

## REZUMAT – TEZĂ DE DOCTORAT

### Soluții de conducere pentru climatizarea serelor, Control Solutions for Greenhouse Climate Systems

**Autor: Eugen Horațiu GURBAN**

**Conducător științific: Prof.dr.ing. Gheorghe-Daniel ANDREESCU**

#### Capitolul 1 - Introducere

Creșterea populației, coroborată cu îmbunătățirea nivelului de trai, a condus la creșterea cererii de legume și fructe proaspete pe tot parcursul anului. Soluția viabilă care vine să adreseze această problemă o reprezintă cultura intensivă a plantelor într-un mediu controlat – sera.

În vederea optimizării creșterii plantelor, se umărește controlul principalilor factori care influențează dezvoltarea plantelor, prin impunerea unor valori optime de prescriere pentru: concentrația de micro/macro nutrienți din sol, temperatura și umiditatea solului și a aerului, concentrația de CO<sub>2</sub> precum și intensitatea luminoasă.

În acest context, teza de doctorat dezvoltă soluții pentru sisteme de conducere a climatizării din sera.

##### ***Obiectivele tezei de doctorat***

Obiectivele tezei de doctorat sunt următoarele :

- Dezvoltarea unor soluții de conducere a climatizării din seră prin utilizarea unui model matematic care descrie evoluția temperaturii și a umidității din seră luând în considerare principalii factori care influențează microclimatul din seră.
- optimizarea sistemului de conducere pentru climatizarea serelor utilizând: metode de acordare convenționale a reguletoarelor PID, metode de acordare 2DoF, algoritmi genetici, predictor Smith.
- Dezvoltarea de studii comparative pentru a evidenția și a compara performanțele sistemelor de conducere prezentate anterior.
- Analiza comportamentului sistemului și a robusteții acestuia luând în considerare variația parametrilor precum și estimarea eronată a perturbațiilor.
- Îmbunătățirea soluțiilor de conducere prin utilizarea de observatoare de stare.
- Dezvoltarea unei platforme "hardware-in-the-loop" (HIL) pentru punerea în aplicare a structurii de control și pentru validarea algoritmului de conducere prin rezultatele experimentale. Platforma HIL are în componență: PLC-uri pentru implementarea sistemului de conducere și un PC care rulează modelul climatic al serei implementat utilizând LabVIEW sau MATLAB.
- Dezvoltarea de soluții SCADA HMI pentru monitorizare și comandă la distanță a climatizării din seră.

Rezultatele cercetării doctorale incluzând aspecte teoretice, rezultate de simulare comparative, implementarea sistemului de conducere, precum și implementări HIL (Hardware-in-the-Loop)- SCADA, HMI (Human Machine Interface) au fost diseminate în șapte lucrări științifice :

patru lucrări publicate în volumele unor conferințe internaționale (indexate IEEE Xplore, Scopus, Inspec), o lucrare trimisa la o conferința internațională și două articole trimise la reviste indexate ISI.

## Capitolul 2 - Stadiul actual, tendințe pentru sisteme de conducere a serelor

Acest capitol prezintă un studiul bibliografic actual, o analiză privind sistemele și tehnologiile utilizate în automatizarea serelor (modele matematice, wireless sensor networks, sistemelor de monitorizare și comanda la distanță, sisteme distribuite, SCADA, procesare de imagini). Prin analiza și clasificarea caracteristicilor și prin prezentarea principalelor contribuții în categorii corespunzătoare oferă idei pentru noi aplicații și oportunități de cercetare relevante, inclusiv pentru prezenta teză de doctorat

De asemenea, este prezentată o analiză a sistemelor de conducere utilizate în serele Universității de Științe Agricole și Medicină Veterinară a Banatului, cu punctarea problemelor identificate în urma vizitei de lucru efectuate în această locație. O altă temă abordată este utilizarea conducerii distribuite sau centralizate a sistemelor de conducere a climatizării serelor.

## Capitolul 3 - Model climatic sera, liniarizare și decuplare

În cel de-al treilea capitol este prezentat modelul matematic, neliniar și cuplat, al microclimatului din seră. Este dezvoltată metoda de liniarizare și decuplare folosită. De asemenea sunt prezentate soluții pentru îmbunătățirea performanțelor sistemului de reglare a temperaturii și a umidității din seră prin utilizarea modelului intern sau prin utilizarea observatoarelor de stare, necesare pentru obținerea liniarizării și decuplării în regim dinamic.

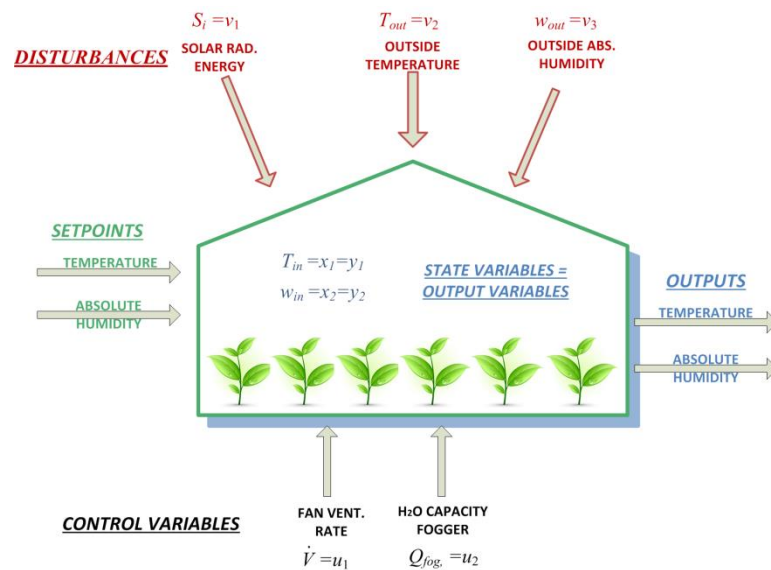


Fig. 1. Model climatic al serei

Modelul matematic [ALB'01] corespunzător evoluției temperaturii și umidității din seră (fig. 1) este exprimat prin două ecuații diferențiale:

$$\frac{dT_{in}}{dt} = \frac{1}{\rho C_p V} [Q_{heater}(t) + S_i(t) - \lambda Q_{fog}] - \frac{\dot{V}(t)}{V} [T_{in}(t) - T_{out}(t)] - \frac{U_A}{\rho C_p V} [T_{in}(t) - T_{out}(t)] \quad (1.1)$$

$$\frac{dw_{in}}{dt} = \frac{1}{V} Q_{fog}(t) + \frac{1}{V} E(S_i(t), w_{in}(t)) - \frac{\dot{V}(t)}{V} [w_{in}(t) - w_{out}(t)] \quad (1.2)$$

unde:  $T_{in}, T_{out}$  - temperatura aerului din interiorul/exteriorul serei (°C),  $w_{in}, w_{out}$  - umiditate absolută a aerului din interiorul/exteriorul serei ( $\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ ),  $S_i$  - radiație solară (W),  $\dot{V}$  - debit ventilator

(m<sup>3</sup>/s), Q<sub>fog</sub> - debit umidificator (g H<sub>2</sub>O/s), Q<sub>heater</sub> - căldură dezvoltată de încălzitor (W), E(S<sub>i</sub>, w<sub>in</sub>) - debit evapotranspirație plante (g H<sub>2</sub>O/s), U<sub>A</sub> - coeficient de transfer termic (W/K), ρ - densitate aer (1.2 kg/m<sup>3</sup>), C<sub>p</sub> - caldura specifica a aerului (1006 J/(kgK)), λ - căldură latentă de vaporizare (2257 J/g).

Modelul matematic ISI, corespunzător evoluției temperaturii și umidității din seră se prezintă astfel:

$$\dot{x}_1(t) = -\frac{UA}{\rho C_p V} x_1(t) + \frac{1}{\rho C_p V} v_1(t) + \frac{UA}{\rho C_p V} v_2(t) + \frac{1}{V} v_2(t) u_1(t) - \frac{1}{V} x_1(t) u_1(t) - \frac{\lambda}{\rho C_p V} u_2(t) \quad (2.1)$$

$$\dot{x}_2(t) = -\frac{\beta_T}{V} x_2(t) + \frac{\alpha}{\lambda V} v_1(t) + \frac{1}{V} [v_3(t) - x_2(t)] u_1(t) + \frac{1}{V} u_2(t) \quad (2.2)$$

Unde mărimile de stare x<sub>1</sub> și x<sub>2</sub> (temperatura și umiditatea aerului din seră) sunt și mărimile de ieșire din proces, mărimile de comandă u<sub>1</sub> și u<sub>2</sub> reprezintă debitul ventilatorului și a umidificatorului, iar cele 3 perturbații v<sub>1</sub>, v<sub>2</sub>, v<sub>3</sub>, sunt: radiația solară, temperatura și umiditatea absolută a aerului din exteriorul serei.

În acest caz, procesul este neliniar și cuplat. Este neliniar pentru că avem produse între mărimile de comandă și perturbații precum și între mărimile de comandă și mărimile de stare. Este cuplat deoarece cele două mărimi de comandă, u<sub>1</sub> și u<sub>2</sub>, influențează ambele mărimi de stare, x<sub>1</sub> și x<sub>2</sub>.

Pentru a obține un sistem liniar și decuplat a fost folosită o metoda de liniarizare și decuplare propusă de Albright[ALB'01]. Utilizând această metodă se obțin următoarele expresii pentru mărimile de comandă u<sub>1</sub> și u<sub>2</sub>:

$$u_1 = [U_A y_1 + \lambda \beta_T y_2 - (1 + \alpha) v_1 - U_A v_2 + \rho C_p V \hat{u}_1 + \lambda V \hat{u}_2] / \Delta \quad (3.1)$$

$$u_2 = [(y_2 - v_3)(U_A y_1 - v_1 - U_A v_2 + \rho C_p V \hat{u}_1) + \rho C_p (-y_1 + v_2)(\beta_T x_2 - \frac{\alpha}{\lambda} v_1 + V \hat{u}_2)] / \Delta \quad (3.2)$$

unde  $\Delta(t) = \rho C_p [v_2(t) - y_1(t)] + \lambda [v_3(t) - y_2(t)] \neq 0$

Prin substituirea expresiilor 3.1 și 3.2 în expresiile 2.1 și 2.2 se obține un sistem simplificat, liniar și decuplat, de forma:

$$\dot{y}_i = \hat{u}_i, i = 1, 2 \quad (4)$$

Unde  $\hat{u}_1$  și  $\hat{u}_2$  sunt noile mărimi de comandă introduse,  $\hat{u}_1$  este viteza de variație a temperaturii iar  $\hat{u}_2$  este viteza de variație a umidității aerului din seră. Astfel pe fiecare canal se obține o comportare de tip integrator.

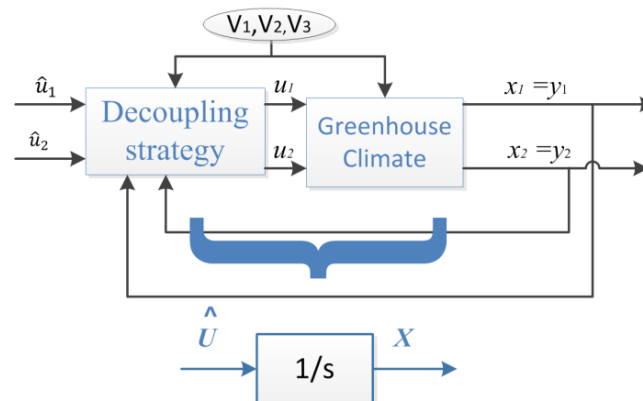


Fig. 2. Structura de decuplare (caz ideal)

În măsurarea temperaturii și umidității apar întârzieri datorate atât amplasării senzorilor dar și datorită latenței acestora. Datorită introducerii timpului mort pe cele două canale (temperatură, umiditate) liniarizarea și decuplare în regim dinamic nu mai poate fi realizată direct.

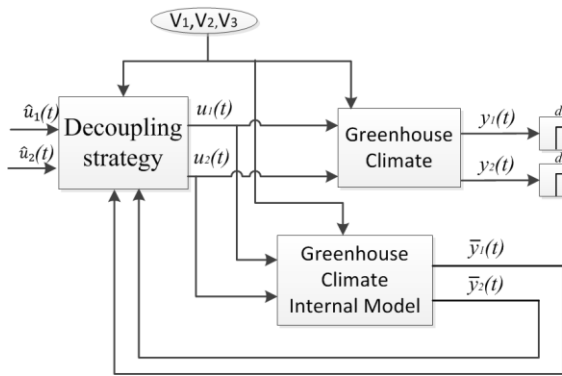


Fig. 3. Structura de liniarizare și decuplare utilizând modelul intern

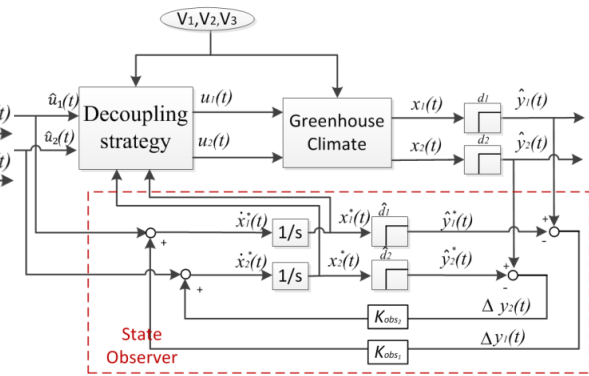


Fig. 4. Structura de liniarizare și decuplare utilizând observator de stare

Sunt propuse două soluții pentru estimarea variabilelor de stare fără întârziere. Prima soluție utilizează modelul intern al procesului (fig. 3.) iar cea de-a doua soluție folosește un observator de stare (fig. 4.).

Sunt propuse două soluții de implementare a observatorului de stare. Cele două soluții folosesc modelul simplificat echivalent, al modului de liniarizare/decuplare și a modelului climatic, de tip IPDT:

- i) soluție care folosește un compensator de tip proporțional în reacție, fiind proiectat în domeniul frecvențial,
- ii) soluție care folosește un compensator de tip PI, proiectat utilizând o metodă de proiectare specifică proceselor de tip IPDT.

Cele trei implementări propuse pentru estimarea mărimilor de stare neîntarziate sunt testate luând în considerare o variație a parametrilor sistemului de 20%. Cele mai bune rezultate sunt obținute pentru observatorul de stare cu compensator PI, aceasta soluție remarcându-se prin estimarea precisă a variabilelor de stare atât în cazul nominal cât și în cazul variațiilor parametrice și printr-un efort de calcul redus.

Utilizarea soluțiilor propuse pentru estimarea variabilelor de stare fără întârziere duce la o comportare (model proces + modul liniarizare și decuplare) de tip integrator cu timp mort (IPDT) (fig.5.).

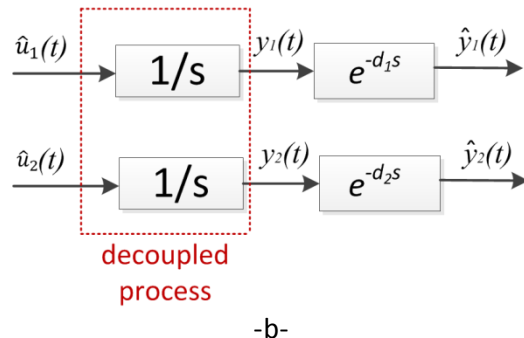
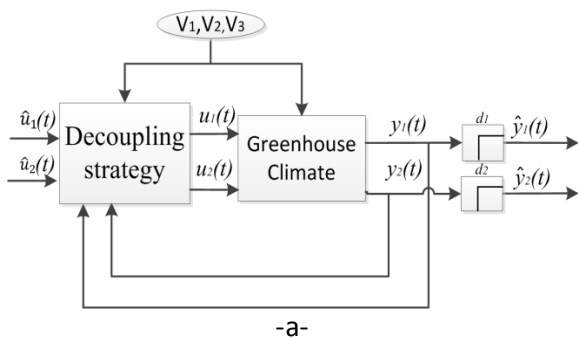


Fig. 5. Proces decuplat incluzând timpul mort: a) structura quasi-echivalentă b) model IPDT echivalent

## Capitolul 4 - Sisteme de conducere pentru climatizarea serelor

Cel de-al patrulea capitol prezintă sisteme de conducere pentru climatizarea serelor utilizând modelul climatic precum și metoda de liniarizare și decuplare prezentate în capitolul precedent.

Sunt folosite regulatoare PID acordate utilizând metode convenționale, regulatoare PID cu două grade de libertate (2DoF), regulatoare PID acordate utilizând algoritmi genetici precum și o structură de reglare utilizând predictor Smith modificat.

Capitolul 4 propune un studiu comparativ, folosind 5 metode de acordare a regloatoarelor PID specifice proceselor de tip integrator cu timp mort (fig. 6) (formule empirice, metode analitice, metode în domeniul frecvență).

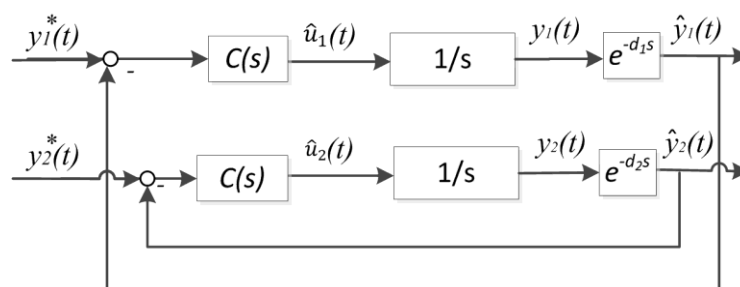


Fig. 6. Sistem de reglare a temperaturii și umidității din seră utilizând procesul echivalent de tip integrator plus timp mort (IPDT)

Analizând răspunsul sistemului în cazul variațiilor treapta a referințelor de temperatură și umiditate se observă că: cel mai bun timp de reglare este obținut pentru metoda Ziegler-Nichols, iar cel mai redus supareglaj este obținut pentru metodele IMC (Internal Model Control).

De asemenea, este analizată robustețea sistemului de reglare a temperaturii și umidității în cazul variațiilor parametriche sau a estimării eronate a unor perturbații. Este acordată o importanță deosebită acestui aspect deoarece în calculul mărimilor de comanda  $u_1$  și  $u_2$  intră o serie de parametri ai sistemului precum și cele trei perturbații. Este luată în considerare estimarea eronată a parametrilor:  $U_A$ -coeficient de transfer termic,  $\alpha$ -indice suprafață foliară; precum și a unei perturbații:  $S_r$ -radiație solară. Se observă o degradare semnificativă a performanțelor sistemului de reglare (supareglaj, timp de creștere, timp de reglare) pentru regloatoarele PID convenționale (Ziegler Nichols, IMC-ISE, IMC-IAE) în special în cazul variației coeficientului de transfer termic.

În scopul îmbunătățirii robusteții sistemului au fost utilizate 3 metode de acordare PI 2-DoF: (model reference robust tuning (MoReRT) [ALF'12], multiple dominant pole (MDP) [VIT'11], performance portrait method (PPM) [HUB'11]). Rezultatele obținute prin simulare cu regloatoarele 2DoF, amintite anterior, evidențiază îmbunătățirea performanțelor sistemului de reglare (timp de reglare/ supareglaj redus) în cazul variațiilor parametriche, comparativ cu utilizarea regloatoarelor PID acordate cu metode convenționale.

Acordarea regloatoarelor PID aferente buclor de temperatură și umiditate, utilizând algoritmi genetici (AG), este de asemenea tratată în acest capitol.

Populația inițială este alcătuită din 10 indivizi (seturi de parametri PID), 4 corespunzător unor regloatoare PID acordate cu metode convenționale, iar restul de 6 indivizi sunt generați aleator extinzând spațiu mărginit de coeficienții celor patru regloatoare PID ( $\pm 30\%$ ).

Sunt folosite două scenarii de test pentru optimizarea regloatoarelor PID asociate celor două bucle de reglare (temperatură, umiditate): regim tranzitoriu diurn-nocturn și regim tranzitoriu nocturn-diurn.

În primul scenariu (regim tranzitoriu diurn-nocturn) se consideră o modificare tip rampă a referințelor de temperatură și umiditate. Fiecare individ (cromozon) este caracterizat prin 3 gene (3 parametri PID).

Pentru a evalua performanțele regloatoarelor a fost dezvoltată o funcție de cost pentru bucla de reglare a temperaturii compusă din 3 termeni care penalizează: modulul erorii de reglare de temperatură, pătratul mărimii de comandă precum și durata saturației ventilatorului. Parametrii PID astfel optinuti sunt utilizați identic pentru cele 2 regloatoare (de temperatura și umiditate).

$$J_1 = f_\theta(\tau) + \alpha \cdot g_\theta(\tau) + p_\theta(2000, \tau) \quad (5.1)$$

$$f_\theta(\tau) = \int_{2000}^{\tau} \left| \frac{y_1^*(t) - \theta(t)}{\Delta\theta} \right| dt, \quad (5.2)$$

$$g_{\theta}(\tau) = \frac{1}{\tau - 2000} \int_{2000}^{\tau} (u_1(t))^2 dt, \quad \alpha = 0.1, \quad (5.3)$$

$$p_{\theta}(2000, \tau) = \begin{cases} 0, & \text{if no saturation occurs} \\ & \text{during the time interval } [2000, \tau] \\ 15, & \text{if saturation occurs} \\ & \text{during the time interval } [2000, \tau] \end{cases} \quad (5.4)$$

unde:  $y_1^*$  este prescrierea de temperatură,  $\Delta\theta$  este diferența dintre prescrierea inițială și cea finală iar  $u_1$  este debitul ventilatorului.

Setul de 3 parametri PID obținuți utilizând AG este foarte apropiat de setul de parametri corespunzător metodei de acordare PID Ziegler-Nichols. Pentru a valida rezultatul și pentru a confirma că AG nu a identificat doar un minim local, s-a reluat experimentul excluzând, de această dată, din populația inițială, metoda de acordare Ziegler-Nichols. Rezultatele obținute în acest caz sunt foarte apropiate de cele obținute în cazul precedent și confirmă găsirea unui minim global.

De asemenea, se propune utilizarea informațiilor referitoare la radiația solară obținute de la o stație meteo aflată în proximitate. Presupunând că există erori de estimare a radiației solare în intervalul  $\pm 30\%$  (fig.7.), s-a testat robustețea sistemului considerând un regim de funcționare diurn. Rezultatele obținute în acest regim de funcționare, utilizând regulatoare PID determinate în regimul tranzitoriu diurn-nocturn, subliniază robustețea sistemului și validează soluția propusă pentru obținerea radiației solare.

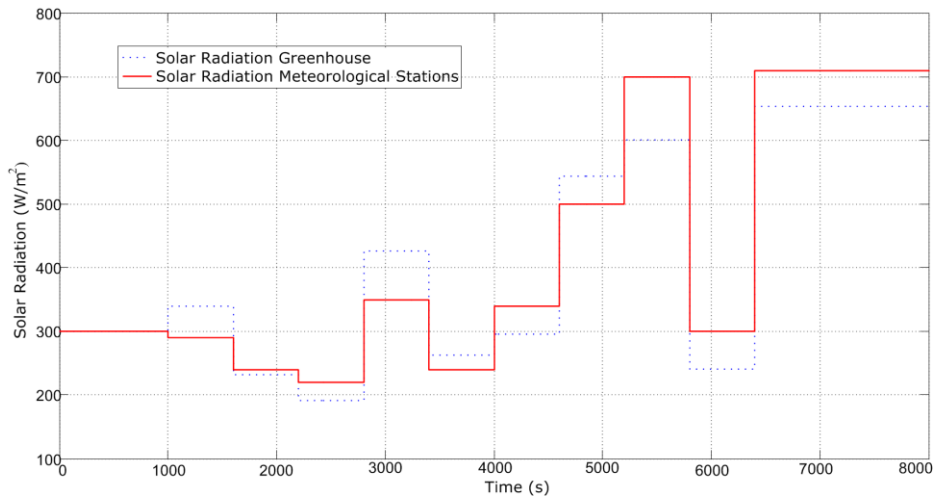


Fig. 7. Radiația solară (reală/estimată)

Al doilea scenariu folosit pentru acordarea reguletoarelor PID utilizând AG folosește un regim tranzitoriu nocturn-diurn. În acest caz reguletoarele aferente celor două bucle de reglare (temperatură și umiditate) sunt considerate independente. Fiecare individ este caracterizat prin 6 gene (3 parametri PID x 2 seturi).

În acest caz funcția de cost ( $J_2$ ) conține 6 termeni, 3 termeni care penalizează bucla de reglare a temperaturii ( $J_{\theta}$ ) și 3 termeni care penalizează bucla de reglare a umidității ( $J_H$ ).

$$J_2 = J_{\theta} + J_H, \quad (6.1)$$

$$J_{\theta} = f_{\theta}(\tau) + 10 \cdot g_{\theta}(\tau) + 3 \cdot p_{\theta}(2000, \tau), \quad (6.2)$$

$$J_H = f_H(\tau) + 10 \cdot g_H(\tau) + 3 \cdot p_H(2000, \tau). \quad (6.3)$$

În acest caz s-a penalizat durata intrării în saturație a actuatorilor:

$$p_{\theta}(t) = \int_{2000}^{\tau} s_{\theta}(t) dt, \quad p_H(t) = \int_{2000}^{\tau} s_H(t) dt, \quad s_{\theta}(t), s_H(t) = \begin{cases} 0, & \text{if no saturation occurs} \\ 1, & \text{if saturation occurs} \end{cases}.$$

Soluția obținută utilizând AG oferă o îmbunătățire a funcției de cost de 18%.

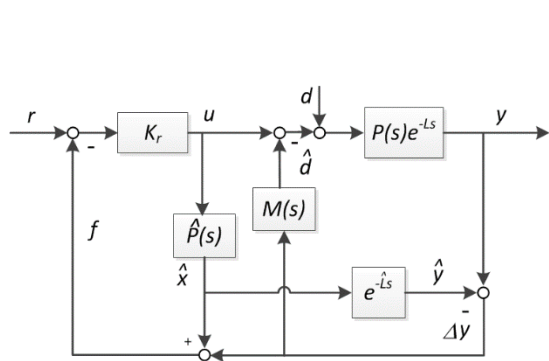


Fig. 8. Structura predictor Smith( varianta Matausek)

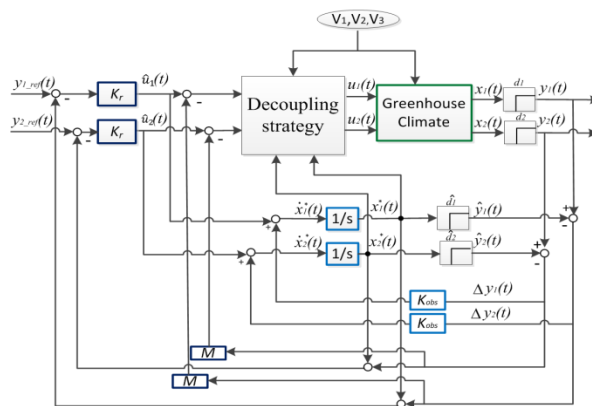


Fig. 9. Structura predictor Smith (varianta Matausek) utilizand observator de stare pentru conducerea climatizării din seră

Ultima parte a acestui capitol propune o soluție de conducere care utilizează un predictor Smith modificat (variant Matausek [MAT'99]).

Dupa cum se poate observa în fig. 8, în cazul predictorului Smith modificat, mărimea de reacție  $f$  are două componente: mărimea de ieșire neîntârziată  $\hat{x}$ , și diferența dintre mărimea de ieșire măsurată și mărimea de ieșire estimată. Compensarea perturbațiilor și a efectelor variațiilor parametrice se face prin intermediul mărimii  $\hat{d}$ .

Plecând de la predictorul Smith modificat, este propusă, implementată și testată prin simulare obținerea mărimilor de ieșire neîntârziată utilizând un observator de stare (fig. 9). Structura estimatorului folosește modelul echivalent (modul liniarizare/decuplare + model climatic) de tip IPDT. Sunt propuse și testate două soluții pentru implementarea compensatorului după eroare de estimare a ieșirii întârziate cu compensator P și PI.

S-a studiat răspunsul sistemului considerând un regim tranzitoriu diurn-nocturn, comparând răspunsul pentru următoarele sisteme de reglare automată: i) predictorul Smith modificat care utilizează observatorul de stare cu compensator PI, ii) structură de reglare PID, cu regulatoare acordate utilizând AG. Se observă că pentru predictorul Smith modificat se obține o urmărire a referințelor cu o întârziere egală cu timpul mort, fără suprareglaj, de asemenea se remarcă un profil lin al comenzilor fără variații mari de pantă (fig. 10).

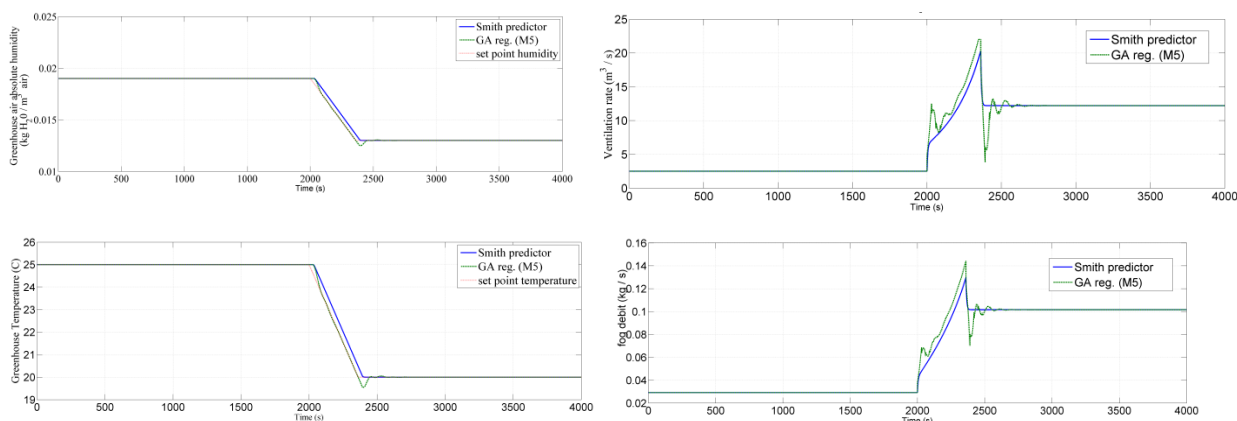


Fig. 10. Răspunsul sistemului în cazul regimului tranzitoriu diurn-nocturn folosind: regulatoare PID acordate utilizand AG, predictor Smith modificat cu observator de stare

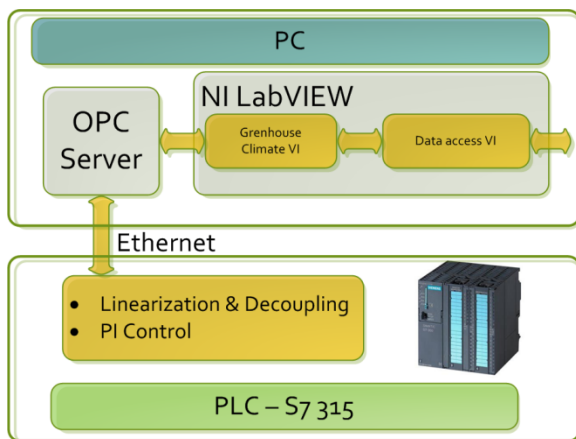


Fig. 11. Schemă de implementare HIL

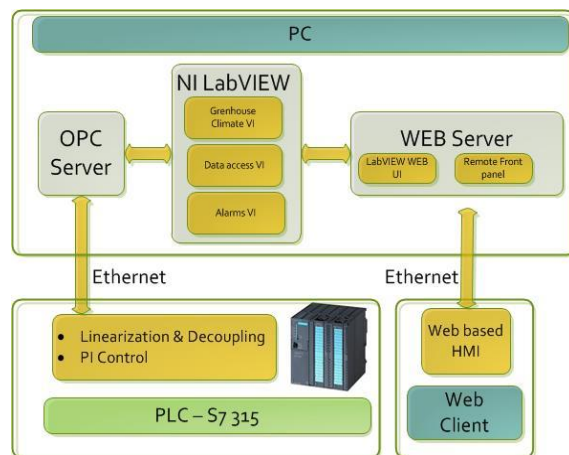


Fig. 12. Schema de implementare HIL cu interfață web dezvoltată utilizând software NI

## Capitolul 5 – Dezvoltare Hardware-in-the-Loop(HIL) - SCADA pentru sistemul de conducere a climatizării din seră

În acest capitol este dezvoltată și implementată o platforma “hardware-in-the-loop” (HIL) pentru testarea experimentală a sistemului de conducere a microclimatului din seră (fig. 11).

De asemenea sunt implementate soluții HMI (Human Machine Interface)-SCADA pentru monitorizare și comandă la distanță (fig. 12).

Platforma HIL are doua componente, sistemul testat (sistem reglare temperatura și umiditate implementat pe PLC) precum și mediul de testare simulat (implementarea în LabVIEW a modelului climatic al serei pe PC). Pentru implementarea sistemului de reglare s-a folosit un PLC Siemens S7-300 utilizând platforma software dedicată Siemens TIA (Totally Integrated Automation). Procesul climatic a fost implementat în NI LabVIEW utilizând modulele: NI Control Design and Simulation, PID and Fuzzy Logic Toolkit. Pentru realizarea comunicației între sistemul de conducere și procesul simulat se utilizează un server OPC. Rezultatele obținute în urma testării sistemului de reglare validează experimental dezvoltările teoretice.

Sunt dezvoltate soluții HMI pentru monitorizare și comandă la distanță: i) soluție utilizând interfața web, fiind propuse două implementări, utilizând LabVIEW Web UI Builder (fig. 13) și NI LabVIEW Remote Front Panels, ii) soluție HMI (fig. 14) componentă a sistemului SCADA care utilizează transmisii de date GPRS, dezvoltată utilizând SIEMENS WinCC SCADA și SINAUT ST7.

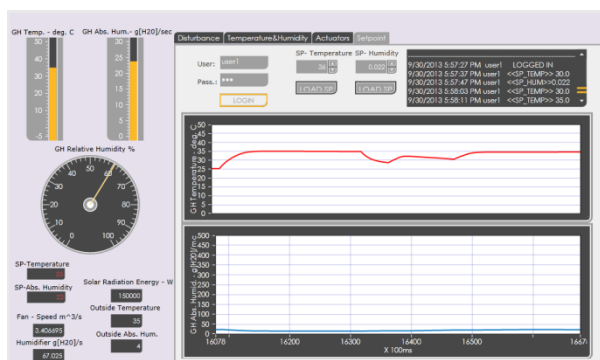


Fig. 13. Interfață HMI dezvoltată utilizând LabVIEW Web UI Builder

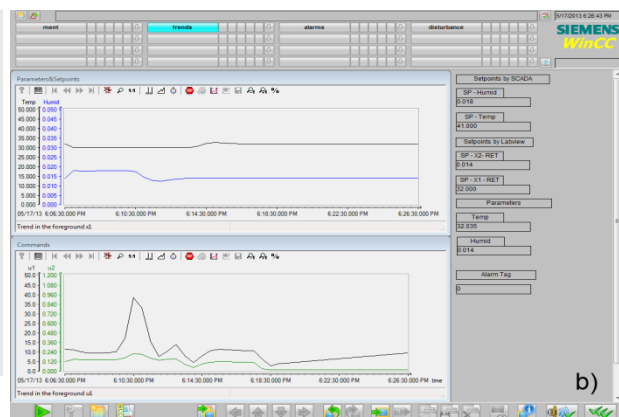


Fig. 14. Interfață HMI dezvoltată utilizând Siemens WinCC



Ultima parte a capitolului 5 propune un sistem telematic embedded: GSM / Ethernet Telematics System (GE-TS). Pentru comanda și monitorizare la distanță se folosesc: i) servicii puse la dispoziție de rețelele de telefonie mobilă, apelare și SMS, cu identificarea și validarea cererii, ii) interfață web.

## Capitolul 6 – Concluzii și contribuții

Principalele contribuții ale tezei sunt următoarele:

- Studiu bibliografic actual asupra utilizării sistemelor automate în cadrul serelor. (Cap. 2)
- Optimizarea structurii de liniarizare și decuplare pentru conducerea climatizării serelor- reglare temperatură și umiditate (CCS-TU) folosind metoda de liniarizare feedback feedforward, cu măsurarea perturbațiilor, prin implementarea și validarea a două soluții pentru estimarea vectorului de ieșire fără întârzieri:
  - soluție care utilizează modelul intern al procesului (microclimat seră) (Cap. 3)
  - soluție care utilizează un observator de stare Luenberger și se bazează pe modelul simplificat echivalent de tip IPDT (modul liniarizare/decuplare și model climatic), folosind un compensator P sau PI (Cap.3)
- Studiu critic comparativ cu rezultate de simulare utilizând 5 metodele de acordare PID specifice proceselor de tip integrator cu timp mort, aplicabile la CCS-TU, cu luarea în considerare a limitării elementelor de execuție. (Cap. 4)
- Studiu critic comparativ cu rezultate de simulare privind robustețea sistemului CCS-TU utilizând 3 metode de acordare PID convenționale și 3 metode de acordare PI cu 2 grade de libertate (2DoF) în scopul creșterii robusteții pentru procese de tip integrator cu timp mort, cu considerarea variației parametrilor și incertitudinii în măsurarea perturbațiilor. (Cap. 4)
- Metodă pentru optimizarea sistemului CCS-TU cu algoritmi genetici (AG) pentru acordarea reguletoarelor PID prin:
  - introducerea funcțiilor de cost integrale, normate, aferente AG pentru penalizarea: erorii de reglare (temperatură, umiditate), mărimii de comandă precum și a duratei saturației actualelor. (Cap. 4)
  - includerea în populația inițială la AG a parametrilor unor reguletoare PID acordate cu metode convenționale. (Cap. 4)
- Determinarea parametrilor PID cu AG pentru CCS-TU folosind două scenarii reale privind tranzițiile specifice în seră: regim nocturn-diurn și regim diurn-nocturn. Seturile de parametri PID obținute putând fi folosite în acordarea adaptivă a sistemului CCS-TU. (Cap. 4)
- Structura predictor Smith modificat pentru CCS-TU cu observator de stare bazat pe modelul echivalent simplificat utilizat pentru estimarea vectorului mărimii de ieșire neîntârziate.
- Dezvoltarea și implementarea unei platforme “hardware-in-the-loop” (HIL) pentru CCS-TU: implementare și validare experimentală pentru algoritmul de reglare a temperaturii și umidității; algoritm de liniarizare și decuplare pe PLC Siemens S7-300 și a modelului climatic al serei pe PC utilizând LabVIEW și pentru comunicație OPC Server. (Cap. 5)
- Dezvoltarea și implementarea de soluții HMI-SCADA pentru monitorizarea și comanda la distanță a climatizării din seră: a) două soluții care utilizează interfața web (implementată folosind NI LabVIEW WEB UI Builder, NI LabVIEW Remote Front Panels) și b) soluție HMI ce face parte dintr-un sistem SCADA care folosește transmisia de date GPRS (dezvoltată utilizând WinCC SCADA și SINAUT ST7) (Cap. 5)
- Dezvoltarea și implementarea unui sistem telematic (element local SCADA), bazat pe un microcontroller PIC18F4620, pentru monitorizarea senzorilor și comanda elementelor de

execuție la distanță utilizând: serviciile puse la dispoziție prin intermediul rețelei GSM (Short Message Service-SMS, apelare) precum și prin utilizarea unei interfețe web-Internet. (Cap. 5)

#### Referințe selectate

- [ALB'01] Albright L.D., Gates R.S., Arvanitis K.G., Drysdale A., (2001), Environmental control for plants on earth and in space, *IEEE Control System Magazine*, 21(5), 28-47.
- [ALF'12] Alfaro V.M., Vilanova R., (2012), *Model reference robust tuning of 2DoF PI controllers for integrating controlled processes*, Proc. 20th Mediterranean Conf. on Control & Automation (MED 2012), Barcelona, Spain, July, 1079-1084.
- [HUB'11] Huba M., (2011), *Setpoint versus disturbance responses of the IPDT plant*, Proc. IFAC Conf. on Advances in PID Control (PID'12), Brescia, Italy, Mar. 2011, 412-417.
- [ISI'95] A. Isidori, *Nonlinear Control Systems*, 3rd Ed., Springer, Berlin, 1995.
- [MAT'99] Matausek M.R., Micic A.D., (1999), On the modified Smith predictor for controlling a process with an integrator and long dead-time, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 44(8), 1603–1606.
- [VIT'11] Viteckova M., Vitecek A., Babiuch M., (2011), Unified Approach to Analog and Digital Two-Degree-of-Freedom PI Controller Tuning for Integrating Plants with Time Delay, *Journal of Acta Montanistica Slovaca*, 16(1), 89-94.

#### Lucrări selectate

- [1] Gurban E. H., Dragomir T.-L., Andreescu G.-D., Greenhouse Climate Control Enhancement by Using Genetic Algorithms, *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*, in review.
- [2] Gurban E. H., Andreescu G.-D., Pelan O., Greenhouse Environment Monitoring and Control: State of the Art and Current Trends, *Environmental Engineering and Management Journal*, in review.
- [3] Gurban E. H., Iacob M., Andreescu G.-D., SCADA system and hardware-in-the-loop for greenhouse climate control implementation, Proc. 5th IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics (LINDI 2013), Wildau, Germany, Sept. 2013, 125-130.
- [4] Gurban E. H., Andreescu G.-D., Employing 2DoF PID Controllers to Improve Greenhouse Climate System Robustness, Proc. IEEE International Conference on System Science and Engineering (ICSSE 2013), Budapest, Hungary, July, 2013, 93-98.
- [5] Gurban E. H., Andreescu G.-D., Comparison Study of PID Controller Tuning for Greenhouse Climate with Feedback-Feedforward Linearization and Decoupling, Proc. 16th Int. Conf. on System Theory, Control and Computing (ICSTCC 2012), Sinaia, Romania, Oct. 2012, 1-6.
- [6] Gurban E. H., Andreescu G.-D., SCADA Element Solutions Using Ethernet and Mobile Phone Network, Proc. 9th Int. Symp. on Intelligent Systems and Informatics (SISY 2011), Subotica, Serbia, Sept. 2011, 303-308.
- [7] Gurban E. H., Andreescu G.-D., Comparison of Modified Smith Predictor and PID Controller Tuned by Genetic Algorithms for Greenhouse Climate Control, 9th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI 2014), May 2014, in review.