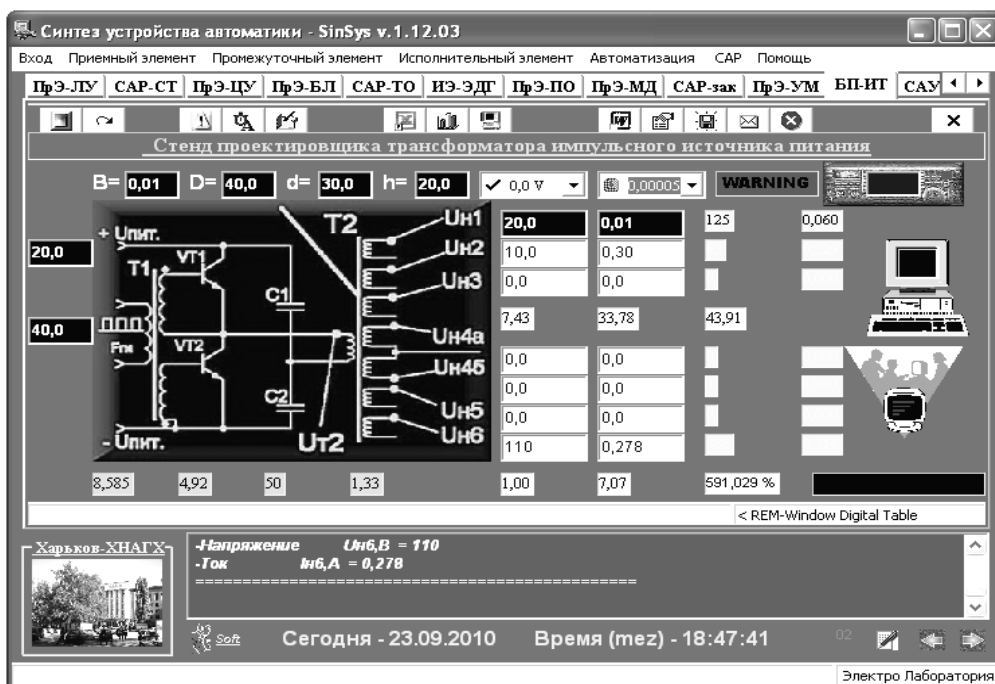


Рис. 10.1 – Интерфейс стенду проективальника ІДЖ

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, вікон вводу інформації і публікації даних, пристроїв світлової індикації, розміщених на стенді.

## 10.2 Завдання

1. Активувати програму натисненням кнопки <CLEAN>. Вивчити принцип роботи стенду проектувальника трансформатора ІДЖ.
2. Скласти блок-схему пристрою автоматики.
3. Скласти таблицю необхідних джерел живлення для проектованого пристрою автоматики.
4. Виконати необхідні розрахунки параметрів трансформатора для вибраного осердя.
5. Повторити розрахунок параметрів трансформатора з осердям, що забезпечує оптимальну його габаритну потужність.
6. Виконати розрахунки транзисторних фільтрів для всіх джерел живлення.
7. Розробити схему проектованого джерела живлення.

## 10.3 Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **БП-ИТ**, активувати його натисненням кнопки <CLEAN> і вивчити його роботу.
2. Підготувати блок-схему пристрою автоматики, що розробляється (рис. 10.2).

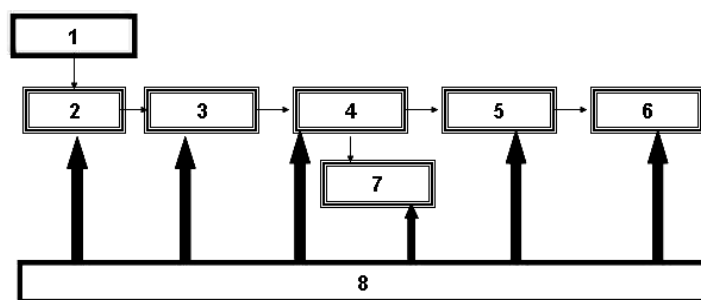


Рис. 10.2 – Блок схема пристрою автоматики:

1 - об'єкт керування; 2 - вимірювальна схема; 3 - блок уніфікації сигналу; 4 - блок формування керуючих величин; 5 - сигналізатор; 6 - виконавчий елемент; 7 - блок дистанційної передачі даних; 8 - джерела електричного живлення схеми.

3. Скласти таблицю джерел живлення (табл.10.3) необхідних для реалізації технічного рішення.

4. Для вибраного осердя (табл.10.1, 10.2) провести розрахунок необхідних конструктивних параметрів трансформатора. Після вводу  $B(T)$ ,  $D(\text{мм})$ ,  $d(\text{мм})$ ,  $U_{\text{пит}}(V)$ ,  $F_{\text{гц}}(\text{кГц})$  і необхідних параметрів вторинних обмоток  $U_{\text{ні}}$ ,  $I_{\text{ні}}$ . (ввести у всі однойменні вікна інтерфейсу) натиснути кнопку <COUNT> для виконання розрахунку. Якщо програма опублікує застережливу інформацію <WARNING> (рис.10.1) і тому подібне слід проаналізувати дані вводу і змінити їх.

5. Оптимізувати конструкцію трансформатора (коефіцієнт використання трансформатора, число витків і перетин дроту обмоток та ін.), змінюючи початкові величини отримати дані для реалізації трансформатора БЖ.

6. Користуючись додатком «Фільтр БП» (SinSys ► «Помощь» ► «Фільтр БП» або <Ctrl+B>)), виконати розрахунки транзисторних фільтрів для всіх джерел живлення постійного струму.

7. За допомогою редактора принципових електричних схем «САПР схем» (SinSys ► «Помощь» ► «САПР схем», або <Ctrl+S>) розробити загальну схему проектного джерела живлення.

8. Підготувати замовлену специфікацію компонентів для реалізації розробленої схеми ІДЖ.

9. На основі виконаних розрахунків підготувати висновки про проведені конструктивні розрахунки ІДЖ.

Таблиця 10.3 – Потреба джерел живлення пристрою автоматики

№ п/п	Компонент приладу	Напруга живлення, В	Потужність, Вт	Струм, А	Примітка
1	Вимірювальна схема (міст)	+5	0,04	0,008	
2	Підсилювач-нормалізатор	+/-15	0,06	0,004	Двохполярний
...	...				
n	...				



#### *10.4 Зміст звіту*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, блок-схему проектного приладу, таблицю необхідних джерел живлення, результати розрахунку проектного трансформатора і транзисторних фільтрів, принципову схему проектного ІДЖ, перелік компонентів для реалізації пропонованого пристрою, виводи.

#### *Контрольні питання*

1. Для чого необхідне джерело електричного живлення?
2. У чому різниця між інтегрованими і розподіленими системами живлення?
3. Коли застосовуються лінійні і імпульсні джерела живлення?
4. У чому перевага ІДЖ?
5. Чи є різниця ККД лінійних і імпульсних ДЖ?
6. Які ДЖ застосовують для переносних засобів автоматики?
7. Навіщо в ДЖ використовують трансформатор?
8. Як визначається потреба в джерелах живлення?
9. Які параметри використовують при розрахунках трансформаторів?
10. Поясніть порядок розрахунку трансформаторів ІДЖ.
11. Чому при розрахунках ІДЖ користуються програмними продуктами?
12. Як впливають параметри осердя на конструкцію трансформатора?

## ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТО

**Мета роботи:** використовуючи ескізний проект системи автоматизації ТО, визначити економічні показники пропонованого технічного рішення.

### *Короткі відомості з теорії*

Автоматизація технологічних процесів здійснюється з метою зменшення експлуатаційних витрат, підвищення надійності роботи різного устаткування, зниження об'єму ручної праці та ін.

На об'єктах транспорту багато засобів автоматики забезпечують справну роботу устаткування в безперервному режимі незалежно від впливу навколишнього середовища та інших чинників. Тривалі терміни експлуатації автоматизованих ТО приводять до морального їх зносу, що часто служить причиною їх вдосконалення. Проте заміна технічних засобів через моральний знос повинна проводитися не тільки без порушення режимів роботи всього устаткування, але і відрізнятися новизною з позитивним ефектом для обслуговуючого персоналу і підприємства в цілому.

Вирішення питань про впровадження нових засобів автоматики заздалегідь підтверджується оцінкою їх економічної спроможності, оскільки плановані заходи завжди вимагають фінансових і матеріальних витрат.

Основними показниками економічної спроможності впровадження систем автоматики на ТО є *термін їх окупності* (пов'язаний з періодом досягнення бажаних результатів від вдосконалення ТО) і *коефіцієнт економічної ефективності* (служить оцінкою впливу проведених заходів на економічні показники всього підприємства).

При проектуванні нової техніки економічне обґрунтування для виконання таких робіт завжди міститься в технічному завданні з докладним аналізом аналогічних технічних рішень, новизна яких визначається патентами, технічною літературою й інформацією про експлуатовані пристрої автоматики.

При розрахунках економічних показників враховуються витрати на впровадження пропонованих технічних рішень і результати, що плануються після впровадження нової техніки. Програмні продукти, що розробляються для економічного аналізу нової техніки, скорочують час виконання рутинних розрахунків і навіть дозволяють формувати шляхи вдосконалення проектів.

Є безліч заходів пов'язаних з впровадженням автоматики, які у прямому розумінні не позначаються на продуктивності ТО. Якщо при цьому поліпшуються умови праці за рахунок досягнення комфорту на робочих місцях обслуговуючого персоналу, підвищуються екологічні показники та ін., то такі результати також оцінюються з позитивним ефектом.

## 11.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **САУ-ТП** (рис. 11.1).



Рис. 11.1 – Интерфейс програми для оцінки економічних показників проєктованих засобів автоматизації

Стенд **САУ-ТП** (рис.11.1) ілюструє автоматизоване робоче місце (АРМ) розробника засобів автоматизації, оснащене програмою для економічного аналізу нової техніки. АРМ містить бібліотеку технічної і патентної літератури, електронні документи за винахідницькою діяльністю та ін.

Слід пам'ятати, що програма включає електронного експерта, який допомагає аналізувати результати розрахунків і при необхідності формулює рекомендації для зміни проєкту.

На стенді є електронна ілюстрація роботи системи автоматизованого обліку і контролю витрачання електроенергії. У таких системах економічні показники є визначальними, оскільки безперервний в часі аналіз використання електроенергії на підприємстві оцінюється і в класичних величинах контролю, і в грошовому виразі.

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, вікон введення інформації і кольорових індикаторів, розміщених на стенді.

Для вводу початкових даних необхідно попередньо провести аналіз запропонованого і діючого на ТО технічних рішень. За відсутності будь-яких даних слід звертатися в економічний відділ і бухгалтерію підприємства, для якого проєктується система автоматизації (довідки про ціну компонентів схем,

вартість проектних, монтажних і налагоджувальних робіт, відпускна ціна для підприємств на електроенергію, воду, теплопостачання та ін.).

### *11.2 Завдання*

1. Включити (натиснути кнопку **«Включить АРМ»**) і вивчити роботу стенду економічного аналізу **САУ-ТП**.
2. На основі даних підприємства і планованих витрат на впровадження нової техніки виконати розрахунки для оцінки економічних показників проектованої системи автоматики.
3. Оформити отримані дані з висновками про економічну спроможність пропонованого вдосконалення ТО.
4. Досліджувати роботу віртуальної моделі системи обліку електроенергії на підприємстві і сформулювати висновки за наслідками її функціонування.

### *11.3 Порядок виконання роботи*

1. Відкрити лабораторний стенд **САУ-ТП** і вивчити його роботу.
2. На основі даних підприємства підготувати перелік витрат на експлуатацію системи автоматики (ЕХ) діючого ТО (витрата електроенергії, води, тепла, обслуговування і ремонт устаткування та ін.).
3. Підготувати проект витрат на впровадження проектованого технічного рішення (дослідження, моделювання, проектування, макетування, матеріали і комплектуючі матеріали відповідно до специфікацій, будівельні і монтажні роботи та ін.).
4. Підготувати проект експлуатаційних витрат (NEW) після впровадження проектованої нової техніки (витрата електроенергії, води, тепла, витрати на обслуговування і ремонт, облік екологічних та ін. результатів).
5. Внести отримані дані до відповідних вікон на стенді, провести розрахунки і аналіз отриманих даних.
6. Підготувати таблицю результатів і висновок про економічну спроможність проектованої системи автоматики.
7. За допомогою кнопки **<Включить АСКУЭ>** включити віртуальну модель автоматичної системи контролю і обліку електроенергії (**АСКОЕ**) і вивчити роботу системи і електронного журналу запису подій. Відзначити достоїнства і недоліки аналогічного устаткування в засобах автоматизації технологічних процесів.
8. За допомогою стенду **«ПРЕ-МД ► САК»** вивчити роботу електронного графічного пристрою параметрів, що запам'ятовує, контрольованих АСКОЕ. Відзначити достоїнства і недоліки аналогічного устаткування в засобах автоматизації технологічних процесів.
9. Сформулювати висновки за наслідками спостереження функціонування **АСКОЕ**.

#### 11.4. Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, причину проектування засобів автоматики для реального технологічного об'єкта відомого підприємства, таблицю з початковими даними для оцінки економічних показників пропонованого технічного рішення, результати розрахунків, висновок про економічну ефективність пропонованого технічного рішення, виводи про функціонування АСКОВЕ.

#### Контрольні питання

1. З якою метою упроваджуються системи автоматики на ТО?
2. Чим обумовлено впровадження засобів автоматики на об'єктах транспорту?
3. Для чого проводиться економічний аналіз проєктованих засобів автоматики?
4. Що є технічним завданням на проєктування нової техніки?
5. Поясніть сенс терміну окупності засобів автоматики.
6. Поясніть сенс коефіцієнта економічної ефективності капіталовкладень на автоматизацію.
7. Як визначаються витрати на впровадження нової техніки?
8. Поясніть порядок оцінки експлуатаційних витрат діючих і впроваджуваних засобів автоматики.
9. Що таке АСКОВЕ?
10. Чим обумовлено впровадження АСКОВЕ?

#### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12

### РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ

**Мета роботи:** використовуючи електронний макет, вивчити роботу системи автоматичного повторного включення (АПВ) тягової підстанції, запропонувати блок-схему алгоритму мікропроцесорної системи АПВ для організації автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера.

#### Короткі відомості з теорії

*Мікропроцесорна автоматика* (засоби автоматизації технологічних процесів, реалізовані на базі мікропроцесорів) знаходить широке застосування на об'єктах комунального господарства, активно витісняючи морально застаріле релейно-контактне устаткування. Впровадження мікропроцесорної техніки розкрило нові можливості відомих засобів автоматизації ТО, змінило звичний

дизайн приладів, вплинуло на організацію робочих місць обслуговуючого персоналу, культуру і умови праці.

Найбільшою концентрацією засобів автоматики відрізняються *тягові підстанції* - ТП (споруди з устаткуванням для електропостачання споживачів електричної енергії) і *диспетчерські пункти* - ДП (споруди з устаткуванням для керування системою електропостачання споживачів).

При проектуванні ТП і ДП зазвичай використовують типові проекти. Відповідно до існуючих вимог (ДСТ 12.2.032-78 та ін.) на ТП і ДП розміщується все необхідне устаткування, телемеханічна апаратура, засобів телекерування, сигналізації, зв'язку, відображення інформації та ін.

Прикладом відображення технологічних величин на пульті диспетчера може служити стенд «ІЕ-ЭДГ», на якому ілюструється багатоканальне табло (рис.3.1), що дозволяє відображати дискретні дані від датчиків струму, напруги, системи повторного включення, газоаналізаторів та ін. Для включення стенду досить натиснути кнопку <START>, а для виключення - <OFF>.

На стенді «ПРЕ-МД» розділ «САК» – система автоматичного контролю ілюструє роботу популярних АСКОВ (автоматичних систем контролю і обліку електроенергії), які не тільки реєструють поточну інформацію від різних датчиків, але і формують лаконічні логічні висновки про можливі причини порушення параметрів електричної мережі. Для включення стенду досить натиснути кнопку «TEST TO» (рис. 12.1).

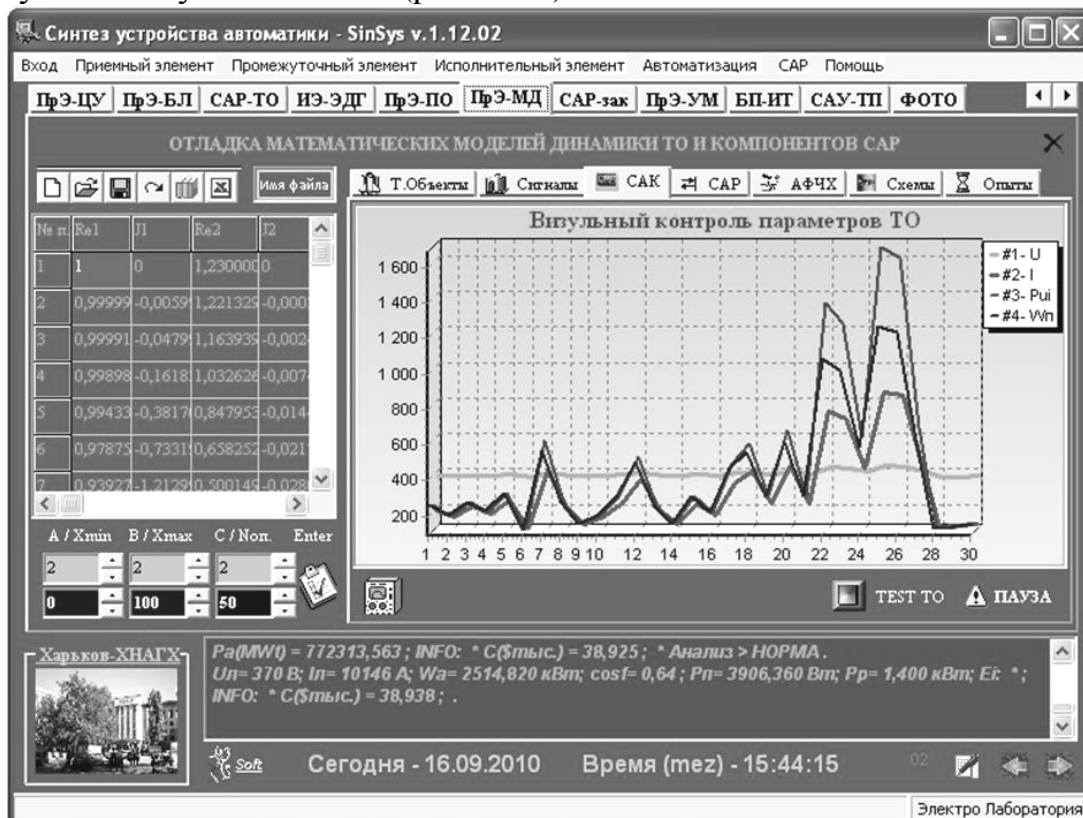


Рис. 12.1 – Стенд візуального контролю і запису параметрів в АСКОВ

На стенді «САУ-ТП» представлені всі прилади, які використовуються в даній моделі АСКОВ (пояснення читайте в спливаючих підказках). Для

включення АСКОЕ необхідно активувати стенд з датчиками і натиснути кнопку **<Включить АСКУЭ>** (рис.11.1). Всі події в мережі будуть представлені записами в електронному журналі **«Logs\_Sinsys»**.

Диспетчерське керування передбачається *одноступінчатим* (з одним пунктом технічної швидкої допомоги - ТШД) або *двоступінчатим* (з декількома районними ДП - РДП й індивідуальними пунктами ТШД). Організація телемеханічного керування тяговими підстанціями зазвичай реалізується з *радіальною структурою*, що забезпечує максимальну надійність.

Багато технічних засобів для організації ДП виконуються на універсальних діодно-транзисторних модулях з використанням засобів обчислювальної техніки. Застосування сучасної мікропроцесорної техніки дозволяє суттєво змінювати не тільки комплектність і габарити устаткування ДП, але і розширювати його можливості.

### 12.1 Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів використовуються Windows-додаток **«SauTP»** до програми **«SinSys»** (рис. 12.1).

Електронний макет системи автоматичного повторного включення (АПВ) тягової підстанції ілюструє роботу реальної системи автоматики при коротких замиканнях (КЗ) в лініях електричного живлення. Захист устаткування ТП від виходу його з ладу при КЗ здійснюється системою автоматики, а керування цією системою, при необхідності, здійснюється з пульта ДП.

Стенд містить фрагмент оперативної схеми керування ТП, кнопки керування, засоби контролю і відображення інформації, ілюструючи взаємодію ТП з ДП.

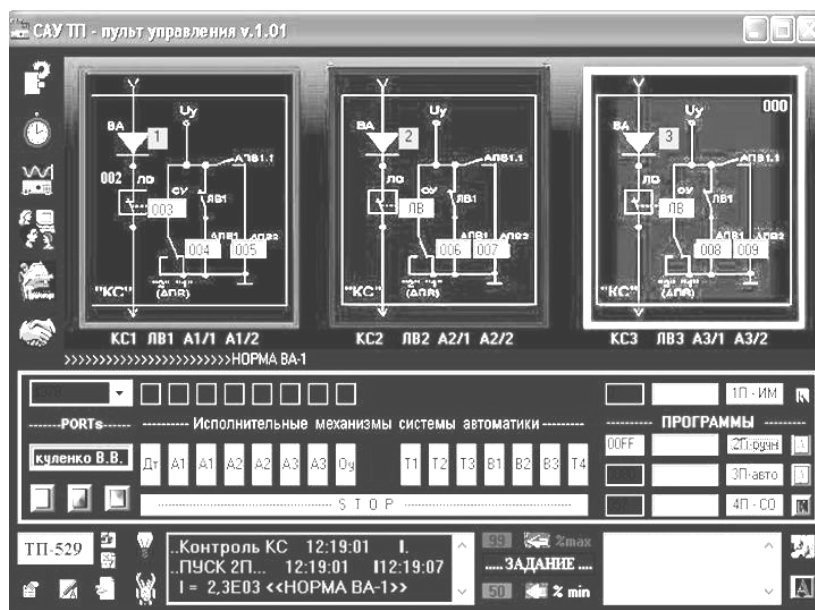


Рис. 12.1 – Інтерфейс програми **«SauTP»** автоматизації тягової підстанції

Для проведення експериментів попередньо до вимкненого комп'ютера необхідно підключити блок сполучення «ПК-ТП» і вивчити технічний опис комплексу мікропроцесорного пристрою автоматики, звернувшись до довідкової інформації в програмі «SinSys».

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, табло і кольорових індикаторів, розміщених на стенді.

### *12.1 Завдання*

1. Вивчити структуру взаємозв'язку ТП з ДП і призначення необхідного устаткування для реалізації автоматичної системи АПВ.
2. Дослідити роботу трьох систем АПВ, якими оснащені випрямні агрегати ТП, при виникненні і усуненні КЗ в лініях живлення.
3. Скласти блок-схему алгоритму роботи мікропроцесорної системи АПВ для ТП.
4. Запропонувати блок-схему комплексу устаткування для реалізації мікропроцесорної системи АПВ ТП і системи керування з ДП на базі побутового комп'ютера.

### *12.2 Порядок виконання роботи*

1. До вимкненому ПК підключити блок сполучення «ПК-ТП».
2. Включити ПК і відкрити програму «SinSys».
3. Вивчити структуру взаємозв'язку ТП з ДП і роботу системи АПВ (SinSys ► «Вход» ► Help-2 SinSys ► «Win – приложения» ► Windows-SoftWare ► Прикладные решения ► Controller's ► Схемы).
4. Представити блок-схему релейної системи АПВ для одного випрямного агрегату ТП.
5. Відкрити програму «SauTP» («SinSys» ► «Автоматизация» ► «Тяговая подстанция (АРМ ТП)» або натиснути кнопки <Ctrl>+<T>).
6. Відкрити мануал «SauTP» (для LPT порту), вивчити призначення всіх компонентів інтерфейсу і порядок користування програмою («SinSys» ► «Автоматизация» ► «Auto-2 тяговой подстанции (АРМ ТП)» чи Ctrl+T).
7. Досліджувати роботу трьох систем АПВ, якими оснащені випрямні агрегати ТП, при виникненні і усуненні КЗ в лініях живлення.
8. Використовуючи електронний журнал реєстрації подій на ТП, проаналізувати записи в ній, що відносяться до проведених експериментів, і скласти опис роботи системи АПВ (табл.12.1).
9. На основі табл.12.1 розробити блок - схему алгоритму функціонування мікропроцесорної системи АПВ.
10. Запропонувати блок-схему комплексу устаткування для реалізації мікропроцесорної системи АПВ.
11. Скласти перелік компонентів для пропонованої системи АПВ.
12. Сформулювати висновки про доцільність впровадження пропонованого технічного рішення на ТП і ДП.



Таблиця 12.1 – Журнал реєстрації роботи системи АПВ

№ п/п	Спостереження за роботою системи автоматизації ТП				Примітка
	Параметр и контролю	Виконувана функція	Виконавчі елементи	Сигнальні елементи	
1					
2					
...					
n					

#### 12.4 Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, причину проектування засобів автоматики для реального технологічного об'єкта відомого підприємства, блок-схему релейної системи АПВ, фрагмент електронного журналу з результатами експериментів, опис роботи системи АПВ, блок-схему алгоритму функціонування мікропроцесорної системи АПВ, перелік устаткування для реалізації системи АПВ ТП на базі побутового комп'ютера, що розміщується на ДП, виводи.

#### Контрольні питання

1. Поясніть особливості мікропроцесорних засобів автоматики.
2. Чим обумовлено впровадження мікропроцесорної автоматики на ТО?
3. Що таке тягова підстанція?
4. Що таке диспетчерський пункт?
5. Які ТО на ЕТ відносяться до автоматизованих?
6. Для чого необхідна система АПВ на ТП?
7. У чому переваги мікропроцесорної системи АПВ в порівнянні з релейно-контактною схемою?
8. У чому недоліки мікропроцесорної системи АПВ?

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МИЙНО-ПРИБИРАЛЬНОГО КОРПУСУ ДЕПО

**Мета роботи:** вивчити організацію постів обслуговування транспорту в мийно-прибиральному корпусі (МПК) депо і розробити блок - схему алгоритму функціонування мікропроцесорної системи для автоматизації цього технологічного об'єкту.

### *Короткі відомості з теорії*

Установки для миття транспорту в експлуатаційних депо управляються оператором *мийно-прибирального корпусу* (МПК). Організація всього циклу мийно-прибиральних робіт в МПК є сукупністю операцій, що виконуються на окремих постах (сукупність електромеханічного устаткування для виконання певного виду прибиральних робіт).

Згідно технології обслуговування транспорту, на постах використовуються пілососи, мийні установки, насоси для подачі технічної води, вентилятори для сушки рухомих одиниць та ін. Керування всім устаткуванням в МПК здійснюється з пульта оператора. Системи автоматики на таких ТО реалізуються за допомогою релейно-контактних схем.

*Мікропроцесорна автоматика* (засоби автоматизації технологічних процесів, реалізовані на базі мікропроцесорів) знаходить широке застосування в МПК. Впровадження мікропроцесорної техніки обумовлене можливістю організації автоматичного керування процесом прибирання рухомих одиниць в строгій відповідності з технологією, вживаною в конкретному МПК.

Проектування МПК зазвичай виконується відповідно до технічного завдання транспортного підприємства. Сучасні МПК завжди оснащують *локальною водоочисною установкою* (забезпечує багатократне використання технічної води), *устаткуванням для дезинфекції салонів* (знищення збудників хвороб), очищення і оновлення декоративних матеріалів салону, поліровки кузова та ін.

Очевидно, що обслуговування певних видів транспорту завжди враховується при проектуванні МПК з урахуванням можливості використання систем автоматизації, оскільки ручне керування устаткуванням не завжди виправдане і може служити причиною збоїв в роботі МПК.

### *13.1 Опис лабораторного стенду*

Для проведення експериментів використовується Windows-додаток «**SauMuk**» до програми «SinSys» (рис. 13.1).

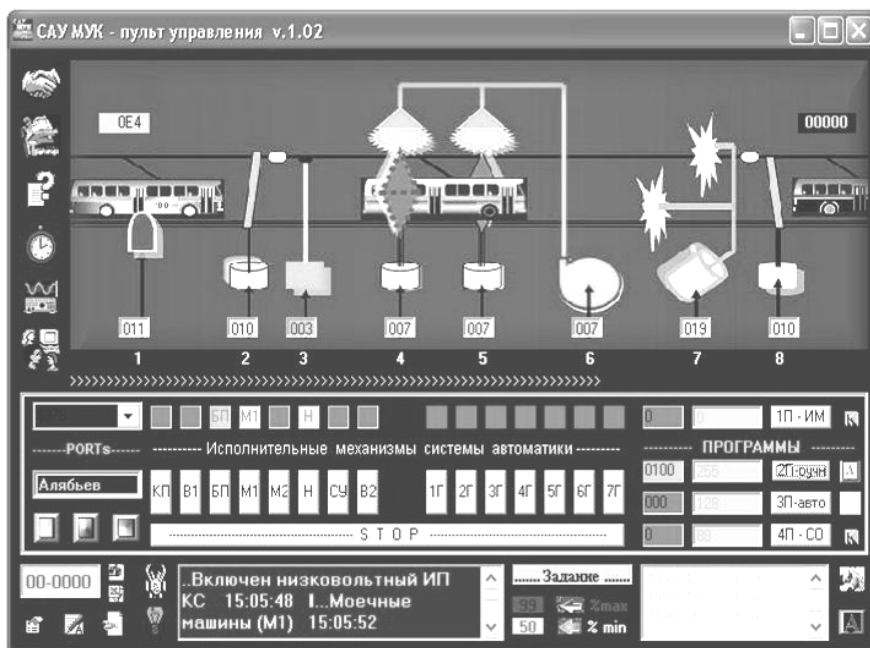


Рис. 13.1 – Интерфейс програми «SauMuk» для керування процесом обслуговування транспорту в МПК

Електронний макет керування процесом обслуговування рухомих одиниць в МПК ілюструє організацію постів обслуговування в тролейбусному депо. Оскільки тролейбус може служити причиною поразки електричним струмом обслуговуючого персоналу і пасажирів, то характерною межею МПК для електротранспорту, є обов'язкова організація поста контролю струму витoku ізоляції високовольтного устаткування (пости контролю струму витoku організовують перед виходом на лінію і в ряді крапок на маршрутах). Для підвищення безпеки роботи в корпусі контактну мережу рекомендується підключати до автономного низьковольтного джерела живлення.

Інтерфейс стенду містить ілюстрацію переміщення рухомої одиниці в МПК, кнопки керування, засобу контролю, табло відображення інформації та ін.

Для проведення експериментів необхідно попередньо до вимкненого комп'ютера підключити зовнішній блок з'єднання і вивчити технічний опис комплексу мікропроцесорного пристрою автоматики, звернувшись до довідкової інформації в **Help** «SinSys».

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення всіх кнопок керування, табло і кольорових індикаторів, розміщених на стенді.

### 13.2 Завдання

1. Вивчити порядок обслуговування рухомого транспорту МПК.
2. Вивчити організацію постів обслуговування МПК в тролейбусному депо.
3. Дослідити порядок активації устаткування на постах.

4. Скласти блок-схему алгоритму роботи мікропроцесорної системи керування процесом обслуговування МПК.

5. Запропонувати блок-схему комплекту засобів автоматики для керування процесом обслуговування рухомого транспорту в МПК на базі побутового комп'ютера.

### *13.3 Порядок виконання роботи*

1. До вимкненого ПК підключити блок з'єднання «ПК-МУК».

2. Включити ПК і відкрити програму «SinSys».

3. Вивчити організацію і взаємозв'язок постів обслуговування транспорту в тролейбусному МПК SinSys ► «Вход» ► Help-2 SinSys ► «Win – приложения» ► Windows-SoftWare ► «Прикладные решения» ► Controller's ► «Схемы»).

4. Представити блок-схему системи автоматизації процесу обслуговування тролейбусів МПК.

5. Відкрити програму «**SauMuk**» («SinSys» ► «Автоматизация» ► «Моечного корпуса (АРМ МУК)» або натиснути кнопки <Ctrl>+<U>).

6. Відкрити мануал «**SauMuk**» (для LPT порту), вивчити призначення всіх компонентів інтерфейсу і порядок користування програмою («SinSys» ► «Автоматизация» ► «Auto-3 Моечного корпуса (АРМ МУК)» чи Ctrl+U).

7. Досліджувати роботу устаткування на постах МПК в автоматичному режимі.

8. Використовуючи електронний журнал реєстрації роботи САР, проаналізувати записи в ній, що відносяться до проведених експериментів (табл. 13.1).

9. Користуючись табл. 13.1, розробити блок-схему алгоритму функціонування мікропроцесорної системи автоматизації МПК.

10. Запропонувати блок-схему комплекту устаткування для реалізації мікропроцесорної системи автоматики МПК.

11. Скласти перелік компонентів для пропонованої САР.

12. Сформулювати висновки про доцільність впровадження пропонованого технічного рішення в МПК тролейбусного депо.

### *13.4 Зміст звіту*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: найменування і мету роботи, причину проектування засобів автоматики для реального технологічного об'єкта відомого підприємства, блок-схему релейної САР, фрагмент електронного журналу з результатами експериментів, блок-схему алгоритму функціонування мікропроцесорної САР, перелік устаткування для реалізації САР в МПК на базі побутового комп'ютера, висновки.

Таблиця 13.1 – Журнал реєстрації роботи САР в МПК

№ п/п	Спостереження за роботою устаткування в МПК				Примітка
	Пост обслуговування	Устаткування	Керування виконавчими елементами	Сигналізація	
1					
2					
...					
n					

*Контрольні питання*

1. Поясніть особливості мікропроцесорних засобів автоматики.
2. Поясніть призначення МПК.
3. Поясніть особливості обслуговування електротранспорту МПК.
4. Чим обумовлено впровадження автоматики в МПК?
5. Які МПК відносяться до автоматизованих?
6. Для чого необхідний контроль потенціалу на транспорті?
7. У чому переваги мікропроцесорної САР в порівнянні з релейно-контактною схемою?
9. У чому недоліки мікропроцесорної САР?

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИФРОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ОБМІНУ ДАНИМИ

**Мета роботи:** досліджувати цифрову систему дистанційного контролю параметрів ТО і обміну даними, розробити функціональну схему автоматики і блок - схему пристрою для реалізації системи обміну інформацією між різними технологічними об'єктами.

### *Короткі відомості з теорії*

На зміну пристроям для примітивної передачі *дискретній інформації* («норма», «небезпечно», «тривога» та ін.) про стан технологічних об'єктів, яка здійснювалася релейними пристроями і засобами сигналізації, прийшли *цифрові пристрої* (комплект мікропроцесорних пристроїв з оригінальними програмними продуктами), що забезпечують надійний дистанційний обмін даними і керування виконавчими елементами. *Цифрові засоби керування і обміну даними* (мікропроцесорні пристрої, периферійне устаткування, засоби селективної передачі і прийому цифрової інформації та ін.) реалізуються за допомогою мікропроцесорної техніки.

Загальна *конфігурація мікропроцесорної системи* обміну даними придатна для роботи з будь-якими перетворювачами технологічних величин включає: *нормалізатор електричного інформаційного сигналу, АЦП, ЦАП, мікропроцесорний пристрій із спеціальною програмою, пакетний термінал* (мікропроцесорний прийомно-передавальний пристрій для керування і обробки даних), *прийомно-передаючий пристрій, засоби активації каналу зв'язку* (телефонний або радіоканал), *органи ручного керування засобами автоматики*.

Вся цифрова (*Digital*) комунікація між об'єктами обміну даними здійснюється *пакетами* або *порціями* (блок даних в мережі передачі, що включає заголовок і поле даних від 8 *біт* до *декількох сотень байтів*).

*Пакетний термінал або модем* (модулятор - демодулятор цифрової інформації) взаємодіє з мікропроцесорним пристроєм поодинокі фізичному каналу послідовної передачі пакетів даних. Зазвичай термінал є автономний периферійний пристрій, що підключається, наприклад, до певного порту ПК: COM1, COM2, COMn, USB.

*Швидкість обміну даними* залежить від настройок терміналу і вибирається залежно від використовуваного каналу обміну даними, рівня перешкод в каналі зв'язку та ін. чинників. Більшість модемів мають строго певні уставки швидкості обміну (від 110 до 256000 Бод). *Найменшою величиною швидкості* передачі цифровій інформації є 1Бод (1 біт/с).

Цифрову інформацію перед її передачею в канал зв'язку *модулюють*, а на приймальній стороні *демодулюють*, що дозволяє підвищити захист даних від дії перешкод. У більшості модуляторів використовують *двохтональну модуляцію* з перебудованою смугою.

Формування в цифрових повідомленнях визначених *кодових посилок* дозволяє в реальному часі на значних відстанях керувати і терміналами, і виконавчими елементами ТО.

Для організації селективного принципу роботи в каналі зв'язку в мікропроцесорній техніці програмними засобами реалізують *систему паролів* та інші цифрові методи розпізнавання джерел інформації за принципом «СВІЙ-ЧУЖИЙ». *Вдосконалення програмного забезпечення* (зміна функціональних можливостей цифрової техніки без зміни схеми її реалізації) в мікропроцесорних системах автоматики, дозволяє постійно удосконалювати пристрої («залізо») обміну даними, вживані на об'єктах керування.

#### 14.1 Опис лабораторних стендів

Для проведення експериментів використовуються стенди «ПрЭ–ПО» (рис.14.1) і «Аналізатор INFO-sign» (рис.14.2) - додаток до програм «SauMuk», «SauTP».

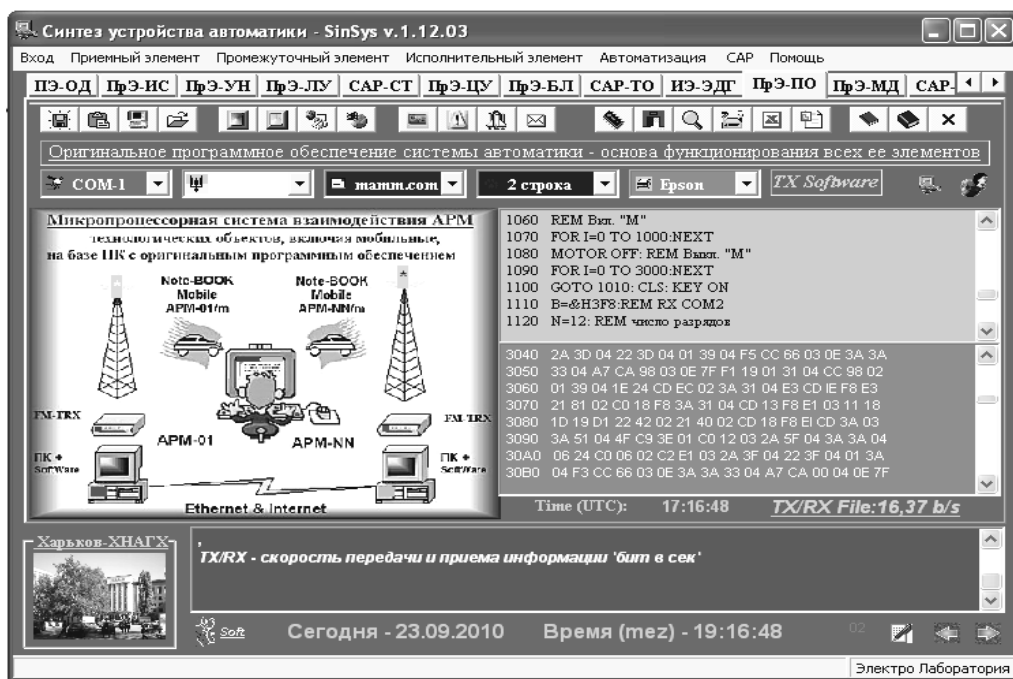


Рис. 14.1 – Интерфейс стенду периферийного устаткування для цифрового обміну інформацією

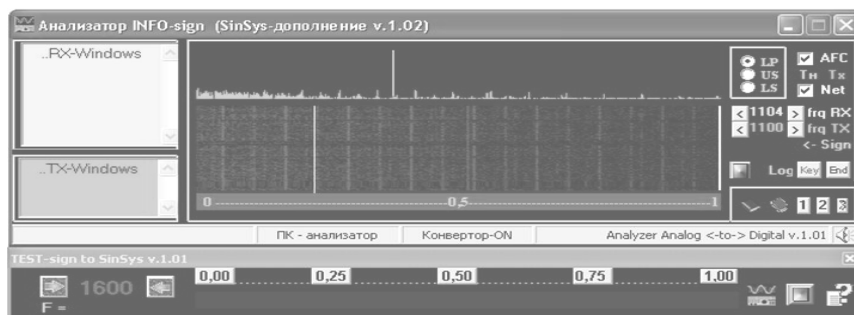


Рис. 14.2 – Интерфейс программы «Аналізатор INFO-sign»

Стенд «ПрЭ–ПО» (рис. 14.1) ілюструє принцип двотональної модуляції цифрової інформації і передачу даних за різними каналами комунікації з використанням терміналів, що підключаються до різних портів ПК. Стенд оснащений аудіозасобами для демонстрації принципу формування Digital-info і лічильником визначення швидкості передачі даних.

«Аналізатор INFO-sign» (рис. 14.2) ілюструє роботу аналізатора інформаційного сигналу, який реалізований програмними засобами. Аналізатор забезпечує в реальному часі контроль інформації від датчиків, оснащених однотоновими аналоговими перетворювачами «Параметр-частота», декодування цифрової інформації, передача якої здійснюється з використанням двотональної модуляції, кодування і передачу смислових текстів із застосуванням двотональної модуляції.

Стенд «Аналізатор INFO-sign» оснащений тест-датчиками сигналів від перетворювача «Параметр-частота» і формувача смислового тексту.

Всі інтерфейси стендів оснащені кнопками керування, засобами контролю, табло відображення інформації та ін.

Для проведення експериментів заздалегідь необхідно ознайомитися з технічним описом комплексу мікропроцесорного пристрою для обміну даними, звернувшись до довідкової інформації в **Help** «SinSys».

Скориставшись спливаючими підказками, слід з'ясувати призначення розміщених на стендах кнопок керування, прихованих табло і екранів для публікації інформації.

Слід пам'ятати, що проведення всіх експериментів можливе на побутовому комп'ютері, оснащеному звуковою картою.

## *14.2 Завдання*

1. Вивчити принцип модуляції цифрової інформації, пристрій і призначення компонентів устаткування для обміну даними.
2. Дослідити роботу двотонального модулятора із застосуванням терміналів, що підключаються до різних портів ПК.
3. Досліджувати роботу аналізатора інформаційних сигналів тест-датчиків.
4. Запропонувати функціональну схему системи автоматизації з пристроєм для обміну даними.
5. Скласти блок-схему комплексу мікропроцесорного пристрою для реалізації пропонованої функціональної схеми автоматизації.

## *14.3 Порядок виконання роботи*

1. Вивчити принцип модуляції-демодуляції цифрової інформації, пристрій і призначення компонентів устаткування для обміну даними.
2. У програмі SinSys відкрити стенд «ПрЭ–ПО».
3. Вивчити організацію обміну інформацією між технологічними об'єктами і роботу двотонального модулятора, змінюючи порт комунікації.



4. Відкрити програму «Аналізатор INFO-sign» (для COM2 порту) (Пуск ➤ «Программы» ➤ «SinSys» ➤ «Analyze»), провести експерименти тест-генераторами, виконати копіювання інформації з електронних журналів, використовуючи будь-яку програму - редактор текстів.

5. Запропонувати функціональну схему пристрою автоматизації з устаткуванням для дистанційного обміну даними.

6. Представити блок-схему мікропроцесорного пристрою для реалізації обміну даними між технологічними об'єктами.

7. Скласти перелік компонентів для пропонованої САР.

8. Сформулювати висновки про можливість впровадження пропонованого технічного рішення на об'єктах транспорту.

#### *14.4 Зміст звіту*

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: найменування і мету роботи, типову блок-схему пристрою для організації обміну даними між ТО, копію тексту електронного журналу, функціональну схему пристрою автоматизації з мікропроцесорним блоком для обміну даними, блок-схему пристрою для реалізації пропонованого технічного рішення, перелік компонентів для реалізації системи дистанційного обміну інформацією, висновки.

#### *Контрольні питання:*

1. Поясніть різницю між дискретною і цифровою видами інформації.
2. Що входить в комплект мікропроцесорної техніки для дистанційного обміну даними?
3. Поясніть принцип модуляції дискретної і цифрової інформації.
4. Що таке пакетний зв'язок?
5. Поясніть призначення пакетного терміналу.
6. У чому різниця між портами комунікації мікропроцесорного пристрою?
7. Чому в терміналах змінюють швидкість обміну даними?
8. Що таке Бод?
9. У чому різниця між одно- і двотональними інформаційними сигналами?
10. Поясніть можливості вдосконалення мікропроцесорних систем обміну даними?
11. У чому різниця між аналоговими і цифровими інформаційними сигналами?
12. Які датчики-перетворювачі зручно застосовувати в системах обміну даними?

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЯТОРІВ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

**Мета роботи:** вивчити технічні засоби і досліджувати перехідні характеристики технологічного об'єкту з САР, що включає мікроконтролери, що реалізують різні закони регулювання.

### *Короткі відомості з теорії*

Для керування технологічними процесами в ТО будь-якої складності використовують автоматичні регулюючі пристрої або регулятори.

Сучасними регуляторами є мікропроцесорні контролери (МПК), що реалізують позиційне регулювання - *Пз*, а також всі відомі складніші *П-*, *ПІ-*, *ПД-*, *ПІД-* закони регулювання.

Програмовані мікроконтролери, функціонуючи в строгій відповідності з вибраними законами, крім того, забезпечують нормалізацію початкової і вихідної інформації, сигналізацію гранично допустимих рівнів контрольованих величин, діагностику ліній зв'язку, датчиків, виконавчих пристроїв, адаптуються для роботи в локальних і глобальних мережах, з допоміжним устаткуванням придатні для дистанційного безпроводного керування ТО і багато що інше. Для користувача ці пристрої відрізняються простотою і високою надійністю при експлуатації.

В даний час розробляються адаптивні регулятори, які самостійно визначають параметри настройок, компенсацію часу запізнювання та ін. величини, забезпечуючи малу динамічну помилку керованого параметра.

Роботу регуляторів оцінюють за перехідними характеристиками технологічних об'єктів, застосовуючи задані збурення на вході ТО за вибраним каналом керування, реєструючи зміни на його виході.

**ПОЗИЦІЙНЕ РЕГУЛЮВАННЯ (*Пз*)** - релейне, коли вихідна величина регулятора може приймати тільки заздалегідь відомі значення ( $Y_{min}$ ,  $Y_{max}$ ) і припиняється, коли контрольована ордината на виході ТО досягне заданого значення.

**ІНТЕГРАЛЬНИЙ регулятор (*I*)** – вихідний сигнал регулятора пропорційний інтегралу відхилення вихідної величини ТО від заданого значення за часом. Динамічне відношення виражається передавальною функцією

$$W(p) = \frac{1}{T_i \cdot p} \quad (15.1)$$

де  $T_i$  – настроювальний параметр (час інтеграції).

**ПРОПОРЦІЙНИЙ регулятор (*П*)** – вихідний сигнал такого приладу міняється пропорційно зміні контрольованого параметра або вхідної величини

(всі зміни знаходяться в межах зони регулювання). Звичайно це замкнутий контур негативного зворотного зв'язку. Рівняння динаміки має вигляд

$$W(p) = kp, \quad (15.2)$$

де  $k$  – коефіцієнт передачі (коефіцієнт посилення завжди більше 1).

*ПРОПОРЦІЙНО-ІНТЕГРАЛЬНИЙ регулятор (ПІ)* – вихідний сигнал змінюється під дією пропорційною і інтегральною складових. Передавальна функція схеми такого пристрою має вигляд

$$W(p) = kp + \frac{1}{T_i \cdot p}. \quad (15.3)$$

ПІ-регулятор реагує з деяким відставанням в порівнянні з П-регулятором, але випереджає дію І-регулятора.

*ПРОПОРЦІЙНО-ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ регулятор (ПД) і ПРОПОРЦІЙНО-ІНТЕГРАЛЬНО-ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ регулятор (ПІД)* – дозволяють у ряді випадків підвищити якість регулювання за рахунок обліку швидкості зміни вхідної величини регулятора, званою диференціальною складовою. Вплив Д-складової в ПД- і ПІД-регуляторах однакова. У замкнутому контурі при відхиленні регульованої величини від заданого значення ПД-регулятор вступає в роботу раніше, ніж відомий П-регулятор. Передавальна функція має вигляд

$$W(p) = kp + T_D \cdot p, \quad (15.4)$$

де  $T_D$  - настроювальний параметр (час диференціювання).

Приклади формування сигналів керування за допомогою різних автоматичних регуляторів ілюструє стенд **ПрЭ-МД** в розділі <САР> (рис. 15.1).

### 15.1. Опис лабораторного стенду

Для проведення експериментів і виконання необхідних експериментів використовується лабораторний стенд **САР-зак** (рис. 15.1).

Стенд **САР-зак** (рис.15.2) ілюструє технічні засоби, що реалізують відомі закони регулювання і призначений для вивчення роботи регуляторів і мікроконтролерів, використовуваних при синтезі систем автоматичного регулювання (САР).

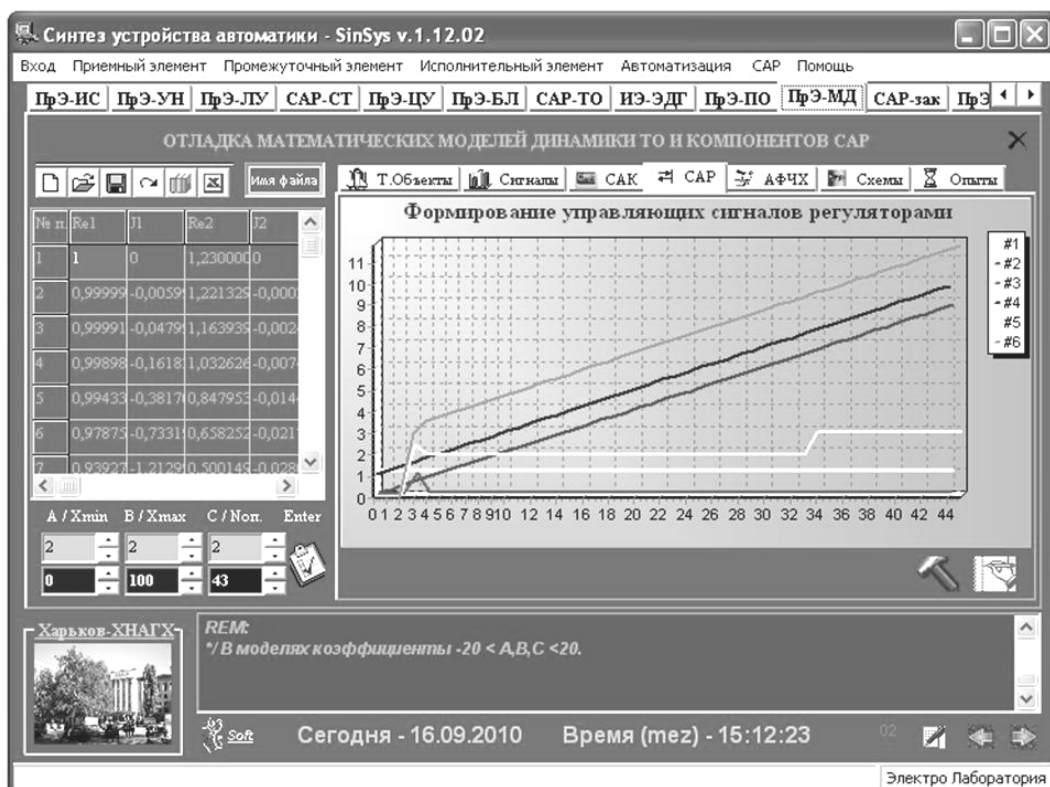


Рис. 15.1 – Стенд демонстрації формування керуючих сигналів

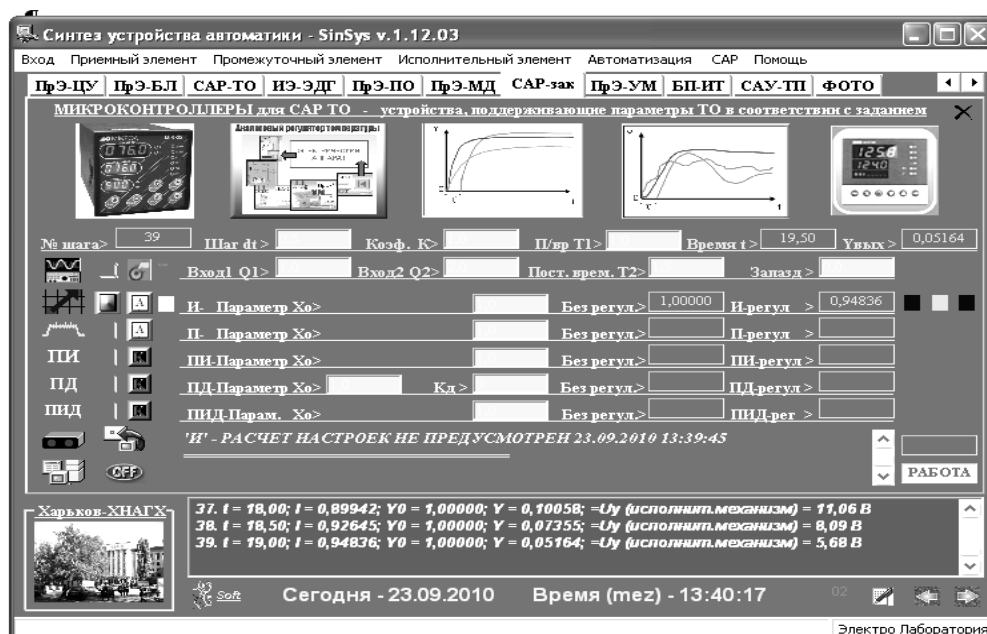


Рис. 15.2 – Интерфейс стенду мікроконтролерів

## 15.2. Опис лабораторного стенду

Для проведения экспериментов и выполнения необходимых экспериментов используется лабораторный стенд **Сар-зак** (рис. 15.2), на котором больше всего представлены все рассмотренные выше управляющие устройства, которые реализуют законы регулирования, а также позиционный регулятор. Для активации выбранного регулятора следует нажать на стенде кнопку, сплывающая подсказка которой,

відображає певний закон регулювання, наприклад, **«Интегральное регулирование»**, вибрати **«Ручной»** або **«Автоматический»** рахунок і **натиснути його покажчиком мишки**. Регулятор почне формування керуючої дії, про що свідчить сигналізатор і табло **«РАБОТА»**. При цьому будуть задіяні всі компоненти, на базі яких синтезований регулятор: *ПІ* – пропорційний і інтегральний, *ПД* – пропорційний і диференціальний і тому подібне. Електронний журнал **<Logs\_SinSys>** автоматично фіксує всі дані для їх подальшого збереження (кнопка **<Сохранить Logs\_SinSys>**).

Для зміни початкових даних користуйтеся спочатку кнопкою **<Сброс данных>**.

Для тестування засобів сигналізації призначена кнопка **<TEST>**.

Отримані при експериментах настройки регуляторів можна зберегти у файлі із заданим ім'ям за допомогою кнопки **<Сохранить расчет настроек как...>**.

Стенд також дозволяє моделювати перехідні процеси ТО з початковими даними, що вводять у вікна **«К-коэффициент»** передачі, **T1, T2**, – постійні часу, **tз**- час запізнювання. Вихідна величина **Увых**. формується з дискретністю **dt**, яку можна задавати у вікні **<Шаг dt>**

Для виключення стенду слід користуватися кнопкою **<OFF>**.

Для знайомства з технічними характеристиками реального МП-регулятора покажчиком мишки слід натиснути зображення технічного засобу **<МП-регулятор>**.

Щоб пригадати приклад САР, в якій використовується регулятор достатньо покажчиком мишки натиснути зображення **< Структура замкнутой САР >**.

Перехідні процеси в ТО 1-го і 2-го порядку можна отримати після натиснення покажчиком мишки **<Переходные процессы ТО 1-го порядка>** і **<Переходные процессы ТО 2-го порядка>**, відповідно.

Найбільш поширений на об'єктах комунального господарства позиційний регулятор **Пз** включається при натисненні покажчиком мишки зображення **<Позиционный регулятор>**. Кольорові індикатори **Пз-регулятора** сигналізують його роботу **<РАБОТА>**, контрольовані рівні параметра **Увых**, які автоматично змінюються, а в журналі реєстрації **<Logs\_SinSys>** ведеться запис з необхідними коментарями, що дозволяють зрозуміти принципи позиціонування і формування дискретних керуючих величин.

Стенд оснащений вікнами для вводу початкових даних і табло для публікації результатів розрахунку. У всіх програмованих регуляторах передбачена зміна уставок параметрів настройки, електронний журнал для реєстрації вхідних і вихідних величин технологічного об'єкту з САР зворотної дії (найбільш розповсюдженої на об'єктах транспорту). Стенд оснащений органами ручного (покрокового) і автоматичного режимів роботи МПК.

Для освоєння програми заздалегідь необхідно засвоїти принципи роботи кожного регулятора, а надалі, скориставшись спливаючими підказками, з'ясувати призначення всіх компонентів на стенді. Виконання пробних запусків пристроїв, збереження і видалення даних при виконанні різних етапів

індивідуального завдання дозволить зрозуміти принципи настройки найскладніших автоматичних регуляторів.

### 15.3. Завдання

1. Вивчити принцип роботи стенду **САР-зак** з автоматичними регуляторами.
2. Виконати необхідні експерименти з регуляторами.
3. Побудувати перехідні характеристики.

Таблиця 15.1 – Експериментальні дослідження мікроконтролерів

№ п/п	Закон регулювання, МПК, що реалізовується	Час, с	Сигнал регуля- тора, В	Вихідний сигнал ТО, $Y_0$ (без регулятора)	Вихідний сигнал ТО, $Y$ (з регулятором)
1	I-закон	0			
	...				
2	П-закон	0			
	...				
3	ПІ-закон	0			
4	ПД-закон	0			
5	ПІД-закон	0			

### 15.4. Порядок виконання роботи

1. Відкрити лабораторний стенд **САР-зак** і вивчити його роботу.
2. Скласти таблицю дослідів із мікроконтролерами (табл. 15.1).
3. Виконати необхідні досліди з різними регуляторами і спостережені результати перенести в табл.15.1 (чи скопіювати електронні журнали реєстрації).
4. Побудувати перехідні характеристики  $R=f(t)$ ;  $Y_0=f(t)$ ;  $Y=f(t)$  для всіх регуляторів (для кожного регулятора окремо).
5. Сформулювати висновки о роботі пристроїв автоматики.

### 15.5. Зміст звіту

Зміст по лабораторній роботі повинен мати: найменування і ціль роботи, блок-схему САР с регулятором, таблицю дослідних даних, графічні залежності, висновки.

#### Контрольні питання:

1. Для чого використовують САР?

2. Назвіть и поясніть призначення компонентів типової САР за відхиленням.
3. Перелічіть відомі закони регулювання.
4. В чому особливості П-регулятора?
5. Поясніть роботу І-регулятора.
6. Як формується керуючий сигнал в Д-регуляторі?
7. Який має вигляд електрона модель П-регулятора?
8. Який має вигляд електрона модель ПІ-регулятора?
9. Який має вигляд електрона модель ПІД-регулятора?
10. Які існують рекомендації при виборі регулятора для конкретного технологічного об'єкта?
11. В чому різниця перехідних процесів в ТО с САР на базі П-, ПІ-, ПІД-регуляторів?
12. Які існують рекомендації для синтезу САР, якщо якість перехідного процесу при відомих регуляторах не відповідають вимогам?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Єсаулов С.М. Периферійні компоненти мікропроцесорних пристроїв. Методичні вказівки до вивчення курсу "Мікропроцесорні пристрої" і виконання контрольної та самостійної робіт (для студентів 4-5 курсу усіх форм навчання спеціальності 7.092 202 «Електричний транспорт») - Харків: ХНАМГ, 2007.- 63 с.
2. Єсаулов С.М. Мікропроцесорні пристрої на електротранспорті. Навчальний посібник з курсу «Мікропроцесорні пристрої» (для студентів 4-5 курсів усіх форм навчання спеціальності 7.092.202 - "Електричний транспорт") – Харків: ХНАМГ, 2007. – 182с.
3. Єсаулов С.М. Мікропроцесорні пристрої. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу „Мікропроцесорні пристрої” (для студентів 4 курсу усіх форм навчання спец. 7.092202 „Електричний транспорт”. – Харків: ХНАМГ, 2006. -66 с.
4. Єсаулов С.М. SinSys – учебная программа для домашнего ПК студента. - [www.tmn.hotmail.ru](http://www.tmn.hotmail.ru), ©2004-2007.
5. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
6. Воронов А.А. Теория автоматического управления. – М.: Высш. школа, 1986. – 356 с.
7. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Автоматизация производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации. – М.: Химия, 1992. – 299 с.
8. Ключев А.С., Глазов Б.В., Миндин М.Б. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.
9. Ротач В.Я. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 296 с.



## ДОДАТКИ

Таблиця Д1 – Варіанти завдань

№ варіанту	Технологічний об'єкт	Параметри		Керування ІЕ	
		контролю	регулювання	автоматичне	ручне
1	Компресор	Струм	Тиск	+	-
2	Випрямний агрегат	Температура	Напруга	+	-
3	Електропривод	Напруга	Напруга	+	+
4	Електронасос	Температура	Напруга	+	-
5	Електропривод	Швидкість	Струм	+	-
6	Компресор	Тиск	Тиск	+	+
7	Випрямний агрегат	Напруга	Струм	+	+
8	Вентилятор	Температура	Напруга	+	-
9	Водонагрівач	Температура	Напруга	+	-
10	Вулканізатор	Температура	Напруга	+	-
11	Автомобіль	Температура	Швидкість	+	-
12	Тягова підстанція	Концентрація газу	Напруга	+	+
13	Пристрій захисту від КЗ	Струм	Напруга	+	-
14	Освітлювальні прилади	Освітленість	Напруга	+	+
15	Реверсивний двигун	Швидкість	Напруга	+	-
16	Освітлювальні прилади	Освітленість	Потужність	+	+
17	Реверсивний двигун	Швидкість	Струм	+	-
18	Електромобіль	Швидкість	Струм	+	+
19	Трансформатор	Температура	Струм	+	-
20	Електропривод	Швидкість	Температура	+	-
21	Компресор	Тиск	Температура	+	+
22	Випрямний агрегат	Напруга	Напруга	+	+
23	Вентилятор	Температура	Температура	+	-
24	Електропривод	Концентрація	Напруга	+	+
25	Електропривід	Температура	Напруга	+	-
26	Електродвигун	Швидкість	Струм	+	-
27	Компресор	Температура	Температура	+	+
28	Випрямний агрегат	Напруга	Потужність	+	+
29	Вентилятор	Потужність	Напруга	+	-
30	Регулятор потужності	Потужність	Напруга	+	+

Таблиця Д2 – Дані деяких електричних мікромашин

Тип	Опір обмотки якоря, Ом	Струм, А	Струм збудження, А	Напруга, В	Потужність, Вт	Швидкість, об/хв.
Тахогенератори: Д101	330	0,1	0,065	=110	-	1500
ТГ-3	430	0,01	0,5	=27	-	4000
ТД-201	780	0,2	0,1	=110	-	1000
Виконавчі двигуни: СЛ-221	117	0,35	0,05	=110	13	3700
СЛ-281	1,15	2,4	0,26	=24	26	5200
СЛ-321	25,8	0,7	0,11	=110	38	3000
СЛ-621	3	2,3	0,16	=110	172	2400
Двигуни з пост. магнітом: ДПМ-20.1	-	0,15	-	=27	-	9000
ДПМ-20.2	-	0,15	-	=27	-	6000
ДПМ-20.3	-	0,15	-	=27	-	4500
ДПМ-25.1	-	0,65	-	=12	-	9000
ДПМ-25.2	-	0,6	-	=12	-	6000
ДПМ-25.3	-	0,52	-	=12	-	4500
ДПМ-25.4	-	0,28	-	=12	-	2500
Двигуни постійного струму: ПЯ-5	-	1,65	-	=6	5	3000
ПЯ-50	-	7,5	-	=12	50	3000
ПЯ-250	-	9,5	-	=36	250	3000
ПЯ-500	-	13,8	-	=48	500	3000
Мікродвигуни: ДПР-12.1	-	0,034	-	=12	-	9000
ДПР-12.2	-	0,04	-	=6	-	4500
ДПР-32	-	0,082	-	=27	-	6000
Асинхронні однофазні: АОЛ-011-2	-	0,49	-	~220	30	2880
АОЛ-11-2	-	1	-	~220	120	2890
АОЛБ-22-2	-	2,7	-	~220	270	2890
АОЛБ-11-4.1	-	1,1	-	~110	50	1420
АОЛБ-12-4.1	-	1,45	-	~110	80	1420
Асинхронні мікродвигуни: УАД-12	-	0,055	-	~220	1,5	2700
УАД-32	-	0,11	-	~220	2	2700
УАД-72.1	-	0,4	-	~110	70	3700
УАД-44	-	0,13	-	~220	6	1280
УАД-44.1	-	0,15	-	~110	8	2700
УАД-54	-	0,17	-	~220	9	1280
Конденсаторні: УАД-12	-	0,055	-	~220	1	2750
УАД-22	-	0,08	-	~220	3	2750
УАД-32.1	-	0,16	-	~110	6	2750
УАД-54.1	-	0,16	-	~110	7	1300
УАД-44	-	0,14	-	~220	4	1300
Асинхронні виконавчі: АСМ-50	-	-	-	=110	0,67	1300
АСМ-100	-	-	-	=110	1,32	1280
АСМ-200	-	-	-	=110	2,4	1180
АСМ-400	-	-	-	=110	4,6	1120
ДИД-1ТА	-	-	-	=36	1	11800
ДИД-5ТА	-	-	-	=36	2	10800
АДП-120	-	-	-	=110	2,4	4000
АДП-262	-	-	-	=110	9,5	1850
АДП-362	-	-	-	=110	19	1750

Таблиця Д3 – Оригінали і зображення функцій з Лапласу

Номер формули	Оригінал	Зображення
1	$1(t)$	$1/p$
2	$d(t)$	1
3	$t$	$1/p^2$
4	$\exp(-at)$	$1/(p+a)$
5	$\sin at$	$a/(p^2+a^2)$
6	$\cos at$	$p/(p^2+a^2)$
7	$1-\exp(-at)$	$a/p(p+a)$
8	$\exp^(-at)(1-at)$	$p/(p+a)^2$
9	$\exp^(-at)+at-1$	$a^2/p^2(p+a)$
10	$af(t)$	$aF(p)$

*Навчальне видання*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
ТА УСТАНОВОК**

*(для студентів 5 – 6 курсів усіх форм навчання  
за спеціальностями 7.05070204, 8.05070204 – «Електромеханічні системи  
автоматизації та електропривод»)*

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

Відповідальний за випуск *О. Ф. Бабичева*

За авторською редакцією

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

План 2013, поз.126М

---

Підп. до друку 30.05.2013  
Друк на ризографі.  
Зам. №

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

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.