

LUCRAREA 9

SISTEM DE REGLARE A TEMPERATURII. CONTROLERUL DIGITAL SR93.

Controlerul digital SR93 poate fi utilizat pentru controlul proceselor industriale, având posibilitatea de a prelua direct informații de la traductor, de a stabili valoarea mărimii de referință, de a calcula semnalul de eroare și de a-l prelucra, în funcție de tipul de regulator pentru care este configurat. Ieșirea este pe contact de releu. Controlerul comanda închiderea-deschiderea contactelor releului.

Acest controler permite preluarea directă a informațiilor traductoarelor de temperatură, de tip termocuplu (K: Cromel-Alumel, J: Fier-Constantan, T: Cupru-Constantan, E: Cromel-Constantan, etc) sau termorezistenta (Pt100, JPt100).

Pentru aceste tipuri de traductoare, controlerul are stocate în memorie tabele de variație a tensiunilor termo-electromotoare ale termocuplurilor și tabele de variație a termorezistențelor astfel încât nu mai este necesară prelucrarea suplimentară, în exteriorul controlerului, a informațiilor directe primite de la traductoare.

Controlerul este tip SR93-8Y-90-1070, Producător SHIMADEN co.ltd., Japonia.

Potrivit acestui cod, avem un controler digital cu intrări multiple (termorezistente, termocuple, tensiuni), cu ieșire pe contact, alimentat la 220V~, comunicare serială cu PC-ul de tip RS-232C.

Semnificația codurilor ce intră în codul de produs ce reprezintă tipul controlerului este prezentată în Fig.1 și Tabelul 1.

Conexiunile externe utilizate, dintre cele prezentate în Fig.3 sunt:

Bornele 1,2,3: Legătura serială RS-232C

Bornele 7,9,10: Intrări (termocuplu, tensiuni 7-9,

termorezistență 7-9-10)
 Bornele 11,12: Alimentare 220V~, 50 Hz
 Bornele 14,15: Ieșire pe contact de releu

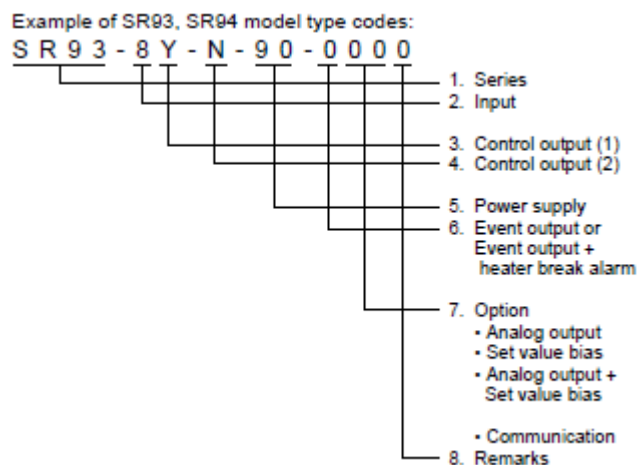


Fig.1. Simbolizarea controlerului

Tabelul 1.

1. Series	SR93, SR94
2. Input	8: Multi-input, Thermocouple, R.T.D., Voltage (mV), 4: Current (mA), 6: Voltage (V)
3. Control output (1)	Y: Contact, I: Current, P: SSR drive voltage, V: Voltage
4. Control output (2)	N: None, Y: Contact, I: Current, P: SSR drive voltage, V: Voltage
5. Power supply	90: 100-240V AC, 08: 24V AC/DC
6. Event output or Event output + heater break alarm	0: None, 1: Event output 2: Event output + heater break alarm 30A 3: Event output + heater break alarm 50A [Both 2: 3: selectable only when adjustment output 1 is Y, P.]
7. Option 00: None	None
• Analog output 30:	0-10mV DC, 40: 4-20mA DC, 60: 0-10V DC
• Set value bias 08:	Set value bias 1 point
• Analog output + 38:	0-10mV DC + set value bias 1 point
• Set value bias 48:	4-20mA DC + set value bias 1 point
68:	0-10V DC + set value bias 1 point
• Communication	05: RS-485, 07: RS-232C,
8. Remarks	0: Without, 9: With

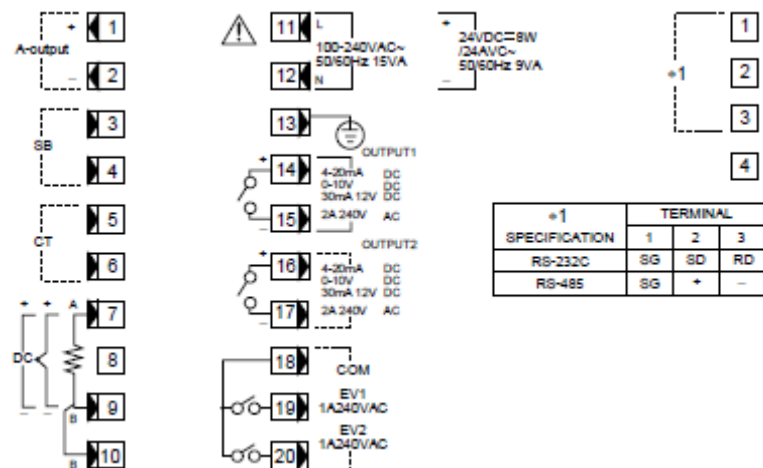


Fig.2. Bornele de conexiuni

Panoul frontal al controlerului SR93 este prezentat în Fig.3.

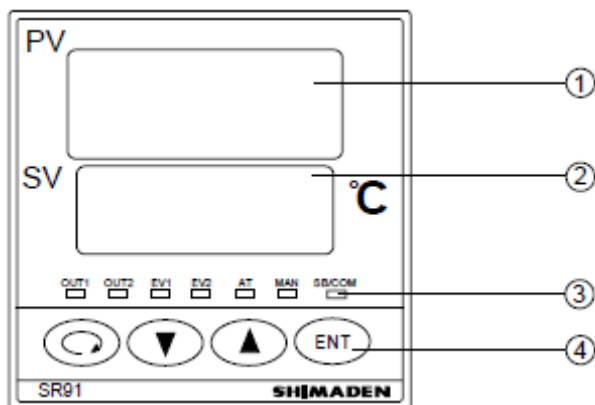


Fig.3. Panoul frontal

Semnificația câmpurilor specificate în Fig.3 este dată în Tabelul 2.

Tabelul 2.

1. Measured value (PV) display:	(1) Present measured value (PV) is displayed on the screen group 0, basic screen and output display screens (OUT1 and OUT2). (red)
	(2) Type of parameter is shown on each parameter screen.

2.	Target set value (SV) display:	<p>(1) Target set value (SV) is displayed on the basic screen of the screen group 0. (green)</p> <p>(2) Present output value is displayed by % on control output monitor screens (OUT1, OUT2) of the screen group 0.</p> <p>(3) Selected item and set value are displayed on each parameter screen.</p>
3.	Action display lamps:	<p>(1) Control output indicators: OUT1 and OUT2 (option) (green)</p> <ul style="list-style-type: none"> • OUT1 lights when output turns ON and goes out when it turns OFF during contact or SSR drive voltage output. • The brightness changes in proportion to output increase/decrease during current or voltage output. • OUT2 functions only if the option is added. <p>(2) Event output indicators: EV1/EV2 (option) (orange)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Light when assigned events (including heater break/loop alarm) turn ON if event option is added. <p>(3) Auto tuning action indicator: AT (green)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flashes when ON is selected by key on the AT action selection screen and AT is executed by key, and goes out when AT terminates automatically or is released. <p>(4) Manual control output action indicator: MAN (green)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flashes when manual control output is selected on control output display screens (OUT1, OUT2); remains unlit during automatic control output. <p>(5) Set value bias/communication indicator: SB/COM (option) (green)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lights when optional set value bias function is added and at the time of shorting across SB terminal (set value bias in action). • Lights when optional communication function is added and COM mode is selected. Goes out when Local is selected for communication mode.
4.	Operating keys:	<p>(1) (_ @ _) (parameter) key</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pressing this key on any screen of the screen group 0 and the screen group 1 calls the next screen onto display. • When pressed continuously for 3 seconds, this key functions to move between the basic screen of screen group 0 and the initial screen of screen group 1. • Pressing this key simultaneously with key in the screen group 1 calls the preceding screen onto display. <p>(2) (▼) (down) key</p> <ul style="list-style-type: none"> • When pressed on a parameter screen, the decimal point of the rightmost digit flashes and the set data decreases or moves backward.

Tehnica reglării și control automat

(3) (▲)(up) key

- When pressed on a parameter screen, the decimal point of the rightmost digit flashes and the set data increases or moves forward.

(4) (ENT) (entry/registration) key

- Used to register a set data changed by means of or key on a parameter screen.

- Pressing this key simultaneously with key on a screen of the screen group 1 calls the preceding screen onto display.

- When pressed continuously for 3 seconds on the control output screens (OUT1, OUT2), this key functions to switch between automatic output and manual output

Procesul tehnic constă în menținerea constantă, la o valoare prescrisă, a temperaturii aerului la ieșirea dintr-un tub, Fig.4.

Aerul este trimis în tub prin intermediul unei suflante și este încălzit, la intrarea în tub, prin intermediul unei rezistențe care poate fi alimentată la 220V. Ieșirea regulatorului este pe bază de releu, iar la închiderea contactului acestuia rezistența de încălzire este pusă sub tensiune.

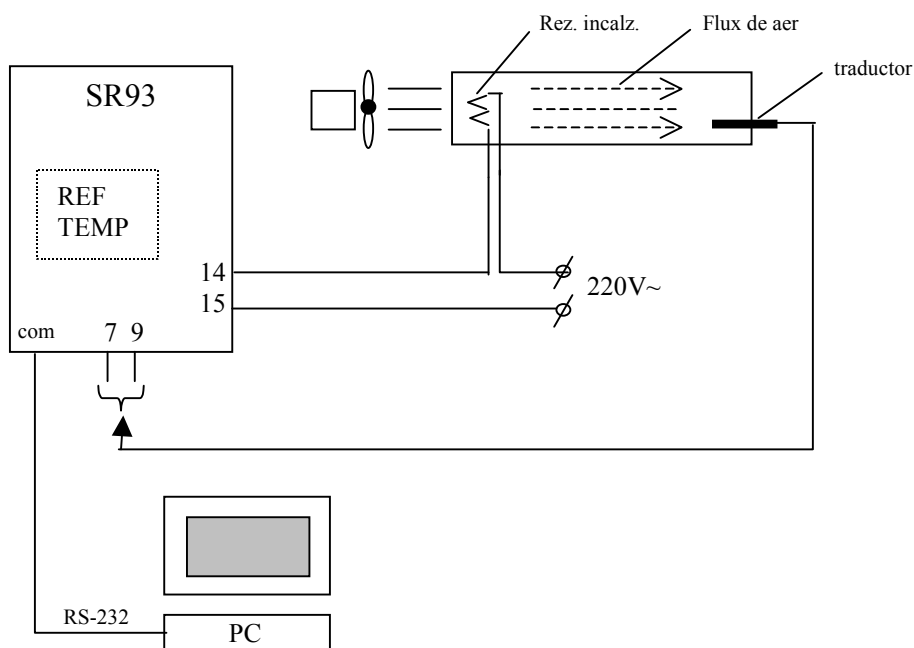


Fig.4. Structura procesului

Temperatura este măsurată prin intermediul unui traductor care poate fi o termorezistență sau un termocuplu. Prin setarea parametrilor controlerului, poate fi utilizat oricare din traductoarele de acest tip.

Cu SR93 pot fi realizate două tipuri de reglatoare :

- Regulator PID, cu ieșire discontinuă, pe contacte de releu
- Regulator ON-OFF (de tip tot-sau-nimic), cu ieșire pe releu.

Structura sistemului de reglare automată este dată în Fig.5.

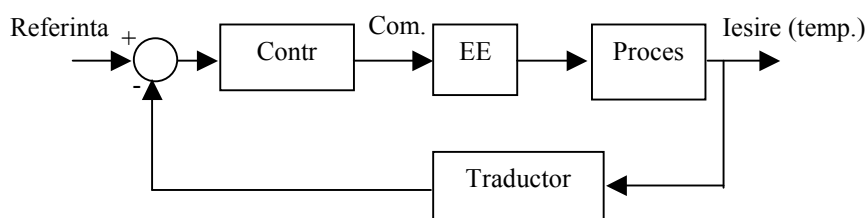


Fig.5. Sistemul de reglare automată

În această structură, controlerul SR93 preia sarcina de stabilire a mărimii de referință, de obținere a semnalului de măsură pe baza informațiilor primite de la traductor, de formare a semnalului de eroare și de prelucrare a acestuia pe baza unei legi de reglare PID sau ON-OFF în cadrul structurii definite în schemă prin „Contr”.

Controlerul SR93 permite aplicarea tensiunii de alimentare asupra elementelor de execuție (EE) care sunt chiar rezistențele de încălzire a aerului vehiculat. Acest lucru este posibil prin închiderea-deschiderea de către controler a contactelor releului de ieșire.

Regulatorul PID poate fi cu acordare automată (auto tuning) sau cu acordare manuală.

Mărimea de referință, indiferent de tipul de regulator utilizat, se fixează prin intermediul săgeților sus-jos din ecranul inițial la valoarea dorită, timp în care valoarea indicată pe display-ul verde este însoțită de iluminarea intermitentă a unui punct situat în dreapta valorii care se modifică.

Atunci când am ajuns la o anumită valoare, pe care o fixăm drept valoare de referință, apăsăm tasta ENT (enter), punctul intermitent se stinge iar display-ul verde arată valoarea fixată drept referință.

Dacă se dorește schimbarea valorii de referință, putem utiliza tastele sus-jos pentru modificarea acesteia, dar, pe toată durata acestor modificări referința rămâne la valoarea setată anterior până la apăsarea tastei ENT.

Pentru a putea utiliza regulatorul de tip PID este necesară trecerea de la ecranul inițial la grupul de ecrane 1 care permite setarea parametrilor regulatorului. Această trecere se poate realiza prin apăsarea tastei (@) pentru cel puțin trei secunde, moment în care, pe display-ul roșu, (1), apare afișat PARA_SET .

Din acest punct, apăsând scurt tasta (@) de două ori, apare afișat pe display-ul roșu parametrul P iar pe display-ul verde o valoare numerică (de ex. 3.0) sau OFF.

Dacă dorim să lucrăm cu regulator PID, acest parametru trebuie să primească o valoare numerică, de ex. 1.0. Modificarea acestui parametru se face tot din săgețile sus-jos, valoarea cea mai de jos fiind OFF. Pe toată durata modificării parametrului, un punct verde clipește în partea dreapta jos a display-ului verde (2).

Pentru setarea parametrului P la valoarea dorită este necesar să apăsăm tasta ENT. Până la apăsarea acestei taste, parametrul P rămâne la vechea valoare, chiar dacă se trece la parametrul următor prin apăsarea tastei (@).

Dacă de fixează o valoare numerică pentru parametrul P, avem regulator PID.

Din acest moment se poate reveni la grupul de ecrane inițial, prin ținerea apasată a tastei ENT și apăsarea scurtă, de două ori a tastei (@) până când se ajunge la ecranul inițial al grupului de ecrane 1, PARA_SET.

Revenirea la grupul de ecrane 0 (zero) se poate face prin apăsarea continuă, cel puțin 3 secunde, a tastei (@). Se revine astfel la ecranul inițial.

Dacă dorim o autoacordare a regulatorului PID, apăsăm tasta (@) de două ori, până la apariția pe display a parametrului AT (auto tuning). Valoarea inițială a acestui parametru este OFF și o putem schimba prin apăsarea săgeții sus. Apare ON, cu ledul verde clipind în dreapta jos. Apăsăm ENT și valoarea ON este preluată de controler,

ledul intermitent se stinge și pe controler se aprinde un alt LED, notat AT, care clipește.

Inseamnă că regulatorul a intrat în faza de identificare a procesului și de acordare a parametrilor.

Pentru a urmări cum se petrec lucrurile, se revine la ecranul initial prin apăsarea scurtă, de trei ori a tastei (`_@_`). Apăsarea tastei poate fi făcută cu pauze, pe display-uri apărând și alți parametri ce pot fi modificați în grupul de ecrane 0.

După revenirea la ecranul inițial din grupul zero avem afișat, pe display-ul roșu, valoarea curentă a temperaturii aerului la ieșirea din tub, iar pe ecranul verde valoarea prescrisă a temperaturii.

Identificarea procesului și apoi acordarea regulatorului, deci determinarea parametrilor K_p , K_i , K_d ai regulatorului (la SR93 constantele P, I, D) se face astfel: controlerul trimite prin intermediul ieșirii OUT1 o comandă de valoare ON către elementul de execuție (rezistența de încălzire), altfel spus, pentru o anumită durată de timp închide contactele releului ieșirii OUT1 și preia, prin intermediul traductorului, informațiile cu privire la evoluția temperaturii aerului la ieșirea din tub.

Această acțiune este semnalizată la nivelul controlerului prin aprinderea led-ului OUT1 de pe panou.

Urmează o perioadă în care controlerul intrerupe ieșirea OUT1 (led-ul OUT1 se stinge), rezistența de încălzire nu mai este alimentată, începe apoi să se răcească iar controlerul preia temperatura aerului de la ieșirea din tub.

Această operațiune se repetă de cateva ori, după care, în momentul în care controlerul a identificat procesul și a stabilit parametrii de acordare a regulatorului, iese din programul AT (auto tuning), led-ul AT de pe panou se stinge iar regulatorul începe să lucreze cu parametrii fixați în faza de AT.

Parametrii fixați de regulator pot fi vizualizați în grupul de ecrane 1, ei apărând unul după altul, în ordinea P, I, D. Se pot vizualiza prin apăsarea pentru trei secunde a tastei (`_@_`) urmată de apăsări scurte până la apariția acestor parametri.

Odată ajunși la acești parametri, ei pot fi vizualizați dar pot fi modificați apoi de catre operator. Modificarea oricarui parametru se face din tastele sus-jos iar setarea efectivă a valorii se face prin apăsarea tastei ENT.

Trebuie menționat că ecranele din fiecare grup sunt în număr finit (câteva în grupul 0 și ceva mai multe în grupul 1) iar trecerea de la un ecran la altul se face prin apăsarea tastei (`_@_`) dacă se dorește baleierea acestora în sens crescător sau prin menținerea apasată a tastei ENT și apăsarea scurtă a tastei (`_@_`) dacă se dorește baleierea în sens invers.

Baleierea este ciclică. După ultimul ecran din grupul 1, prin apăsarea tastei (`_@_`) se trece la primul ecran din acest grup. Dacă am avut afișat un anumit parametru, am trecut la următorul prin apăsarea tastei (`_@_`) și dorim să revenim la parametrul anterior, ținem apăsată tasta ENT și apășăm scurt tasta (`_@_`).

De asemenea, dacă suntem în grupul de ecrane 1, la primul ecran, PARA_SET și ținem ENT, apășând (`_@_`) trecem la ultimul ecran din grupul 1, tocmai datorită ciclicității apariției ecranelor din grup.

Pentru ca regulatorul PID astfel acordat să lucreze corespunzător, mai trebuie modificat în grupul de ecrane 1 parametrul `o_C` (Output 1 Proportional cycling time setting screen) care arata la câte secunde are loc intervenția regulatorului asupra elementului de execuție prin intermediul ieșirii OUT1. Valoarea fixată inițial este destul de mare, 30 secunde, și de aceea trebuie modificată. Se pot alege valori diferite (10s, 5s, 2s) urmărind modul în care evoluează temperatura aerului la ieșirea din tub în fiecare situație.

Modificarea acestei valori se face prin intermediul săgeților sus-jos iar setarea la valoarea aleasă se face prin apăsarea tastei ENT.

Ce trebuie remarcat la modificarea acestui parametru: la o valoare mai mare regulatorul intervine mai lent (o dată la 10 s) cu o valoare calculată pentru mărimea de ieșire în procente. Aceasta valoare va conduce la menținerea ieșirii OUT1 la valoarea ON (contacte închise) un anumit timp, în așa fel încât acest procent să se regăsească în factorul de umplere al impulsurilor de la ieșirea OUT1.

Cum intervenția regulatorului se face o dată la 10 s (dacă am ales `o_C = 10s`) pentru o durată de câteva secunde, în perioada în care ieșirea este pe ON, rezistența de încălzire este alimentată cu tensiune un timp mai mare, temperatura aerului la ieșirea din tub crește rapid iar când regulatorul schimbă ieșirea în OFF, temperatura aerului continuă să mai crească din cauza inerției termice, trece printr-un maxim după care începe să scadă.

Deoarece următoarea comandă este la o distanță mai mare în timp, temperatura trece în coborâre prin valoarea prescrisă după care scade în continuare până la apariția din nou a comenzii ON pe ieșire. Rezistența

nu se încălzește instantaneu, mai scade puțin temperatura, după care ciclul de încălzire se reia.

Se constată depășiri relativ mari, în plus sau în minus a temperaturii aerului la ieșirea din tub față de valoarea de referință. Pentru evitarea acestui aspect, este necesar ca parametrul să fie dus la valoarea corectă. Această valoare nu este aceeași, de la un proces la altul. Ea depinde de tipul procesului, de elementele de execuție și de pretențiile cu care se dorește menținerea temperaturii la valoarea prescrisă.

Trebuie menționat că trebuie făcută o alegere, un compromis, ținând cont că micșorarea parametrului o_C înseamnă de fapt o solicitare mult mai intensă a releului de ieșire, releu garantat de către producător pentru un anumit număr de cicluri închis-deschis (de regulă un milion).

Regulatorul ON-OFF. Acest regulator se obține prin fixarea parametrului P al regulatorului PID, din grupul de ecrane 1, la valoarea OFF prin apăsarea tastei ENT.

În acest moment nu mai avem de a face cu un regulator PID ci cu un regulator de tip tot-sau-nimic.

Spre deosebire de regulatorul PID în care intervenția asupra mărimii de ieșire OUT1 se făcea pe baza erorii și a legii de reglare fixate prin intermediul parametrilor PID, în acest caz regulatorul lucrează numai pe baza erorii, mai precis pe baza semnului acesteia.

Atât timp cât referința fixată este mai mare decât valoarea măsurată a temperaturii, eroarea (referința minus măsura) este pozitivă iar regulatorul trimite comanda ON către ieșirea OUT1. Rezistența de încălzire este pusă sub tensiune, temperatura aerului la ieșirea din tub începe să crească. Va crește și valoarea măsurată de către controler prin intermediul traductorului.

Când valoarea măsurată, care era în creștere, devine egală cu valoarea de referință, regulatorul schimbă starea comenzii în OFF deoarece în momentele următoare vom avea eroare negativă (măsura mai mare decât referința). Temperatura mai crește ușor din cauza inerției termice, după care trece printr-un maxim și începe să scadă. Mărimea de măsură scade și ea iar, la un moment dat, trece printr-o valoare egală cu referința, schimbând semnul erorii. În acest moment regulatorul modifică din nou ieșirea OUT1 la valoarea ON.

Temperatura aerului continuă să mai scadă puțin deoarece rezistența de încălzire nu degajă căldură instantaneu, trece apoi printr-o

valoare minimă după care începe să crească. Din acest moment lucrurile se reiau, repetându-se.

Pentru acest regulator, important de setat este parametrul dF (Output1 hysteresis setting screen) care apare imediat după parametrul P când acesta este pus pe OFF . Valoarea acestui parametru se fixează în concordanță cu procesul controlat și cu pretențiile impuse sistemului. Este valoarea de histerezis între acțiunile ON-OFF ale ieșirii OUT1.

Comutarea între cele două valori ale ieșirii trebuie separată printr-un histerezis, astfel încât pentru un proces cu variații lente ale temperaturii în jurul valorii prescrise să nu avem comutări necontrolate între acțiunile ON și OFF care ar fi foarte apropiate ca momente de timp în situația descrisă. Este important de analizat efectul introducerii unui histerezis mai mare sau mai mic în ceea ce privește evoluția temperaturii aerului la ieșirea din tub.

Se poate analiza comportarea sistemului în prezența unor perturbații, acestea fiind foarte ușor de obținut pentru sistemul descris.

O primă perturbație poate fi introdusă prin modificarea vitezei de circulație a aerului în tub printr-o ușoară obturare a orificiului de ieșire.

O altă perturbație ce poate fi ușor introdusă se referă la modificarea vitezei de circulație a aerului prin tub prin modificarea tensiunii de alimentare a motorului ce produce ventilarea aerului.

Desfășurarea lucrării

- Se vor analiza regulatoarele descrise și se va studia controlerul SR93, inclusiv posibilitatea de a se interveni asupra parametrilor.
- Se va analiza modul în care controlerul se cuplează la PC, cu trecerea comenzilor la nivelul calculatorului.
- Se va utiliza regulatorul numeric PID, se va face o acordare a parametrilor regulatorului folosind facilitatea de autotuning. Se va studia sistemul de reglare automată pentru diverse valori ale parametrului o_C și se vor trage concluzii.
- Se va utiliza regulatorul "ON-OFF" pentru diverse valori ale parametrului dF (histerezis). Se vor trage concluzii cu privire la momentele de intervenție ale regulatorului și la evoluția temperaturii reglate.

- Se vor face înregistrări ale evoluției temperaturii la modificarea referinței cât și la apariția unor perturbații.
- Programul cu care se va lucra este SHIMADEN LITE. Se vor studia facilitățile obținute prin utilizarea acestui program interfață PC-SR93.
- Se vor extrage date sub forma de fișiere/grafice pentru sistemele studiate.