

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
„УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних занять з дисципліни
«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»
за освітнім рівнем «БАКАЛАВР» для студентів спеціальності
«151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП’ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Затверджено на засіданні кафедри
комп’ютерно-інтегрованих технологій
та автоматизації
Протокол № 2 від 22.11.2018

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ» за освітнім рівнем «БАКАЛАВР» для студентів спеціальності «151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ» / Укл.: Н.О. Мінакова, І.Л. Левчук, Я.О. Довгополий. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2019. – 25 с.

Укладачі: Н.О. Мінакова, канд. техн. наук
І.Л. Левчук, канд. техн. наук
Я.О. Довгополий

Відповідальний за випуск О.П. Мисов, канд. тех. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ» за освітнім рівнем «БАКАЛАВР» для студентів спеціальності «151 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Укладачі: МІНАКОВА Наталія Олександрівна
ЛЕВЧУК Ігор Леонідович
ДОВГОПОЛИЙ Ярослав Олександрович

Технічний редактор Л.Я. Гоцуцова
Комп'ютерна верстка Л.Я. Гоцуцова

Підп. до друку 10.06.19. Формат 60×84/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Умовн. друк. арк. 1,12. Облік.-вид. арк. 1,16. Тираж 100 прим. Зам № 245.
Свідоцтво ДК № 5026 від 16.12.2018.

ДВНЗ УДХТУ, 49005, Дніпро-5, пр. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний відділ

ЗМІСТ

ВСТУП	4
<i>Лабораторна робота № 1</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДВОПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮ- ВАННЯ	4
1.1 Мета та задачі роботи.....	4
1.2 Загальна характеристика двопозиційної системи регулювання..	4
1.3 Опис лабораторної установки.....	9
1.4 Завдання на роботу.....	11
1.5 Порядок виконання роботи.....	12
1.6 Зміст звіту про роботу.....	13
<i>Лабораторна робота № 2</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОКОНТУРНОЇ АСР ТИСКУ, ПОБУДО- ВАНОЇ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА Lagoon – 7000	14
2.1 Опис лабораторної установки.....	15
2.2 Завдання на роботу.....	17
2.3 Порядок виконання роботи.....	18
2.4 Зміст звіту про роботу.....	19
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	20
ДОДАТКИ	21

ВСТУП

Характерною особливістю сучасного розвитку техніки є широке впровадження елементів та пристроїв автоматики та інформаційно-виміральної техніки у виробничі та технологічні процеси для їх автоматизації. В умовах сучасної економіки автоматизація є одним з основних напрямів розвитку науково-технічного прогресу.

Основними задачами автоматизації є інтенсифікація виробництв на основі впровадження нових досягнень науки та техніки, скорочення числа технологічних переходів, впровадження безперервних схем виробництв, подальший розвиток рівня механізації та автоматизації. В умовах науково-технічного прогресу автоматизація є однією з його рушійних сил. Вона впливає на вдосконалення технології, механізацію виробничих процесів, забезпечує умови для створення більш важких високопродуктивних процесів, які без автоматизації розробити та реалізувати неможливо.

Лабораторна робота № 1

Дослідження системи двопозиційного регулювання

1.1 Мета та задачі роботи

Метою виконання даної лабораторної роботи є вивчення властивостей двопозиційних автоматичних систем регулювання.

Основна задача роботи – це задача аналізу замкнутої системи двопозиційного регулювання, тобто визначення показників якості перехідних процесів у ній при заданій структурі системи та заданих параметрах настройки. При проведенні досліджень у даній лабораторній роботі визначається вплив динамічних властивостей об'єкта регулювання, навантаження на об'єкт і параметрів настройки релейного регулятора на характер та показники якості процесу двопозиційного регулювання.

1.2 Загальна характеристика двопозиційної системи регулювання

Автоматична система регулювання побудована на базі двопозиційного регулятора, в якого регулююча величина може приймати одне із двох значень: регулюючий орган встановлюється в одне із фіксованих положень („відкрито”, „закрито”) або переміщується з фіксованою швидкістю вперед або назад.

Статична характеристика релейного регулятора з зоною нечутливості, що застосовується у даній роботі, наведена на рис. 1.1.

У відповідності з наведеною статичною характеристикою керуюча величина (в даній роботі це напруга U до електроспіралі) дорівнює:

$$\left. \begin{array}{l} U = U^0 \text{ при } \theta < \theta_{зд} + \Delta\theta_0 \\ U = 0 \text{ при } \theta > \theta_{зд} + \Delta\theta_0 \end{array} \right\} \text{для } \frac{d\theta}{dt} > 0;$$

$$\left. \begin{array}{l} U = U^0 \text{ при } \theta < \theta_{зд} - \Delta\theta_0 \\ U = 0 \text{ при } \theta > \theta_{зд} - \Delta\theta_0 \end{array} \right\} \text{для } \frac{d\theta}{dt} < 0,$$

де U – керуюча величина (напруга живлення до електроспіралі);

U^0 – розраховане значення керуючої величини;

θ – регульована величина (температура);

$\theta_{зд}$ – задане значення регульованої величини;

$\Delta\theta_0$ – половина діапазону нечутливості.

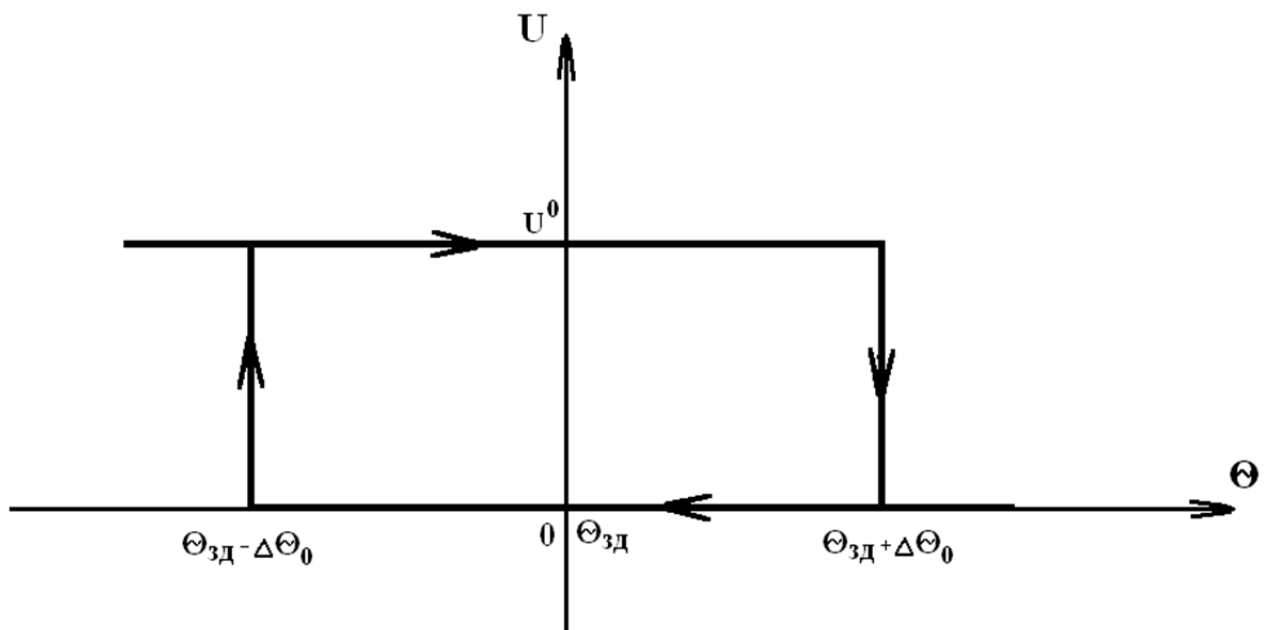


Рисунок 1.1 – Статична характеристика двопозиційного (релейного) регулятора

При зміні регульованої величини у діапазоні $(\theta_{зд} - \Delta\theta_0) < \theta < (\theta_{зд} + \Delta\theta_0)$ вихідний сигнал релейного двопозиційного регулятора не змінюється.

Процес двопозиційного регулювання зображений на рис. 1.2.

При заданих початкових умовах керуюча дія відповідає включенню електронагрівача (підключенню напруги $U=U^0$ до електроспіралі). При досягненні регульованої величини значення $\theta = \theta_{зд} + \Delta\theta_0$ (верхньої границі зони нечутливості) відбувається зміна керуючої величини $U=0$ - електронагрівач відключається. В результаті за рахунок відведення тепла з охолоджуючим повітрям через час запізнювання об'єкта τ регульована величина θ (температура об'єкта) почне зменшуватись ($\frac{d\theta}{dt} < 0$). Зворотна

зміна керуючої величини ($U = U^0$) відбувається при $\theta < \theta_{зд} - \Delta\theta_0$, тобто при виході за нижню границю зони нечутливості. Явищем самовирівнювання у межах малих коливань нехтуємо.

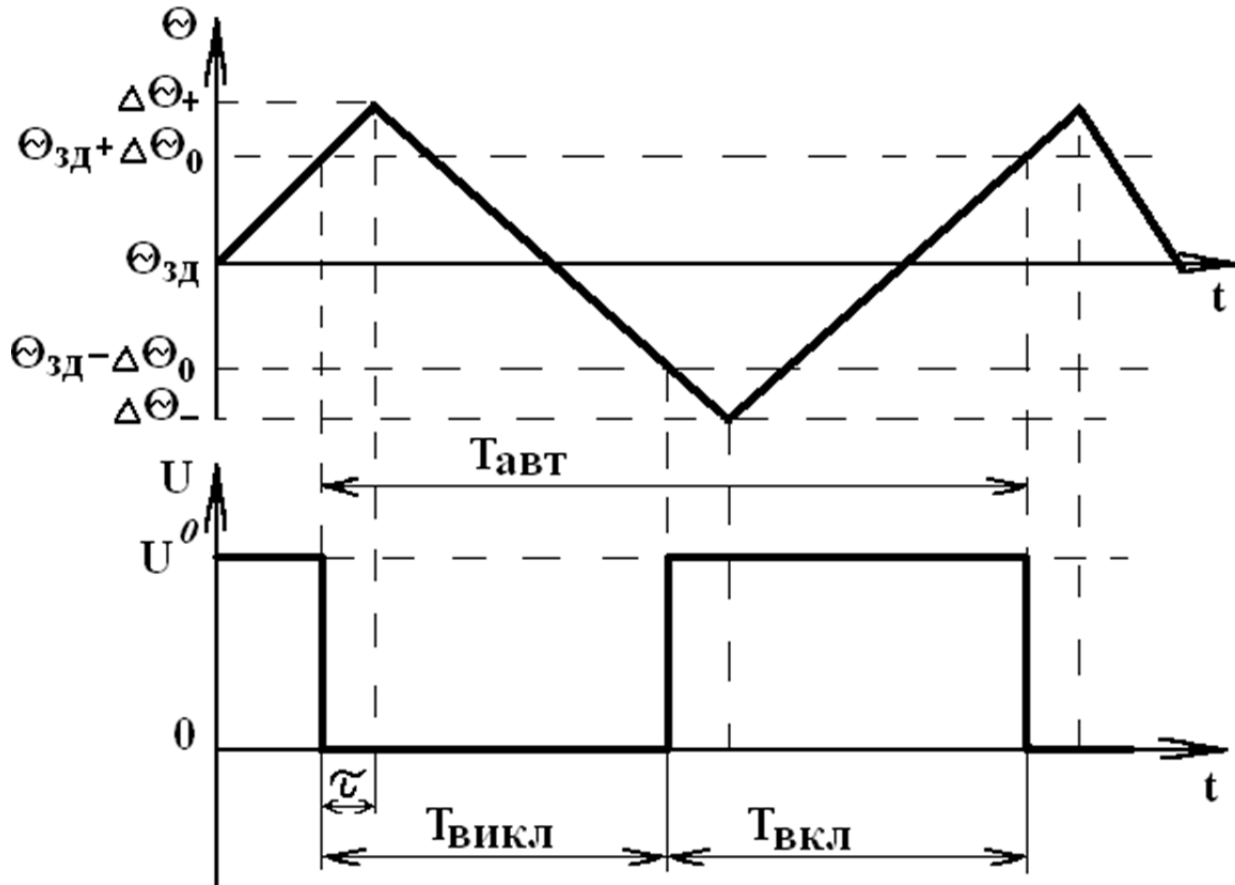


Рисунок 1.2 – Процес двопозиційного регулювання при початкових умовах:

$$\theta = \theta_{зд}, \frac{d\theta}{dt} > 0$$

По закінченні перехідного процесу в системі встановлюється режим стійких коливань – автоколивання. Параметри автоколивального режиму, які зазначені на рис 1.2, можна розрахувати за допомогою виразів:

$$\Delta\theta_+ = \Delta\theta_0 + \tau \frac{Q_{np} - Q_{ст}}{E};$$

$$\Delta\theta_- = -\Delta\theta_0 - \tau \frac{Q_{ст}}{E};$$

$$T_{вкл} = \tau \frac{Q_{np}}{Q_{np} - Q_{ст}};$$

$$T_{викл} = \tau \frac{Q_{np}}{Q_{ст}};$$

$$T_{авт} = T_{вкл} + T_{викл} = \tau \left(\frac{Q_{np}}{Q_{np} - Q_{ст}} + \frac{Q_{np}}{Q_{ст}} \right),$$

де $\Delta\theta_+$, $\Delta\theta_-$ – відповідно додатна та від’ємна амплітуди;

θ_{np} – прихід тепла (кількість теплоти, що виділяється електроспіраллю);

$\theta_{ст}$ – витрати тепла (кількість теплоти, що виноситься повітрям обдуву);

E – коефіцієнт ємності об’єкта;

$T_{вкл}$, $T_{викл}$ – відповідно час включення і відключення електронагрівача;

$T_{авт}$ – період автоколивань.

Основним критерієм, що визначає характер процесу двопозиційного регулювання, є кратність притоку:

$$n = \frac{Q_{np}}{Q_{ст}} = \frac{T_{авт}}{T_{вкл}}.$$

Для забезпечення симетричних автоколивань, при яких $\Delta\theta_+ = \Delta\theta_-$ і середня лінія автоколивань збігається із заданим значенням регульованої величини, треба мати кратність притоку $n=2$.

Очікувану амплітуду автоколивань $\Delta\theta$ для автоматичної системи регулювання із зоною нечутливості можна визначити за графіком, зображеним на рис 1.3.

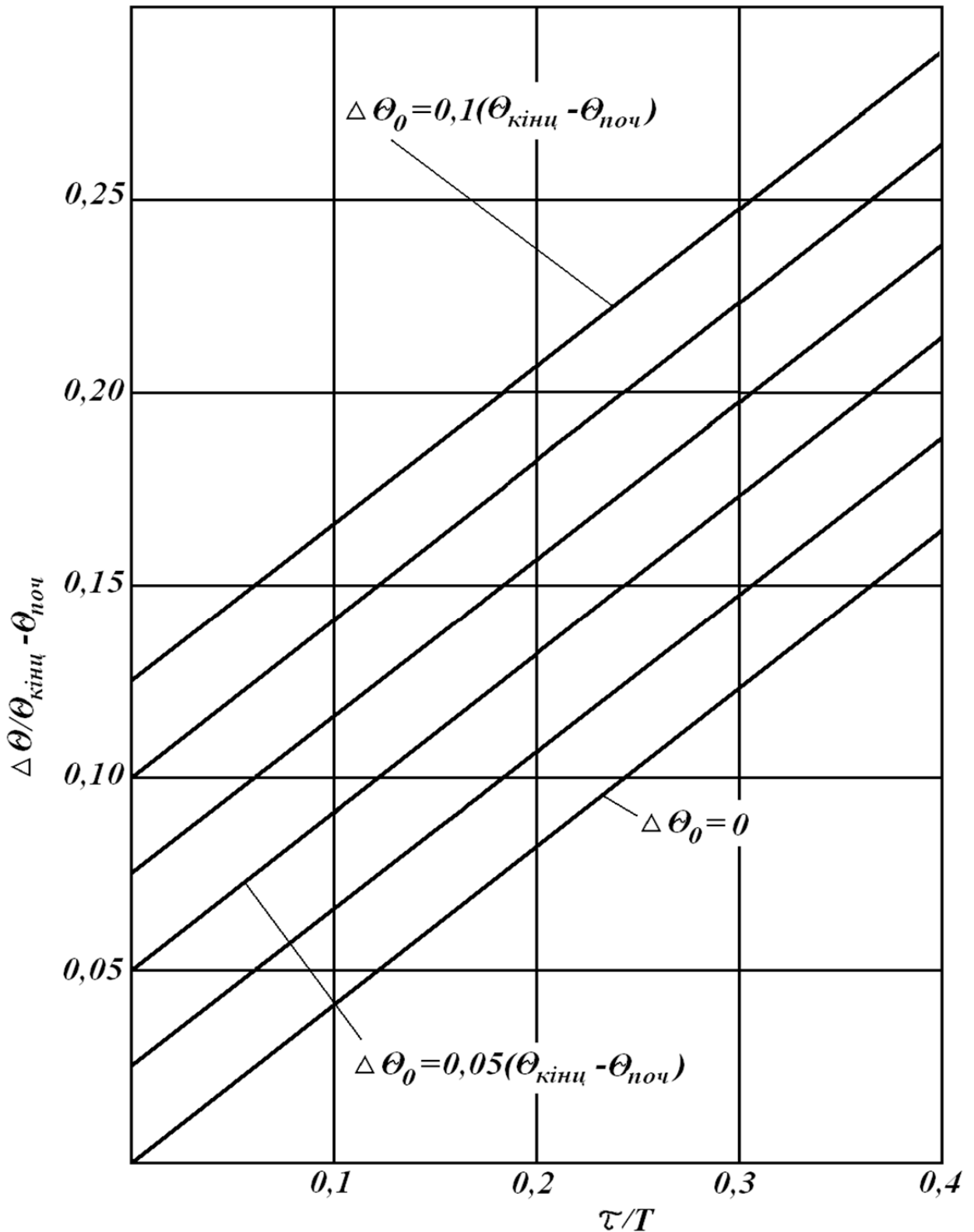


Рисунок 1.3 – Залежність амплітуди автоколивань $\Delta\theta$ від відношення τ/T об'єкта в системі із зоною нечутливості: τ – час запізнювання об'єкта; T – стала часу об'єкта; $\theta_{\text{поч}}$ – початкове значення регульованої величини, тобто температури об'єкта при відключеному електронагрівачі; $\theta_{\text{кінц}}$ – кінцеве значення регульованої величини, тобто стале значення температури об'єкта при постійно включеному електронагрівачі

1.3 Опис лабораторної установки

Принципова схема автоматизованої системи двопозиційного регулювання лабораторної установки наведена на рис. 1.4.

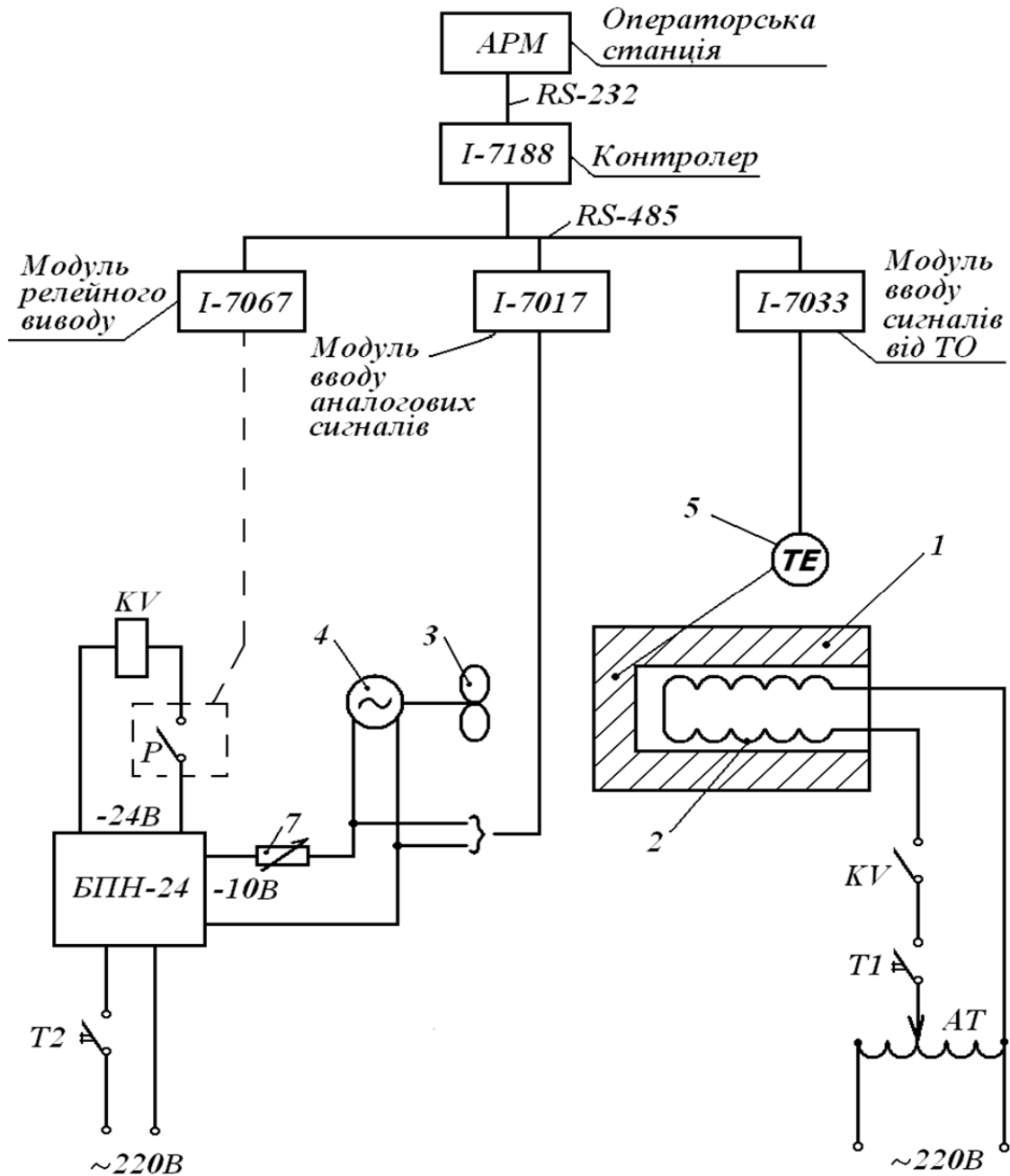


Рисунок 1.4 – Принципова схема системи двопозиційного регулювання

Об'єкт регулювання представляє собою металеве тіло 1, яке нагрівається за рахунок тепла, що виділяється при протіканні електричного струму через вбудовану електричну спіраль 2, та обдувається вентилятором 3.

Регульованою величиною є температура металевого тіла 1, яка вимірюється за допомогою первинного вимірювального перетворювача –

термометра опору 5. Збурюючою величиною (навантаженням об'єкта) виступає напруга, яка підводиться до приводу 4 вентилятора. Від неї залежить кількість обертів вентилятора і, як наслідок, витрата тепла, що відводиться від нагрітого тіла. Напругу до приводу вентилятора можна змінювати (імітувати збурення) за допомогою змінного опору 7. Керуючою величиною для даного об'єкта є напруга, що підводиться до електроспіралі 2, від якої залежить прихід тепла до тіла 1. Значення напруги до електроспіралі (параметра настройки системи) встановлюють вручну за допомогою автотрансформатора АТ. У системі двопозиційного регулювання повним притоком керуюча величина приймає два значення : „0” – при розімкнутому контакті проміжного реле KV та „1” – при замкнутому контакті KV.

Керуюча частина автоматизованої системи двопозиційного регулювання в лабораторній установці побудована як SCADA система TRACE MODE.

SCADA – це системи диспетчерського управління та збору даних, що представляють собою сукупність апаратно-програмних засобів, яка забезпечує можливість моніторингу, аналізу та керування величинами технологічного процесу людиною.

TRACE MODE створена у 1992 році фірмою AdAstra Research Group, Ltd (Росія). Це програмний комплекс, призначений для створення, настройки та запуску у реальному часі систем керування технологічними процесами.

TRACE MODE – це перша SCADA – система, яка дозволяє створювати розподілені АСКТП з десятками АРМів і контролерів як єдиний проект.

Усі програми TRACE MODE поділяються на дві групи:

- інструментальна система розробки (створення) АСКТП;
- виконавчі модулі.

Інструментальна система містить 3 редактори:

- редактор бази каналів;
- редактор подання даних;
- редактор шаблонів.

В них розроблюються: бази даних реального часу, програми обробки даних і керування (математична та інформаційна структури АСКТП); графічні екрани для візуалізації стану технологічного процесу і керування ним. Інструментальна система дозволяє створювати проекти на різну кількість каналів.

Виконавчі модулі – це програми (17 програм), під керуванням яких запускається АСКТП, створена в інструментальній системі. Частина моніторів (програм) призначена для організації роботи верхнього та адміністративного рівнів АСК, інші – для роботи в контролерах нижнього рівня систем керування при умові наявності в них операційної системи MS DOS.

У даній лабораторній установці за допомогою редакторів бази каналів і подання даних інструментальної системи TRACE MODE з операторської станції створені відповідно структура та графічна частина проекту (системи двопозиційного регулювання), який включає два вузли: контролер Lagoon 7000 (I-7188) та операторську станцію.

Контролер I-7188 – це один із базових процесорних модулів серії I-7000, стисла характеристика якого наведена у Додатку.

До контролера I-7188 у даній системі підключені модулі серії I-7000. Модуль введення сигналів від термометрів опору I-7033 перетворює сигнал від термометра опору 5 у цифровий, який по послідовному інтерфейсу RS-485 передається у контролер. У контролері формується відповідний дискретний командний сигнал, який за допомогою модуля релейного виводу I-7067 приводить або до замикання контакту Р у ланцюжку живлення проміжного реле KV при температурі нагрітого тіла менше нижньої границі зони нечутливості, або до розмикання – при температурі більше верхньої границі зони нечутливості. При цьому за допомогою контакту реле KV відповідно включається або відключається живлення до електроспіралі 2. Модуль I-7017 призначений для перетворення напруги до приводу вентилятора у цифровий інформаційний сигнал, який через контролер подається на операторську станцію.

Операторська станція (персональний комп'ютер) з'єднана з контролером за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232.

З операторської станції оператор може:

- змінювати настройки системи двопозиційного регулювання: N_B – значення верхньої границі зони нечутливості, N_H – значення нижньої границі зони нечутливості;
- переводити систему з автоматичного на ручний режим керування;
- здійснювати ручне дистанційне керування, тобто вручну включати та виключати живлення до електроспіралі об'єкта;
- слідкувати за зміненням регульованої, керуючої та збурюючої величин об'єкта.

1.4 Завдання на роботу

Виконати аналіз системи двопозиційного регулювання при регулюванні повним притоком для різних навантажень на об'єкт, тобто для різних значень напруги до приводу вентилятора. Основний показник якості перехідних процесів у системі двопозиційного регулювання – амплітуду автоколивань $\Delta\theta$, визначити аналітично та експериментально.

Вихідні дані, які задає викладач:

- | | |
|---|--|
| – задане значення регульованої величини | $\theta_{зд} =$; |
| – або значення керуючої величини – напруги до електроспіралі, при якій при нормальному навантаженні на об'єкт встановлюється задана температура $\theta_{зд}$, | $U_1 =$; |
| – половина діапазону нечутливості | $\Delta\theta_0 =$; |
| – значення верхньої границі зони нечутливості | $N_B = \theta_{зд} + \Delta\theta_0$; |
| – значення нижньої границі зони нечутливості | $N_H = \theta_{зд} - \Delta\theta_0$; |
| – нормальне навантаження на об'єкт (напруга до приводу вентилятора) | $U_{НОРМ} =$; |
| – максимальне навантаження | $U_{МАХ} =$; |
| – мінімальне навантаження | $U_{МІН} =$. |

1.5 Порядок виконання роботи

1.5.1 Включення системи двопозиційного регулювання здійснює викладач у такій послідовності:

1. Включення апаратної частини:
 - подати живлення;
 - завантажити Windows;
 - включити модулі контролера Lagoon 7000.
2. Включити програмне забезпечення:
 - запустити виконавчий модуль TRACE MODE – монітор реального часу MPB (профайлер);
 - відкрити проект (систему двопозиційного регулювання).
3. Запуск проекту (проектне виконання).
4. Включення об'єкта
 - включити тумблер T_2 .

1.5.2 Дослідження об'єкта регулювання

Дослідження об'єкта проводиться у режимі ручного керування (при відключенні регулятора) з метою визначення динамічних показників об'єкта (τ, T) за каналом керування та початкової $\theta_{\text{поч}}$ і кінцевої $\theta_{\text{кінц}}$ температур тіла 1. $\theta_{\text{поч}}$ і $\theta_{\text{кінц}}$ – це значення температури у сталому режимі при нормальному навантаженні на об'єкт $U_{\text{НОРМ}}$ відповідно при відключеній та підключеній напрузі до електроспіралі U^0 , яка відповідає кратності притоку $n=2$. Значення U^0 визначається попередньо.

Послідовність виконання даного етапу роботи:

1. Встановити за допомогою змінного опору 7 напругу до вентилятора $U_{\text{НОРМ}}$, яка відповідає нормальному навантаженню на об'єкт.
2. До підключення напруги до електроспіралі 2 зафіксувати стале значення температури в об'єкті $\theta_{\text{поч}}$.
3. Включити режим ручного керування для чого натиснути один раз ЛК на кнопці „Ручн”. Про відключення регулятора свідчить червоний колір лампочки.
4. Включити тумблер T_1 . Подати команду „1” на замикання контакту KV для підключення напруги до електроспіралі 2, для чого натиснути один раз ЛК на кнопці „оп” нагрівача.
5. Якщо у вихідних даних до роботи задана $\theta_{\text{зд}}$, то експериментально за допомогою автотрансформатора АТ підібрати і зафіксувати напругу U_1 до електроспіралі 2, при якій температура тіла 1 встановиться рівною $\theta_{\text{зд}}$.
Якщо напруга U_1 задана у вихідних даних, то встановивши її за допомогою АТ дочекатись сталого режиму. Прийняти стале значення температури тіла 1 за $\theta_{\text{зд}}$ і відповідно скоректувати параметри настройки N_B і N_H .
6. Розрахувати значення напруги до електроспіралі U^0 , яке відповідає кратності притоку $n=2$ при нормальному навантаженні на об'єкт ($U_{\text{НОРМ}}$).

$$U^0 = U_1 \sqrt{2}.$$

7. Отримати перехідну характеристику (криву розгону) об'єкта за каналом керування. Для чого витримавши не менше 5 хв. сталий режим при нормальному навантаженні $U_{\text{НОРМ}}$ і напрузі до електроспіралі U_1 , по можливості стрибкоподібно за допомогою автотрансформатора збільшити напругу з U_1 до U^0 . Зафіксувати по комп'ютеру час нанесення збурення як час початку перехідного процесу. Після закінчення зафіксувати нове стає значення температури в об'єкті як $\theta_{\text{КІНЦ}}$. По кривій розгону визначити τ і T об'єкта.

1.5.3 Визначення амплітуди автоколивань аналітичним шляхом

Очікувану амплітуду автоколивань $\Delta\theta$ при регулюванні повним притоком визначити за графіком, зображеним на рис. 1.3, в залежності від відношення τ/T , половини зони нечутливості $\Delta\theta_0 = \frac{N_B - N_H}{2}$, початкової $\theta_{\text{ПОЧ}}$ і кінцевої $\theta_{\text{КІНЦ}}$ температур в об'єкті при нормальному навантаженні $U_{\text{НОРМ}}$ і напрузі до електроспіралі U^0 .

1.5.4 Експериментальне визначення амплітуди автоколивань

Послідовність виконання даного етапу роботи:

1. Встановити за допомогою змінного опору γ напругу $U_{\text{НОРМ}}$ до вентилятора, тобто нормальне навантаження на об'єкт.
2. Встановити за допомогою автотрансформатора АТ напругу U^0 до електроспіралі 2.
3. Встановити за допомогою ЛК та цифрової клавіатури комп'ютера задані граничні значення зони нечутливості N_B і N_H .
4. Включити режим автоматичного керування, для чого натиснути один раз ЛК на кнопці „Авт”.
5. Зафіксувати сталі автоколивання спочатку при нормальному навантаженні $U_{\text{НОРМ}}$, а потім послідовно при $U_{\text{МАХ}}$ і $U_{\text{МІН}}$.
6. За отриманими кривими автоколивань при різних навантаженнях визначити амплітуди автоколивань $\Delta\theta$, час $T_{\text{ВКЛ}}$, коли напруга підключена до електроспіралі, і час $T_{\text{ВИКЛ}}$, коли напруга відключена.

1.5.5 Відключення системи здійснює викладач у послідовності протилежній включенню.

1.6 Зміст звіту про роботу

1. Задача проведення роботи.
2. Принципова схема лабораторної установки.
3. Вихідні дані.
4. Результати дослідження об'єкта:
 - значення керуючої величини – напруги до електроспіралі U_1 і U^0 ;
 - крива розгону і визначення τ і T об'єкта;
 - початкове і кінцеве значення температур в об'єкті $\theta_{\text{ПОЧ}}$ і $\theta_{\text{КІНЦ}}$.

5. Визначення аналітичним шляхом амплітуди автоколивань при значенні керуючої величини U^0 і нормальному навантаженні $U_{\text{НОРМ}}$.
6. Експериментальні криві автоколивань при U^0 і навантаженнях $U_{\text{НОРМ}}$, $U_{\text{МАХ}}$, $U_{\text{МИН}}$ і їх показники: $\Delta\theta$, $T_{\text{ВКЛ}}$, $T_{\text{ВИКЛ}}$.
7. Аналіз результатів роботи:
 - порівняння розрахункового і експериментального значень амплітуди автоколивань при нормальному навантаженні;
 - порівняння характеру кривих автоколивань при різних навантаженнях, тобто при різній кратності притоку.

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОКОНТУРНОЇ АСР ТИСКУ, ПОБУДОВАНОЇ НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА Lagoon – 7000

Задача та зміст роботи

Автоматична система регулювання (АСР) складається з двох ланок: об'єкта регулювання та автоматичного регулятора. При цьому в динамічну ланку "об'єкт регулювання" входять: власно об'єкт регулювання (процес), вимірювальний пристрій і виконавчий пристрій.

Якість автоматичного регулювання визначається властивостями системи в цілому і залежить як від властивостей об'єкта так і від властивостей регулятора. Так як об'єкт регулювання звичайно є незмінною частиною системи, то забезпечити необхідну якість процесу регулювання системи можна вибором відповідного типу та параметрів настройки регулятора. Отже, регулятор є ланкою, за допомогою якої системі регулювання надаються властивості, що забезпечують задану якість регулювання.

Задачею даної роботи є ознайомлення зі структурою одно контурної АСР тиску, синтез системи та аналіз перехідних процесів в замкнутій системі регулювання.

У роботі передбачається виконання всього комплексу досліджень щодо розробки АСР, а саме:

- експериментальне отримання статичної та динамічної характеристик об'єкта регулювання за каналом керування;
- визначення параметрів настройки регулятора;
- аналіз якості перехідних процесів в замкнутій системі регулювання.
- Робота виконується на лабораторній установці, в якій керуюча частина системи побудована на апаратно-програмних засобах.

2.1 Опис лабораторної установки

Принципова схема АСР тиску лабораторної установки наведена на рис. 2.1. Лабораторна установка складається із діючої моделі промислового газового об'єкта із самовирівнюванням і керуючої системи, побудованої на апаратно-програмних засобах.

Газовим об'єктом є порожній герметично зачинений резервуар 1, в який надходить стиснене повітря з колектора через вентиль 2 і ротаметр 3. Виходить повітря із резервуара 1 в атмосферу через регулюючий орган пневматичного виконавчого пристрою 4 з мембранно-пружинним приводом.

Регульованою величиною даного об'єкта є тиск повітря в резервуарі 1. Тиск у газовому об'єкті є показником дотримання матеріального балансу з газової фази. Якщо прихід повітря в резервуар дорівнює витраті в атмосферу – тиск в резервуарі постійний. Чим більше розбаланс, тим більше швидкість зміни тиску. Вхідними величинами об'єкта є витрати повітря, що поступає в резервуар і виходить із нього. У даному об'єкті збурюючою вхідною величиною вважається витрата повітря на вході в резервуар 1, яка залежить від опору вентиля 2, а керуючою вхідною величиною – витрата повітря на виході з резервуара 1, яка залежить від опору регулюючого органу виконавчого пристрою 4.

Так як тиск у резервуарі (вихідна величина об'єкта регулювання) впливає на прихід і витрату повітря, тобто на вхідні величини об'єкта, у напрямку, що приводить до відновлення матеріального балансу з газової фази, то це свідчить, що даний об'єкт має від'ємний зворотний зв'язок і є об'єктом із самовирівнюванням, тобто статичним об'єктом першого порядку.

Для зміни акумулюючої ємності резервуара 1, від якої залежать динамічні властивості об'єкта, шляхом часткового заповнення резервуара водою передбачені воронка 5 та вентиля 6 і 7.

Керуюча частина системи регулювання в лабораторній установці побудована як SCADA система TRACE MODE.

У даній лабораторній установці за допомогою редакторів бази каналів і представлення даних інструментальної системи TRACE MODE з операторської станції створені відповідно структура та графічна частина проекту (системи регулювання тиску), який включає два вузли: контролер Lagoon 7000 (I-7188) та операторську станцію.

Контролер I-7188 – це один із базових процесорних модулів серії I-7000, стисла характеристика якого наведена у Додатку.

До контролера I-7188 у даній системі підключені модулі зв'язку з об'єктом серії I-7000. Модуль аналогового вводу I-7018 перетворює інформаційний сигнал від вимірювального перетворювача тиску 8 типу „Сапфір” у цифровий, який по послідовному інтерфейсу RS-485 в якості змінної подається у контролер I-7188. Контролер виконує функції регулюючого пристрою. Завдання (задане значення тиску у резервуарі) встановлюється оператором з операторської станції. В залежності від розузгодження (тобто відхилення поточного значення регульованої величини від заданого)

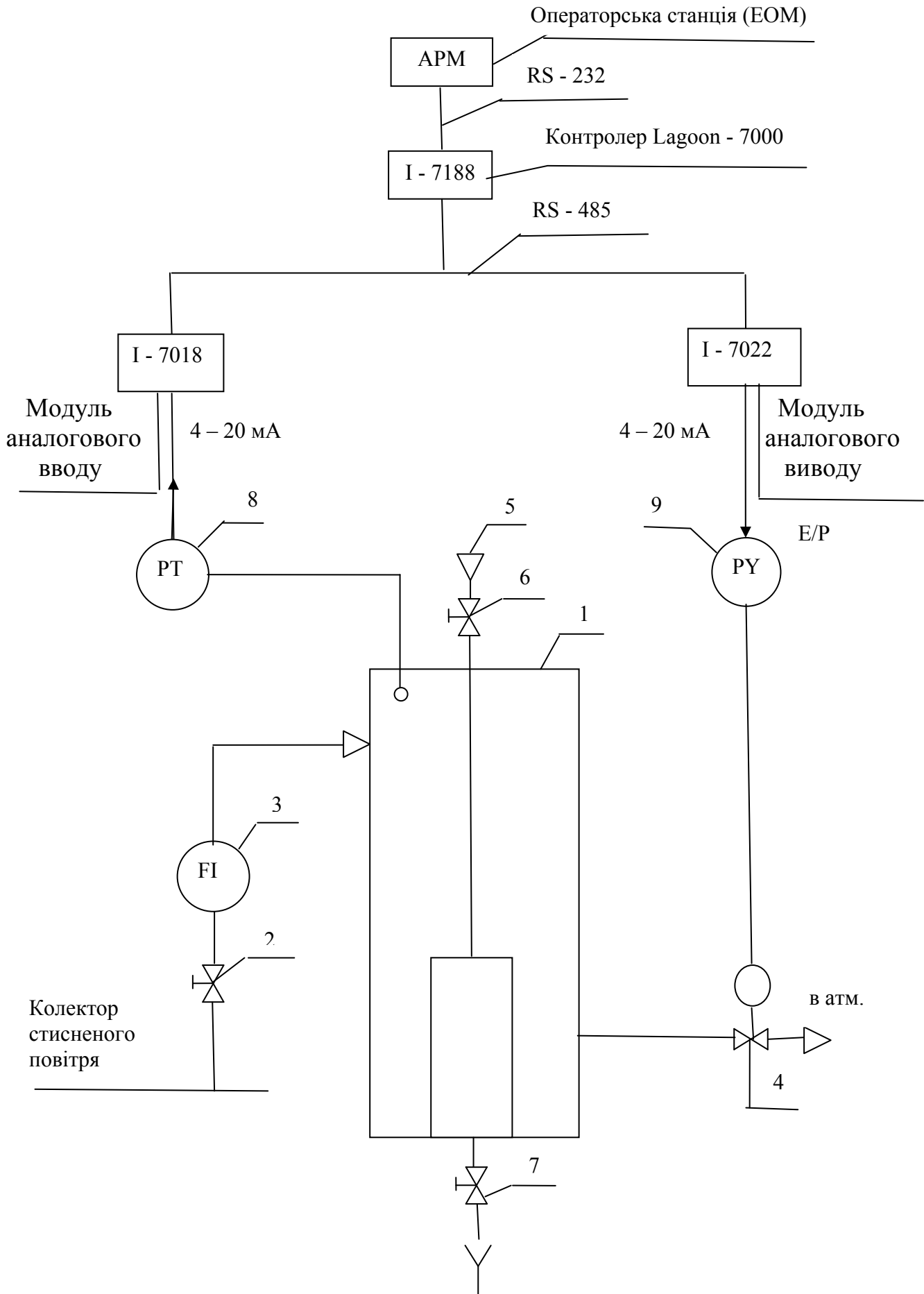


Рисунок 2.1 – Принципова схема АСР тиску

регулюючий пристрій (контролер) формує за відповідним законом регулювання цифровий командний сигнал, який за допомогою модуля аналогового виводу I-7022 перетворюється в електричний уніфікований струмовий сигнал. Після перетворення його за допомогою електропневматичного перетворювача 9 у пневматичний, командний сигнал подається на пневматичний виконавчий пристрій 4.

Операторська станція (персональний комп'ютер) з'єднана з контролером за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232.

З операторської станції оператор може:

- змінювати задане значення регульованої величини (тиску у резервуарі);
- змінювати настройки регулятора; коефіцієнт підсилення пропорційної складової; коефіцієнт підсилення інтегральної складової; коефіцієнт підсилення диференційної складової та зону нечутливості;
- перемикає систему регулювання на один із режимів: ручний або автоматичний;
- здійснювати ручне дистанційне керування, тобто вручну змінювати положення виконавчого пристрою;
- слідкувати за зміненням регульованої та керуючої величин об'єкта, за розузгодженням.

Для виконання перелічених функцій, тобто для візуалізації стану об'єкта і керування ним, створений графічний екран. На основній лівій частині екрану у прямокутних координатах здійснюється запис поточного значення регульованої величини. В правій частині подається інформація про поточний стан об'єкта, настройки регулятора, про режим роботи системи, а також наведена 100% – шкала положення регулюючого органу для ручного керування.

Для більш плавного ручного керування положенням регулюючого органу зліва внизу екрану наведена шкала положення в більш вузькому діапазоні, наближеному до робочого.

2.2 Завдання на роботу

Виконати параметричний синтез системи регулювання і проаналізувати якість перехідних процесів в замкнутій системі регулювання тиску з розрахованими настройками.

Вихідні дані, які задає викладач:

- діапазон вимірювання регульованої величини, 0...40 кПа;
- задане значення регульованої величини – тиску в резервуарі ($P_{об.зд.} =$);
- номінальне значення навантаження по ротаметру 3 ($G_{ном} =$) при закритому регулюючому органі встановлює викладач за допомогою вентиля 2;
- максимальне збурення з навантаження по ротаметру 3 ($\Delta G_{max} =$);
- зона нечутливості регулятора ($\Delta P_o =$)
- робочий діапазон переміщення регулюючого органу;
- заданий характер перехідного процесу в замкнутій АСР;
- методика параметричного синтезу.

2.3 Порядок виконання роботи

2.3.1 Включення лабораторної установки здійснює викладач у такій послідовності:

1. Включення об'єкта керування.
2. Включення апаратної частини системи:
 - подати живлення;
 - завантажити Windows;
 - підключити об'єкт до контролера;
 - включити модулі контролера Lagoon 7000.
3. Включення програмного забезпечення:
 - запустити виконавчий модуль TRACE MODE – монітор реального часу MPB (профайлер) і відкрити проект (АСР тиску у резервуарі).
4. Запуск проекту (проектне виконання).

2.3.2 Дослідження об'єкта регулювання

У даній лабораторній роботі одночасно визначають статичну і динамічну характеристики об'єкта за каналом регулюючого впливу. Дослідження об'єкта проводиться експериментально у режимі ручного керування (при відключенні регулятора) у такій послідовності:

1. Включити режим ручного керування, для чого натиснути один раз ЛК на кнопці „On”.
2. Встановити регулюючий орган виконавчого пристрою на мінімальне значення заданого діапазону переміщення, змістивши за допомогою ЛК повзунок на відповідну позначку шкали положення регулюючого органу.
3. Встановити номінальне навантаження, для чого вентиль 2 перемістити в положення, при якому встановиться тиск у резервуарі меншим і близьким до 40 кПа.
4. Дочекатись сталого режиму, тобто сталого значення тиск у резервуарі і зафіксувати його. Отримати першу точку статичної характеристики об'єкта.
5. Витримавши сталий режим ~ 2 хв, за можливістю стрибкоподібно в момент пересічення вертикальної лінії діаграми змінити положення регулюючого органу приблизно на 3% і зафіксувати стале значення тиску в резервуарі. На екрані буде зареєстрована динамічна характеристика об'єкта (крива розгону).
6. Пункт 5 повторити для отримання точок статичної характеристики в усьому діапазоні переміщення регулюючого органу.
7. Результати дослідження статичної характеристики занести у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Статична характеристика об'єкта

Положення р.о., %	0	3	6	9	12	15	18
Тиск у резервуарі, кПа							

За даними таблиці 2.1 побудувати графік статичної характеристики і визначити значення коефіцієнта передачі (підсилення) для кожної ділянки характеристики.

8. Вибрати ділянку статичної характеристики з максимальним значенням коефіцієнта передачі. По зареєстрованій на екрані динамічній характеристиці вибраної ділянки визначити безрозмірне значення коефіцієнта передачі K_{OB} , час запізнювання τ_{OB} і сталу часу T_{OB} .

2.3.3 Визначення параметрів настройки регулятора

За вихідними даними до роботи та визначеними на попередньому етапі динамічними показниками об'єкта розрахувати параметри настройки регулюючого пристрою за заданою методикою (див. додаток).

2.3.4 Дослідження якості перехідних процесів в АСР

Послідовність виконання даного етапу роботи:

1. При ручному режимі роботи системи встановити номінальне навантаження (див. п. 2.3.2).

2. Встановити за допомогою ЛК та цифрової клавіатури комп'ютера задане значення тиску в резервуарі $P_{об.зд.}$ та розраховані настройки регулятора K_p , T_i (коефіцієнт підсилення диференційної складової та зона нечутливості за умовчанням дорівнюють 0).

3. Включити режим автоматичного керування, для чого натиснути один раз ЛК на кнопці „Off”. Дочекатись встановлення сталого режиму.

4. Зафіксувати перехідні процеси в замкнутій АСР при нанесенні збурення за каналами завдання ($\Delta P_{об.зд.}$) та навантаження (ΔG). Визначити характер перехідних процесів (перерегулювання), динамічну і статичну похибки і час регулювання. Порівняти з вихідними даними і дати загальну оцінку якості процесу регулювання.

Примітка. Якщо настройки регулятора розраховувались за різними методиками, то дослідження перехідних процесів (пункт 4) треба провести при різних настройках.

2.3.5 Відключення системи здійснює викладач у послідовності протилежній включенню.

2.4 Зміст звіту про роботу

1. Задача проведення роботи.
2. Принципова схема лабораторної установки.
3. Вихідні дані.
4. Результати дослідження об'єкта:
 - статична характеристика в табличній та графічній формі, динамічна характеристика об'єкта (криві розгону), розраховані значення K_{OB} для різних ділянок характеристики;
 - параметри динамічної характеристики: K_{OB} , τ_{OB} і T_{OB} .
5. Розрахунок параметрів настройки регулюючого пристрою.

6. Графіки та показники якості (динамічна похибка U_1 , час регулювання t_p , перерегулювання ϕ) перехідних процесів у замкнутій АСР при різних збуреннях та різних настройках.
7. Аналіз результатів роботи:
 - порівняння експериментально отриманих показників якості перехідних процесів з вихідними даними;
 - порівняння методик розрахунку параметрів настройки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лапшенков, Г. И. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Технические средства и лабораторные работы [Текст]: изд. 3-е, перераб. и доп. / Г. И. Лапшенков, Л. М. Полоцкий. – М.: Химия, 1988. – 288 с.
2. Клюев, А. С. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования [Текст]: справочное пособие / А. С. Клюев [и др.]; Под ред. А. С. Клюева – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.
3. Балакирев, В.С. Технические средства автоматизации химических производств [Текст]: справочник / В.С. Балакирев [и др.]. – М.: Химия, 1991. – 271 с.
4. Справочник проектировщика автоматизированных систем управления технологическими процессами [Текст]: справочник / под ред. Г.Л. Смилянского. – К.: Техніка, 1983. – 528 с.
5. Бабіченко, А.К. Промислові засоби автоматизації. Ч.1. Вимірювальні пристрої [Текст]: навч. посібник / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов, М.О. Подустов, О.В. Пугачовський; за заг. ред. А.К. Бабіченко. – Харків: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.
6. Автоматизация технологических процессов легкой промышленности [Текст]: учебное пособие / под ред. Л.Н. Плужникова. – М.: Высш. шк., 1984. – 368 с.
7. Шувалов, Г.Г. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности [Текст] / Г.Г. Шувалов, Г.А. Огаджанов, В.А. Голубятников. – М.: Химия, 1991. – 480 с.
8. Дмитриев, В.Н. Основы пневмоавтоматики [Текст] / В.Н. Дмитриев, В.Г. Градецкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 360 с.
9. Берендс, Т.К. Элементы и схемы пневмоавтоматики [Текст]: 2-е изд., перераб. и доп. / Т.К. Берендс, Т.К. Ефремова, А.А. Тагаевская, С.А. Юдицкий. – М.: Машиностроение, 1976. – 246 с.
10. Ибрагимов, И.А. Элементы и системы пневмоавтоматики [Текст]: 2-е изд. перераб. и доп. / И.А. Ибрагимов, Н.Г. Фарзана, Л.В. Илясов. – М.: Высш. шк., 1985. – 544 с.
11. Мордасов, М.М. Пневматические элементы и узлы в устройствах контроля состава и свойств веществ [Текст]: учеб. пособие / М.М. Мордасов, Д.М. Мордасов, А.В. Трофимов. – Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. – 88 с.
12. Автоматическое управление в химической промышленности [Текст]: учебник / под ред. Е.Г. Дубникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
13. Попович, М.Г. Теорія автоматичного керування [Текст]: підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

ДОДАТОК

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЕРА LAGOON 7000 (I-7188)

Базовим процесорним модулем серії I-7000 є контролери I-7188 та I-7188Д. Власне кажучи I-7188 – це невеликий PC– сумісний контролер. У ньому є процесор АМД 188-40 МГц, 256 кбайт SRAM пам'яті (ОЗП), електронний Flash-диск (аналог жорсткого диску) об'ємом 512 кбайт, годинник реального часу, 4 послідовних порти – це є майже всі необхідні атрибути звичайного комп'ютера.

Нині I-7188 не має собі рівних серед PC – сумісних контролерів за співвідношенням вартість/ продуктивність.

Галузі його застосування можуть бути самими різноманітними. Передусім, це ідеальний віддалений контролер для керування групою модулів серії I-7000. Вам не обов'язково підключати модулі напряду до „великого” керуючого комп'ютера. I-7188 цілком справиться з задачею збору даних від віддалених модулів вводу-виводу і первинної обробки інформації. Крім того, за допомогою контролера I-7188 та групи модулів можна реалізувати дуже недорогу автономну замкнуту систему автоматичного керування. Контроль та оперативне керування подібною системою дуже легко здійснювати з віддаленої робочої станції (АРМ) через послідовний інтерфейс. До контролера I-7188 можна підключати не тільки віддалені модулі вводу - виводу, а і будь-які інші пристрої: принтери, модеми, POS - термінали, інші комп'ютери і контролери-тобто все, що може обмінюватись даними через послідовний порт. Відзначимо, що I-7188 має 4 COM - порти, два RS-232, один RS-485 та один RS-232/ RS-485, тому до різних портів можна приєднати до 256 різних модулів ПЗО (пристроїв зв'язку з об'єктом) при умові, що загальна кількість точок вводу/виводу не перевищує 128, а також інші пристрої різних типів. Діапазон робочих температур контролера – 40...+70° С. Таким чином, Ваша система або окрема її частина може мати достатньо складну конфігурацію і топологію.

ПРОГРАМУВАННЯ I-7188

У контролері „прошита” Mini OS7. Ця операційна система функціонально еквівалентна MS-DOS 6.2 і працює не з жорсткого диску, а з ROM-диску, захищеного від запису. Платою за вбудованість операційної системи у контролер є деяке зменшення об'єму простору на Flash-диску, доступного для програм користувача (на 23 кбайт). Але зате зразу після включення живлення починається автоматичне завантаження DOS, і контролер готовий до роботи.

Розроблювати програми для контролера можна на звичайному комп'ютері. Можна використовувати звичайні мови програмування, такі, як Си, Pascal, BASIC, тобто все те, що застосовується для створення програм під DOS. Але треба пам'ятати, що у контролері використовується процесор АМД 188, тому у програмі неможливо застосовувати інструкції процесора 286 і вище. На наступному етапі скомпільовану програму слід завантажити у Flash-диск

модуля I-7188. Це робиться після підключення контролера через COM 4 до будь-якого послідовного порта звичайного комп'ютера за допомогою спеціальної утиліти, що поставляється у комплекті з контролером. Якщо на комп'ютері запустити спеціальну термінальну програму із тих, що поставляється у комплекті, то монітор і клавіатура комп'ютера стають пристроями вводу-виводу інформації для I-7188 (тобто консоллю). Наладку програм на контролері можна здійснювати і без перезапису вмісту Flash-диск. Для цього можна використовувати віртуальний диск, який створюється в ОЗП контролера за допомогою спеціального драйвера, який підтримується Mini OS7.

Але не у всіх є можливість та бажання писати власні програми на звичайних алгоритмічних мовах, особливо при необхідності реалізації достатньо складних алгоритмів обробки інформації і реалізації функцій керування. Реальною альтернативою цьому є спеціальний клас програм (SoftLogic і SCADA-системи), який дає можливість полегшити задачу користувачу. Створена в інструментальній системі SOFTLOGIC – програма на одній із мов програмування стандарту IEC 61131-3, копіюється у пам'ять контролера, а її виконання забезпечується виконавчими модулями SCADA-системи.

ГРАФО-АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД ОБРОБКИ ДИНАМІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ (КРИВОЇ РОЗГОНУ)

Для отримання часових параметрів використовується графо-аналітичний метод або метод дотичної. Сутність методу полягає у тому, що до кривої розгону проводиться дотична на ділянці, де відбувається зміна параметру з максимальною швидкістю (див. рис. Д.1). На цій ділянці спостерігається найбільша крутизна кривої. Далі визначають точку перетину дотичної з лінією початкового значення вихідної величини та лінією нового встановленого рівня вихідної змінної. Інтервал часу, за віссю абсцис, між двома перетинами називають постійною часу об'єкту ($T_{об}$). За кривою розгону визначається час повного запізнювання ($\tau_{об}$) який складається із транспортного запізнювання τ_T та ємнісного запізнювання τ_e . Транспортне (передаточне) запізнювання – це час, протягом якого регульована величина не змінюється, незважаючи на проведений регулювальний вплив. Ємнісне запізнення обумовлює сповільнення (затримання) у відповідній зміні регульованого параметра при зміні подачі або споживання за рахунок опорів (теплових, гідравлічних тощо) при проходженні потоку енергії або речовини в об'єкті.

Коефіцієнт передачі об'єкта ($k_{об}$) визначається як відношення зміни вихідної величини до зміни вхідної дії: $k_{об} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

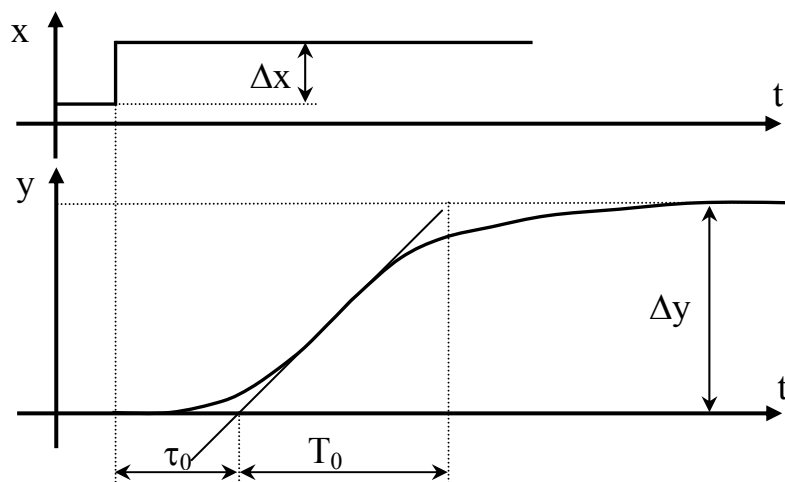


Рисунок Д.1 – Обробка кривої розгону методом дотичної

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИБРОЮ

За вихідними даними до роботи та визначеними на попередньому етапі динамічними показниками об'єкта розрахувати параметри настройки регулюючого пристрою. Формули для визначення настройок регуляторів на статичних об'єктах за методикою Копеловича А.П. наведені у табл. Д.1

Якщо у вихідних даних задано типовий перехідний процес з 20% пере регулюванням, то треба також розрахувати настройки регулятора за методикою (формулами), розробленою доц. Блонським С.Д., а саме:

$$K_p = \frac{0,9234 \left(\frac{\tau}{T} \right)^{-0,9527}}{K_{об}}$$

$$\text{при } \frac{\tau}{T_{об}} = 0,03 \dots 0,2 \quad T_i = \left[(-0,0286 + 0,81869 \cdot T_{об}) \left(\frac{\tau}{T_{об}} \right)^{1,7944} \right] \cdot \frac{K_{об}}{0,4};$$

$$\text{при } \frac{\tau}{T_{об}} = 0,2 \dots 0,6 \quad T_i = \left[(0,0023 + 0,55139 \cdot T_{об}) \left(\frac{\tau}{T_{об}} \right)^{1,5313} \right] \cdot \frac{K_{об}}{0,4}.$$

Таблиця Д.1 – Значення параметрів настройки ПІ-регуляторів для статичних об'єктів

Тип регулятора	Типовий перехідний процес		
	Аперіодичний	З 20% перерегулюванням	З мінімально-квадратичною площею відхилення
ПІ	$K_p = \frac{0,6 \cdot T_{об}}{K_{об} \cdot \tau}$ $T_i = 0,8\tau + 0,5T_{об}$	$K_p = \frac{0,7 \cdot T_{об}}{K_{об} \cdot \tau}$ $T_i = \tau + 0,3T_{об}$	$K_p = \frac{T_{об}}{K_{об} \cdot \tau}$ $T_i = \tau + 0,35T_{об}$

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В АСР

Послідовність виконання даного етапу роботи:

1. Вручну встановити номінальне навантаження на об'єкт.
2. Встановити за допомогою ЛК та цифрової клавіатури комп'ютера задане значення тису в резервуарі $P_{об.зд.}$ та розраховані настройки регулятора K_p , T_i (коефіцієнт підсилення диференційної складової та зона нечутливості за умовчанням дорівнюють 0).

3. Включити режим автоматичного керування, для чого натиснути один раз ЛК на кнопки „Off”. Дочекатись встановлення сталого режиму.

4. Зафіксувати перехідні процеси в замкнутій АСР при нанесенні збурення за каналами завдання ($\Delta P_{об.зд.}$) та навантаження (ΔG). Визначити характер перехідних процесів (перерегулювання), динамічну і статичну похибки і час регулювання (рис. Д.2). Порівняти з вихідними даними і дати загальну оцінку якості процесу регулювання.

Статична помилка $y_{ст}$ дорівнює різниці між сталим значенням регульованої величини y_y і її заданим значенням $y_{зад}$:

$$y_{ст} = |y_y - y_{зад}|.$$

Динамічна помилка $y_{дин}$ дорівнює найбільшому відхиленню в перехідному процесі регульованої величини від її заданого значення:

$$y_{дин} = y_{max} - y_y.$$

Час регулювання t_p , тобто тривалість перехідного процесу, визначає час від моменту нанесення збурення до моменту, коли відхилення ввійде в попередньо задані невеликі межі, наприклад $\pm 5\%$ від $y_{зд.}$ Часом регулювання характеризується швидкодія системи.

Кількісною оцінкою інтенсивності загасання є ступінь загасання Ψ :

$$\Psi = (y_1 - y_3) / y_1.$$

На практиці значення Ψ лежать у межах від 0,75 до 0,9.

Перерегулювання η :

$$\eta = \frac{y_2 - y_y}{y_1} 100\%, \%$$

До систем пред'являється вимога, щоб перерегулювання $\eta \leq 20 \div 30\%$.

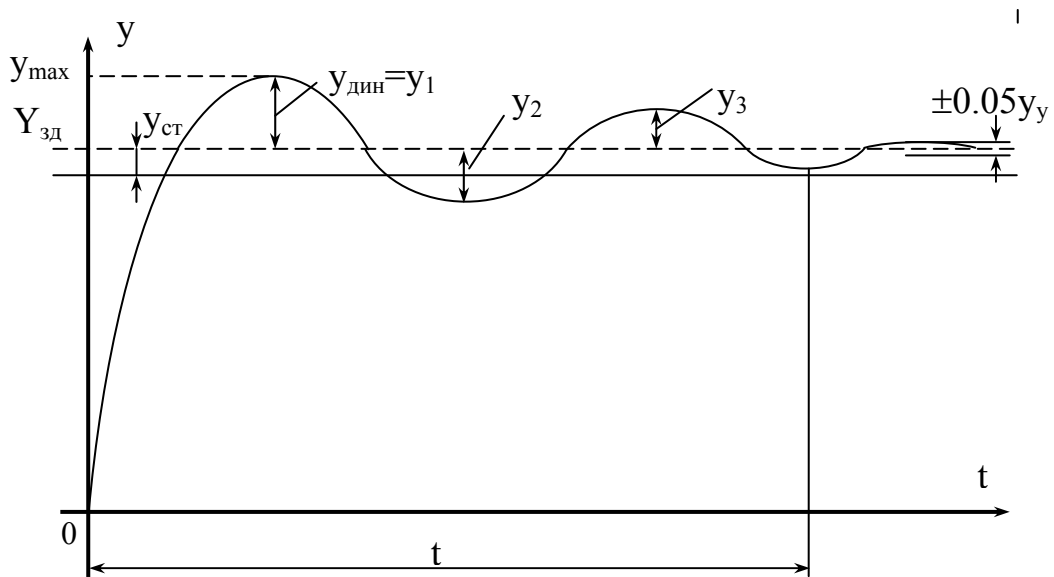


Рисунок Д.2 – Визначення показників якості переходного процесу