

**MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA “VALAHIA” DIN TÂRGOVIȘTE
IOSUD – ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL INGINERIE ELECTRICĂ**

**DUAL HEATING – SISTEM COMPLEX
DE ÎNCĂLZIRE DUALĂ A INCINTELOR
-REZUMAT-**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,
Prof.univ.dr. ing. Horia Leonard ANDREI**

**DOCTORAND,
ing. Lucian – Gheorghe NĂSTASE**

**TÂRGOVIȘTE
2019**

Cuprins

LISTĂ FIGURI	4
LISTĂ TABELE	7
CAPITOLUL 1	
STADIUL ACTUAL AL TEHNOLOGIILOR DE ÎNCĂLZIRE ELECTRICĂ ȘI CU COMBUSTIBILI FOSILI	9
1.1. INTRODUCERE.....	9
1.2. DESCRIEREA SISTEMELOR DE ÎNCĂLZIRE A INCINTELOR.....	10
1.2.1. Centrala termică pe combustibil solid (pe lemne, cărbune, biomasa).....	12
1.2.2. Centrala termică pe gaz.....	15
1.2.3. Încălzirea electrică prin pardoseală.....	23
1.2.4. Încălzirea folosind panourile radiante.....	25
1.2.5. Încălzire prin perete cu sistemul HAKA-COMISA.....	27
1.2.6. Încălzirea folosind șemineele electrice.....	28
1.2.7. Sistem electric de încălzire a incintelor. Construcția și funcționarea cazanului electric.....	29
1.2.8. Pompe de căldură.....	33
CAPITOLUL 2	
CLĂDIRI INTELIGENTE – SISTEM DE MONITORIZARE ȘI CONTROL AL PROCESELOR DUALE DE ÎNCĂLZIRE A INCINTELOR	44
2.1. Analiza comparativă a eficienței sistemelor de încălzire a incintelor.....	48
2.2. Sistem modern de monitorizare și control al încălzirii incintelor în scopul eficientizării consumului de energie și de reducere a cheltuielilor	52
CAPITOLUL 3	
PROCEDRI DE MICȘORARE A CONSUMURILOR ENERGETICE ȘI A COSTURILOR ÎNCĂLZIRII INCINTELOR	58
3.1. Consumuri energetice într-un contur urban și eficientizarea consumurilor energetice.....	58
3.2. Rezultatele măsurărilor experimentale și prezentarea lor grafică.....	62

CAPITOLUL 1

STADIUL ACTUAL AL TEHNOLOGIILOR DE ÎNCĂLZIRE ELECTRICĂ ȘI CU COMBUSTIBILI FOSILI

1.1. Introducere

Pentru producătorii de energie cât și pentru consumatorii casnici, industriali sau publici, în prezent se pune problema reducerii consumului de energie necesară încălzirii incintelor, fie ele locuințe, spații comercial, spații publice sau industriale (depozite, hale de producție, birouri, etc.) [1], [2].

Problema eficientizării consumului de energie și a realizării unor sisteme de încălzire duală se acutizează pe zi ce trece ajungând astfel atât în atenția celor direct implicați (proprietari de spații de locuit, producători de echipamente) cât și în atenția celor implicați indirect (furnizorii de energie) [3], [4].

Principalele soluțiile adoptate pe plan mondial, în prezent sunt [5], [6]:

- ✓ anumite firme specializate, oferă clienților soluții și sisteme care combină sistemele clasice de încălzire cu sistemele fotovoltaice (pentru producerea energiei electrice și realizarea autonomiei) [7]. Dezavantajul constă în faptul că nu se face o comutare eficientă între cele două sisteme;
- ✓ unele spații de locuit (în special cele din mediul rural) au adoptat sisteme de încălzire duală, dar aceste sisteme nu au procese automate de trecere de la un sistem de încălzire la altul (de exemplu de la încălzirea pe gaze la cea electrică, sau pe lemne)[8];
- ✓ la momentul actual există sisteme de încălzire care utilizează două tipuri de combustibil, dar acestea nu realizează o corelație directă între costuri și nevoile utilizatorului.

Teza de doctorat urmărește eficientizarea consumurilor de energie și reducerea cheltuielilor necesare încălzirii pe perioada anotimpului rece prin utilizarea unui proces de alternare între doua sisteme convenționale de încălzire. Sistemele de încălzire analizate sunt: pe de o parte se află centrala pe gaze, lemne sau biomasă, iar pe de altă parte centrala electrică. Lucrarea își propune să ofere soluții concrete pentru micșorarea cheltuielilor alocate încălzirii și adaptării acestora la necesitățile și resursele financiare ale utilizatorului, prin alegerea unui algoritm care să permită optimizarea tipului de încălzire. Soluția propusă și prezentată, este o soluție de actualitate și vizează criza economică actuală pe care România o traversează, dar și criza mondială în ceea ce privește prețul gazelor și al petrolului [9], [10].

Implementarea soluției în cadrul întreprinderilor mici și mijlocii, ar putea conduce la un impact important în ceea ce privește relansarea economiei prin reducerea prețului de producție. În prezent în spațiile încălzite numai prin centrale pe gaze, lemne sau biomasă implementarea sistemului dual cu centrală electrică ar reduce semnificativ noxele emise și astfel s-ar obține o reducere importantă a gradului de poluare datorată sistemelor de încălzire.

1.2. Descrierea sistemelor de încălzire a locuințelor

Confortul termic necesar în imobil poate fi asigurat pentru desfășurarea în bune condiții a activităților cu ajutorul unei instalații de încălzire (centrală termică), care să poată produce necesarul de agent termic.

O centrală termică cuprinde un generator de căldură care se bazează pe transformarea unui tip de energie (fie că este vorba de combustibil solid, gazos, lichid sau curent electric) în al tip de energie, cea termică. Ea asigură alimentarea în mod centralizat a instalațiilor pentru prepararea ACM (apei calde menajere), a instalațiilor de încălzire, a instalațiilor pentru

climatizare etc., care pot fi considerați consumatori și transportă un purtător de căldură, agent termic.

Cea mai utilizată formă de energie are la bază arderea directă a materiei prime (cărbune, biomasă, gaz metan, gaz lichefiat, hidrocarburi), sau într-un procent mai redus ca formă de energie este utilizat lemnul, a deșeurile provenite din masă lemnoasă sau este folosită energia electrică. Uneori, energia eoliană, biogazul sau energia solară și în viitor se întrevește utilizarea hidrogenului, pot fi folosite ca surse alternative [11].

O microcentrala termică (MT) este compusă din cazan pentru apă – care are temperatura de lucru de maxim 95 °C, având circulație de tip forțat și prevăzută cu vasul deschis de expansiune –pompe, arzătoare, supapă de siguranță, pentru încălzirea apei de consum este utilizat schimbătorul de căldură precum și sistemul folosit la automatizare [14].

La rețeaua electrică, la sursa de combustibil, coșul pentru degajarea fumului și instalația interioară de încălzire se racordează centrala termică. Ceea ce rezultă în urma procesului de ardere, adică gazele de ardere sunt eliberate în atmosferă pe un traseu bine stabilit focar apoi canalul de fum și apoi eliberate prin coș.

Definirea unei centrale poate fi realizat după mai multe criterii astfel: puterea instalată, modul cum circulă agentul termic (având vehiculare forțată sau naturală), tipul agentului termic folosit (apa cu o temperatură de până la 115 grade Celsius, abur aflat sub presiune joasă, sau apa peste 115 grade Celsius etc.), după natura combustibilului folosit (solid, lichid, gazos), după modul de exploatare (manuală, semiautomată și automată).

Economii importante la buget pot fi aduse prin utilizarea termostatul de cameră electromecanic care ajută la stabilirea temperaturii ambientale.

Instalația termică funcționează pe principiul transformării energiei calorice a combustibililor în energie de tip termic. Combustibilii cei mai des folosiți în instalațiile termice sunt cei fosili de tipul cărbunelui, al lemnului sau al gazului metan.

Un obiectiv principal la nivel mondial al politicilor energetice îl reprezintă reducerea sau chiar diminuarea consumurilor de combustibili fosili. În acest scop, prin utilizarea surselor de energie regenerabilă, pentru asigurarea confortului termic în locuințe, este un obiectiv primordial, având drept scop, în contextul unei dezvoltări de tip durabil, creșterea siguranței în furnizarea de energie, dezvoltarea tehnologiilor energetice viabile la scară comercială, protejarea mediului înconjurător [16].

Instalațiile termice utilizează energie regenerabilă reprezintă o soluție bună pentru o energie relativ curată și ieftină. Avantajele reale pentru combaterea poluării și pentru mediul ambiant sunt date de faptul că energiile regenerabile au un nivel redus de emisii poluante.

Principalul obiectiv al utilizării energiilor regenerabile se datorează reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră. Oamenii de știință în unanimitate au concluzionat că în ritmul actual de creștere a emisiilor mondiale de gaze cu efect de seră se va ajunge la o încălzire a atmosferei terestre de 3 – 8 grade Celsius până la sfârșitul secolului, iar acest fenomen va aduce efecte dezastruoase asupra omenirii și a mediului înconjurător.

Luând în considerare perioada de implementare a noilor tehnologii și perioada de înlocuire a instalațiilor existente aferente tehnologiilor actuale, este necesar ca umanitatea să accelereze ritmul de implementare și dezvoltare a tehnologiilor curate și a acelor tehnologii care vor duce la reducerea consumurilor energetice.

CAPITOLUL 2

CLĂDIRI INTELIGENTE – SISTEM DE MONITORIZARE ȘI CONTROL AL PROCESELOR DUALE DE ÎNCĂLZIRE A INCINTELOR

Cuvântul „inteligent” a fost utilizat ca o descriere pentru clădiri la începutul anilor '80 în Statele Unite ale Americii. Conceptul de „clădire inteligentă” a luat amploare datorită dezvoltării tehnologiei informațiilor, creșterii gradului de confort interior dorit de locatari, precum și datorită creșterii necesității de control automat a mediului interior [40]. Acest ultim aspect, realizează, prin intermediul controlului sistemului de încălzire, (Heating, Ventilating and Air Conditioning System - HVAC) o reducere a energiei utilizate în vederea atingerii confortului dorit.

Termeni ca „smart” și „intelligent” capătă în prezent, o popularitate din ce în ce mai mare în asocierea cu o clădire. Deși „inteligenta” este un termen ambiguu, mai ales atribuită unui sistem artificial, este acceptat în rândul cercetătorilor faptul că „inteligenta” unui sistem (sau obiect) se referă la corectitudinea reacției pe care acesta o are față de apariția unei situații noi. Sistemul trebuie să aleagă cea mai bună rezolvare la situația nou ivită dintr-un set prestabilit, apoi să aibă capacitatea de a „învăța” din acțiunea trecută.

Criza petrolului din 1973 a reprezentat un al doilea punct de referință în evoluția clădirilor inteligente, aceasta mărind gradul de implicare a guvernelor în eficiența energetică a sectoarelor de consum, acordând o mai mare atenție sectorului clădirilor. Inovația a constatat în utilizarea noilor mini-computere, a unităților centrale de procesare (central processing units – CPUs), precum și a unor controllere logice programabile (programmable logic controllers – PLCs), ducând la apariția unei noi descrieri standard pentru o clădire – Sistem de Management al Energiei (Energy Management System – EMS).

Astfel au apărut primele interfețe om-mașină cu procesoare ce permiteau prelucrarea datelor mult mai eficient și sigur (eliminând eroarea umană din procesarea datelor), determinând apariția multiplexoarelor „smart”. Dimensiunile microprocesoarelor au fost reduse, permițând combinarea acestora cu multiplexoare de sine stătătoare, implementate la sisteme de alarmă analogice, eliminând astfel tranzacțiile de comunicare între senzor și consola de monitorizare.

Începutul anilor 1980 a fost caracterizat de apariția pe scară largă a calculatoarelor personale (Personal Computers - PC), datorată scăderii prețurilor componentelor, lucru ce a revoluționat inclusiv sistemele de automatizare distribuite în clădiri.

În secolul 21 se pune accentul pe a 4-a generație de BAS, bazată pe sisteme de rețea integrate, fapt datorat expansiunii continue a mediului virtual. Sistemul de automatizare a adoptat tehnologiile web existente, ocupând astfel o poziție importantă în rețeaua de intranet a unei clădiri. Consola centrală a BAS înglobează un server web, fiindu-i asociate astfel funcții web (site web) în vederea modului de operare al clădirii.

2.2. Sistem modern de monitorizare și control al încălzirii incintelor în scopul eficientizării consumului de energie și de reducere a cheltuielilor

Sistemul de monitorizare și control al încălzirii locuințelor propus în aceasta lucrare se refera la utilizarea rațională a doua tipuri de centrale, una pe gaz metan, lemne, cărbune sau biomasa și cealaltă electrică, ce acționează pentru încălzirea aceleiași incinte. Aceasta strategie este adaptată realităților cotidiene ale țării noastre, în care mai mult de 56% între utilizatori folosesc centralele pe gaz sau combustibil solid, iar introducerea în paralel cu

acestea a unei centrale conducând la optimizarea consumurilor energetice și micșorarea cheltuielilor [46]. Sistemul de monitorizare și control are ca obiective principale:

- **Creșterea eficienței consumului de energie necesara încălzirii incintelor** prin implementarea unui algoritm și program de funcționare bazate pe alegerea predeterminata a orelor și a temperaturii în care spațiul trebuie sa fie încălzit și pe alegerea optimizata a orelor de funcționare pe cate un tip de centrala (cea pe lemne, gaze sau biomasa și cea electrica) în funcție de prețul unitar al furnizorilor de energie (de exemplu GDF Suez pentru gazul metan sau Electrica S.A. pentru energia electrica) [47]. In plus, programul implementează condiții suplimentare introduse de utilizator, prin care se pot crea condiții restrictive impuse de sumele pe care le ar acesta la dispoziție pentru plata energiei folosita la încălzire. în acest mod, se va obține o relație optima între preț, consum și resurse utilizatorului;
- **Diminuarea cheltuielilor financiare** care în contextul crizei economice actuale este o măsura necesara de conservare a capitalurilor atât pentru persoane fizice cat mai ales pentru întreprinderile mici și mijlocii unde costurile încălzirii pe durata anotimpului rece sunt mult mai ridicate;
- **Reducerea emisiilor de noxe** prin funcționarea în proporție de aproximativ 50% din timp a centralei pe energie electrica.

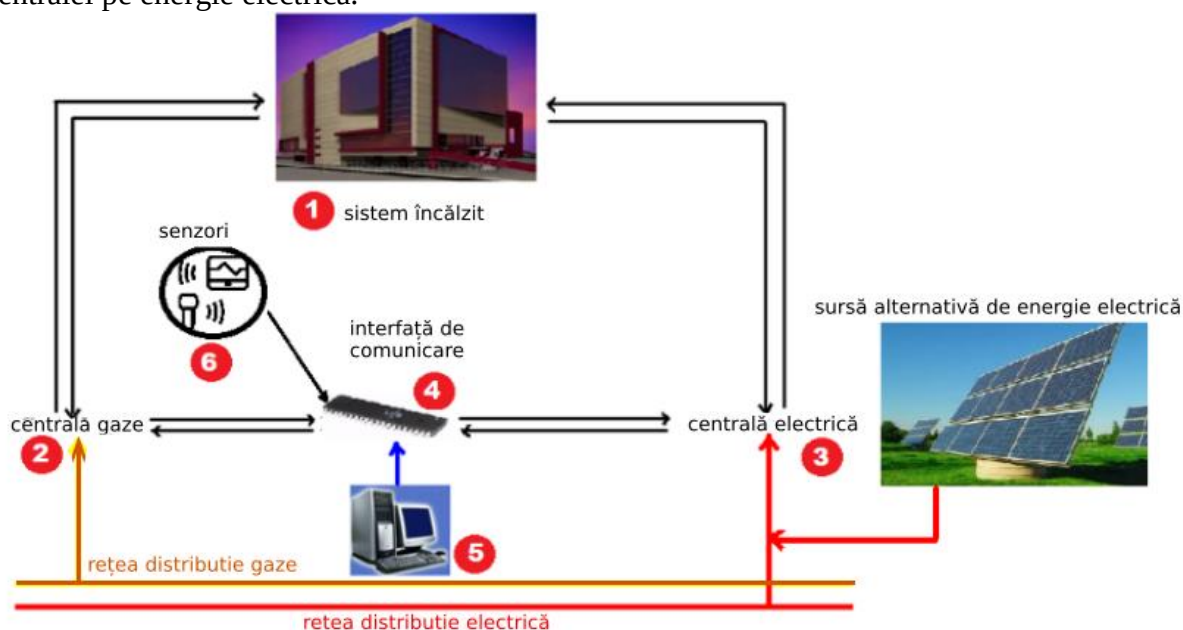


Figura 2.1 – Sistem de monitorizare și control al încălzirii incintelor

Sistemul este structurat pe 6 componente hardware principale (prezentate în figura 2.1):

1. *Sistem încălzit* (incinta/spațiu locuibil), este locația ce va beneficia de căldura generata de acest sistem dual de încălzire. Prin intermediul celor doua centrale care vor funcționa alternativ, funcție de programul pentru care optează proprietarul temperatura ambientală în interiorul clădirii va fi menținuta constanta.
2. *Centrala pe gaze* va funcționa cel mai probabil în perioada de zi, în intervalul orelor 6-22 iar regimul de funcționare va fi controlat de ambientul centralei, funcție de temperatura la care aceasta a fost setata.
3. *Centrala electrica* va avea regimul de funcționare în intervalul orar 22-6 atunci când planul tarifar pentru energia electrica este mai scăzut. Totuși decizia finala în legătura cu alternanta funcționarii celor doua sisteme o va lua proprietarul funcție de nevoia acestuia [48]. Ambele centrale vor fi racordate la același sistem convențional de încălzire format din țevi, calorifere, racorduri etc.

4. *Interfața de comunicare între cele doua centrale (automatul programabil – AP)* este aplicația care va controla integral regimul orar de funcționare și alternanța. Microcontrolerul care controlează funcționarea va fi programat prin intermediul unui *computer*(5) . Funcție de cerințele clientului(utilizatorului final) acesta va declanșa o centrală și va opri pe cealaltă la intervale de timp bine fixate,ori de câte ori va fi nevoie într-o zi. Programarea interfeței de comunicare se poate face pe orice perioada, astfel ciclul de funcționare a sistemului dual putând fi zilnic, săptămânal, lunar, anual sau la un număr X de zile, funcție de programul de utilizare al locației.

6. *Sistemul de monitorizare dotat cu senzori de temperatură*[49]

Programarea interfeței va fi făcută de către furnizor/instalatorul sistemului și va putea fi reconfigurată de ori câte ori va fi nevoie.

Pe lângă o programare oarecum clasică în care interfața nu face altceva decât controlul direct al celor doua sisteme termice, este permisă și o configurație complexă a acestor funcții de posibilitățile financiare ale utilizatorului și anume:

- ✓ Funcție de capitalul disponibil al utilizatorului într-o anumită luna poate fi introdusă o sumă maximă care poate fi alocată pentru încălzire iar în momentul în care este atinsă această valoare microcontrolerul va întrerupe funcționarea celor doua centrale. De asemenea va fi introdus și un set de avertizări care vor fi afișate pe display-ul interfeței de control atunci când valoarea consumată se apropie de limita prestabilită pentru perioada în curs.
- ✓ Funcție de consumul de energie electrică și/sau gaze impus pentru o anumită perioadă vor fi oferite și anumite variante de setări ale temperaturii ambientale astfel încât să se obțină o relație optimă între parametrii (temperaturile pe intervale orare) și costurile maxime permise.

În concluzie aplicația software care va însoți sistemul oferă posibilitatea vizualizării consumului de energie, va ține o evidență a acestui consum, va genera statistici, rapoarte și prognoze și va anunța persoanele autorizate cu privire la apariția diferitelor situații de alarmă, apărute la sistemul de încălzire, dar mai presus de aceasta va susține și ușura procesul decizional al posesorului sistemului de încălzire duală, comutând automat între cele doua sisteme de încălzire clasice după reguli bine stabilite, crescând astfel randamentul sistemului [55].

CAPITOLUL 3

PROCEDURI DE MICȘORARE A CONSUMURILOR ENERGETICE ȘI A COSTURILOR ÎNCĂLZIRII INCINTELOR

3.2. Rezultate măsurătorilor experimentale și prezentarea lor grafică

Parametrii mășurați au fost preluați cu analizorul de energie Chauvin Arnoux 8352. Schema de montaj a analizorului de energie este prezentată în figura 3.1, pentru a măsura în aceleași condiții parametrii curentului electric și consumul acestuia s-au folosit două analizoare Chauvin Arnoux 8352, câte unul pentru fiecare incinta încălzită de centrala pe gaz și de centrala electrică.

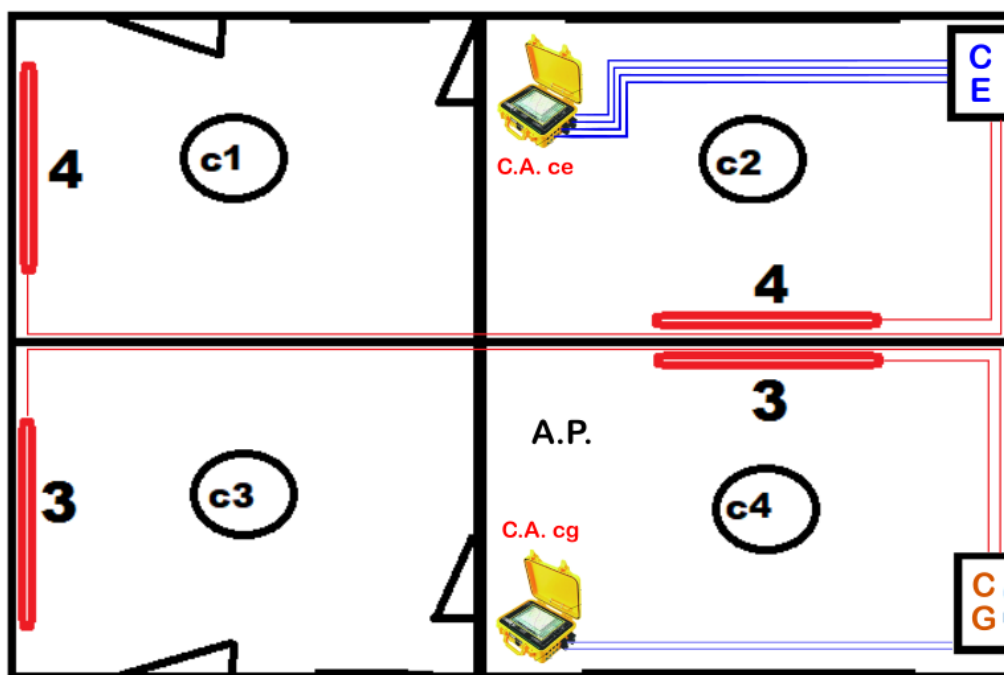


Figura 3.1 – schema montaj a analizoarelor de energie Chauvin Arnoux 835 2

Astfel schema de montaj pentru analiza parametrilor electrici ai sistemul de încălzire este prezentată în figura 3.1 fiind alcătuită astfel:

- c1 și c2 sunt camerele încălzite cu centrală electrică
- c3 și c4 sunt camerele încălzite cu centrală gaz
- CE – centrala electrică
- CG – centrală gaz
- C.A. ce – analizor de energie Chauvin Arnoux 8352 utilizat pentru măsurarea parametrilor electrici ai centralei electrice
- C.A. cg – analizor de energie Chauvin Arnoux 8352 utilizat pentru măsurarea parametrilor electrici ai centralei pe gaz

Incinta în care au fost efectuate măsurătorile este reprezentată de un spațiu de birou cu suprafața de 50 m². Doi pereți ai spațiului sunt exteriori și doi interiori. În partea de nord se afla alt birou având $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$, iar în partea de Est un hol cu $t_{int} = 18^{\circ}\text{C}$ (vedere birou figura 3.4).

Pereții exteriori, sunt realizați din cărămidă cu grosimea de 30 cm având aplicat pe partea exterioară o termoizolație din polistiren cu grosimea de 15 cm (figura 3.5) [59]. Pe ambele fețe ale peretelui se aplică un strat de tencuială de 1 cm.



Figura 3.4 – Vedere birou

Pereții interiori, sunt realizați din cărămidă cu grosimea de 30 cm.

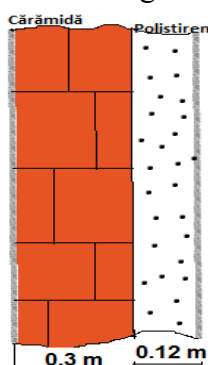


Figura 3.5 – Reprezentare perete exterior

Pardoseala este realizată din beton cu grosimea de 25 cm, izolație de polistiren cu grosimea de 12 cm și hidroizolație cu grosimea de 3 cm.

În figura 3.6 este reprezentat tavanul, care este realizat din placă de beton cu grosimea de 25 cm, izolație de polistiren cu grosimea de 14 cm, și hidroizolație cu grosimea de 3 cm. Pe partea interioară se aplică un strat de tencuială cu grosimea de 1 cm.

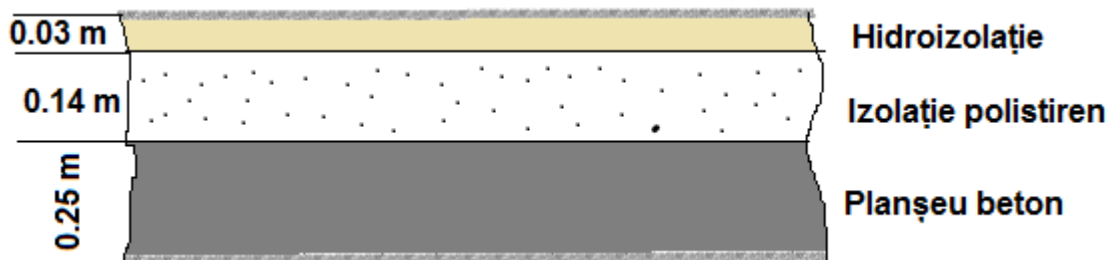


Figura 3.6 – Reprezentare planșeu tavan

Geamurile și ușile sunt realizate din termopan Reflexiv Bronze+Low-e.

S-au efectuat măsurători ale parametrilor electrici pentru două tipuri de centrale una pe gaz (IMMERGAS EOLO STAR 24 KW) [62] și una electrică (PROTHERM 24 kW, 400 V) [63] care au încălzit aceleași incinte, simetrice, fiecare cu o suprafață de 50mp în decursul aceleiași zile. Temperatura inițială a incintei a fost de 17°C iar temperatura la care s-a oprit achiziția de date a fost de 22°C [64]. Rezultatele măsurătorilor și analiza lor sunt prezentate în cele ce urmează.

Aparatele de achiziție a datelor au fost montate ca în figura 3.1 iar parametri electrici mășurați ai centralei pe gaz sunt reprezentați în figurile 3.7 – 3.12 de mai jos.

Variația în timp a puterilor activa și reactivă este asemănătoare și depinde de ciclurile de pornire și oprire ale centralei pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

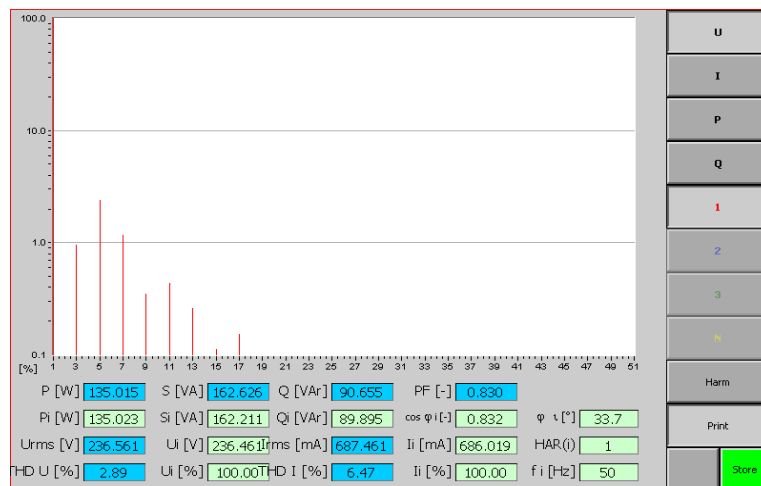


Figura 3.7 – Armonici ale tensiunii la centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

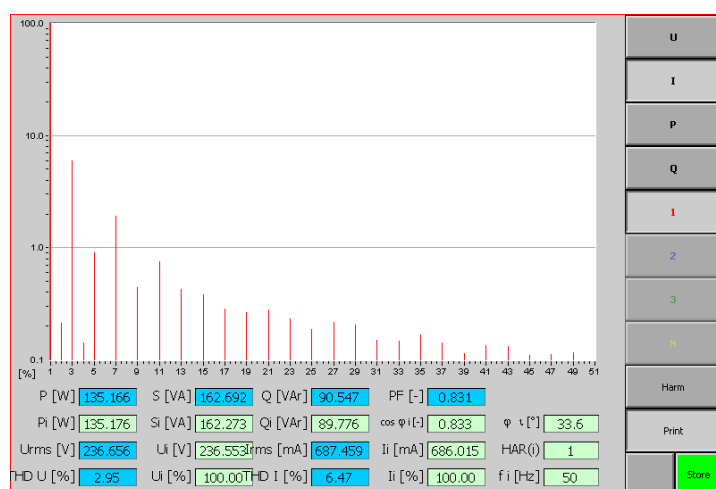


Figura 3.8 – Armonici ale intensității curentului la centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

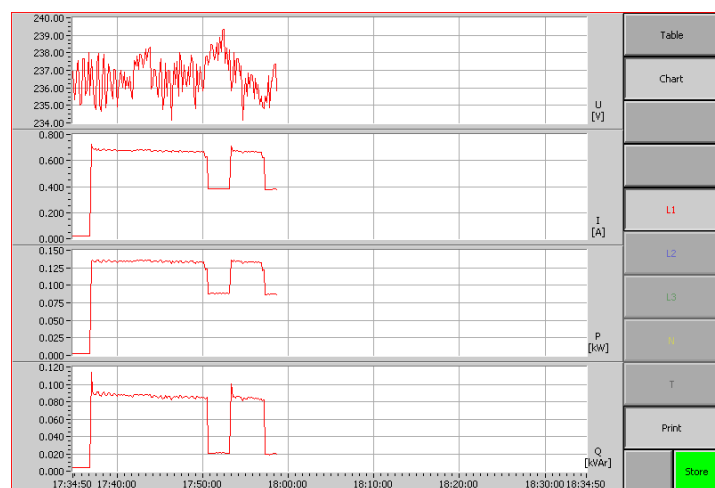


Figura 3.9 – Grafic tensiune, intensitate, putere active, putere reactiva la central pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

	1	2	3	3~	N		
U [V]	236.63	0.00	0.00	0.00	0.00	Avg	Table
I [A]	0.686	0.000	0.000	0.000	0.000	f [Hz]	Chart
P [kW]	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	50.01	
S [kVA]	0.162	0.000	0.000	0.000	0.000	α_u [%]	
Q [kVar]	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	
P1 [kW]	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000		
Q1 [kVar]	0.089	0.000	0.000	0.000	0.000		
cos φ	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00		Init Energy
PF	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00		
AP [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	Energy	Energy
AS [kVAh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Max
AQ [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Min
AP1 [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Print
AQ1 [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Break
APin [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Store
APout [kWh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
AQL [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
AQC [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Figura 3.10 – Tabel mărimi electrice măsurate la centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

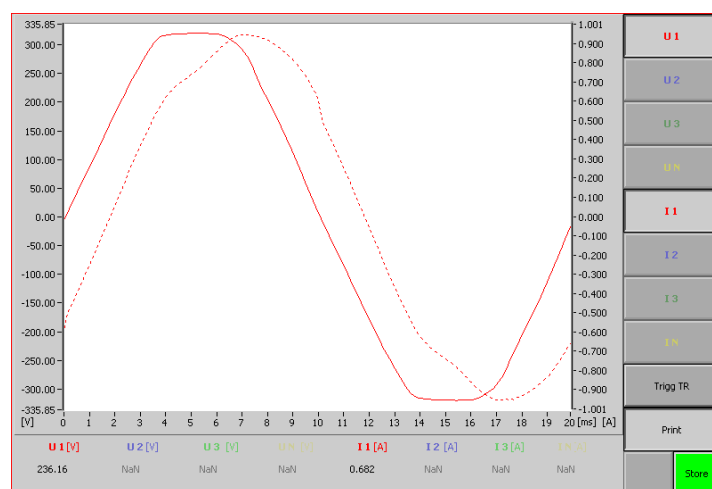


Figura 3.11 – Forma de unda, tensiune și curent la centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

Din analiza diagramei fazoriale tensiune și curent se observă că centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR are un caracter inductiv curentul fiind în urma tensiunii [65].

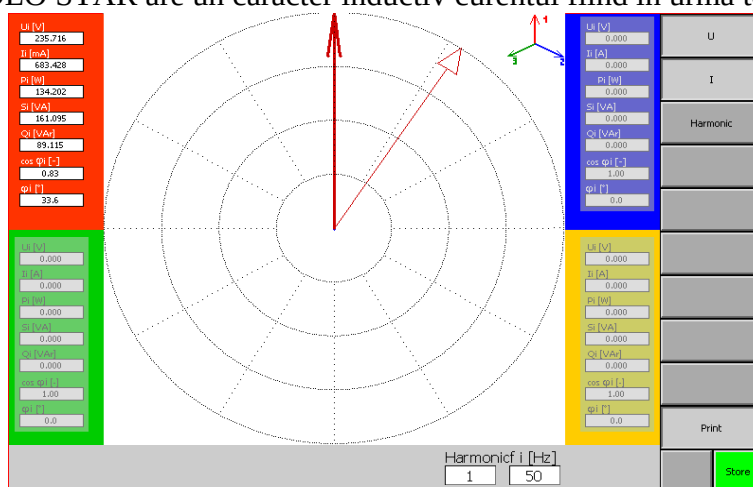


Figura 3.12 – Diagrama fazorială tensiune și curent la centrala pe gaz IMMERGAS EOLO STAR

Parametri de funcționare ai centralei electrice sunt reprezentați în figurile 3.13 – 3.22 de mai jos.

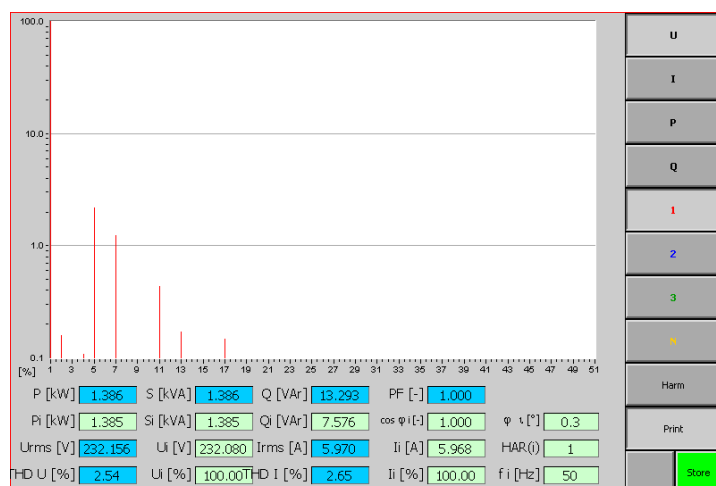


Figura 3.13 – Armonici tensiune faza 1 la centrala electrică PROTHERM

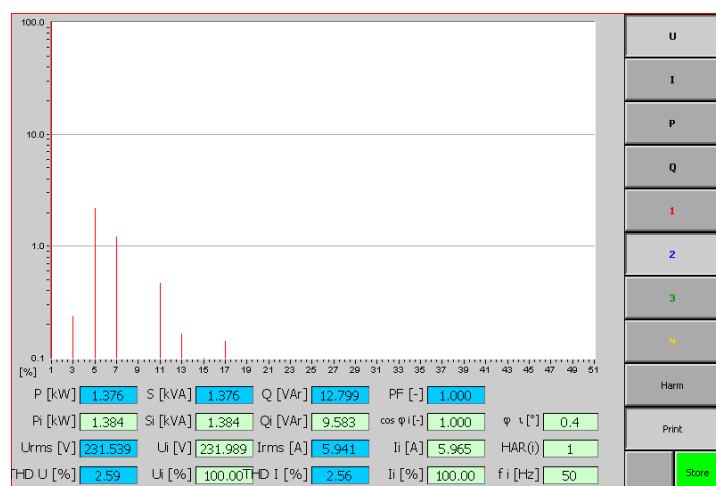


Figura 3.14 – Armonici tensiune faza 2 la centrala electrică PROTHERM

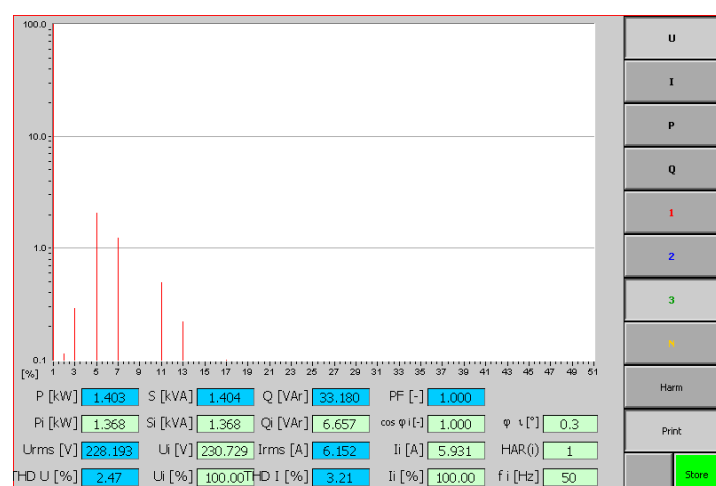


Figura 3.15 – Armonici tensiune faza 3 la centrala electrică PROTHERM

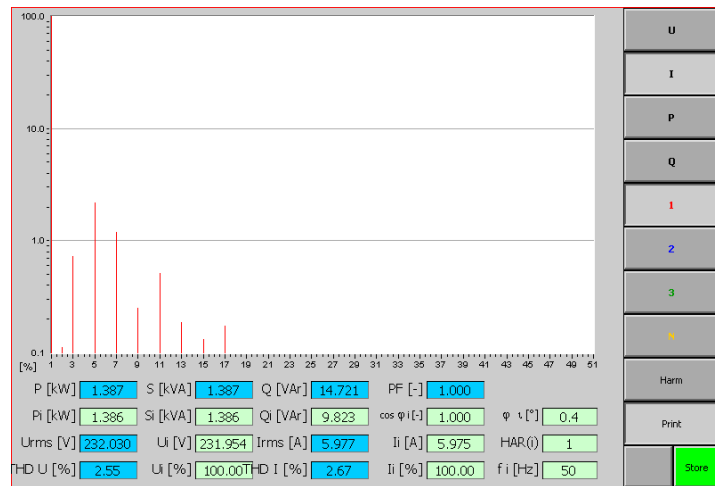


Figura 3.16 – Armonici intensitate faza 1 la centrala electrică PROTHERM

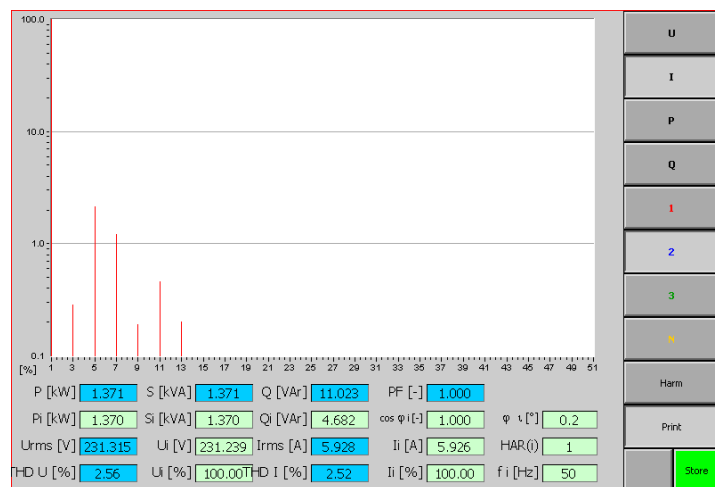


Figura 3.17 – Armonici intensitate faza 2 la centrala electrică PROTHERM

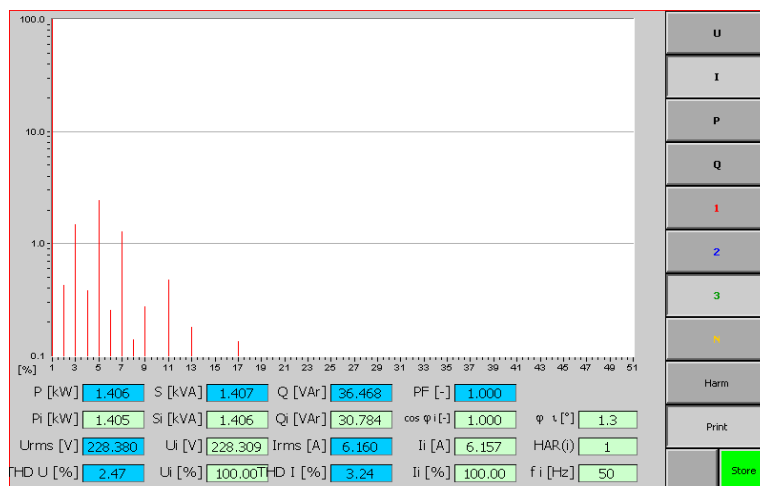


Figura 3.18 – Armonici intensitate faza 3 la centrala electrică PROTHERM

Centrala electrica este o centrala trifazata de putere care datorită asemănării dintre armonicile de tensiune și curent pe cele trei faze se poate concluziona ca are un caracter aproape liniar comportându-se ca un rezistor de putere [66], [67].

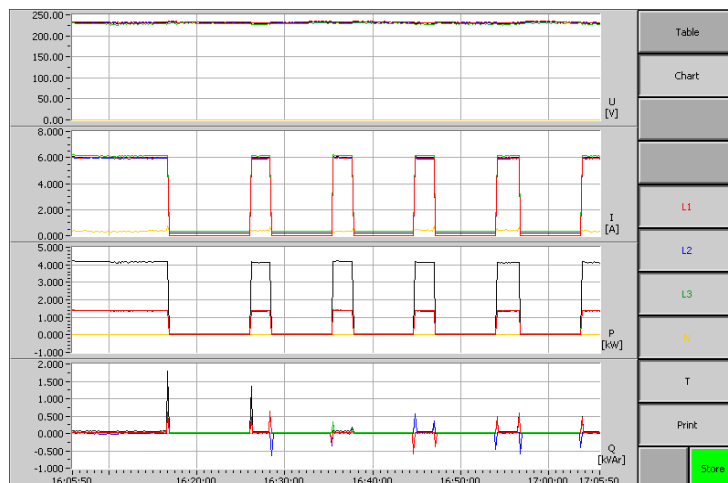


Figura 3.19 – Grafic tensiune, intensitate, putere active, putere reactiva la centrala electrică PROTHERM

	1	2	3	3~	N		
U [V]	231.88	230.77	227.63	230.10	0.10	Avg	Table
I [A]	5.959	5.899	6.166	6.009	0.453	f [Hz]	Chart
P [kW]	1.382	1.361	1.403	4.146	0.000	50.01	
S [kVA]	1.382	1.361	1.404	4.147	0.000	α.u [%]	
Q [kVar]	0.012	0.015	0.038	0.065	0.000	1.09	
P1 [kW]	1.381	1.361	1.402	4.143	0.000		
Q1 [kVar]	0.003	0.011	0.031	0.045	0.000		
cos φ	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98		
PF	1.00	1.00	1.00	1.00	0.61		Init Energy
AP [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000	Energy	Energy
AS [kVAh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Max
AQ [kVAh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		Min
AP1 [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Print
AQ1 [kVAh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		Break
APin [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Store
APout [kWh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
AQL [kVAh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
AQC [kVAh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Figura 3.20 – Tabel mărimi măsurate la centrala electrică PROTHERM

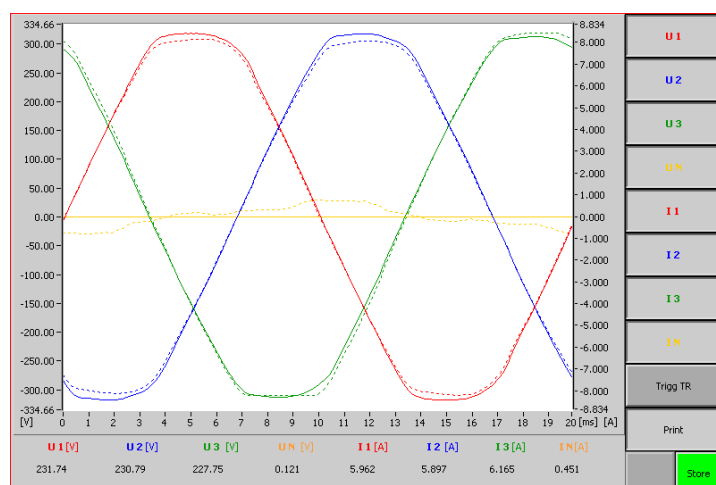


Figura 3.21 – Forma de unda, tensiune și curent la centrala electrică PROTHERM

Variația în timp a puterii active consumată de centrala electrică PROTHERM coincide cu variațiile în timp ale curentului absorbit de centrala și depinde de ciclurile de pornire oprire ale centralei în funcție de temperatura ambientală. Puterea reactivă consumată de centrala

electrică este foarte mică și se evidențiază doar în regimul tranzitoriu de pornire/oprire al acesteia [68], [69].

Din diagrama fazorială prezentată în fig. 3.22 rezultă un defazaj nul între tensiune și curent pe toate cele trei faze ale rețelei de alimentare ale centralei, ceea ce ne arată din nou caracterul liniar, rezistiv al centralei electrice PROTHERM [70].

Se constată, din datele măsurate în figurile 3.10 și 3.19, că centrala electrică este un consumator rezistiv (sunt în fază U și I), $\cos \varphi = 1$ iar sistemul este simetric și echilibrat. Din contră centrala pe gaz este un consumator de tip inductiv (U și I nu mai sunt în fază) iar $\cos \varphi = 0,83$, sistemul având un dezechilibru inductiv.

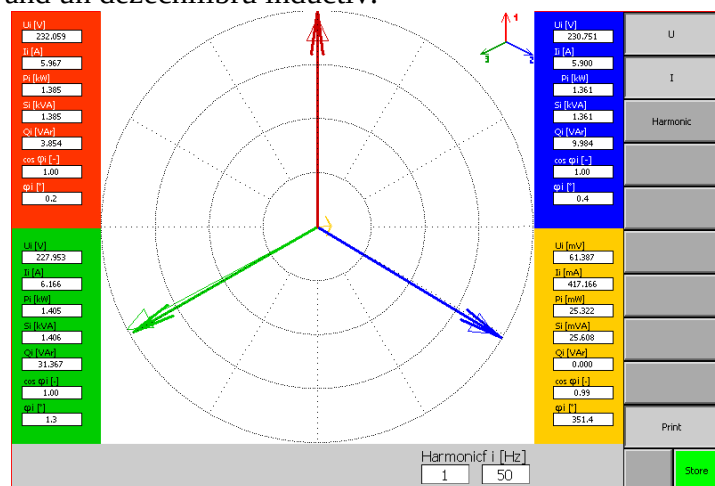


Figura 3.22 – Diagrama fazorială tensiune și curent la centrala electrică PROTHERM

În figura 3.9 se observă că timpul total de lucru al centralei pe gaz pentru a ajunge la temperatura dorită este de 26 de minute, din care momentul în care pornește pompa de recirculare este mai mare (circa 18 minute) la început, până la obținerea temperaturii setate, apoi se micșorează la 6 minute și există 2 minute de pauză. Pentru centrala electrică timpul total de lucru este de 1 oră, iar la început timpul de încălzire al apei este de circa 13 minute, urmând apoi 5 perioade cu 4 minute de încălzire a rezistențelor respectiv cu circa 5,4 minute de pauză.

CAPITOLUL 4

ALGORITMI PENTRU EFICIENTIZAREA CONSUMURILOR DE ENERGIE ELECTRICĂ ALE SISTEMELOR DUALE DE ÎNCĂLZIRE A INCINTELOR

4.1. Analiza intrare-ieșire a sistemelor duale de încălzire a incintelor

Încălzirea incintelor reprezintă un exemplu foarte bun pentru categoria consumatorilor energetici importanți dar cu randament foarte scăzut. Acest aspect m-a convins să caut și să studiez soluții pentru eficientizarea proceselor de încălzire a incintelor.

Rezultatele obținute sunt foarte îmbucurătoare deoarece una dintre soluții a fost deja implementată cu succes la încălzirea unei incinte de 50 metri pătrați. Chiar dacă varianta adoptată pentru implementare a fost una puțin simplificată față de aceea exemplificată în acest proiect prin realizarea unui model experimental de laborator, rezultatele financiare sunt foarte bune. Cu o amortizare foarte rapidă a investiției făcute, acum utilizatorul se bucură de avantajele financiare rezultate și are în plan implementarea altor soluții, respectiv upgradarea celei existente.

Se dorește realizarea unui model experimental care să pună în evidență modul în care se poate eficientiza consumul (respectiv costurile) de energie prin utilizarea de sisteme duale de încălzire.

De asemenea în cadrul acestei etape s-au propus soluții concrete de optimizare a algoritmului de comandă a microprocesorului cu ajutorul controlerelor logic programabile.

Pentru a putea analiza datele de intrare ieșire a sistemelor duale de încălzire a incintelor avem nevoie de a introduce sub formă de tabelă datele de intrare disponibile precum și cerințele utilizatorului (temperatura incintei, tip sistem de încălzire utilizat). Folosirea formei de tabelare este acceptată pentru a putea fi mai ușor introduse datele în baza de date comună.

În funcție de datele primite de la utilizator prin INPUT LINE și a datelor culese din baza de date și de la cele două centrale, automatul programabil va alege soluția optimă pentru încălzirea incintei conform algoritmului pentru eficientizarea consumurilor de energie electrică a sistemelor de încălzire duale al incintelor așa cum se prezintă în figura 4.5.

Automatul programabil (AP) este de tipul „user friendly” permițând utilizatorului final să controleze parametrii de funcționare ai sistemului în urma unui instructaj efectuat la fața locului de către furnizor/installator.

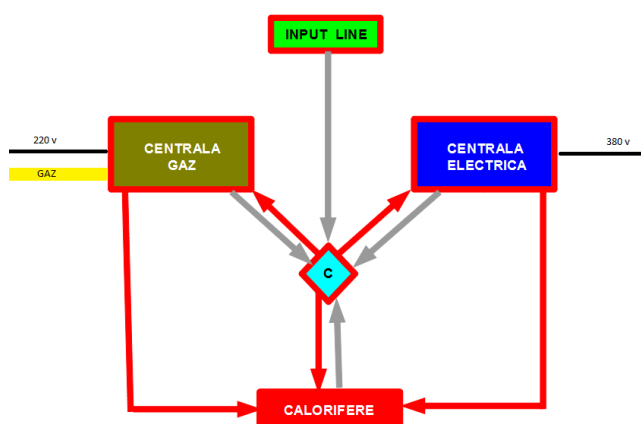


Figura 4.4 – Schema logică simplificată

AP-ul permite pe lângă un control direct, la fața locului, și un mod remote, la distanță, de administrare și setare a parametrilor. Avantajul acestui control de la distanță este acela că permite utilizatorului să intervină în sistemul decizional realizat de către AP ori de câte ori dorește, funcție de necesități și schimbările de program. Spre exemplu utilizatorul, o persoană fizică, este plecat de acasă pentru două săptămâni. Pe aceasta perioadă sistemul de încălzire este programat să funcționeze pe o temperatură minimă sau să nu funcționeze deloc. Neprevăzutul intervine și perioada de două săptămâni devine inexactă în sensul în care se poate prelungi sau din contră nu va fi atinsă. În acest caz clientul, prin intermediul oricărui dispozitiv electronic cu o conexiune la internet (de exemplu desktop, laptop, telefon mobil, PDA, etc.) poate modifica în timp real regimul de funcționare al sistemului dual prin prelungirea perioadei de inactivitate sau declanșarea procesului de încălzire mai devreme decât programat. Odată activ sistemul, acesta va funcționa pe baza unui regim prestabilit funcție de tarifele la energie pe intervale orare, care vor fi cuprinse într-o *bază de date dinamică* (reconfigurabilă de către utilizator în orice moment).

4.2. Utilizarea bazelor de date online (ANRE, ANRGN, ANM) în sistemele duale de încălzire

Pentru realizarea unui tot unitar se va realiza o bază de date comună care să servească automatului programabil (AP) drept memorie, astfel AP-ul poate oricând să interogheze baza de date și să afle în orice moment costul energiei într-un anumit interval, costul metrului cub de gaze naturale dar și prognoza meteo pe o perioadă scurtă de timp. Toate aceste informații sunt necesare pentru a găsi cel mai bun raport calitate – preț și pentru a putea oferi utilizatorului final un randament maxim al utilizării sistemului dual de încălzire.

Organizarea datelor în fișiere are următoarele dezavantaje:

- ✓ **datele sunt redundante**
- ✓ **datele sunt inconsistente**
- ✓ **datele sunt validate neuniform**
- ✓ **datele sunt indisponibile**
- ✓ **aplicațiile depind de date**

Pornind de la dezavantajele stocării datelor în fișiere am ajuns la concluzia că utilizarea bazelor de date online reprezintă cea mai bună soluție la momentul actual de furnizare a informațiilor brute pentru implementarea algoritmului de optimizare a consumurilor energetice și a costurilor în sistemele duale de încălzire.

Baza de date este o colecție de date persistente organizate într-o structură descrisă printr-un model conceptual.

În baza de date pe care o folosim vom integra următoarele date:

- ✓ Prețul energiei pe fiecare plan tarifar în parte și prognoza pe următoarea perioadă.
- ✓ Prețul gazelor natural și prognoza pe următoarea perioadă.
- ✓ Date de tip WHEATER (prognoza meteo pe termen scurt).
- ✓ Temperaturi exterioare încălzite.
- ✓ Temperaturii interioare încălzite.
- ✓ Consumul de energie electrică pe fiecare centrală în parte.
- ✓ Consumul de gaz.
- ✓ Avarii survenite în timpul funcționării.
- ✓ Datele setate de utilizator (INPUT LINE)

Prin utilizarea de baze de date online (figura 4.6) înseamnă folosirea/accesarea de părți distincte ale bazei de date în același timp de mai mulți utilizatori. Baza de date este integrată și partajată, o consecință a acestui lucru o constituie faptul că orice utilizator poate să fie

interesat numai de o anumită porțiune din aceasta. Prin utilizator înțelegem fie utilizatorul final, fie producătorul echipamentului automat programabil care va avea o legătură directă cu baza de date.

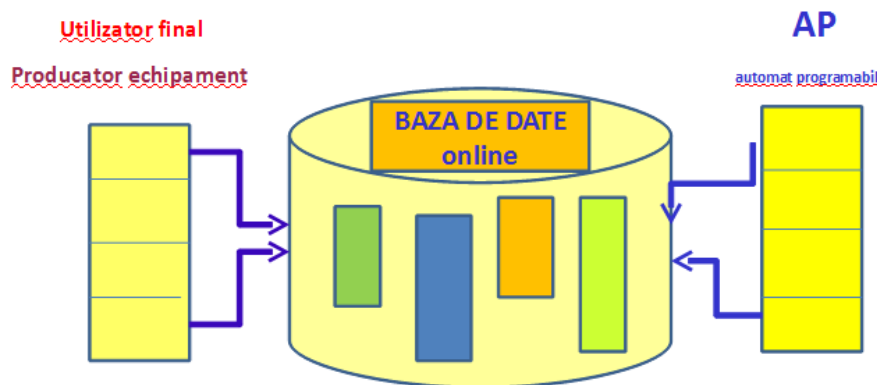


Figura 4.5 – Schema utilizatori ai bazelor de date online

Necesitatea utilizării online a bazelor de date este dată de:

- ✓ Datele pot fi partajate
- ✓ Se reduce redundanța datelor
- ✓ Se evită inconsistența datelor
- ✓ Se asigură integritatea datelor
- ✓ Se asigură securitatea datelor
- ✓ Se realizează independența datelor
- ✓ Datele pot fi accesate de oriunde

Pentru comanda online a sistemului se folosesc tehnologii precum PHP și MySQL deoarece îmbina simplitatea în utilizare cu caracteristici dintre cele mai complexe. Tocmai de aceea PHP rapid a devenit un instrument principal în dezvoltarea aplicațiilor WEB.

Sistemul informatic de decizie și control va fi alcătuit dintr-o bază de date și câteva scripturi PHP care vor avea funcții bine definite cum ar fi:

- ✓ monitorizarea parametrilor,
- ✓ reglarea automată a temperaturii,
- ✓ comutarea între un sistem de încălzire și altul,
- ✓ comunicarea permanentă cu AP-ul (automatul programabil).

Urmărind trendul internațional în materie de manageriat, posesorul sistemului dual de încălzire nu este un simplu supraveghetor ci el poate să aibă atribuții mult mai complexe, el putând să fie principalul „jucător” putând lua parte directă la luarea deciziilor de consum din sistem.

În concluzie aplicația software care va însoți sistemul oferă posibilitatea vizualizării consumului de energie, va ține o evidență a acestui consum, va genera statistici, rapoarte și prognoze și va anunța persoanele autorizate cu privire la apariția diferitelor situații de alarmă, apărute la sistemul de încălzire, dar mai presus de aceasta va susține și ușura procesul decizional al posesorului sistemului de încălzire duală, comutând automat între cele două sisteme de încălzire clasice după reguli bine stabilite, crescând astfel randamentul sistemului.

4.3. Algoritmi pentru optimizarea consumurilor energetice a costurilor în sistemele duale de încălzire

Optimizarea este o componentă obligatorie și necesară în etapele de proiectare și impune pentru produsul realizat cerințe de performanță. Această optimizare nu se reduce numai la zona de inginerie ci și la partea de economie fiind multe aplicații economice care

ajuta la optimizarea și evaluarea performanțelor unei astfel de investiții. Un limbaj comun a devenit în anii din urmă optimizarea profitului fiind dezvoltate aplicații de optimizare (de exemplu, programele care comanda mașinile automate de croire/tăiere în industria lemnului ori industria confecțiilor). Totodată, instrumentele software de tip MATLAB și-au îmbogățit în ultimele versiuni partea de rezolvare a problemelor legate de optimizare [76],[77].

Optimizarea reprezintă în cazul general acțiunea de obținere a celui mai bun rezultat în anumite condiții impuse.

Cele mai importante zone de aplicare din domeniul ingineriei care au avut un rol important în evoluția tehnicilor de optimizare au fost:

- proiectarea aerospațială (probleme de masa minimă),
- inginerie civilă (dimensionarea structurilor de rezistență, dimensionarea grinzilor în structurile metalice, dimensionarea spațiilor utile din construcții),
- proiectarea pieselor mecanice,
- proiectarea de dispozitive electrotehnice (controlul nivelului armonicilor sau al vibrațiilor, dimensionarea înfășurărilor, al miezului magnetic sau al elementelor de răcire),
- proiectarea rețelelor energetice și a echipamentelor utilizate în aceste rețele,
- proiectarea unităților ori a liniilor de producție.

4.3.4 Reprezentarea algoritmului de optimizare cu ajutorul schemelor logice.

Pentru ușurarea realizării algoritmului de optimizare a consumurilor energetice a costurilor în sistemele duale de încălzire se realizează schema logică a programului ce urmează a fi introdus în automatul programabil (AP) așa cum este prezentat schematic în figura 4.6 [80],[81].

În funcție de datele introduse de utilizator procesul care se efectuează în subrutina AP prezintă de fapt algoritmul de optimizare al consumurilor energetice.

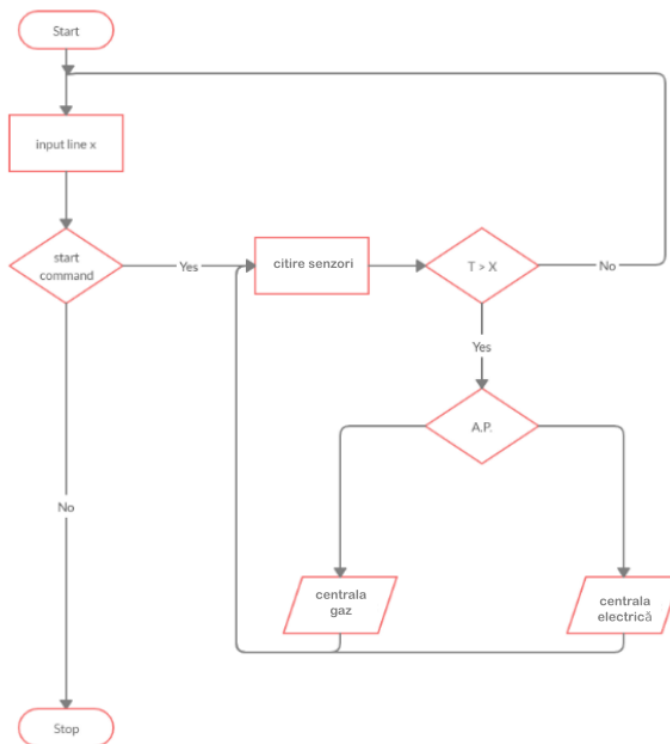


Figura 4.6 – Schema logică algoritm

Acest algoritm trebuie să țină cont de mai multe variabile unele dintre ele fiind variabile întregi altele fiind reale. Automatul programabil trebuie să țină cont de:

- ✓ temperatura dorită de utilizator
- ✓ bugetul disponibil
- ✓ prognoza meteo (date de tip WHEATER)
- ✓ datele colectate de pe site-ul ANRE
- ✓ datele colectate de pe site-ul ANRGN
- ✓ datele colectate în timp real de la senzori (temperaturi incintă, temperatura exterioară, temperatura agentului termic etc.)

Subrutina AP reprezintă de fapt algoritmul de optimizare el putând să impună temperatura dorită de utilizator sau poate să impună o temperatură constantă astfel încât utilizatorul să poată să se încadreze într-un buget alocat pe un interval stabilit de timp [82], [83], [84].

Subrutina AP va fi împărțită în 3 proceduri așa cum se arată în schema logica de mai jos (figura 4.7):

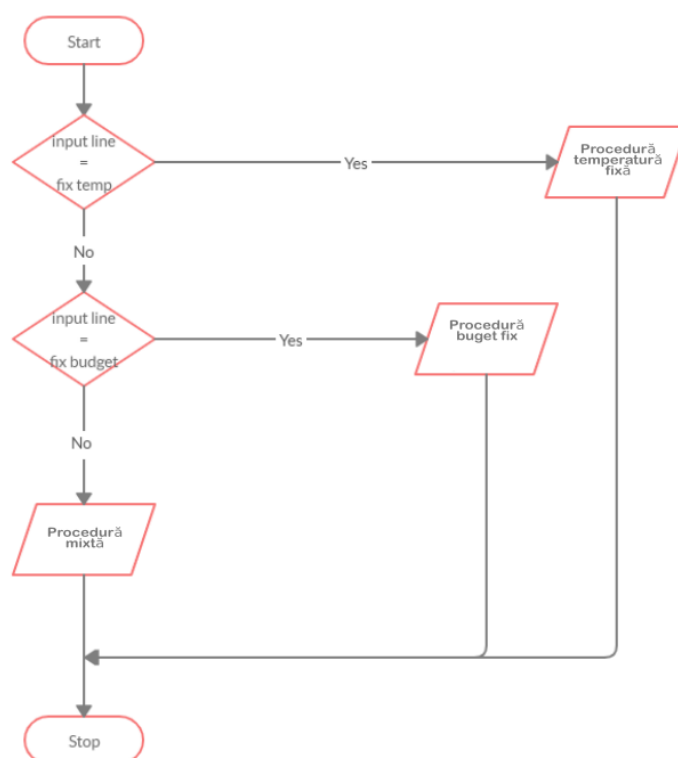


Figura 4.7 – Schema logică subrutina AP

4.3.4.1 Schemă logică procedura temperatura fixa (figura 4.8)

În urma interogării bazei de date microprocesorul decide care centrala oferă cel mai bun randament în condițiile date și va alege să comute fie pe centrala electrica fie pe centrala pe gaz. Procedura se va repeta până temperatura T (temperatura incintei) va fi egală sau chiar mai mare decât temperatura x setată de utilizator.

Totodată microprocesorul va avea o rutină în care va introduce baza de date informațiile culese astfel încât pe viitor în situația prin care a mai trecut știe ce decizie să ia. Aceste înregistrări vor ajuta și furnizorul soluției să verifice funcționalitatea sistemului, să aducă îmbunătățiri algoritmului folosit.

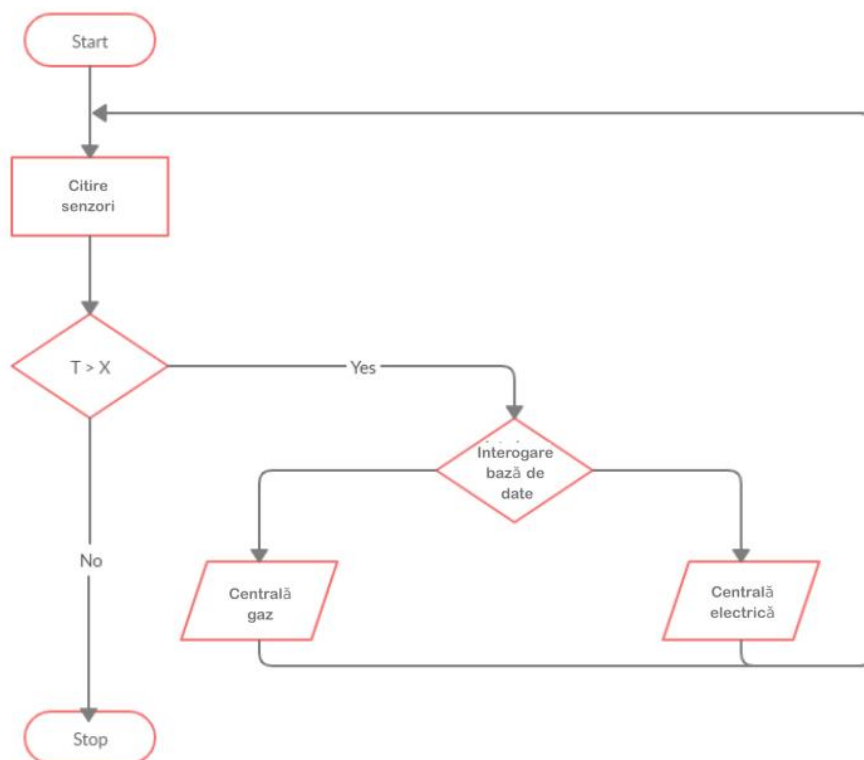


Figura 4.8 – Schema logică procedura temperatura prestabilită

4.3.4.2 Schemă logică procedura buget fix (figura 4.9)

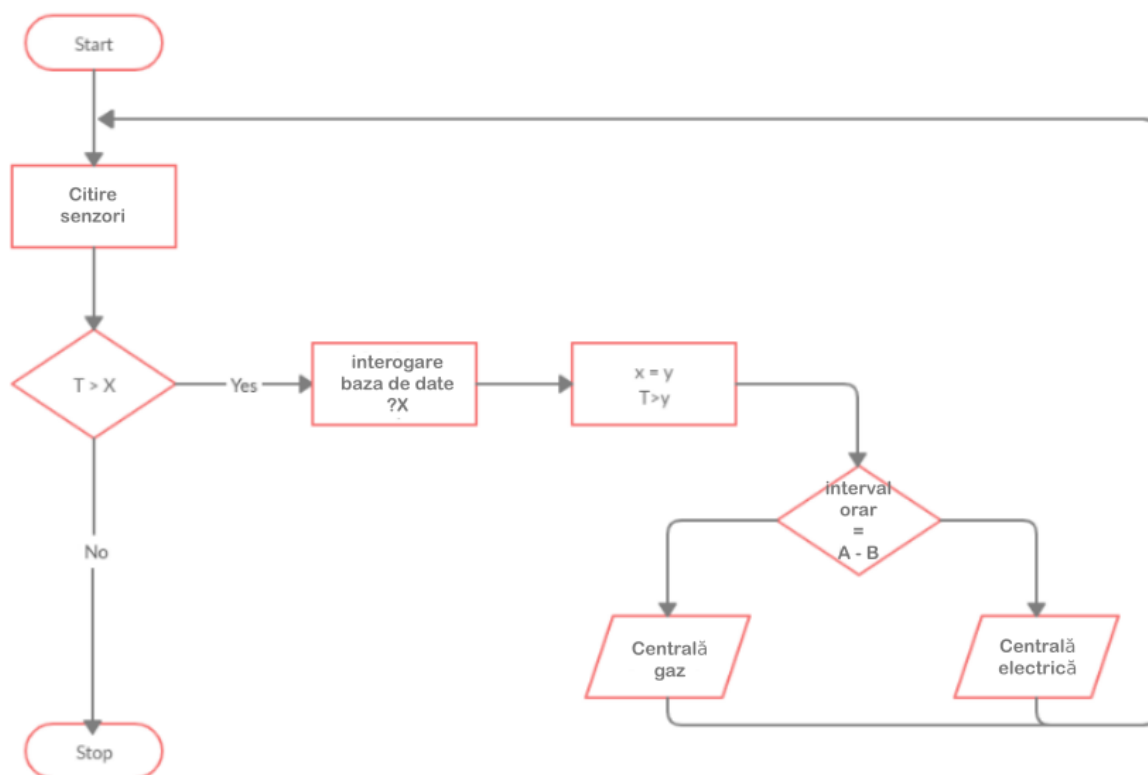


Figura 4.9 – Schema logică procedura buget fix

4.3.4.3 Schemă logică procedura mixta (figura 4.10)

În urma interogării bazei de date microprocesorul decide care va fi noua temperatură care va fi folosită drept referință pentru perioada în care încălzirea e activă, astfel încât utilizatorul să poată să se încadreze în bugetul alocat. Apoi microprocesorul va urma o procedura asemănătoare celei utilizate în cazul temperaturii fixe. Microprocesorul va decide care centrală oferă cel mai bun randament în condițiile date și va alege să comute fie pe centrala electrică fie pe centrala pe gaz. Procedura se va repeta până temperatura T (temperatura incintei) va fi egală sau chiar mai mare decât temperatura x setată de utilizator.

Totodată microprocesorul va avea o rutină care va introduce în baza de date informațiile culese astfel încot pe viitor în situația prin care a mai trecut știe ce decizie sa ia. Aceste înregistrări vor ajuta și furnizorul soluției să verifice funcționalitatea sistemului, să aducă îmbunătățiri algoritmului folosit.

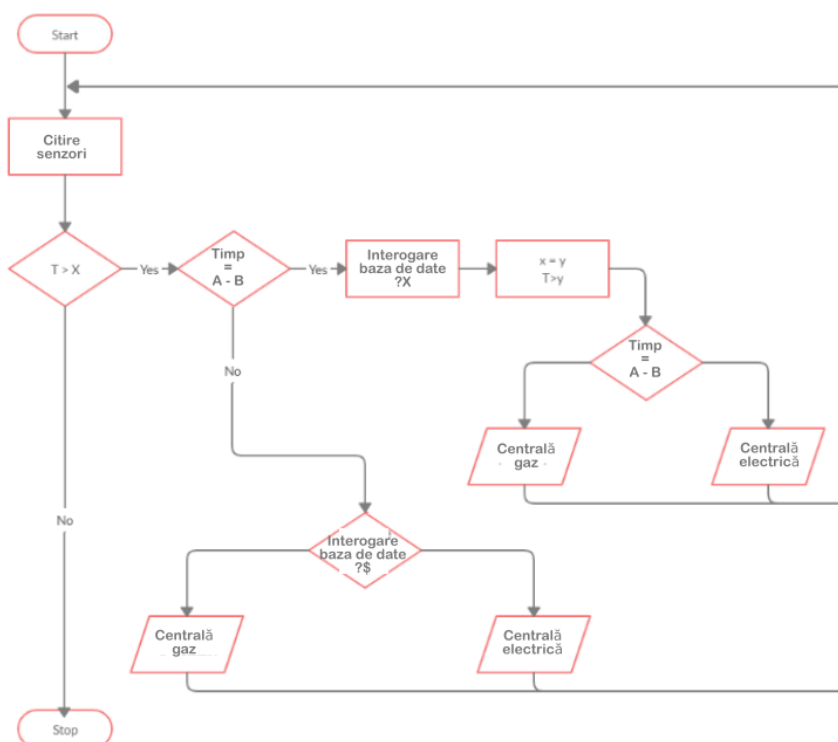


Figura 4.10 – Schema logică procedura mixtă

4.4 Modelarea și simularea funcționării optimizate a sistemului dual de încălzire

4.4.1 Funcția obiectiv

Funcția obiectiv numită CostTotal determină ieșirile din centrale (puterile furnizate de centrale și calculul costurilor lor, prin timpii de funcționare) care să minimizeze costurile totale de operare [85],[86].

$$\text{Minim } CostTotal(\sigma, P_k^t, CV_k^t) = \sum_{z=1}^{30} z \left[\left(\sum_{t=1}^{24} (1 - \sigma(t)) \cdot t_1 \cdot CV_1^t \cdot P_1^t + \sigma(t) \cdot t_2 \cdot CV_2^t \cdot P_2^t \right) \right] \quad (4.3)$$

unde:

- CV_k^t este costul de operare variabil al centralei k ($k = 1$ pentru centrala electrică respectiv $k = 2$ pentru centrala pe gaze), în lei/kWh;
- P_k^t este puterea la ieșirea centralei k ($k = 1$ pentru centrala electrică respectiv $k = 2$ pentru centrala pe gaze) în perioada t_1 sau t_2 în care operează, în kW; pentru centrala pe

gaze puterea la ieșire este formată din puterea electrică consumată și puterea calorică consumată a gazului;

- timpul t_1 de operare zilnic pentru centrala electrică respectiv timpul t_2 de operare zilnic pentru centrala pe gaze, în ore (h);
- z numărul de ore/zilnic într-o lună;
- $\sigma(t)$ este variabila booleană de decizie a sistemului care indică modul de operare (DA sau NU) în timpul t_1 pentru centrala electrică respectiv t_2 pentru centrala pe gaze în funcție de parametrii orari și termici.

cu constrângerile:

- $\sum_{k=1}^2 P_k^t \sigma_k = N_t$ unde N_t este necesarul (cererea) de putere în perioada t care să asigure încălzirea

locuinței (se determină din măsurătorile pe aceleași perioade, cu temperaturi exterioare și interioare cunoscute);

- $P_k^{\min} \leq P_{k,t} \leq P_k^{\max}$ unde $P_k^{\min}$ și $P_k^{\max}$ reprezintă puterile minime și maxime pe care le poate genera centrala k în perioada t

- $\sigma(t)$ variabila booleană de decizie ale cărei valori 1 sau 0 țin seama și de rezultatele maturatorilor obținute în Figurile 3.10 și 3.20, din care reiese un consum de energie electrică de aproximativ 32 mai mare al centralei electrice decât cel al centralei pe gaz. Deci costul total al centralei pe gaz este influențat predominant de prețul gazului metan. Drept urmare $\sigma(t)$ are valorile:

- ✓ **0** în perioada t dacă $CV_1 < CV_2$ adică prețul unitar al energiei electrice este mai mic decât cel al gazului metan, deci se preferă funcționarea centralei electrice
- ✓ **1** în perioada t dacă $CV_1 > CV_2$ adică prețul unitar al energiei electrice este mai mare decât cel al gazului metan, deci se preferă funcționarea centralei pe gaz.

Dacă temperatura interioară este mai mare sau egală cu temperatura dorită de operator, atunci valoarea funcției (4.2) va fi *CostFix* reprezentat de consumul electric al pompei de recirculare a apei din instalația de încălzire [87], [88].

În graficele din figurile 4.11 și 4.12, s-a reprezentat $\sigma(t)$ în intervalul de timp de 24 de ore (grafic zilnic) sau de 7 zile (grafic săptămânal). Variabila booleană $\sigma(t)$ indică modul de operare al centralelor, are valoarea logică 0 atâta timp cât centrala electrică funcționează (adică între orele 22 – 6), respectiv are valoarea logică 1 (adică între orele 6 – 22) când funcționează centrala pe gaz. Pe axa x s-a reprezentat intervalul de timp, iar pe axa y s-a reprezentat valoarea de tip 0 sau 1 a variabilei de decizie.

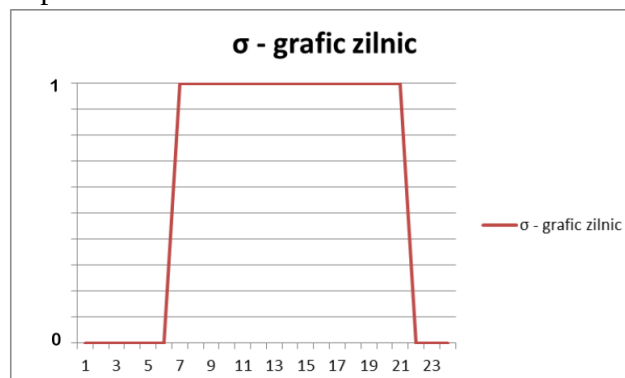


Figura 4.11 – Grafic zilnic

Dintr-o analiză grafică a variabilei $\sigma(t)$ se constată o ciclicitate săptămânală în modul evoluției diferenței costurilor la utilizarea celor două centrale termice. Deoarece incintele

considerate sunt spații de birouri în zilele de sâmbătă și duminică sistemul de încălzire nu funcționează în regim nominal, ci doar în regim anti-îngheț dacă temperatura interioară scade sub 5 grade Celsius.

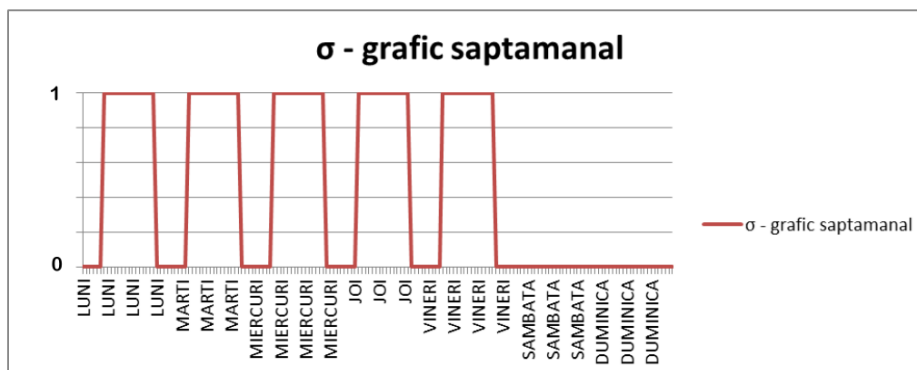


Figura 4.12 – Grafic săptămânal

Pentru o mai buna optimizare a costurilor cu încălzirea incintelor se poate considera ca după o perioada de timp α se poate genera din nou minimul funcției obiectiv cu actualizarea parametrilor. Prin actualizarea parametrilor înțelegem actualizarea datelor reale culese de senzorii sistemului (temperatura exterioară, temperatura din interiorul incintei, consum energie electrică, consum gaze naturale) precum și al datelor furnizate de ANM.

Prin intermediul scriptului realizat cu ajutorul tehnologiei PHP se vor introduce noii parametri în baza de date a sistemului și se vor compara cu datele similare din anul precedent. Astfel se va genera un factor de predicție și în funcție de gradul factorului de predicție se vor optimiza algoritmi de calcul ai optimizării.

Important pentru optimizarea funcției obiectiv este modul cum reprezentăm informațiile în baza de date astfel încât să ne ofere posibilitatea să interpretăm și să previzionăm un răspuns corect la optimizarea dorită în funcție de stimulii proveniți de la mediul înconjurător. O reprezentare corectă în baza de date, va permite sistemului de decizie, să producă un model pentru procesul analizat care să se comporte în mod satisfăcător având în vedere condițiile aplicării stimulilor la intrare în procesul de învățare nu au fost utilizați.

Informațiile disponibile în baza de date sunt fie informații disponibile în mod aprioric referitoare la particularitățile și, eventual, restricțiile aferente acestora, fie informații de forma grupurilor de tandem input-output care definesc o legătură de tipul cauză-efect. Datele disponibile se împart în două părți, una utilizată în procesul de învățare propriu zisă, iar cealaltă utilizată pentru testarea performanțelor sistemului, vor oferi o imagine a capacității funcției obiectiv de generalizare.

Procesul de control și decizie implementat în AP va trebui să elimine redundanțele și similitudinile. În acest scop procesul de reprezentare internă va respecta un set de reguli de bază pentru introducerea în baza de date și sunt prezentate mai jos:

Regula nr. I: Date de intrare asemănătoare trebuie să aibă reprezentări interne similare. Sunt moduri mai multe de a măsura "similitudinea" dintre 2 intrări distincte. Cel mai des este folosit modul care se bazează pe distanța Euclidiană dintre acele intrări (aceasta este văzută ca vectori multidimensionali reali). Uneori se mai poate utiliza funcția de intercorelație dintre cele 2 mărimi ori produsul scalar.

Regula nr. II: Intrări de date aparținând unor categorii care sunt distincte și trebuie să dețină un mod diferit de reprezentare.

Regula nr. III: În definirea internă a unei caracteristici de intrare (temperatura, timp, cost) trebuie să fie implicat un număr cât mai mare de date astfel încât să avem cât mai multe date pentru a le folosi la determinarea *factorului de predicție*.

Această regulă va asigura un grad mai mare de încredere în procesul de luarea unei decizii și toleranță mai sporită în situația funcționării anormale a unor decizii.

4.4.3. Modelarea polinomială a costului de încălzire a incintelor.

Studiul sistemului de încălzire duală prezintă interes pentru înțelegerea legăturilor directe sau indirecte dintre elementele din care este alcătuit sau pentru a putea prognoza modul cum va funcționa sistemul în anumite condiții date. Nu întotdeauna se fac experimente cu sistemul, uneori acesta nu există fizic ci numai în faza de proiectare, astfel experimentele se pot face numai prin simulare sau chiar modelare.

Un asemenea sistem cuprinde o multitudine de elemente cum ar fi proiectare, planificare, implementare, analiză, desfășurare, date de intrare, comportare, structură, prelucrare de date și datele de ieșire (output).

Sistemul încălzire pe care s-au făcut măsurătorile este format dintr-o clădire care are patru camere asemănătoare ca formă, suprafață, volum de aer, spații vitrate, putând fi considerate cele patru încăperi identice.

Pentru o mai bună acuratețe a datelor măsurate am împărțit cele patru camere în două grupuri astfel camera 1 și 2 au fost atribuite spre încălzire centralei pe gaz și camerele 3 și 4 au fost atribuite spre încălzire centralei electrice. Pentru separarea sistemului în două grupe s-au folosit vane de sens astfel încât la momentul efectuării măsurătorilor cele două grupuri de camere au funcționat ca două sisteme de încălzire independente care au funcționat simultan.

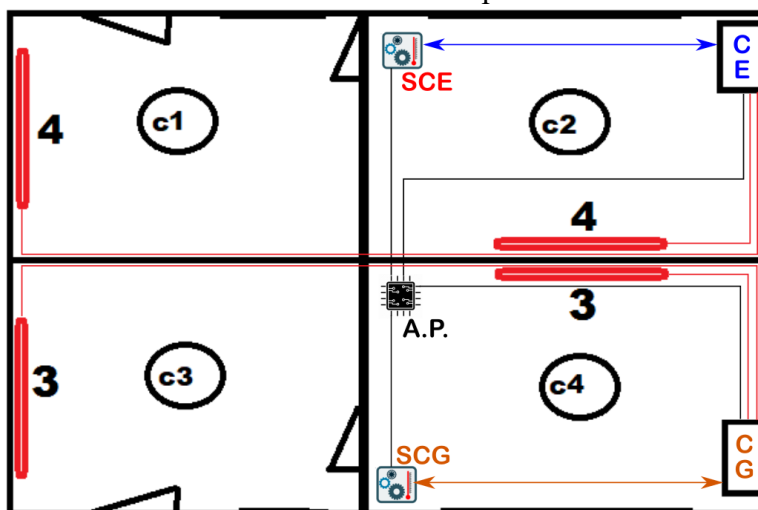


Figura 4.14 – Schema incinta și amplasare centrale și calorifere

Astfel sistemul de încălzire prezentat în figura 4.14 este alcătuit astfel: c1 și c2 sunt camerele încălzite cu centrală electrică

- c3 și c4 sunt camerele încălzite cu centrală gaz
- CE – centrala electrică
- CG – centrală gaz
- SCE – senzori incinte încălzite cu centrala electrică
- SCG – senzori incinte încălzite cu centrală pe gaz
- AP – automat programabil care comandă sistemul dual de încălzire

S-au efectuat măsurători ale parametrilor electrici pentru două tipuri de centrale una pe gaz (IMMERGAS EOLO STAR 24 KW) și una electrică (PROTHERM 24 kW, 400 V) care au încălzit aceleași incinte, simetrice, fiecare cu o suprafață de 50mp în decursul aceleiași zile. Temperatura inițială a incintei a fost de 17 C iar temperatura la care s-a oprit achiziția de date a fost de 22 C. Rezultatele măsurătorilor și analiza lor sunt prezentate în cele ce urmează.

Ca și suprafața, număr de calorifere, volum de aer cele patru incinte sunt identice. S-a realizat o încălzire separată pentru 1 + 2, respectiv 3 + 4, și s-au făcut măsurătorile prezentate în tabelele 4.5 respectiv 4.6.

Cu ajutorul funcției de optimizare (4.2) s-a realizat o simulare în Matlab, pentru încălzirea incintelor 1 și 2, cu un sistem dual alcătuit din cele două centrale pe gaz și cea electrică situate în aceste incinte și care au fost controlate de AP conform algoritmului de optimizare. Cu ajutorul AP se comandă sistemul de vane prin care se închide, pentru o perioadă de timp, funcționarea uneia dintre centrale, lăsând-o să funcționeze pe cealaltă. Rezultatele simulării sunt prezentate în tabelul 4.7.

Extragem coloanele "total consum" din tabelele 4.5, 4.6 și 4.7 și realizăm tabelul 4.8 – adică Total cost consum încălzire electrică, pe gaze și mixtă (optimizată).

Informațiile colectate în tabelele de forma celui din tabelul 4.3 respectiv 4.4 sunt prelucrate după modele matematice în strânsă colaborare cu informațiile preluate din bazele de date online ale Autorității Naționale de Reglementare în domeniul Energiei, ale Autorității Naționale de Reglementare în domeniul Gazelor Naturale și cele ale Administrației Naționale de Meteorologie, coroborate cu datele culese de senzorii sistemului dual de încălzire ne ajută să calculăm propriile costuri de încălzire și să putem face o previziune cu privire la perioada viitoare.

Pentru a calcula costul energiei electrice în cazul neutilizării sistemului dual de încălzire (adică al folosirii neoptimizate a centralei electrice) se va folosi următoarea formulă care va genera valorile din coloana a treia a tabelului 4.7:

$$C_{el} = \sum_{z=1}^z z \cdot \left(\sum_{t=1}^{24} t_1 \cdot CV_1 \cdot P_1 \right) \quad (4.5)$$

unde:

- P_1 reprezintă puterea consumată de centrala electrică în perioada de timp t_1 , în kW;
- CV_1 reprezintă prețul energiei electrice, exprimat în lei/kWh;
- t_1 timpul zilnic de operare al centralei electrice, care poate să nu fie egal cu 24 de ore pentru perioadele în care temperatura incintei este egală sau mai mare decât cea prescrisă;
- z reprezintă numărul de zile de funcționare a centralei electrice;

O formulă asemănătoare este folosită pentru determinarea costului consumului de gaz și de energie electrică în cazul centralei pe gaz, cu ajutorul căreia se vor genera valorile din coloana a 2-a a tabelului 4.7:

$$C_{cg} = \sum_{z=1}^z z \left(\sum_{t=1}^{24} (t_2 \cdot CV_2 \cdot P_{gaz} + t_2 \cdot CV_1 \cdot P_2) \right) \quad (4.6)$$

unde:

- P_{gaz} reprezintă puterea consumată de centrala pe gaz în perioada de timp t_2 , în mc;
- CV_2 reprezintă prețul gazului metan, exprimat în lei/mc;
- P_1 este puterea electrică consumată de centrala pe gaz în perioada de timp t_2 , în kW;
- CV_1 reprezintă prețul energiei electrice, exprimat în lei/kWh;
- t_2 timpul zilnic de operare al centralei pe gaz, care poate să nu fie egal cu 24 de ore în perioadele în care temperatura incintei este egală sau mai mare decât cea prescrisă;
- z reprezintă numărul de zile de funcționare a centralei pe gaz.

O dată generate aceste informații ne ajută să putem aplica funcția obiectiv și în cadrul funcției să putem aplica algoritmul dorit care se poate referi fie la un cost constant, la un cost redus în condițiile în care dorim o temperatură constantă sau la aplicarea algoritmului mixt.

Data	Temperatura		consum gaz		consum electric		cost consum preț unic	cost consum preț diferențiat			total consum
			mc gaz	mc gaz	kwh	kwh					
	diurn	nocturn	diurn	nocturn	diurn	nocturn					
1-Jan	12	-2	2.55	7.22	0.60	0.49	3.63	9.54	3.57	9.42	12.98
2-Jan	7	0	3.49	6.33	0.59	0.42	4.83	8.36	4.76	8.25	13.02
3-Jan	7	3	3.52	4.91	0.59	0.40	4.87	6.53	4.80	6.43	11.23
4-Jan	6	0	3.95	6.41	0.57	0.41	5.40	8.45	5.34	8.35	13.69
5-Jan	7	-2	3.50	7.35	0.62	0.38	4.86	9.64	4.79	9.54	14.33
6-Jan	14	0	1.80	6.41	0.59	0.43	2.67	8.46	2.60	8.36	10.96
7-Jan	13	0	2.26	6.33	0.60	0.39	3.26	8.34	3.20	8.24	11.44
8-Jan	8	1	3.06	5.90	0.63	0.47	4.30	7.84	4.23	7.72	11.96
9-Jan	6	1	3.96	5.82	0.62	0.46	5.45	7.73	5.38	7.61	13.00
10-Jan	5	1	4.46	5.93	0.64	0.34	6.10	7.79	6.03	7.71	13.74
11-Jan	7	4	3.48	4.43	0.56	0.40	4.80	5.91	4.74	5.81	10.55
12-Jan	5	1	4.49	5.81	0.64	0.37	6.14	7.66	6.07	7.57	13.64
13-Jan	1	-2	5.81	7.36	0.61	0.37	7.81	9.64	7.74	9.55	17.29
14-Jan	-2	-7	7.25	9.65	0.60	0.57	9.64	12.69	9.58	12.55	22.13
15-Jan	-5	-7	8.80	9.80	0.67	0.53	11.67	12.86	11.60	12.73	24.33
16-Jan	-2	-8	7.26	10.10	0.71	0.58	9.72	13.28	9.65	13.13	22.78
17-Jan	6	-5	3.94	8.79	0.61	0.54	5.42	11.58	5.35	11.44	16.79
18-Jan	9	-1	2.97	6.87	0.58	0.42	4.16	9.05	4.09	8.94	13.04
19-Jan	8	-1	3.03	6.88	0.57	0.43	4.23	9.07	4.17	8.96	13.13
20-Jan	3	-1	4.97	6.83	0.64	0.43	6.75	9.00	6.68	8.90	15.58
21-Jan	1	-1	5.82	6.77	0.66	0.45	7.85	8.94	7.78	8.83	16.61
22-Jan	1	-1	5.85	6.85	0.64	0.36	7.88	8.98	7.81	8.89	16.70
23-Jan	2	-2	5.40	7.34	0.66	0.38	7.31	9.62	7.24	9.53	16.77
24-Jan	1	-6	5.87	9.29	0.63	0.43	7.90	12.15	7.83	12.04	19.87
25-Jan	1	-8	5.92	10.26	0.65	0.43	7.97	13.39	7.90	13.28	21.19
26-Jan	2	-10	5.35	10.99	0.64	0.56	7.24	14.40	7.17	14.26	21.43
27-Jan	4	-8	4.90	10.06	0.58	0.49	6.63	13.17	6.56	13.05	19.61
28-Jan	4	-8	4.88	10.26	0.58	0.42	6.60	13.38	6.54	13.28	19.82
29-Jan	8	-3	3.05	7.76	0.60	0.35	4.27	10.14	4.21	10.06	14.26
30-Jan	13	0	2.25	6.31	0.58	0.43	3.24	8.34	3.17	8.23	11.40
31-Jan	11	-2	2.80	7.23	0.58	0.42	3.94	9.51	3.88	9.40	13.28
medie	5.26	-2.39	4.41	7.49	0.61	0.44	6.02	9.85	5.95	9.74	15.70

Tabel 4.5 – date măsurate în perioada 01 ianuarie – 31 ianuarie pentru centrala pe gaz

Data	temperatura		consum electric		cost consum preț unic		cost consum preț diferențiat		total
			kwh		kwh				
	diurn	nocturn	diurn	nocturn	Diurn	nocturn	lei	lei	
1-Jan	12	-2	7.93	22.47	4.901533	13.888707	4.04	8.35	12.39
2-Jan	7	0	10.86	20.05	6.712566	12.392905	5.54	7.45	12.99
3-Jan	7	3	11.13	15.45	6.879453	9.549645	5.68	5.74	11.42
4-Jan	6	0	12.34	20.29	7.627354	12.541249	6.29	7.54	13.83
5-Jan	7	-2	10.90	23.10	6.73729	14.27811	5.56	8.58	14.14
6-Jan	14	0	5.63	20.00	3.479903	12.362	2.87	7.43	10.30
7-Jan	13	0	7.19	19.88	4.444139	12.287828	3.67	7.39	11.05
8-Jan	8	1	9.68	18.45	5.983208	11.403945	4.94	6.86	11.79
9-Jan	6	1	12.47	18.07	7.707707	11.169067	6.36	6.71	13.07
10-Jan	5	1	13.93	18.83	8.610133	11.638823	7.10	7.00	14.10
11-Jan	7	4	10.91	14.08	6.743471	8.702848	5.56	5.23	10.80
12-Jan	5	1	14.13	18.43	8.733753	11.391583	7.20	6.85	14.05
13-Jan	1	-2	18.21	22.93	11.255601	14.173033	9.29	8.52	17.81
14-Jan	-2	-7	22.62	30.03	13.981422	18.561543	11.53	11.16	22.69
15-Jan	-5	-7	27.73	30.44	17.139913	18.814964	14.14	11.31	25.45
16-Jan	-2	-8	22.94	31.50	14.179214	19.47015	11.70	11.71	23.40
17-Jan	6	-5	12.43	27.95	7.682983	17.275895	6.34	10.39	16.72
18-Jan	9	-1	9.43	21.51	5.828683	13.295331	4.81	7.99	12.80
19-Jan	8	-1	9.41	21.83	5.816321	13.493123	4.80	8.11	12.91
20-Jan	3	-1	15.60	21.64	9.64236	13.375684	7.95	8.04	16.00
21-Jan	1	-1	18.47	21.06	11.416307	13.017186	9.42	7.83	17.24
22-Jan	1	-1	18.30	21.50	11.31123	13.28915	9.33	7.99	17.32
23-Jan	2	-2	17.02	22.91	10.520062	14.160671	8.68	8.51	17.19
24-Jan	1	-6	18.31	29.30	11.317411	18.11033	9.34	10.89	20.22
25-Jan	1	-8	18.84	32.02	11.645004	19.791562	9.61	11.90	21.51
26-Jan	2	-10	16.69	34.77	10.316089	21.491337	8.51	12.92	21.43
27-Jan	4	-8	15.22	31.79	9.407482	19.649399	7.76	11.81	19.57
28-Jan	4	-8	15.51	32.36	9.586731	20.001716	7.91	12.02	19.93
29-Jan	8	-3	9.69	24.52	5.989389	15.155812	4.94	9.11	14.05
30-Jan	13	0	7.12	19.69	4.400872	12.170389	3.63	7.32	10.95
31-Jan	11	-2	8.83	22.94	5.457823	14.179214	4.50	8.52	13.03
medie	5.3	-2.39	13.85	23.54	8.56	14.55	7.06	8.75	15.81

Tabel 4.6 – date măsurate în perioada 01 ianuarie – 31 ianuarie pentru centrala electrică

Data	temperatura		cost consum preț		total cost
	diurn	nocturn	Diurn	nocturn	
1-Jan	12	-2	3.57	8.35	11.92
2-Jan	7	0	4.76	7.45	12.22
3-Jan	7	3	4.80	5.74	10.54
4-Jan	6	0	5.34	7.54	12.88
5-Jan	7	-2	4.79	8.58	13.38
6-Jan	14	0	2.60	7.43	10.04
7-Jan	13	0	3.20	7.39	10.58
8-Jan	8	1	4.23	6.86	11.09
9-Jan	6	1	5.38	6.71	12.10
10-Jan	5	1	6.03	7.00	13.03
11-Jan	7	4	4.74	5.23	9.97
12-Jan	5	1	6.07	6.85	12.92
13-Jan	1	-2	7.74	8.52	16.26
14-Jan	-2	-7	9.58	11.16	20.74
15-Jan	-5	-7	11.60	11.31	22.91
16-Jan	-2	-8	9.65	11.71	21.35
17-Jan	6	-5	5.35	10.39	15.74
18-Jan	9	-1	4.09	7.99	12.09
19-Jan	8	-1	4.17	8.11	12.28
20-Jan	3	-1	6.68	8.04	14.72
21-Jan	1	-1	7.78	7.83	15.61
22-Jan	1	-1	7.81	7.99	15.80
23-Jan	2	-2	7.24	8.51	15.76
24-Jan	1	-6	7.83	10.89	18.72
25-Jan	1	-8	7.90	11.90	19.80
26-Jan	2	-10	7.17	12.92	20.09
27-Jan	4	-8	6.56	11.81	18.38
28-Jan	4	-8	6.54	12.02	18.56
29-Jan	8	-3	4.21	9.11	13.32
30-Jan	13	0	3.17	7.32	10.49
31-Jan	11	-2	3.88	8.52	12.40
medie	5.258065	-2.3871	7.06	8.75	14.70

Tabel 4.7 – date generate implementând funcția de optimizare pentru perioada 01 ianuarie – 31 ianuarie la utilizarea sistemului dual de încălzire

Sinteza informațiilor din Tabelele 4.5, 4.6 și 4.7 este realizată în Tabelul 4.8 în care este prezentată situația costurilor totale realizate în cele 3 scenarii studiate: încălzirea cu centrală electrică, cu centrală pe gaze respectiv cu sistemul mixt propus în această lucrare. Ultimele două coloane din acest tabel se referă la economia realizată de sistemul dual de încălzire optimizat, în valori absolute și relative, iar ultima linie reprezintă valoarea medie a costurilor pentru cele trei tipuri de sisteme de încălzire și a economiei realizate.

Data	Centrala Gaz	Centrala Electrică	Încălzire mixtă	economie minimă	% economie minimă
1-Jan	12.98	12.39	11.92	0.47	3.94%
2-Jan	13.02	12.99	12.22	0.77	6.30%
3-Jan	11.23	11.42	10.54	0.69	6.55%
4-Jan	13.69	13.83	12.88	0.81	6.29%
5-Jan	14.33	14.14	13.38	0.76	5.68%
6-Jan	10.96	10.3	10.04	0.26	2.59%
7-Jan	11.44	11.05	10.58	0.47	4.44%
8-Jan	11.96	11.79	11.09	0.7	6.31%
9-Jan	13	13.07	12.1	0.9	7.44%
10-Jan	13.74	14.1	13.03	0.71	5.45%
11-Jan	10.55	10.8	9.97	0.58	5.82%
12-Jan	13.64	14.05	12.92	0.72	5.57%
13-Jan	17.29	17.81	16.26	1.03	6.33%
14-Jan	22.13	22.69	20.74	1.39	6.70%
15-Jan	24.33	25.45	22.91	1.42	6.20%
16-Jan	22.78	23.4	21.35	1.43	6.70%
17-Jan	16.79	16.72	15.74	0.98	6.23%
18-Jan	13.04	12.8	12.09	0.71	5.87%
19-Jan	13.13	12.91	12.28	0.63	5.13%
20-Jan	15.58	16	14.72	0.86	5.84%
21-Jan	16.61	17.24	15.61	1	6.41%
22-Jan	16.7	17.32	15.8	0.9	5.70%
23-Jan	16.77	17.19	15.76	1.01	6.41%
24-Jan	19.87	20.22	18.72	1.15	6.14%
25-Jan	21.19	21.51	19.8	1.39	7.02%
26-Jan	21.43	21.43	20.09	1.34	6.67%
27-Jan	19.61	19.57	18.38	1.19	6.47%
28-Jan	19.82	19.93	18.56	1.26	6.79%
29-Jan	14.26	14.05	13.32	0.73	5.48%
30-Jan	11.4	10.95	10.49	0.46	4.39%
31-Jan	13.28	13.03	12.4	0.63	5.08%
medie	15.70	15.81	14.70	0.88	5.87%

Tabel 4.8 – Total cost consum încălzire electrică, pe gaze și mixtă (optimizată)

În figura 4.15 este prezentat graficul costurilor totale ale celor trei tipuri de sisteme de încălzire în decursul lunii ianuarie 2018. Se observă că în toate zilele supuse comparării funcția de încălzire mixtă (obținută prin aplicarea funcției optim) dă cea mai bună eficiență a costurilor.

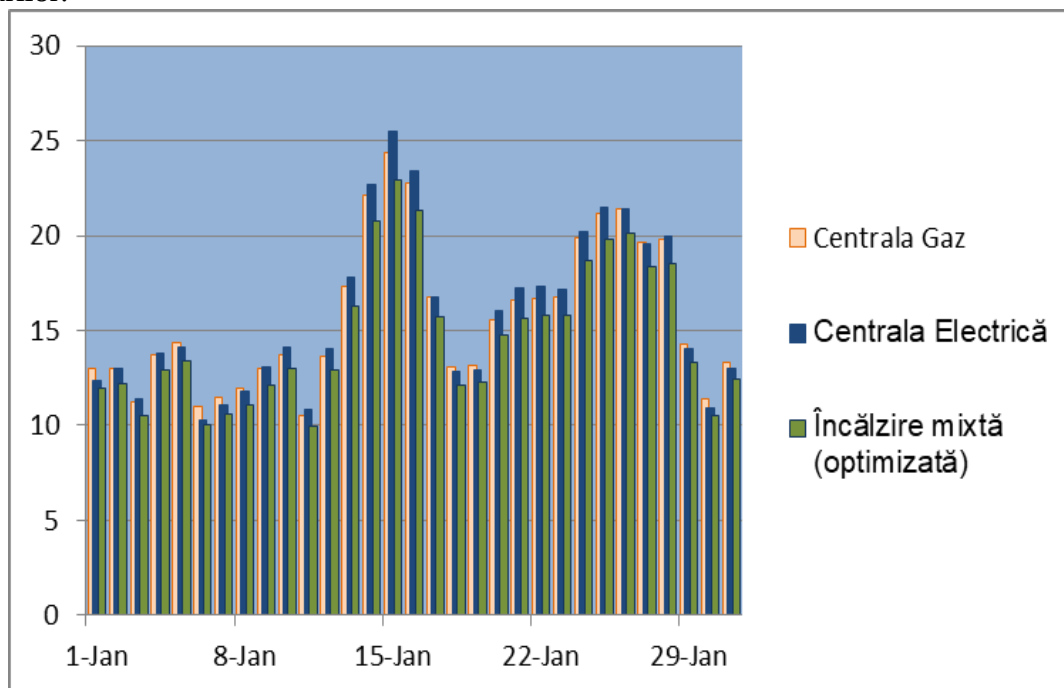


Figura 4.15 – Grafic consum încălzire electrică, pe gaze și mixtă (optimizată)

Pentru modelarea matematică funcțiilor cost pentru cele trei tipuri de încălzire centrala pe gaz, centrala electrică respectiv sistemul dual de încălzire se va folosi, în cele ce urmează, interpolarea polinomială.

Astfel pentru calcularea funcției polinomiale (C) de gradul I am folosit în MATLAB funcția `polyfit`.

$$C = \text{polyfit}(x, y, i) \quad (4.7)$$

unde

$$C(x) = C_1x^n + C_2x^{n-1} + \dots + C_nx + C_{n+1} \quad (4.8)$$

Un exemplu de cod sursă folosit în MATLAB pentru a genera funcția polinomială cost funcție de timp (pe perioada de o lună, ianuarie 2018) pentru centrala pe gaz, pornind de la gradul 1 până la gradul 7 este prezentat mai jos:

```
x=1:31;
x1=1:0.2:31;
y=[12.98,13.02,11.23,13.69,14.33,10.96,11.44,11.96,13.00,13.74,10.55,13.64,17.29,22.
13,24.33,22.78,16.79,13.04,13.13,15.58,16.61,16.70,16.77,19.87,21.19,21.43,19.61,19.8
2,14.26,11.40,13.28]
figure
hold on
grid on
plot(x,y,'*')
for i=1:7
    c=polyfit(x,y,i)
    y1=polyval(c,x1)
    plot(x1,y1)
end
```

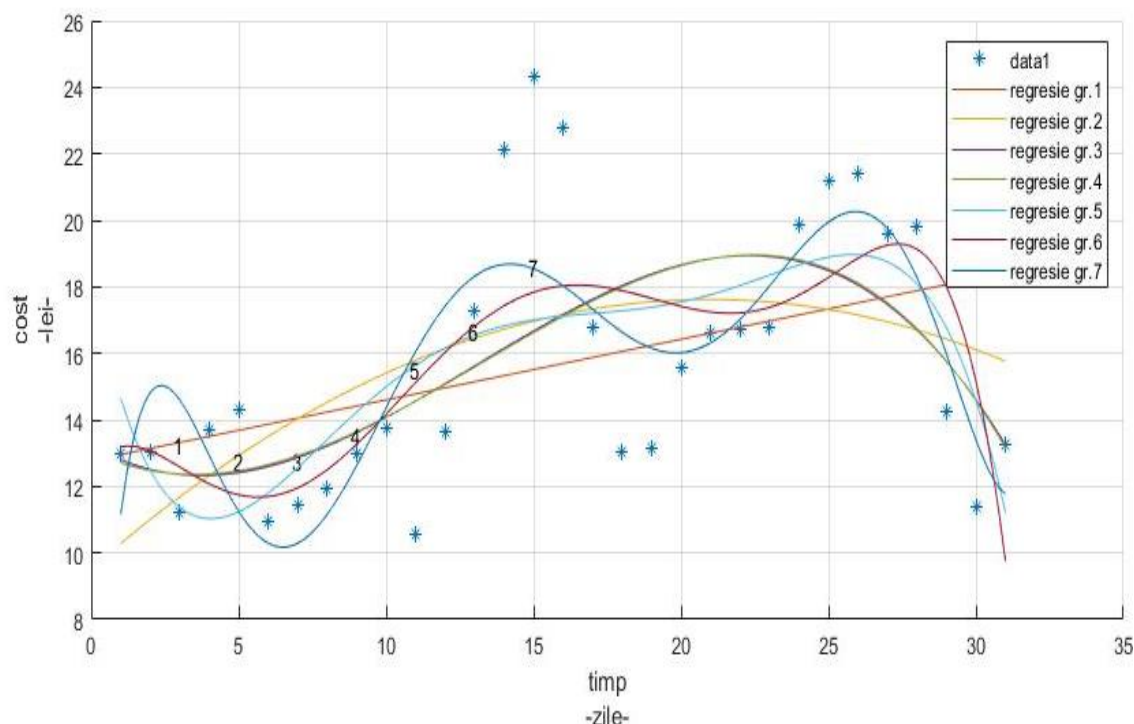



Figura 4.24 – Grafic comparativ regresii polinomiale pana la gradul 7 cost vs timp centrala gaz
Din calculul indicatorului RMS pentru cele 7 polinoame de interpolare prezentat mai jos

RMS pentru gradul 1 = 3.77400756372683
 RMS pentru gradul 2 = 3.43934682231227
 RMS pentru gradul 3 = 3.21834685992715
 RMS pentru gradul 4 = 3.21830608017397
 RMS pentru gradul 5 = 3.06624977424221
 RMS pentru gradul 6 = 2.94953794514356
 RMS pentru gradul 7 = 2.54090898615598

rezultă că cea mai bună valoare a acestui indicator de acuratețe este cel al funcției de interpolare de gradul 7.

În mod similar se realizează interpolarea polinomială pentru aproximarea funcției cost a centralei electrice în perioada studiată ianuarie 2018. În figurile 4.25-4.31 sunt prezentate graficele funcțiilor de aproximare de la gradul 1 respectiv la gradul 7. În continuare graficul de interpolare al funcției cost al centralei electrice folosind transformata FFT este prezentat în figura 4.32 iar în figura 4.33 sunt prezentate, comparativ, graficele polinoamelor de interpolare de la gradul 1 la gradul 7 obținute anterior.

Din calculul indicatorului RMS pentru cele 7 polinoame de interpolare ale costului centralei electrice prezentat mai jos

RMS pentru gradul 1 = 3.50004296818429
 RMS pentru gradul 2 = 3.24343306307566
 RMS pentru gradul 3 = 3.03130852580817
 RMS pentru gradul 4 = 3.03099100851271
 RMS pentru gradul 5 = 2.87705427567345
 RMS pentru gradul 6 = 2.76295742878641
 RMS pentru gradul 7 = 2.43610540102821

rezultă că cea mai bună valoare a acestui indicator de acuratețe este cel al funcției de interpolare de gradul 7.

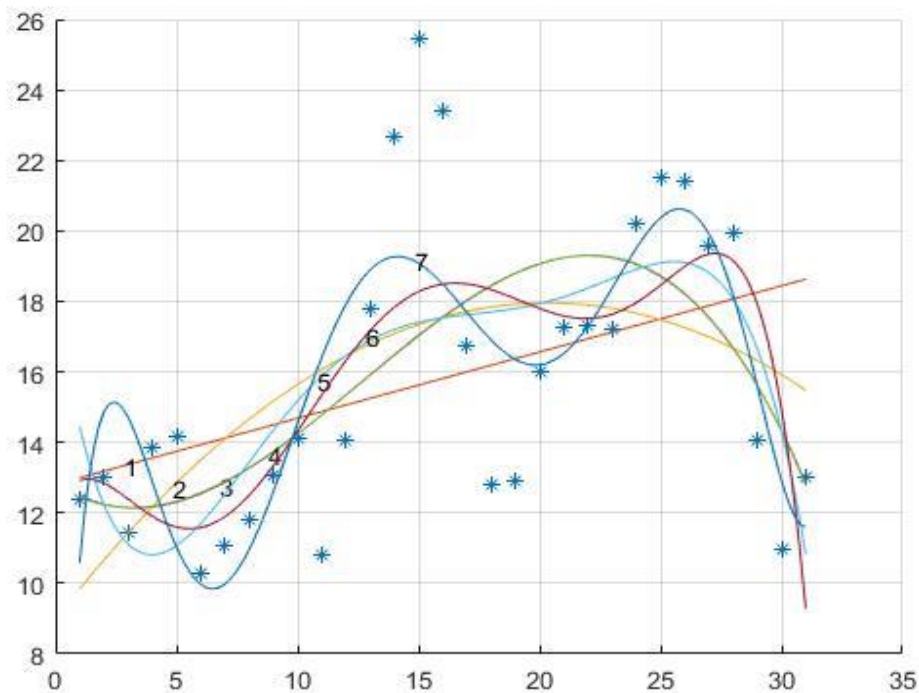


Figura 4.33 – *Grafic comparativ regresii polinomiale pana la gradul 7 cost vs timp centrala electrică*

Prin urmare s-a aproximat cu regresia polinomială și indicatorul RMS, că funcția de gradul 7 care aproximează costul centralei pe gaz respectiv cea electrică, ar fi cea mai apropiată de valorile de măsurat. Dar din definiția funcției obiectiv care este un minim de sume de costuri de operare și din variația acestei funcții constatăm că cel mai apropiat grafic al funcțiilor de regresie polinomială este cel de gradul doi. Din acest motiv în figura 4.34 care prezintă graficul comparativ cost funcție de timp al regresiilor polinomiale la centrala pe gaz, centrala electrica și la sistemul dual optimizat de consum s-a utilizat regresia polinomială de grad 2

Conform graficului din figura 4.34 datele obținute cu funcția optim se apropie cel mai bine de rezultatele generate cu regresia polinomială de ordinul al doilea pentru perioada de studiu de o lună. Mărind gradul funcțiilor de regresie obținem o funcție care se potrivește datelor dar care se abate de la funcția optim găsită.

Dorim ca studiul realizat pe o perioada de o lună să poată fi extrapolat la perioade similare sau chiar diferite (alt sezon) de aceea chiar dacă conform teoriei regresia polinomială de gradul 7 în cazul de față a furnizat cele mai apropiate aproximări, s-a constatat din compararea altor date ce conțin variații mai mari la începutul perioade sau spre sfârșitul acesteia, că regresia polinomială de gradul al doilea rămâne cea mai bună alegere pentru aproximarea modelului funcției optim.

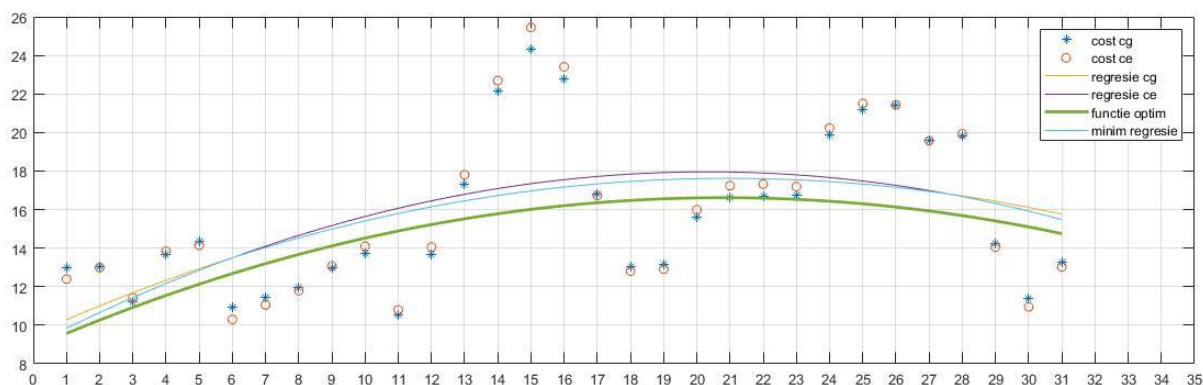


Figura 4.34 – Grafic comparativ cost funcție de timp regresii centrala gaz, centrala electrica, minim regresie, funcție optim utilizând regresia polinomială de grad 2

Este importantă, de asemenea, analiza variației costurilor celor trei tipuri de încălziri pe gaze, electrică și duală în funcție de temperatura exterioară care se poate face cu ajutorul datelor din tabelele 4.5, 4.6 și 4.7. Astfel se construiesc graficele din figurile 4.35, 4.36 și 4.37.

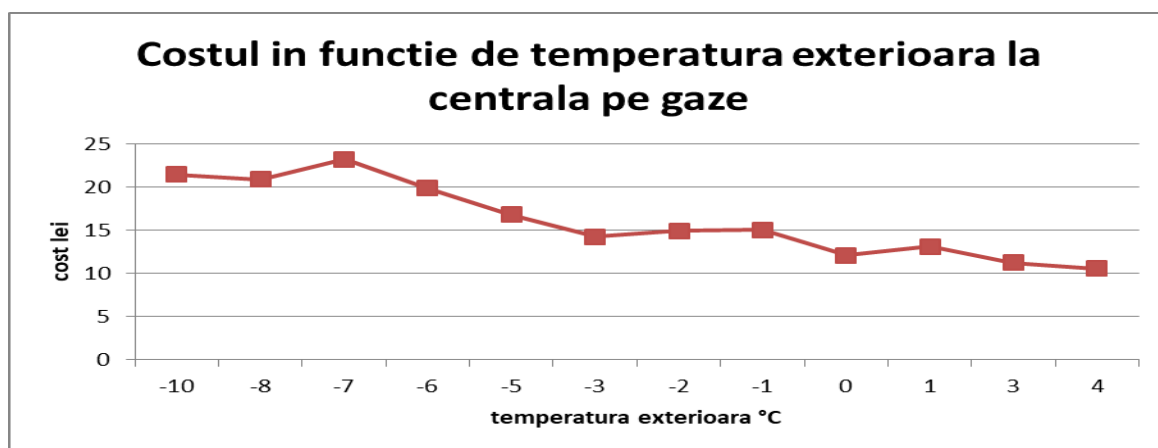


Figura 4.35 – Grafic cost în funcție de temperatura exterioară la centrala pe gaz

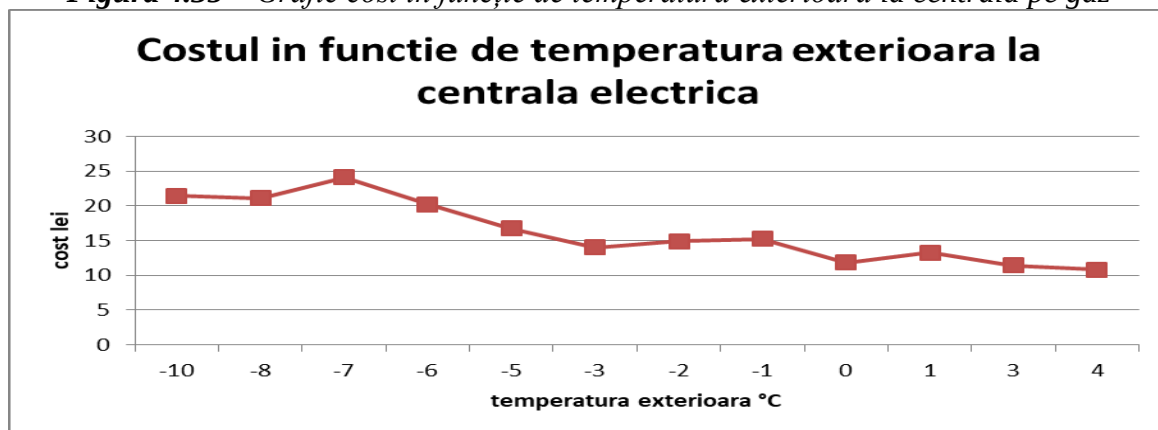


Figura 4.36 – Grafic cost în funcție de temperatura exterioară la centrala electrică

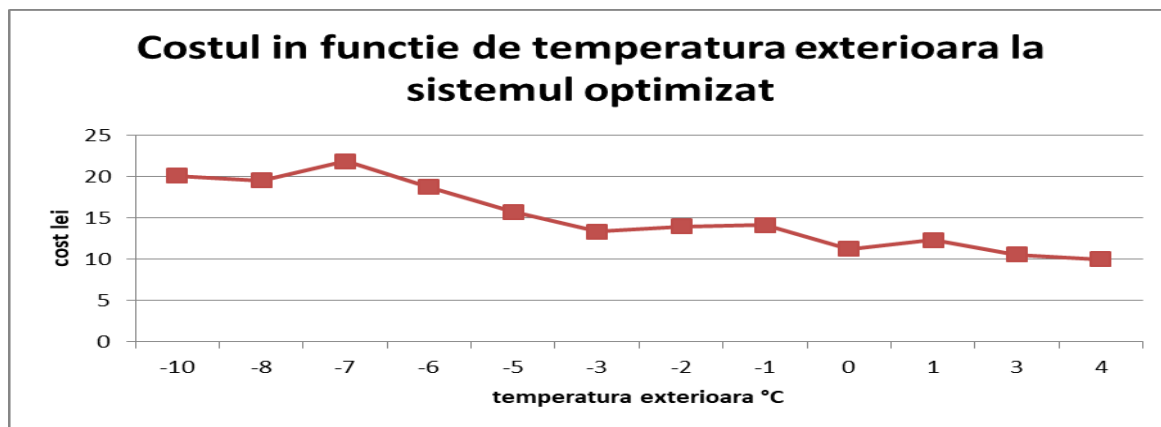


Figura 4.37 – Grafic cost în funcție de temperatura exterioară la sistemul dual de încălzire optimizată

Din graficul comparativ al costului celor trei tipuri de încălziri în funcție de temperatura exterioară prezentat în Figura 4.38 se observă faptul că pe tot parcursul perioadei analizate, chiar și în momentul de pornire (intrare în sarcină) a centralelor electrică și pe gaz, sistemul optimizat (sistemul dual de încălzire) are cel mai bun cost de exploatare. Totodată din figurile 4.35, 4.36, 4.37, 4.38 observăm ca pe toata perioada analizată (luna ianuarie 2018) randamentul centralelor pe gaz și electrică e diferit, nefiind întotdeauna o singură centrală pentru perioada care să aibă și cel mai scăzut cost. Din acest motiv prin utilizarea funcției obiectiv și a algoritmului de minimizare a costurilor observăm că sistemul dual de încălzire care folosește automatul programabil și-a atins scopul pentru care a fost creat.

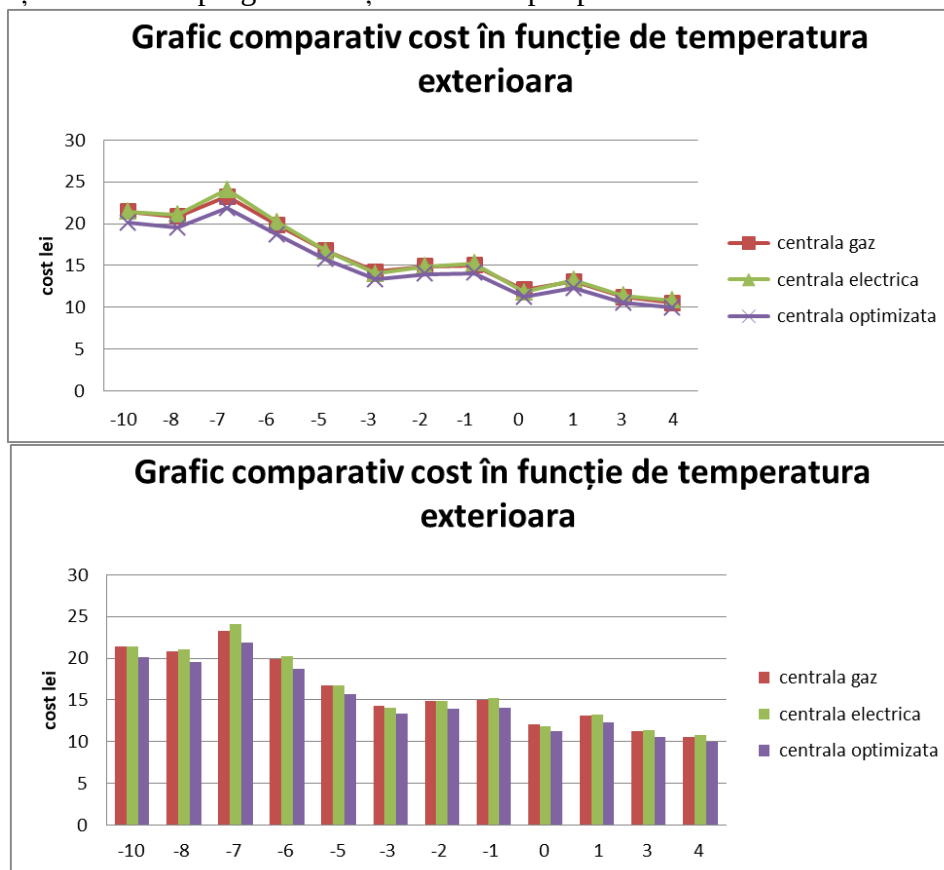


Figura 4.38 – Grafice comparative cost în funcție de temperatura exterioară la centrala pe gaze, centrala electrică și la sistemul dual de încălzire optimizat

4.4.4. Calculul amortizării investiției de transformare a sistemului de încălzire tradițional în sistem de încălzire dual heating

Vom lua în calcul două ipoteze pentru care vom folosi metoda de amortizare liniară:

1. Calculul amortizării investiției primare – plecam de la premisa ca incinta are deja sistem de încălzire format din centrală pe gaz și calorifere, iar ca investiție vom considera centrala electrică PROTHERM 24 kw, 400V, trei electrovalve (pentru apa caldă, pentru încălzire tur și retur), set senzori pentru monitorizare temperatură și interfața de comunicare și comandă între cele două centrale (automatul programabil AP).
2. Calculul amortizării investiției primare de la punctul unu precum și a sistemului fotovoltaic On Grid 25 kWp/ 125kW zi Benq – Fronius.

4.4.4.1 Calcul amortizare investiție primare

Din punct de vedere contabil amortizarea investiției se va face într-o perioadă de 12 ani și va reprezenta o valoare de 241,66 lei / an sau 31,39 lei / lună.

-lei -

Data	Centrala Gaz	Centrala Electrică	Încălzire mixtă (optimizată)	economie utilizare sistem mixt în loc de centrală gaze
1-Jan	12.98	12.39	11.92	1.06
2-Jan	13.02	12.99	12.22	0.8
3-Jan	11.23	11.42	10.54	0.69
4-Jan	13.69	13.83	12.88	0.81
5-Jan	14.33	14.14	13.38	0.95
6-Jan	10.96	10.3	10.04	0.92
7-Jan	11.44	11.05	10.58	0.86
8-Jan	11.96	11.79	11.09	0.87
9-Jan	13	13.07	12.1	0.9
10-Jan	13.74	14.1	13.03	0.71
11-Jan	10.55	10.8	9.97	0.58
12-Jan	13.64	14.05	12.92	0.72
13-Jan	17.29	17.81	16.26	1.03
14-Jan	22.13	22.69	20.74	1.39
15-Jan	24.33	25.45	22.91	1.42
16-Jan	22.78	23.4	21.35	1.43
17-Jan	16.79	16.72	15.74	1.05
18-Jan	13.04	12.8	12.09	0.95
19-Jan	13.13	12.91	12.28	0.85
20-Jan	15.58	16	14.72	0.86
21-Jan	16.61	17.24	15.61	1
22-Jan	16.7	17.32	15.8	0.9
23-Jan	16.77	17.19	15.76	1.01
24-Jan	19.87	20.22	18.72	1.15
25-Jan	21.19	21.51	19.8	1.39
26-Jan	21.43	21.43	20.09	1.34
27-Jan	19.61	19.57	18.38	1.23
28-Jan	19.82	19.93	18.56	1.26
29-Jan	14.26	14.05	13.32	0.94
30-Jan	11.4	10.95	10.49	0.91
31-Jan	13.28	13.03	12.4	0.88
TOTAL	486.55	490.15	455.69	30.86

Tabel 4.10 – Total cost consum încălzire electrică, pe gaze și mixtă (optimizată) și diferența de cost între încălzirea cu central pe gaz și cea mixtă

Dacă calculăm economia produsă de utilizarea sistemului de încălzire duală mixtă pentru luna ianuarie 2018 vom constata că s-a efectuat o economie de 30.86 lei. La o primă

comparație cu rata de amortizare contabilă calculată am putea considera că implementarea unui astfel de sistem nu aduce din punct de vedere contabil profit ci este generatoare de pierdere întrucât amortizarea lunară (31,39 lei) este mai mare decât economia produsă de implementarea sistemului de încălzire (30.86 lei). Dar totodată trebuie să avem în vedere faptul că măsurătorile s-au efectuat asupra unui spațiu de 50 mp, dar centralele folosite pot încălzi cu ușurință un spațiu de cel puțin 5 ori mai mare decât acesta. Astfel dacă vom lua în calcul noile informații vom constata că economia efectuată de utilizarea sistemului dual de încălzire pentru un spațiu de 5 ori mai mare pentru care de fapt a fost proiectată centrala achiziționată este proporțional de 5 ori mai mare adică de $30.86 \times 5 = 154,30$ lei. Conform acestui calcul rezultă că utilizarea sistemului dual de încălzire cel puțin 7 săptămâni pe an în anotimpul rece (care la noi în țară este de cel puțin 16 săptămâni) produce o economie mai mare decât amortizarea calculată conform normelor contabile.

Dacă luăm în considerare faptul că anotimpul rece la noi în țară este de cel puțin 16 săptămâni și spațiul de încălzit este de 250 m^2 , atunci putem recalcula timpul de recuperare a investiției acesta reducându-se considerabil, la 5 ani.

Astfel se constată că deși amortizarea contabilă este de 12 ani, recuperarea efectivă a investiției se face în 5 ani rezultând un ROI pe durata de viață a investiției de 255 %.

4.4.4.2 Calcul amortizare investiție primare și a sistemului fotovoltaic On Grid 25 kWp/ 125kW zi Benq - Fronius

Din punct de vedere contabil amortizarea investiției se va face într-o perioadă de 12 ani și va reprezenta o valoare de 5825 lei / an sau 485,42 lei / lună.

Dacă la paragraful anterior 4.4.4.1 am vorbit despre amortizarea investiției reprezentate de centrala electrică, electrovalve, senzori și interfața de comunicare și comandă între cele două centrale, în acest paragraf se analizează și amortizarea unui sistem fotovoltaic care produce energie electrică și surplusul de energie electrică este livrat în rețea ca energie verde.

Astfel sistemul fotovoltaic are următoarele elemente componente:

1. Invertor SMA On Grid [97], [98],
2. Panouri fotovoltaice Black Frame Policristaline Benq 265W,
3. Sistem de fixare pe acoperiș,
4. Tablou de protecții AC / DC,
5. Set conectică cabluri.

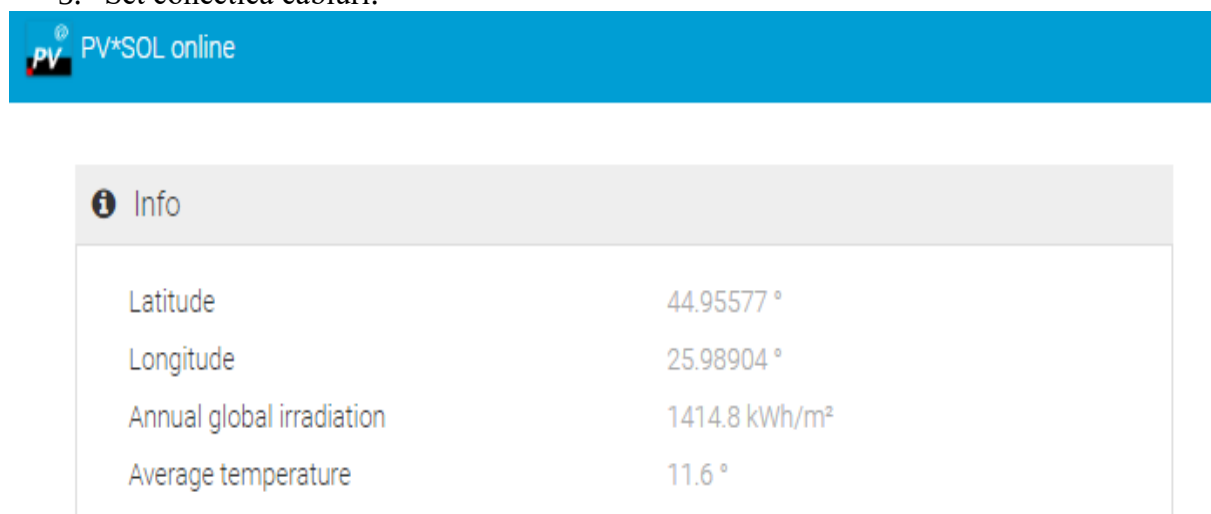


Figura 4.39 – Coordonate amplasare sistem fotovoltaic on grid

Pentru analiza privind recuperarea investiției efectuate cu sistemul fotovoltaic on grid (ROI – return of investment), am utilizat software-ul dedicat PV*sol pentru a putea genera randamentul celulelor fotovoltaice utilizate în funcție de locația în care vor fi montate (longitudine și latitudine)[99],[100],[101]. Locația unde s-au efectuat măsurătorile este situată în Ploiești având următoarele coordonate latitudine 44.95577 ° și longitude 25.98904 °, a se vede figurile 4.39 și 4.40.

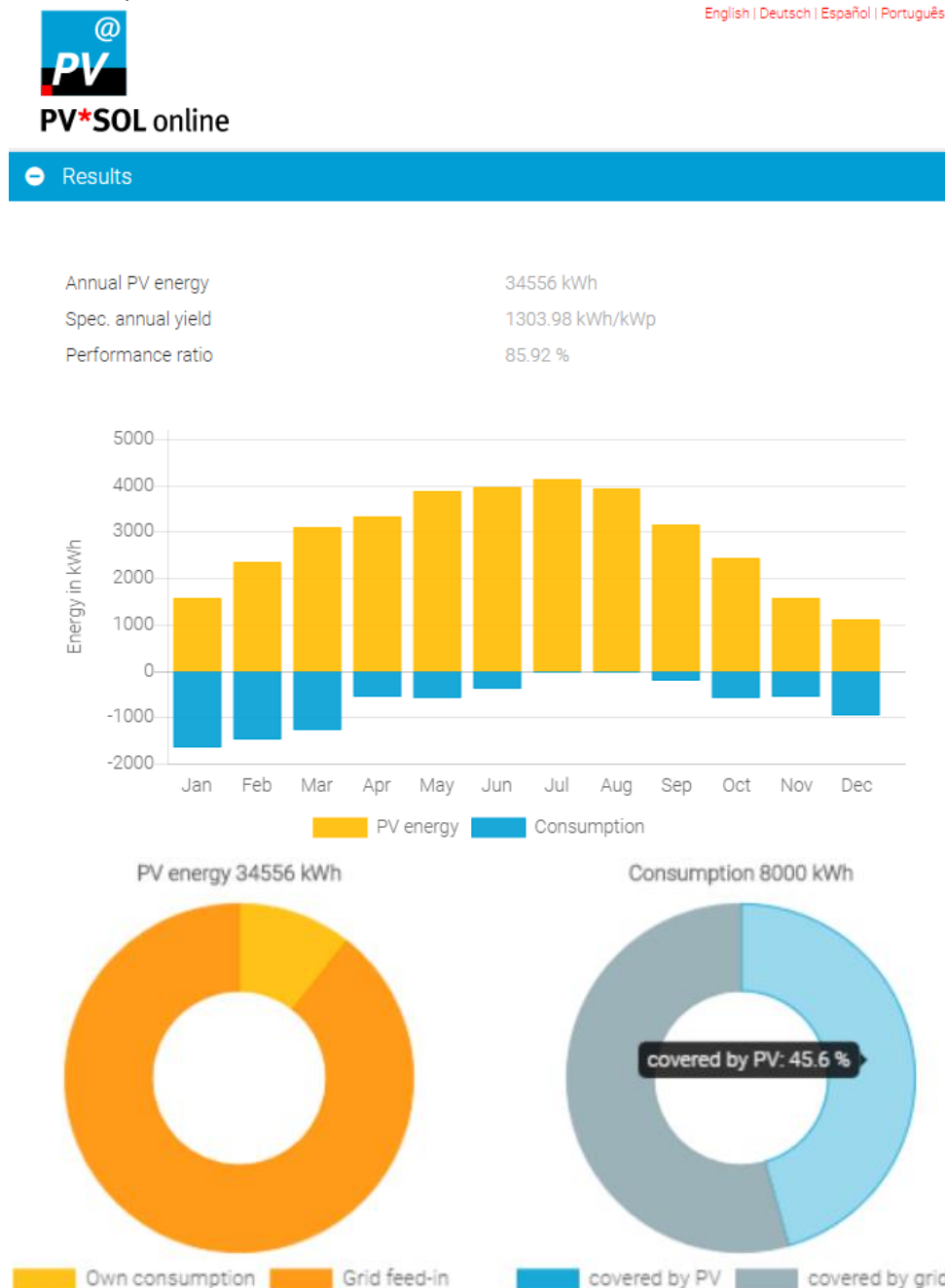


Figura 4.43 – Grafi anual producție și consum de energie folosind sistemul fotovoltaic On Grid generat de software-ul PV*sol

Prin determinarea coordonatelor de amplasare a sistemului fotovoltaic, coroborat cu analiza realizată de software-ul dedicat PV*sol am determinat producția de energie electrică realizată de sistemul fotovoltaic.

Conform datelor generate de software-ul PV*sol avem o producție de energie electrică anuală de 34.556 kWh, iar sistemul folosește pentru consumul propriu (pentru încălzirea

incintelor din producție proprie) 3648 kWh, iar restul de 4481 kWh necesari încălzirii sunt procurați din rețea. Prin utilizarea sistemului fotovoltaic se reduc emisiile de CO² cu 18.487 kg/an.

Acest sistem va produce energie după cum urmează:

1. Media zilnică de energie produsă este de 94 kWh.
2. Media lunară de energie produsă este de 2.879 kWh.
3. Media anuală de energie produsă este de 34.556 kWh.

Dacă am furniza lunar în rețea energia produsă de sistemul fotovoltaic la un cost mediu de 0.3 lei/kWh am înregistra un venit lunar de 863,70 lei. La un calcul simplu având în vedere faptul că amortizarea contabilă calculată lunar este de 485,42 lei pentru tot sistemul inclusiv centrala electrică, electrovalvele, senzori de temperatură, interfața de comunicare și comandă între cele două centrale, constatăm că este foarte profitabilă investiția într-un sistem fotovoltaic, acest lucru ducând la un ROI de două ori mai mare decât amortizarea contabilă.

Dacă extrapolăm și nu mai analizăm amortizarea ca un fenomen contabil și calculăm timpul de recuperare al investiției, constatăm că vom recupera investiția sistemului fotovoltaic și a centralei electrice în aproximativ 6 ani și 9 luni (81 de luni). Totodată trebuie avut în vedere faptul că sistemul fotovoltaic are o durată de viață de aproximativ 25 de ani, ceea ce va conduce la un profit de 3 ori mai mare decât investiția inițială.

Având în vedere concluziile avute la paragraful anterior cu privire la amortizarea investiției privind centrala electrică, electrovalvele, sistemul de monitorizare a temperaturii și interfața de comunicare și comandă între cele două centrale putem considera că acestea se amortizează de la sine prin simpla utilizare a sistemului dual de încălzire, iar sistem fotovoltaic On Grid 25 kWp/ 125kW zi Benq - Fronius se va amortiza atunci mai repede de 6 ani.

Totodată dacă luăm în considerare faptul că satul român subvenționează instalarea de sisteme de producere a energiei verde cu suma de 20.000 lei constatăm că se reduce cu 2 ani perioada de recuperare a investiției, astfel ROI-ul ajunge undeva sub 5 ani.

CAPITOLUL 5

CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DEZVOLTĂRI ULTERIOARE

În această teză de doctorat s-au analizat sistemele de încălzire de diverse tipuri, care s-au utilizat atât individual cât și mixt.

Utilizarea mixtă a sistemelor de încălzire are la bază scăderea consumurilor specifice, dar și asigurarea unei siguranțe sporite atunci când se utilizează două surse primare de încălzire mai ales când una din aceste surse poate fi întreruptă.

Lucrarea este structurată în cinci capitole. Primul capitol face o prezentare succintă a stadiului actual al tehnologiilor de încălzire electrică și cu combustibili fosili, realizându-se o descriere a sistemelor de încălzire și o clasificare a acestora. Din sistemele descrise enumerăm central termică cu combustibil solid (biomasă, cărbune, lemne, etc.), central termică cu gaz, încălzirea electrică în pardoseală, încălzirea prin folosirea panourilor radiante, încălzire cu ajutorul sistemului HAKA-COMISA, încălzirea cu șeminee electrice, pompe de căldură.

În cuprinsul celui de-al doilea capitol am studiat clădirile inteligente, sistemul de monitorizare și control al proceselor duale de încălzire al acestora, prin realizarea unei analize comparative a eficienței sistemelor de încălzire. De asemenea s-a conceput un sistem modern de monitorizare și control al încălzirii incintelor în scopul eficientizării consumului de energie și de reducere a cheltuielilor. Acest sistem se referă la utilizarea rațională a două tipuri de centrale una electrică și alta pe combustibil (gaz metan, cărbune, biomasă, lemne, etc.).

Sistemul astfel creat de monitorizare și control al încălzirii locuințelor are următoarele obiective principale:

- ✓ Creșterea eficienței consumului de energie necesară încălzirii incintelor prin implementarea unui algoritm și program de funcționare bazat pe alegerea predeterminată a orelor și a temperaturii în care spațiul trebuie să fie încălzit și pe alegerea optimizată a orelor de funcționare pe câte un tip de centrală (cea pe lemne, gaze sau biomasă și cea electrică) în funcție de prețul unitar al furnizorilor de energie. În plus programul implementează condiții suplimentare introduse de utilizator, prin care se pot crea condiții restrictive impuse de sumele pe care le ar acesta la dispoziție pentru plata energiei folosită la încălzire. În acest mod se va obține o relație optimă între preț, consum și resursele utilizatorului;
- ✓ Diminuarea cheltuielilor financiare care în contextul crizei economice actuale este o măsură necesară de conservare a capitalurilor atât pentru persoane fizice cât mai ales pentru întreprinderile mici și mijlocii unde costurile încălzirii pe durata anotimpului rece sunt mult mai ridicate;
- ✓ Reducerea emisiilor de noxe prin funcționarea în proporție de aproximativ 50% din timp a centralei pe energie electrică.

Sistemul astfel conceput este structurat pe 5 componente hardware principale:

- ✓ Sistem încălzit (incinta/spațiu locuibil)
- ✓ Centrala pe gaze
- ✓ Centrala electrică
- ✓ Interfața de comunicare între cele două centrale (automatul programabil – AP) este echipamentul care va controla integral regimul orar de funcționare și alternanță.
- ✓ Algoritmul care va programa AP prin care se controlează funcționarea întregului sistem.

Funcție de cerințele clientului (utilizatorului final) acesta va declanșa o centrală și va opri pe cealaltă la intervale de timp bine fixate, ori de câte ori va fi nevoie într-o zi. Programarea interfeței de comunicare se poate face pe orice perioadă, astfel ciclul de funcționare a sistemului dual putând fi zilnic, săptămânal, lunar, anual sau la un număr oarecare de zile, funcție de programul de utilizare al locației. Baza de date este organizată eficient, cu informații actualizate, inclusiv ale costurilor unitare ale energiei electrice și gazelor naturale.

În cel de-al treilea capitol am studiat proceduri de micșorare a consumurilor energetice și a costurilor de încălzire a incintelor studiind eficientizarea consumurilor energetice raportate la măsurătorile experimentale realizate. Au fost măsurați parametrii electrici ai centralei pe gaz și ai celei electrice, care încălzesc simultan, în aceleași condiții inițiale de temperatură, doua incinte simetrice situate în aceeași clădire.

Pentru eficientizarea consumurilor de energie electrică ale sistemelor de încălzire a incintelor a fost studiată elaborarea de algoritmi de optimizare care au fost detaliați în capitolul 4. În acest capitol am prezentat aspecte generale privind problemele de optimizare, clasificare a problemelor de optimizare. S-au elaborat schemele logice pentru procedura cu temperatură fixă, procedura cu buget fix și procedura mixtă. Aceste proceduri au fost utilizate apoi în modelarea și simularea funcționării optimizate a sistemului dual de încălzire și în determinarea funcției obiectiv de monitorizare. În partea finală a acestui capitol folosind interpolarea polinomială au fost modelate funcțiile cost ale celor trei tipuri de încălziri studiate, adică cele două independente cu sursa de căldură centrala pe gaz și centrala electrică, respectiv sistemul dual de încălzire în care se utilizează în mod optim cele doua centrale. Condițiile de operare sunt raportate la aceleași incinte și cu aceleași condiții inițiale de temperatură. S-a analizat amortizarea investiției într-un sistem dual de încălzire considerând existența inițială a unei centrale pe gaz și a schimbătoarelor de căldură (caloriferele). Se propune introducerea unui sistem fotovoltaic pentru alimentarea sistemului dual de încălzire și se calculează amortizarea globală a investiției.

Contribuțiile originale din această teză sunt următoarele:

- Introducerea unui nou concept de încălzire a incintelor numit „sistem dual de încălzire” sau „dual-heating” care asigură o eficientizare a consumului electric și/sau agent termic (gaz, biomasă, combustibil fosil, etc.), precum și autonomia și securitatea energetică.
- Realizarea de achiziții pentru parametri electrici, analiza acestor parametri și a consumurilor specifice celor două tipuri de centrale pe gaz și electrică ce încălzesc aceeași incintă, în aceeași perioadă de timp și cu aceleași condiții inițiale de temperatură.
- Definirea unei funcții de optimizare a costurilor de încălzire în funcție de diverși parametri specifici centralelor studiate.
- Dezvoltarea de algoritmi pentru determinarea parametrilor funcției de optimizat în scopul minimizării acesteia.
- Modelarea matematică a costurilor de funcționare independentă respectiv în sistemul dual ale centralei electrice și a centralei pe gaz și alegerea modelelor optime ce asigură acuratețea față de rezultatele măsurătorilor efectuate.
- Analiza comparativă a costurilor în cele trei scenarii de încălzire a incintelor, două sisteme independente și unul dual.
- Calcularea perioadei de amortizare a investiției în cazul în care se consideră existența unei centrale pe gaz și, apoi, se investește în noul sistem dual de încălzire, care este condus de AP după algoritmul optimizat. De asemenea

calculul amortizării se continuă și în cazul introducerii unui sistem fotovoltaic folosit la alimentarea cu energie electrică a sistemului dual de încălzire.

În perioada următoare îmi propun implementarea unui proiect pilot în incintele studiate, care să valideze pe o perioadă cât mai îndelungată a sistemul dual de încălzire propus. Rezultatele obținute vor fi furnizate public, pe un site dedicat, astfel încât să constituie o referință reală pentru orice altă implementare a sistemului propus.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

- [1] Bohi, D.R. & Toman, "The Economics of Energy Security", Kluwer Academic Publishers, Boston 1996
- [2] Bahnareanu, C. "Arma energetica in contextul relatiilor internationale ale inceputului de secol XXI". Editura Universitatii Nationale de Aparare Carol I, Bucuresti 2007
- [3] VOLOȘIN, Dr. Andriy – Razboaiele energetice ale secolului XXI, Stabilitate și Securitate Regională, Editura Universității Nationale de Apărare CAROL I, Bucuresti, 2009
- [4] Kelemen G., Ursa D., Alternativă energetică: energia solară, Tehnica Instalațiilor, Ed. Minos, anul IV.1/2004
- [5] Elemente de Strategie Energetică a României pentru perioada 2011 - 2035. Ministerul Economiei Economiei, 2011
- [6] John Siegenthaler Modern hydronic heating for residential and light commercial buildings, 2010
- [7] Apahidean B., Mreneș M., Combustibili și teoria proceselor de ardere, Ed. U.T. Pres, Cluj- Napoca, 1997
- [8] Avram N., Încălzirea prin pardoseală- Henco Floor, Tehnica Instalațiilor, Ed. Minos, anul IV.5(22)/2004, pg.89-91
- [9] AEG Niederspannungsschaltgerate. Gleichstromschellschalter typ GEARAPID SE . SE 401 40/1077 VI
- [10] *** Îndrumător de eficiență energetică pentru clădiri
- [11] <http://www.insse.ro/cms/rw/pages/index.ro.do>;
- [12] CLC/TC8X WG 1 Technical Committee - Sec0013 "Guide to the Application of the European Standard" *** EN 50160 1st Edition (22 July, 2003);
- [13] **Nastase, L.**, Andrei, H., *Increasing efficiency of electrical consumption for house heating*, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2011, year 11, no. 2 (16), pp. 42-45, ISSN 1843-6188, indexat COPERNICUS și CNCSIS B+.
- [14] Ignat, J., Popovici, C., Cherecheș, C. – Instalații și rețele electrice de joasă tensiune în clădiri civile, Universitatea Gheorghe Asachi Iași, 2003.
- [15] *** www.dualheating.com
- [16] *** STAS 6648/1,2- 82, Parametrii climatici exteriori, calculul aporturilor de căldură din exterior
- [17] *** STAS 1907/1,2 – 97, Instalații de încălzire, calculul necesarului de căldură
- [18] Andrei, H., **Nastase, L.**, Diaconu, E., Cepisca, C., Grigorescu, S.D., Andrei, P.C., *Contributions on Sensitivity Analysis for the Analog Two-Port Networks în Non-sinusoidal Regime*, IEEE-EUROCON 2011 International Conference on Computer as a Tool - ConfTele 2011, 27-29 April, 2011, Lisbon, Portugal, IEEE Catalog Number: CFP11EUR-CDR, ISBN 978-1-4244-7485-1, indexat SCOPUS/IEEExplore.
- [19] Andrei, H., Marin, Oana, Ghita, M.R., Ivanovici, T., Nicolaescu, Gh., **Nastase, L.** and Andrei, P.C., *Measurement Data Analysis of Power Quality and Energy Efficiency for Residential Loads Sector*, IEEE-International Conference on Power and Energy Systems (ICECPS), Hong-Kong, China, 12-13 April, 2012, published în Lectures Notes în Information Technology-LNIT journal, vol. 13, 2012, pp. 156-164, ISSN 2070-1918, indexat SCOPUS/IEEExplore.
- [20] CLC/TC8X WG 1 Technical Committee - Sec0013 "Guide to the Application of the European Standard" *** EN 50160 1st Edition (22 July, 2003);
- [21] IEC 61000-2-2 Ed. 2.0 b:2002 / EN 61000-2-2:2002 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - "Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling în public low-voltage power supply systems";

- [22] Rodica Florentina Niculescu, Proiectarea paginilor Web – HTML, CSS, JavaScript, Editura Fundației România de Măine, 2007, 333p, ISBN 978-973-725-822-9;
- [23] SR EN 61000-6-3:2003 “Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 6-3: Standarde generice. Standard de emisie pentru mediile rezidențiale, comerciale și ușorindustrializate”
- [24] Sybille G., Hoang L.H. – „Digital Simulation of Power Systems and Power Electronics using the MATLAB/Simulink Power System Blockset”, IEEE PES Winter Meeting 4, pag. 2973-2981, 2000.
- [25] Tan, R.H.G., Ramachandaramurthy V.K. - „A Comprehensive Modeling and Simulation of Power Quality Disturbances Using MATLAB/SIMULINK”, Power Quality Issues în Distributed Generation. InTech, 2015.
- [26] Hadăr, A, Marin, C, Petre, C, Voicu, A –”Metode numerice în inginerie” Editura Politehnica Press, București 2005;
- [27] <https://createely.com/lp/logic-gates-software>
- [28] **L. Nastase**, H. Andrei, E. Lungu, E.Diaconu, Modeling, Simulation and Optimization of Dual-Heating System, în Proc. Of IEEE – ISEEE Conference, Galați 18 – 20 oct. 2019 acceptată pentru publicare
- [29] **L. Nastase**, H. Andrei, E. Lungu, E.Diaconu, Analysis and optimization of Dual-Heating System Costs, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2019, nr.2, acceptată pentru publicare
- [31] <http://pvsol-online.valentin-software.com/#/>



Curriculum Vitae

INFORMAȚII PERSONALE

Lucian - Gheorghe Năstase

📍 str.Mr.Brezișeanu, nr.43, bl.24, sc.D, ap.31, 130005 Târgoviște (România)

☎ +4.0723.890.270

✉ nastase@gmail.com

🌐 <http://www.lukas.ro/>

💬 Google Talk nastase

Sexul Masculin | Data nașterii Iulie 1982 | Naționalitatea română

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

22 iulie 2007 – noiembrie 2013

Inginer Economist

S.C. NAICUL S.R.L., Targoviste (România)

noiembrie 2013 – mai 2018

Inspector Antifrauda

Ministerul Finanțelor Publice - Agenția Națională de Administrare Fiscală - Direcția Generală

Antifraudă Fiscală – Direcția Regională Antifraudă Fiscală 3 Alexandria

mai 2018 – prezent

Consilier Directia Guvernanta Corporativa

Primaria Municipiului Bucuresti

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

Septembrie 1997 – Iulie 2001

Absolvent - diploma bacalaureat

Colegiul Economic "Ion Ghica", Targoviste (România)

Octombrie 2001 – Iulie 2005

Diploma de Licenta - Economist Licentiat

Universitatea "Valahia" din Targoviste, Targoviste (România)

Discipline studiate: Economie Politica (Microeconomie), Matematici Aplicate in Economie, Finante Publice, Contabilitate Financiara, Dreptul Afacerilor, Contabilitatea Institutilor Publice, Control Financiar al Agentilor Economici, Control de Gestiune, Control Intern si Audit Intern, Analiza Economica Financiara etc.

Octombrie 2001 – Iulie 2006

Diploma de Inginer - Inginer Diplomat Stiinta Sistemelor si a Calculatoarelor Automatica si Informatica Industriala

Universitatea "Valahia" din Targoviste, Targoviste (România)

Discipline studiate: Analiza Matematica, Limbaje si Tehnici de Programare, Matematici Speciale, Arhitectura Calculatoarelor, Programare in Limbaj de Asamblare, Baze de date, Sisteme de Operare, Senzori si Traductoare, Sisteme Optimale si Adaptive, Fiabilitate si Diagnoza etc.

Octombrie 2006 – Iulie 2007

Diploma de Master - Sisteme si Echipamente Moderne in

Producerea si Utilizarea Energiei

Universitatea "Valahia" din Targoviste, Targoviste (România)

Discipline studiate: Comanda Moderna a Actionarilor Electrice, Sisteme Informatice privind Gestiunea si Monitorizarea Energiei, Conversia Energiei, Sisteme de Eficienta Energetica si Economie de Energie, Sisteme Fotovoltaice, Norme Europene in sisteme de calitate a energiei etc.

Octombrie 2008 – Septembrie 2009

Diploma de Master - Management Politic

Scoala de Studii Academice Postuniversitare "Ovidiu Sincai" Bucuresti, Bucuresti (România)

Discipline studiate: Politici Publice, Relatii Internationale Contemporane, Politici sociale, Managementul Strategic al Comunitatilor Locale, Stiintele Comunicarii, Institutii Europene si Politici Comunitare, Teoria Negocierilor etc.

Octombrie 2012 – prezent

Doctorand - Domeniul Inginerie Electrica

Energy efficiency for dual heating system using online management

Universitatea "Valahia" din Targoviste, Targoviste (România)

Resurse utilizate: Sisteme Informatice privind Gestiunea si Monitorizarea Energiei, Comanda Moderna a Actionarilor Electrice, Conversia Energiei, Sisteme de Eficienta Energetica si Economie de Energie, Sisteme Fotovoltaice, Norme Europene in sisteme de calitate a energiei etc.

Octombrie 2012 – prezent

Doctorand - Domeniul Contabilitate

Organizarea unui sistem de gestiunea informației financiar – contabile în entitățile economice de comerț electronic

Universitatea "Valahia" din Targoviste, Targoviste (România)

Resurse utilizate: Sisteme Informatice privind gestiunea informatiei financiar – contabile. Criptomoneda si blockchain, MySql, Apache, PHP, Html, Flash etc.

COMPETENȚE PERSONALE

Limba(i) maternă(e)

Română

Alte limbi străine cunoscute

	ÎNȚELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
	Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
Engleza	B2	B2	C1	B2	B1
Franceză	B2	B1	B1	B2	B1

Niveluri: A1/A2: Utilizator elementar - B1/B2: Utilizator independent - C1/C2: Utilizator experimentat

[Cadrul european comun de referință pentru limbi străine](#)

Competențe de comunicare

Spirit de echipa, seriozitate, capacitate de asimilare de noi informații și abilități, adaptare la medii multiculturale, capacitatea de a lucra sub stres și program prelungit, comunicare organizationala, capacitate de adaptare sporită.

Experiența muncii în echipă încă din facultate, participând la activitățile presupuse de proiectele practice și de cercetare derulate în cadrul facultății.

Competențe organizaționale/manageriale

Capacitate de sinteză și analiză, capacități decizionale, spirit organizatoric, aptitudini de coordonare, punctualitate, capacitatea de a lua decizii în condiții de stres și de a respecta termene limită, spirit de evaluare și îmbunătățire

Competențe dobândite la locul de muncă

De la începutul activității am condus și compartimentul financiar contabil al societății, de asemenea am participat activ la elaborarea și implementarea agrementarilor ISO.

Mentionez ca in cadrul compartimentului financiar contabil metodele folosite fiind de ultima ora utilizand cele mai noi programe informatice.

Participări în perioada 2003 - 2013 în diverse proiecte internaționale care au vizat realizare de sisteme informatice (ex. Sistem de management al resurselor de pe un yacht, SMS management software,

	Sistem de tracking online cu utilizarea localizării prin GPS folosind GPS tracker sau SmartPhone-uri)
Competențe informatice	O buna stapanire a instrumentelor Microsoft Office (Word, Excel, Powerpoint) si a instrumentelor de design grafic (Corel Draw, Adobe Ilustrator, PhotoShop) Lucrul cu baze de date relationale (MySql, Apache, PHP, Html, Flash) Cunostinte solide de programare, in ambele arii de implementare si algoritmi.
Permis de conducere	Categoria B din anul 2002

LISTA LUCRARI

Doctorand Lucian – Gheorghe NĂSTASE

Nastase, L., Andrei, H., *Increasing efficiency of electrical consumption for house heating*, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2011, year 11, no. 2 (16), pp. 42-45, ISSN 1843-6188, indexat COPERNICUS și CNCSIS B+.

Andrei, H., **Nastase, L.**, Diaconu, E., Cepisca, C., Grigorescu, S.D., Andrei, P.C., *Contributions on Sensitivity Analysis for the Analog Two-Port Networks în Non-sinusoidal Regime*, IEEE-EUROCON 2011 International Conference on Computer as a Tool - ConfTele 2011, 27-29 April, 2011, Lisbon, Portugal, IEEE Catalog Number: CFP11EUR-CDR, ISBN 978-1-4244-7485-1, indexat SCOPUS/IEEEExplore.

Andrei, H., Marin, Oana, Ghita, M.R., Ivanovici, T., Nicolaescu, Gh., **Nastase, L.** and Andrei, P.C., *Measurement Data Analysis of Power Quality and Energy Efficiency for Residential Loads Sector*, IEEE-International Conference on Power and Energy Systems (ICECPS), Hong-Kong, China, 12-13 April, 2012, published în Lectures Notes în Information Technology-LNIT journal, vol. 13, 2012, pp. 156-164, ISSN 2070-1918, indexat SCOPUS/IEEEExplore.

L. Nastase, H. Andrei, E. Lungu, E. Diaconu, Modeling, Simulation and Optimization of Dual-Heating System, în Proc. Of IEEE – ISEEE Conference, Galați 18 – 20 oct. 2019 acceptată pentru publicare

L. Nastase, H. Andrei, E. Lungu, E. Diaconu, Analysis and optimization of Dual-Heating System Costs, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2019, nr.2, acceptată pentru publicare

**MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION
“VALAHIA” UNIVERSITY OF TÂRGOVIȘTE
DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES
FUNDAMENTAL FIELD OF ENGINEERING SCIENCES
ELECTRICAL ENGINEERING FIELD**

**DUAL HEATING – COMPLEX SYSTEM
DOCTORAL THESIS - SUMMARY**

**PhD SUPERVISOR,
Prof. PhD Horia Leonard ANDREI**

**PhD STUDENT,
Eng. Lucian – Gheorghe NĂSTASE**

**TÂRGOVIȘTE
2019**

Contents

LIST OF FIGURES	4
LIST OF TABLES	7
CHAPTER 1	
STATE OF THE ART OF ELECTRIC HEATING TECHNOLOGIES AND FOSSIL FUELS	9
1.1. INTRODUCTION.....	9
1.2. DESCRIPTION OF HOME HEATING SYSTEM.....	10
1.2.1 Solid fuel boiler (on wood, coal, biomass).....	12
1.2.2. Gas boiler.....	15
1.2.3. Electric underfloor heating.....	23
1.2.4. Radiant panels heating.....	25
1.2.5. Wall heating using HAKA-COMISA system.....	27
1.2.6. Electric fireplaces heating.....	28
1.2.7. Construction and operation of the electric boiler	29
1.2.8. Heat pumps.....	33
CHAPTER 2	44
SMART BUILDINGS – MONITORING AND CONTROL SYSTEM OF DUAL HEATING PROCESSES	
2.1. Comparative analysis of the efficiency of the precincts heating systems.....	48
2.2. Modern system for monitoring and controlling the heating of the premises in order to make energy consumption more efficient and to reduce costs.....	52
CHAPTER 3	
PROCEDURES FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTIONS AND HEATING COSTS	58
3.1. Energy consumption in an urban environment and efficient energy consumption.....	58
3.2. Results of the experimental measurements and their graphical presentation.....	62
CHAPTER 4	

ALGORITHMS FOR EFFICIENCY INCREASING OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION OF DUAL HEATING SYSTEMS	82
4.1. Input-output analysis of dual heating systems of enclosures.....	82
4.2. Use of online databases (ANRE, ANRGN, ANM) in dual heating systems.....	87
4.3. Algorithms for optimizing energy consumption and costs in dual heating systems.....	92
4.3.1. General aspects regarding optimization issues.....	92
4.3.2. Optimization issues cassification.....	93
4.3.3. Forma standard a problemei de optimizare.....	95
4.3.4 Representation of the optimization algorithm using logical diagrams.....	96
4.3.4.1. Pre-set temperature procedure logical diagram.....	98
4.3.4.2 Fixed budgt procedure logical diagram.....	99
4.3.4.3 Mixed procedure logical diagram.....	100
4.4. Modeling and simulation of the optimized functionong of the dual heating system.....	102
4.4.1. The objective function.....	102
4.4.2. Mathematical modeling of the operating costs of gas and electricity plants.....	105
4.4.3 Polynomial modeling of the cost of heating the enclosures.....	108
4.4.4. Calculation of the depreciation of the investment of transformation of the traditional heating system into a dual heating system.....	131
4.4.4.1 Calculation of primary investment depreciation.....	132
4.4.4.2 4.4.4.2 Calculation of primary investment and photovoltaic system amortization 25 kWp / 125kW day Benq - Fronius.....	135
CHAPTER 5	
CONCLUSIONS. ORIGINAL CONTRIBUTIONS. FURTHER DEVELOPMENTS	141
REFERENCES	145

CHAPTER 1

STATE OF THE ART OF ELECTRIC HEATING TECHNOLOGIES AND FOSSIL FUELS

1.1. Introduction

For the energy producers, as well as for the domestic, industrial or public consumers, at present there is the problem of reducing the energy consumption necessary for the heating of the premises, be it housing, commercial spaces, public or industrial spaces (warehouses, production halls, offices, etc.) [1], [2].

The problem of energy efficiency and the development of dual heating systems is becoming more acute with the passing days, thus reaching both the attention of those directly involved (homeowners, equipment manufacturers) and the attention of those indirectly involved (energy suppliers) [3], [4].

The main solutions adopted worldwide today are [5], [6]:

- ✓ Certain specialized companies, who provide customers with solutions and systems that combine classic heating systems with photovoltaic systems (for the production of electricity and achieving autonomy) [7]. The disadvantage is that there is no efficient switching between the two systems;

- ✓ Some living spaces (especially those in the rural areas) have adopted dual heating systems, but these systems do not have automatic processes of switching from one heating system to another (for example, from gas to electric heating, or on wood) [8];

- ✓ At the moment, there are heating systems that use two types of fuel, but they do not directly correlate with costs and user needs.

The doctoral thesis aims to make energy consumption more efficient and reduce the expenses needed for heating during the cold season by using an alternation process between two conventional heating systems. The heating systems analyzed are: on one side there is the gas, wood or biomass boiler, and on the other hand the power plant. The paper aims to offer concrete solutions for reducing the expenses allocated to heating and adapting them to the user's financial needs and resources, by choosing an algorithm that allows to optimize the type of heating. The solution proposed and presented is a topical solution and aims at the current economic crisis that Romania is going through, but also the world crisis in what concerns the price of gas and oil [9], [10].

Implementation of the solution in small and medium-sized enterprises could lead to a significant impact in terms of reviving the economy by reducing the production price. Currently in the spaces heated only by gas, wood or biomass plants, the implementation of the dual system with a power plant would reduce significantly the emitted noxious and thus a significant reduction of the pollution degree due to the heating systems would be obtained.

1.2. Description of home heating systems

The thermal comfort required in the building can be ensured for the activities in good conditions with the help of a heating system (thermal power station), which can produce the necessary thermal agent.

A thermal power plant comprises a heat generator that is based on converting one type of energy (whether it is solid fuel, gas, liquid or electricity) into a type of energy, the thermal one. It provides centralized supply of DHW (domestic hot water), heating, air-conditioning, etc., which can be considered as consumers and carries a heat carrier, heat agent.

The most commonly used form of energy is based on the direct combustion of raw materials (coal, biomass, methane gas, liquefied gas, hydrocarbons), or in a lower percentage as energy form is used wood, wood waste or electricity is used. Sometimes, wind energy, biogas or solar energy and in the future we see the use of hydrogen, can be used as alternative sources [11].

A thermal power plant (TP) is composed of a boiler for water - which has a working temperature of maximum 95 ° C, having forced-type circulation and provided with the open expansion vessel - pumps, burners, safety valve, for heating water consumption the heat exchanger and the system used in the automation are used [14].

At the electrical grid, at the fuel source, the chimney for the release of the smoke and the internal heating system are connected to the boiler, which results from the combustion process, that is, the combustion gases are released into the atmosphere on a well established outbreak path then the smoke channel and then released through the chimney.

The definition of a boiler can be done according to several criteria as follows: the installed power, the way the thermal agent circulates (having forced or natural vehicles), the type of the thermal agent used (water with a temperature up to 115 degrees Celsius, steam under low pressure, or water above 115 degrees Celsius, etc., depending on the nature of the fuel used (solid, liquid, gas), according to the operating mode (manual, semi-automatic and automatic).

Significant budget savings can be made by using the electromechanical room thermostat which helps to set the ambient temperature.

The thermal installation works on the principle of converting the caloric energy of the fuels into thermal energy. The most commonly used fuels in thermal installations are fossil fuels such as coal, wood or methane gas.

A major global goal of energy policies is to reduce or even diminish fossil fuel consumption. To this end, by using renewable energy sources, to ensure thermal comfort in homes, it is a prime objective, aiming, in the context of sustainable development, to increase the security of energy supply, to develop viable energy technologies on a commercial scale, environmental protection [16].

The thermal installations that use renewable energy are a good solution for relatively clean and cheap energy. The real advantages for combating pollution are given by the fact that renewable energies have a low level of polluting emissions.

The main objective of using renewable energy is due to the reduction of greenhouse gas emissions. Scientists unanimously concluded that at the current rate of growth of global greenhouse gas emissions, the warming of the Earth's atmosphere will reach 3-8 degrees Celsius by the end of the century and this phenomenon will have disastrous effects on humanity and the environment.

Considering the period of implementation of new technologies and the period of replacement of existing installations related to current technologies, it is necessary for humanity to accelerate the pace of implementation and development of clean technologies and those technologies that will lead to the reduction of energy consumption.

CHAPTER 2

SMART BUILDINGS – MONITORING AND CONTROL SYSTEM OF DUAL HEATING PROCESSES

The word "smart" was used as a description for buildings in the early 1980s in the United States. The concept of "smart building" has expanded due to the development of information technology, the increase of the degree of interior comfort desired by the tenants, as well as due to the increase of the need for automatic control of the interior environment [40]. This last aspect achieves, through the control of the heating system, (Heating, Ventilating and Air Conditioning System - HVAC) a reduction of the energy used to achieve the desired comfort.

Terms such as "smart" are gaining increasing popularity in association with a building. Although "intelligence" is an ambiguous term, especially attributed to an artificial system, it is accepted among researchers that the "intelligence" of a system (or object) refers to the correctness of its reaction to the emergence of a new situation. The system must choose the best solution to the newly emerged situation from a predetermined set, and then have the ability to "learn" from the past action.

The oil crisis of 1973 represented a second point of reference in the evolution of smart buildings, which increased the degree of involvement of governments in the energy efficiency of the consumption sectors, paying greater attention to the building sector. The innovation consisted of the use of new mini-computers, central processing units (CPUs), as well as programmable logic controllers (PLCs), leading to the emergence of a new standard description for a building - Energy Management System (EMS).

Thus, the first human-machine interfaces appeared with processors that allowed data processing much more efficiently and securely (eliminating human error from data processing), causing the emergence of "smart" multiplexers. The dimensions of the microprocessors were reduced, allowing them to be combined with standalone multiplexers, implemented on analog alarm systems, thus eliminating the communication transactions between the sensor and the monitoring console.

The early 1980s was characterized by the widespread emergence of personal computers (PCs), due to lower component prices, which revolutionized even the automation systems distributed in buildings.

In the 21st century the emphasis is placed on the 4th generation of BAS, based on integrated network systems, a fact due to the continuous expansion of the virtual environment. The automation system has adopted the existing web technologies, thus occupying an important position in the intranet network of a building. The central console of BAS includes a web server, thus being associated with web functions (web site) for the operating mode of the building.

2.2. Modern system for monitoring and controlling the heating of the premises in order to make energy consumption more efficient and to reduce costs

The system of monitoring and control of the heating of the houses proposed in this work refers to the rational use of two types of boilers, one on methane gas, wood, coal or biomass and the other electricity, which acts to heat the same premises. This strategy is adapted to the daily realities of our country, in which more than 56% of users use gas or solid fuel plants, and the introduction of a power station in parallel with them leads to the optimization of energy consumption and the reduction of expenses [46]. The monitoring and control system has as main objectives:

➤ Increasing the efficiency of the energy consumption necessary to heat the enclosures by implementing an algorithm and operating program based on the predetermined choice of hours and the temperature at which the space must be heated and on the optimized choice of operating hours per type of boiler (the one on wood, gas or biomass and electricity) depending on the unit price of energy suppliers (eg GDF Suez for methane gas or Electrica SA for electricity) [47]. In addition, the program implements additional conditions introduced by the user, which can create restrictive conditions imposed by the amounts they would have available for the payment of the energy used for heating. In this way, an optimal relationship between price, consumption and resources will be obtained for the user;

➤ Reducing the financial expenses that in the context of the current economic crisis is a necessary measure of capital conservation both for individuals and especially for small and medium-sized enterprises where the costs of heating during the cold season are much higher;

➤ Reduction of the emissions of pollutants by operating in proportion of approximately 50% of the time of the power plant on electricity.

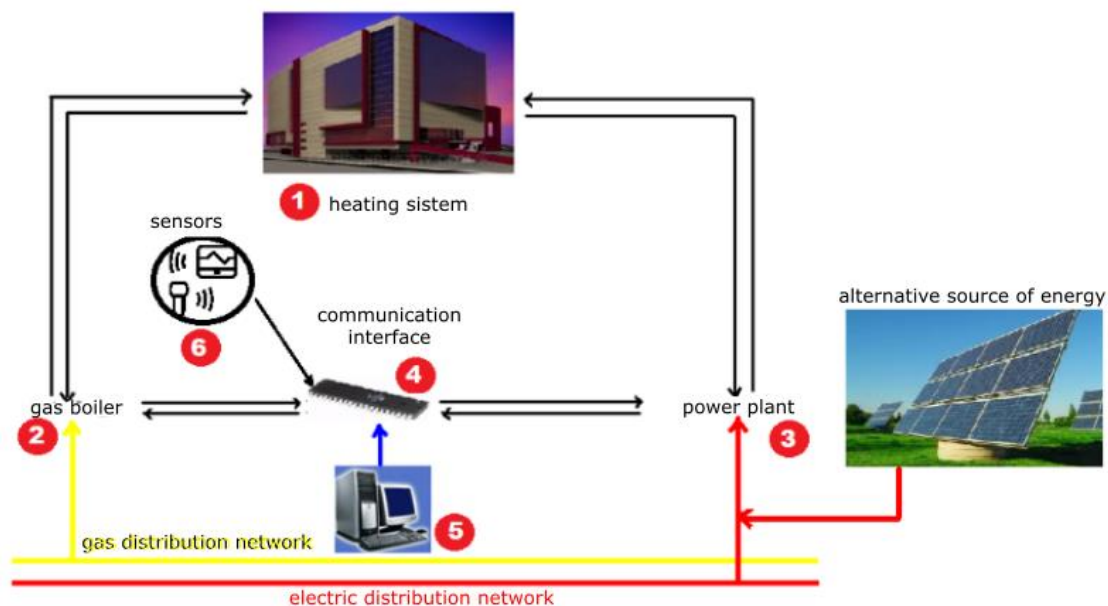


Figure 2.1. Monitoring and controlling system of precincts heating

The system is structured on 6 main hardware components (shown in figure 2.1):

1. *Heating system* (enclosure / living space), is the location that will benefit from the heat generated by this dual heating system. Through the two plants that will work alternately, depending on the program for which the owner chooses the ambient temperature inside the building will be kept constant;
2. *The gas boiler* will most likely operate during the daytime period, between 6 and 22 hours and the operating regime will be controlled by the boiler environment, depending on the temperature at which it was set;
3. *The power plant* will have the operating mode between 22 and 6 hours when the tariff plan for electricity is lower. However, the final decision regarding the alternation of the functioning of the two systems will be made by the owner according to his need [48]. Both plants will be connected to the same conventional heating system consisting of pipes, radiators, fittings, etc.;
4. *The communication interface* between the two control units (programmable controller - PLC) is the application that will fully control the operating time regime and the alternation.

The microcontroller that controls the operation will be programmed through a *computer* (5). Depending on the requirements of the client (the end user) it will trigger a switchboard and stop the other one at well-defined time intervals, whenever it is needed in a day. The programming of the communication interface can be done on any period, thus the operating cycle of the dual system can be daily, weekly, monthly, yearly or at an X number of days, depending on the program of use of the location;

6. *Monitoring system* equipped with temperature sensors [49].

The programming of the interface will be done by the system vendor / installer and can be reconfigured whenever needed.

In addition to a somewhat classic programming in which the interface does nothing but direct control of the two thermal systems, a complex configuration of it is allowed depending on the financial possibilities of the user, namely:

- ✓ Depending on the user's available capital in a given month, a maximum amount that can be allocated for heating can be introduced and when this value is reached the microcontroller will interrupt the operation of the two plants. Also, a set of warnings will be introduced that will be displayed on the control interface display when the consumed value approaches the preset limit for the current period.

- ✓ Depending on the consumption of electricity and / or gas imposed for a certain period, certain variants of ambient temperature settings will be offered so as to obtain an optimal relationship between the parameters (temperature at hourly intervals) and the maximum costs allowed.

In conclusion, the software application that will accompany the system offers the possibility of visualizing the energy consumption, will keep a record of this consumption, will generate statistics, reports and forecasts and will announce the authorized persons regarding the occurrence of the different alarm situations, appeared in the heating system, but above this it will also support the decision-making process of the owner of the dual heating system, automatically switching between the two classic heating systems according to well-established rules, thus increasing the efficiency of the system [55].

CHAPTER 3

PROCEDURES FOR REDUCING ENERGY CONSUMPTIONS AND HEATING COSTS

3.2. Results of the experimental measurements and their graphical presentation

The measured parameters were taken with the Chauvin Arnoux 8352 energy analyzer. The diagram of the energy analyzer is presented in figure 3.1, in order to measure under the same conditions the parameters of the electric current and its consumption, two Chauvin Arnoux 8352 analyzers were used, one for each enclosure heated by the gas boiler and the power plant.

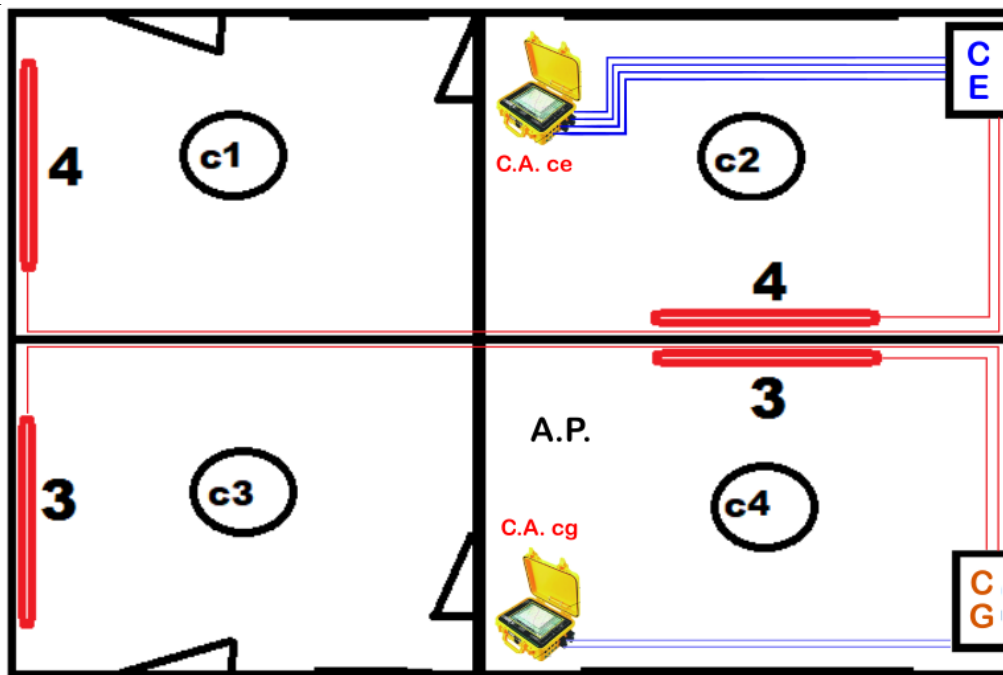


Figure 3.1. Assembly diagram of energy analyzers Chauvin Arnoux 835 2

Thus, the assembly diagram for the analysis of the electrical parameters of the heating system is presented in figure 3.1 being made up as follows:

- c1 and c2 are the rooms heated by a power plant
- c3 and c4 are the rooms heated by gas boiler
- EC - power plant
- CG - gas central
- C.A.ce - Chauvin Arnoux 8352 energy analyzer used to measure the electrical parameters of the power plant
- C.A.cg - Chauvin Arnoux 8352 energy analyzer used to measure the electrical parameters of the gas boiler

The enclosure where the measurements were made is represented by an office space with an area of 50 m². Two walls of the space are exterior and two interior. In the north side there is another office with $t_{\text{int}} = 20^{\circ}\text{C}$, and in the East there is a hall with $t_{\text{int}} = 18^{\circ}\text{C}$ (see office figure 3.4).

The exterior walls are made of brick with a thickness of 30 cm and applied on the outside a polystyrene insulation with a thickness of 15 cm (figure 3.5) [59]. On both sides of the wall there is applied a plaster layer of 1 cm.



Figure 3.4. Office view

The interior walls are made of brick with a thickness of 30 cm.

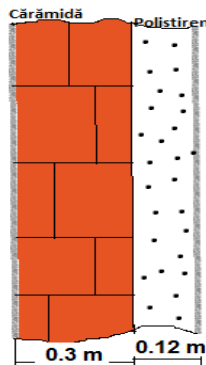


Figure 3.5. Exterior wall representation

The floor is made of concrete with a thickness of 25 cm, polystyrene insulation with a thickness of 12 cm and a waterproofing with a thickness of 3 cm.

Figure 3.6 shows the ceiling, which is made of concrete slab with a thickness of 25 cm, polystyrene insulation with a thickness of 14 cm, and a waterproofing layer with a thickness of 3 cm. On the inside, there is applied a plaster layer with a thickness of 1 cm.

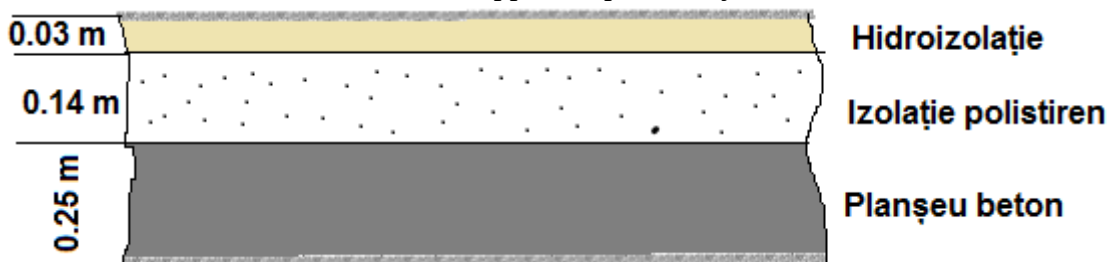


Figure 3.6. Ceiling floor representation

The windows and doors are made of double-glazed windows Reflexiv Bronze + Low-e.

Measurements of the electrical parameters were made for two types of boilers, one on gas (IMMERGAS EOLO STAR 24 KW) [62] and one electric (PROTHERM 24 kW, 400 V) [63], which heated the same, symmetrical enclosures, each with a surface of 50^2 during the same day. The initial temperature of the enclosure was 17°C and the temperature at which the

data acquisition was stopped was 22 °C [64]. The results of the measurements and their analysis are presented below.

The data acquisition devices were fitted as in figure 3.1 and the measured electrical parameters of the gas boiler are represented in figures 3.7 - 3.12 below.

The time variation of the active and reactive powers is similar and depends on the on and off cycles of the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler.

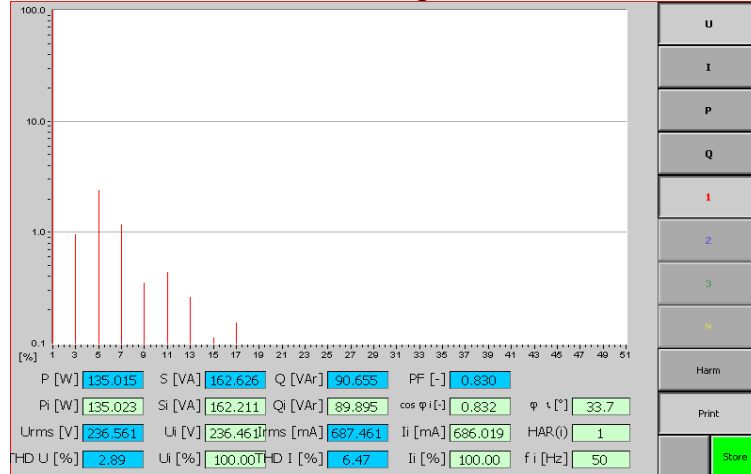


Figure 3.7. Voltage harmonics at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

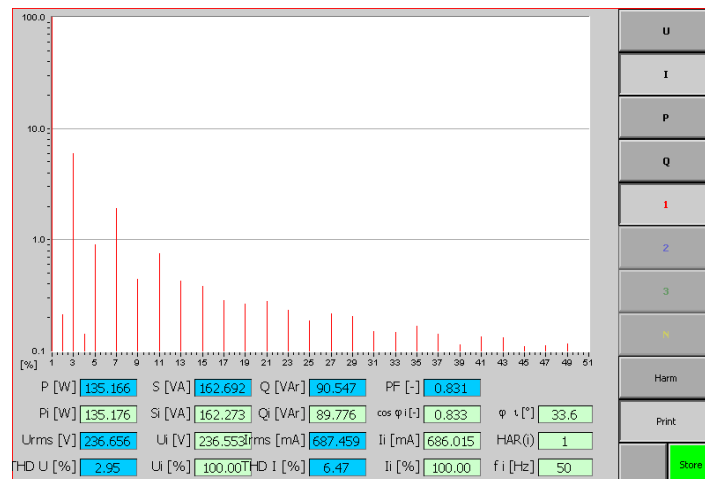


Figure 3.8. Current intensity harmonics at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

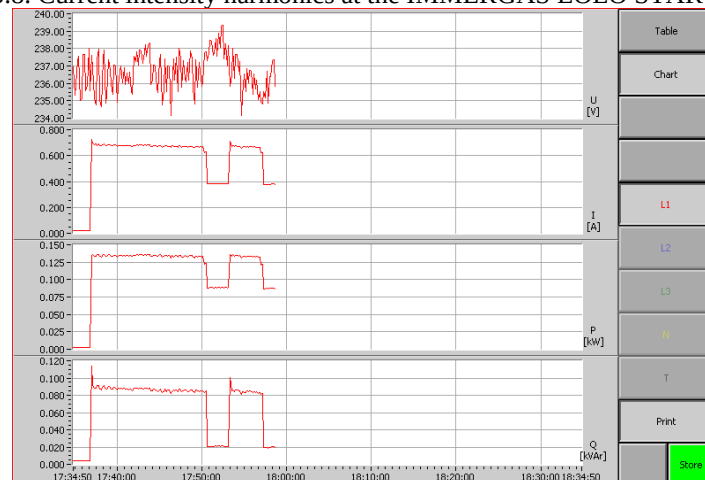


Figure 3.9. Graphic for voltage, intensity, active power, reactive power at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

	1	2	3	3~	N		
U [V]	236.63	0.00	0.00	0.00	0.00	Avg	Table
I [A]	0.686	0.000	0.000	0.000	0.000	f [Hz]	Chart
P [kW]	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000	50.01	
S [kVA]	0.162	0.000	0.000	0.000	0.000	α_u [%]	
Q [kVar]	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	
P1 [kW]	0.135	0.000	0.000	0.000	0.000		
Q1 [kVar]	0.089	0.000	0.000	0.000	0.000		
cos φ	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00		Init Energy
PF	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00		
AP [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	Energy	Energy
AS [kVAh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Max
AQ [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Min
AP1 [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Print
AQ1 [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Break
APin [kWh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		Store
APout [kWh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
AQL [kVarh]	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000		
AQC [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Figure 3.10. Table of electrical measurements measured at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

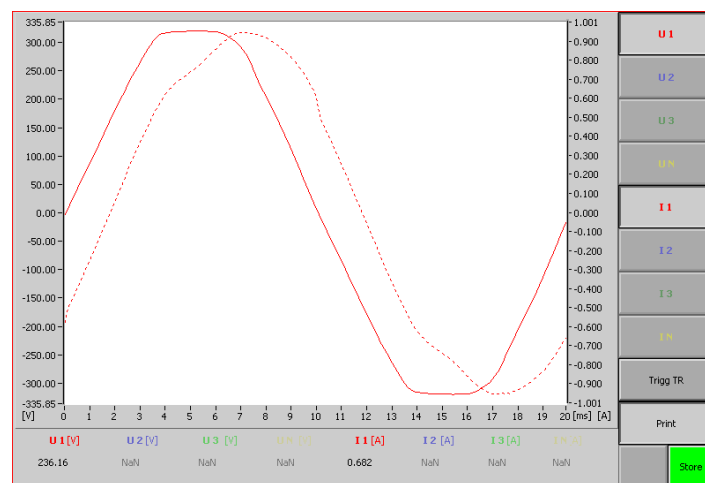


Figure 3.11. Waveform of voltage and current at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

From the analysis of the voltage and current phase diagram, it is observed that the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler has an inductive character, the current being after the voltage [65].

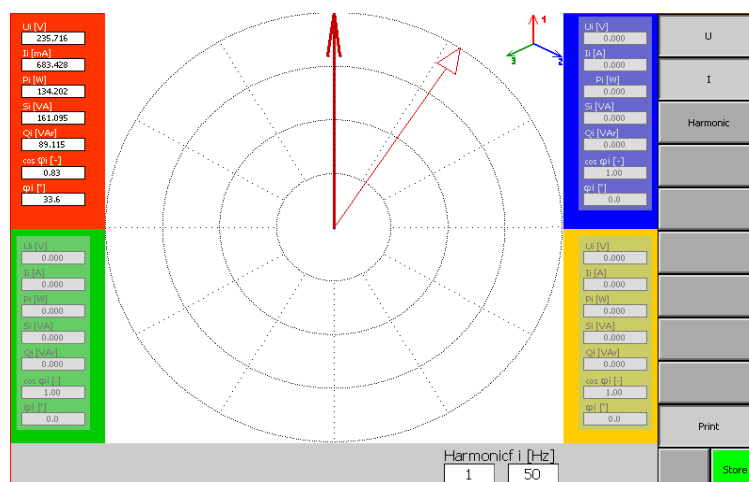


Figure 3.12. Phase voltage and current diagram at the IMMERGAS EOLO STAR gas boiler

The operating parameters of the power plant are shown in figures 3.13 - 3.22, below:

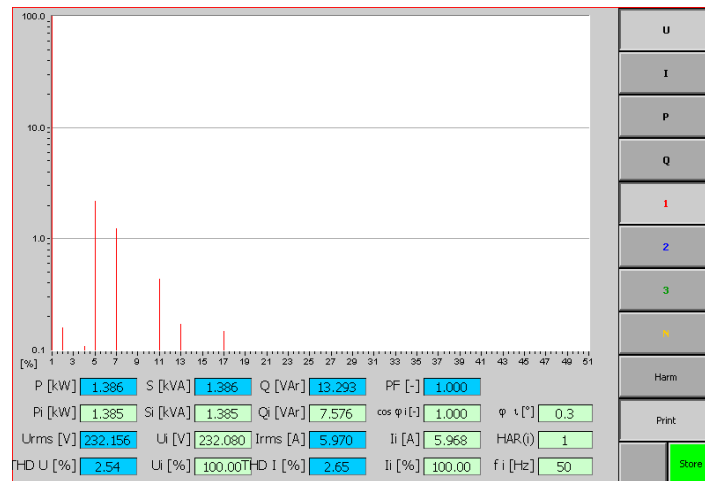


Figure 3.13. Phase 1 voltage harmonics at the PROTHERM power station

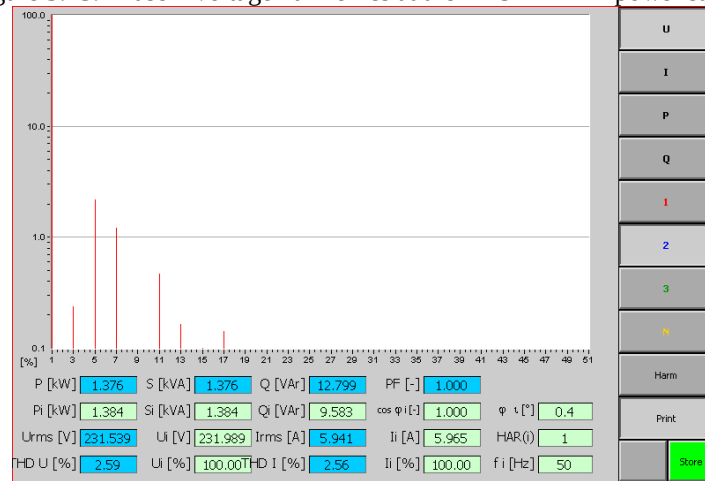


Figure 3.14. Phase 2 voltage harmonics at the PROTHERM power station

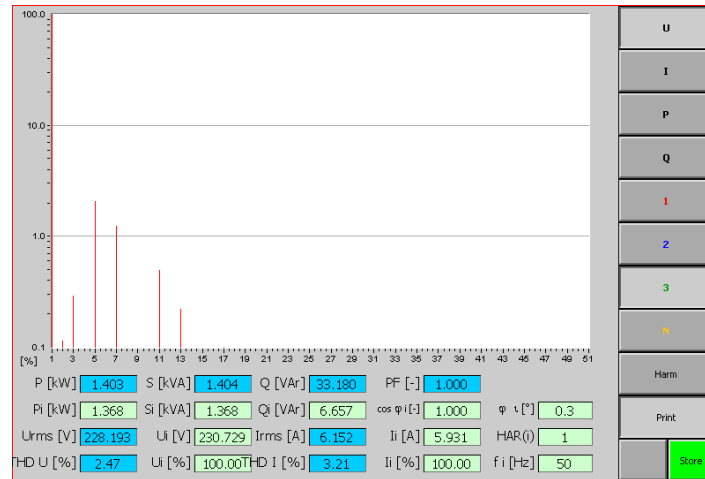


Figure 3.15. Phase 3 voltage harmonics at the PROTHERM power station

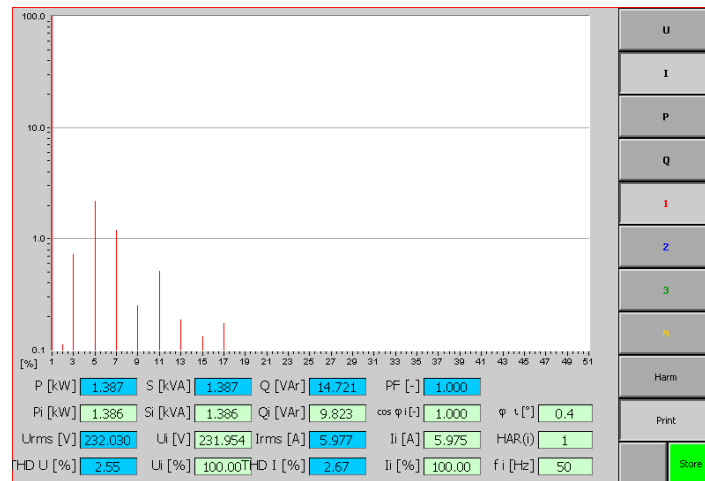


Figure 3.16. Phase 1 current intensity harmonics at the PROTHERM power station

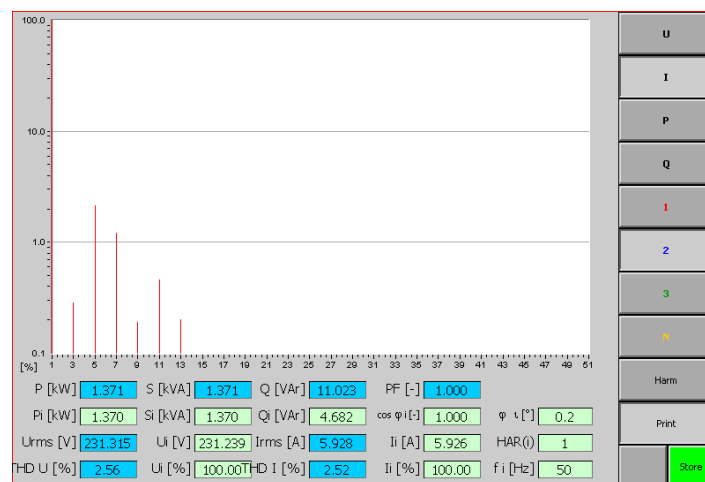


Figure 3.17. Phase 2 current intensity harmonics at the PROTHERM power station

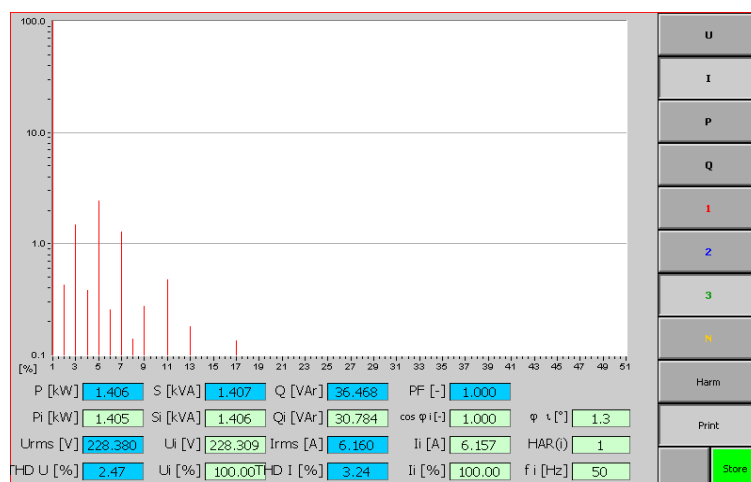


Figure 3.18. Phase 3 current intensity harmonics at the PROTHERM power station

The power plant is a three-phase power station that, due to the similarity between the voltage and current harmonics on the three phases, can be concluded that it has an almost linear character and acts as a power resistor [66], [67].

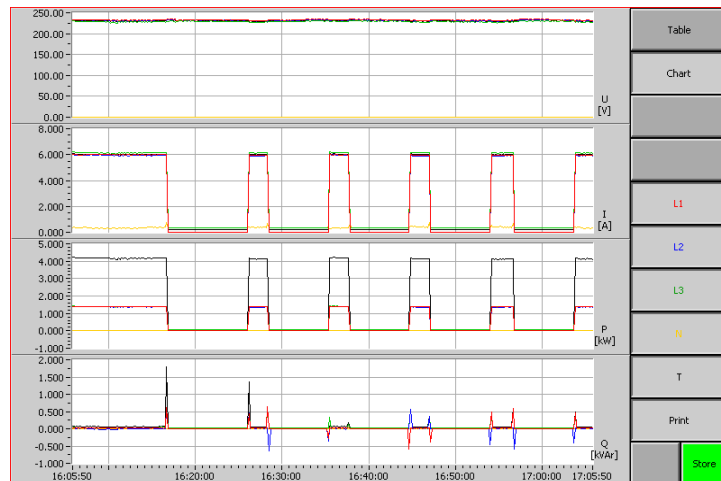


Figure 3.19. Graphic for voltage, intensity, active power, reactive power at the PROTHERM power station

	1	2	3	3~	N		
U [V]	231.88	230.77	227.63	230.10	0.10		Table
I [A]	5.959	5.899	6.166	6.009	0.453		Chart
P [kW]	1.382	1.361	1.403	4.146	0.000	f [Hz]	50.01
S [kVA]	1.382	1.361	1.404	4.147	0.000	α u [%]	1.09
Q [kVar]	0.012	0.015	0.038	0.065	0.000		
P1 [kW]	1.381	1.361	1.402	4.143	0.000		
Q1 [kVar]	0.003	0.011	0.031	0.045	0.000		
cos φ	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98		
PF	1.00	1.00	1.00	1.00	0.61		Print
						Init Energy	
AP [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000	Energy	Energy
AS [kVAh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Max
AQ [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		Min
AP1 [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Print
AQ1 [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
APin [kWh]	0.018	0.017	0.018	0.053	0.000		Break
APout [kWh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		Store
AQL [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000		
AQC [kVarh]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		

Figure 3.20. Table of electrical measurements measured at the PROTHERM power station

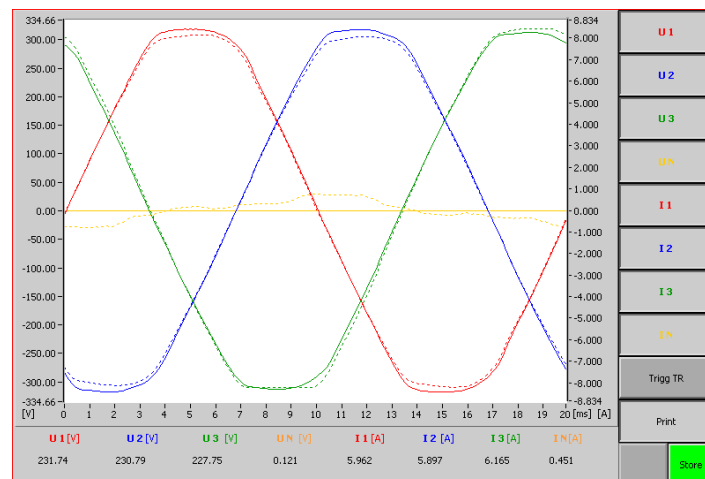


Figure 3.11. Waveform of voltage and current at the PROTHERM power station

The time variation of the active power consumed by the PROTHERM power plant overlaps with the time variations of the current absorbed by the boiler and depends on the start-up cycles of the boiler depending on the ambient temperature. The reactive power consumed by the power plant is very small and is only highlighted in its transient start / stop mode [68], [69].

From the phase diagram shown in fig. 3.22 results in a zero phase difference between voltage and current on all three phases of the power supply network of the boiler, which again shows the linear, resistive character of the PROTHERM power plant [70].

It is found, from the data measured in figures 3.10 and 3.19, that the power plant is a resistive consumer (U and I are in phase), $\cos \varphi = 1$ and the system is symmetrical and balanced. On the contrary, the gas boiler is an inductive type consumer (U and I are no longer in phase) and $\cos \varphi = 0.83$, the system having an inductive imbalance.

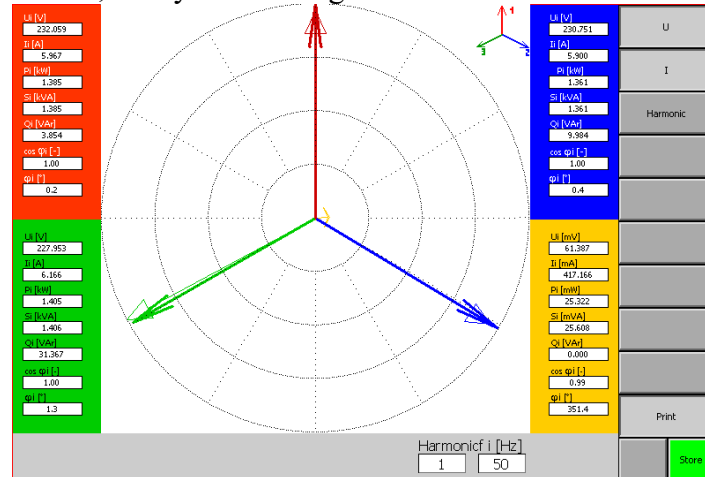


Figure 3.22. Voltage and current phase diagram at the PROTHERM power station

In figure 3.9 it is observed that the total working time of the gas boiler to reach the desired temperature is 26 minutes, from which the moment when the recirculation pump starts is higher (about 18 minutes) at the beginning, until the set temperature is reached, then shrinks to 6 minutes and there is a 2 minute break. For the power plant the total working time is 1 hour, and at first the heating time of the water is about 13 minutes, followed by 5 periods with 4 minutes of heating of the resistors respectively with about 5.4 minutes of pause.

CHAPTER 4

ALGORITHMS FOR EFFICIENCY INCREASING OF ELECTRICAL ENERGY CONSUMPTION OF DUAL HEATING SYSTEMS

4.1. Input-output analysis of dual heating systems of enclosures

The heating of the enclosures is a very good example for the category of important energy consumers but with very low efficiency. This aspect convinced me to look for and study solutions to streamline the processes of heating the enclosures.

The results obtained are very encouraging because one of the solutions has already been successfully implemented to heat a 50 square meter enclosure. Even if the version adopted for implementation was a little simplified compared to that exemplified in this project by developing an experimental laboratory model, the financial results are very good. With a very quick repayment of the investment made, the user now enjoys the financial benefits obtained and plans to implement other solutions, namely upgrading the existing one.

It is desired to develop an experimental model that highlights the way in which the energy consumption (respectively the costs) can be efficient by using dual heating systems. Also at this stage, concrete solutions for optimizing the microprocessor control algorithm using programmable logic controllers have been proposed.

In order to be able to analyze the input data of the dual enclosure heating systems, we need to enter in the table the available input data as well as the user's requirements (room temperature, type of heating system used). The use of the spreadsheet form is accepted in order to make it easier to enter the data in the common database.

Depending on the data received from the user through INPUT LINE and the data collected from the database and from the two plants, the programmable automaton will choose the optimum solution for the heating of the enclosure according to the algorithm for the efficiency of the electricity consumption of the dual heating systems of the enclosures as shown in figure 4.5.

The programmable controller (PLC) is of the "user friendly" type, allowing the end user to control the operating parameters of the system following an on-site training by the supplier / installer.

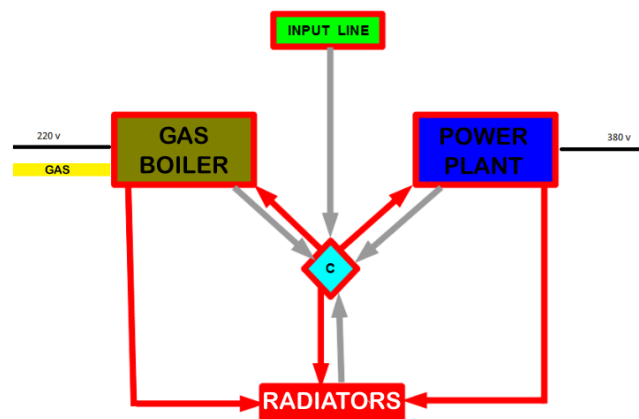


Figure 4.4. Simplified logical diagram

The PLC allows, in addition to a direct, on-site control, and a remote administration and parameter setting mode. The advantage of this remote control is that it allows the user to intervene in the decision making system made by the PLC whenever he wants, depending on the needs and the changes of the program. For example, the user, an individual, is away from home for two weeks. During this period the heating system is programmed to operate at a minimum temperature or not to operate at all. The unexpected happens and the two-week period becomes inaccurate in the sense that it can be prolonged or otherwise it will not be reached. In this case, the customer, through any electronic device with an internet connection (for example, desktop, laptop, mobile phone, PDA, etc.) can modify in real time the operating system of the dual system by prolonging the inactivity period or triggering the process of heating earlier than scheduled. Once the system is active, it will operate based on a preset regime based on energy tariffs per hourly intervals, which will be included in a dynamic database (reconfigurable by the user at any time).

4.2. Use of online databases (ANRE, ANRGN, ANM) in dual heating systems

In order to achieve a unitary whole, a common database will be created to serve the programmable controller (PLC) as memory, so the PLC can at any time query the database and find out at any time the cost of energy in a certain interval, the cost of the cubic meter of natural gas but also the weather forecast for a short period of time. All this information is needed to find the best quality-price ratio and to provide the end user with the maximum efficiency of using the dual heating system.

The organization of data in files has the following disadvantages:

- ✓ **the data is redundant**
- ✓ **the data are inconsistent**

- ✓ the data are validated evenly
- ✓ data is unavailable
- ✓ applications are data dependent

Starting from the disadvantages of storing data in files we have come to the conclusion that the use of online databases is the best solution at the moment of providing the raw information for the implementation of the optimization algorithm of energy consumption and costs in dual heating systems. The database is a collection of persistent data organized in a structure described by a conceptual model.

In the database we use we will integrate the following data:

- ✓ Price of energy on each tariff plan separately and forecast for the next period;
- ✓ Natural gas price and forecast for the next period;
- ✓ WHEATER data (short term weather forecast);
- ✓ Temperatures outside the heated enclosure;
- ✓ The temperature inside the heated enclosure;
- ✓ Electricity consumption on each boiler;
- ✓ Gas consumption;
- ✓ Damage occurred during operation;
- ✓ User set data (INPUT LINE).

Using online databases (Figure 4.6) means using / accessing different parts of the database at the same time by multiple users. The database is integrated and shared, a consequence of this is the fact that any user may only be interested in a certain portion of it. By user we mean either the end user or the manufacturer of the controller equipment that will have a direct connection with the database.

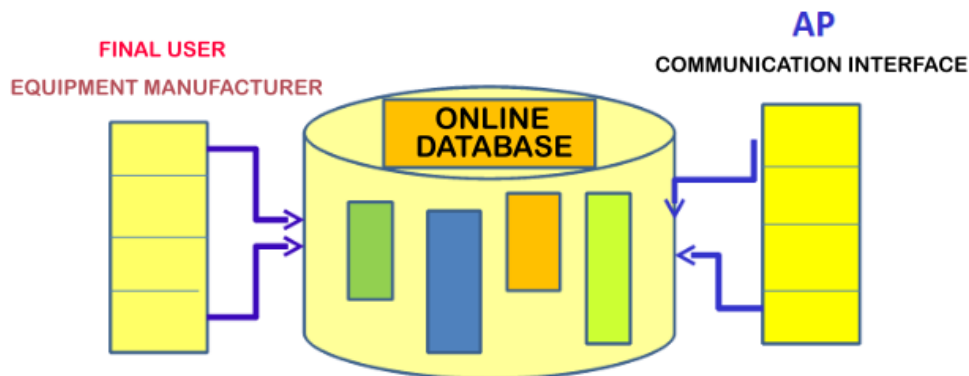


Figure 4.5. Diagram of users of the online databases

The need to use online databases is given by:

- ✓ Data can be shared
- ✓ Reduces data redundancy
- ✓ Data inconsistency is avoided
- ✓ Data integrity is ensured
- ✓ Data security is ensured
- ✓ Data independence is achieved
- ✓ Data can be accessed from anywhere

For the online ordering of the system, technologies such as PHP and MySQL are used because they combine simplicity in use with the most complex features. This is why fast PHP has become a major tool in the development of WEB applications.

The decision-making and control computer system will consist of a database and several PHP scripts that will have well-defined functions such as:

- ✓ monitoring the parameters,
- ✓ automatic temperature adjustment,
- ✓ switching between one heating system and another,
- ✓ permanent communication with the PLC (the programmable controller).

Following the international trend in management, the owner of the dual heating system is not just a supervisor but he can have much more complex tasks, he can be the main "player" and can take a direct part in making consumption decisions in the system.

In conclusion, the software application that will accompany the system offers the possibility of visualizing the energy consumption, will keep a record of this consumption, will generate statistics, reports and forecasts and will announce the authorized persons regarding the occurrence of the different alarm situations, appeared in the heating system, but above this it will also support the decision-making process of the dual heating system owner, automatically switching between the two classic heating systems according to well-established rules, thus increasing the efficiency of the system.

4.3. Algorithms for optimizing energy consumption and costs in dual heating systems

Optimization is a compulsory and necessary component in the design stages and imposes performance requirements for the achieved product. This optimization is not only reduced to the engineering area but also to the economics part being many economic applications that help optimize and evaluate the performance of such an investment. In the last years a common language has become the optimization of the profit being developed optimization applications (for example, the programs that command the automatic cutting / cutting machines in the wood industry or the clothing industry). At the same time, the software tools of the type MATLAB have enriched in the last versions the part of solving the problems related to optimization [76], [77].

Optimization is in the general case the action to obtain the best result under certain conditions.

The most important areas of application in the field of engineering that played an important role in the evolution of optimization techniques were:

- aerospace design (minimum table problems),
- civil engineering (sizing of resistance structures, sizing of beams in metallic structures, sizing of useful spaces in constructions),
- mechanical parts design,
- design of electrotechnical devices (harmonic or vibration level control, winding, magnetic core or cooling elements dimensioning),
- design of energy networks and equipment used in these networks,
- design of units or production lines.

4.3.4 Representation of the optimization algorithm using logical diagrams

To facilitate the implementation of the optimization algorithm for energy consumption, of the costs in the dual heating systems, the logic scheme of the program to be introduced in the programmable controller (PLC) as shown schematically in figure 4.6 [80], [81] is realized.

Depending on the data entered by the user, the process performed in the PLC subroutine actually presents the algorithm for optimizing energy consumption.

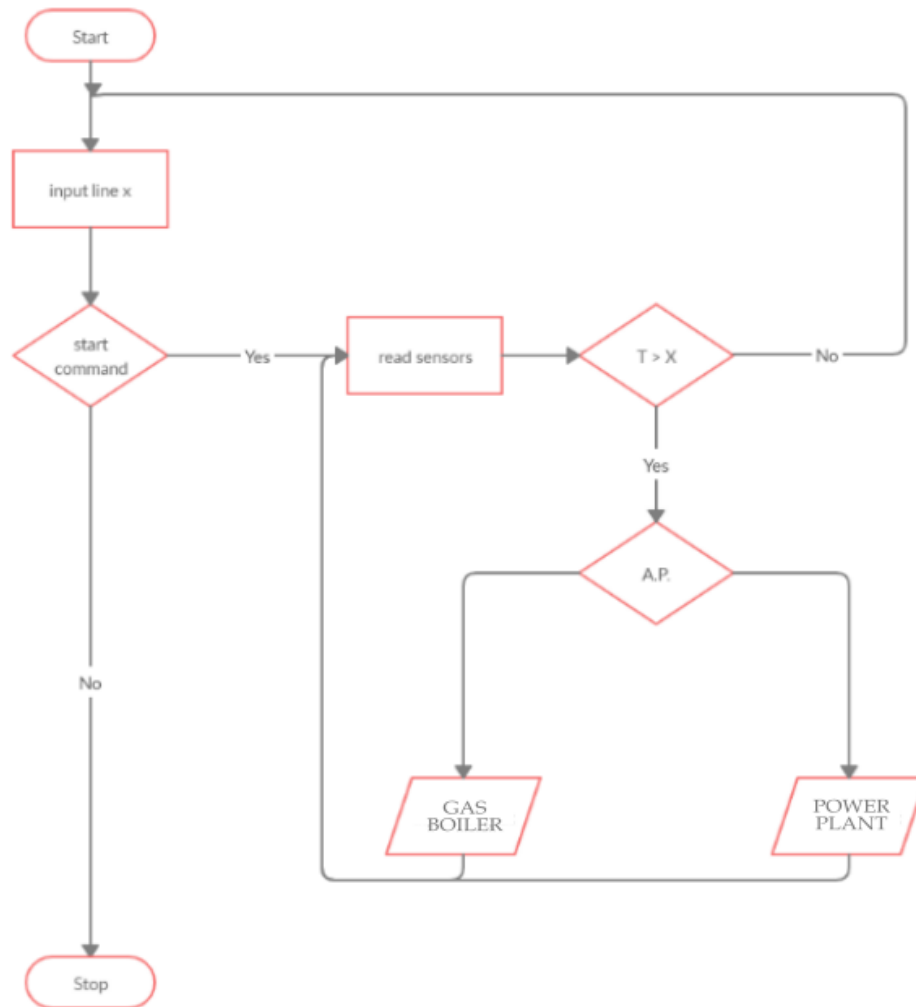


Figure 4.6 – Logical diagram of the algorithm

This algorithm must take into account several variables some of them being integer variables others being real. The programmable controller must take into account:

- ✓ the temperature desired by the user
- ✓ available budget
- ✓ weather forecast (WHEATER data)
- ✓ data collected from ANRE website
- ✓ data collected from ANRGN website
- ✓ data collected in real time from the sensors (room temperature, outdoor temperature, temperature of the thermal agent, etc.)

The PLC subroutine is the optimization algorithm, which can impose the desired temperature of the user or may impose a constant temperature so that the user can fit into a budget allocated over a set time period [82], [83], [84].

The PLC subroutine will be divided into 3 procedures as shown in the logic diagram below (Figure 4.7):

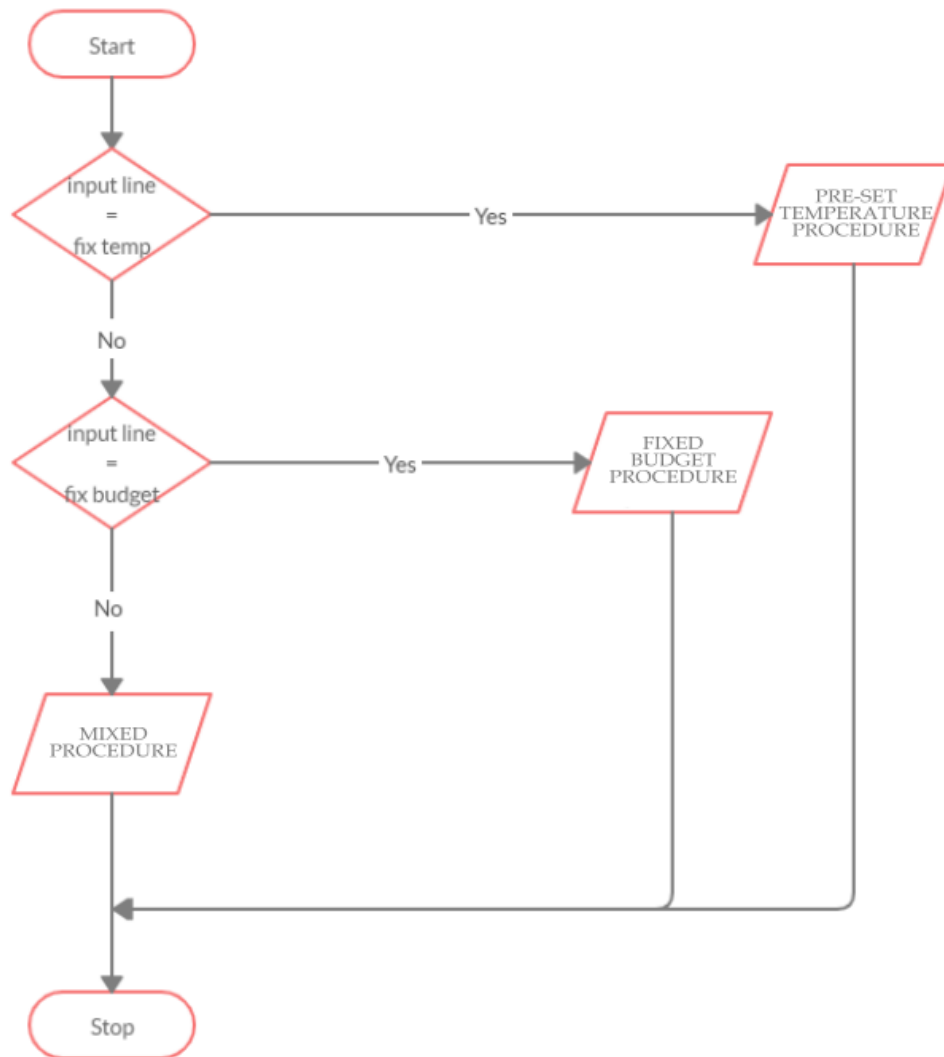


Figure 4.7 – Logical diagram of the PLC subroutine

4.3.4.1 Pre-set temperature procedure logical diagram (figure 4.8)

After querying the database, the microprocessor decides which boiler offers the best performance under the given conditions and will choose to switch either to the power plant or to the gas boiler. The procedure will be repeated until the temperature T (room temperature) will be equal to or even higher than the temperature x set by the user.

At the same time, the microprocessor will have a routine in which it will enter in the database the information collected so that in the future, considering the past situation, it knows what decision to take. These records will help the solution provider to verify the functionality of the system and to make improvements to the algorithm used.

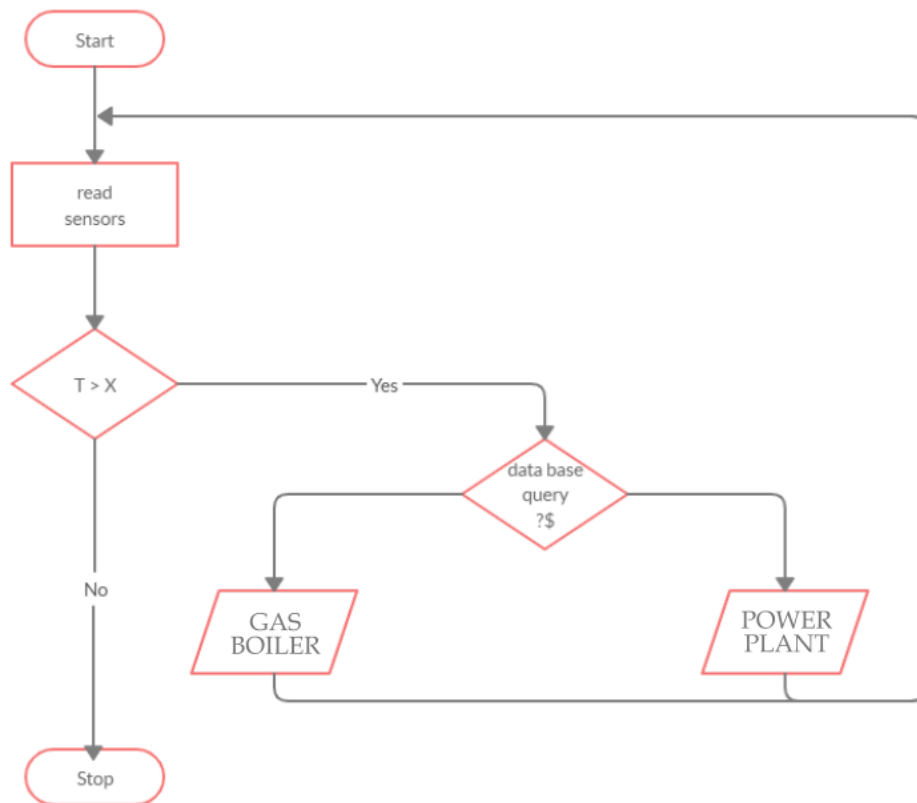


Figure 4.8. Logical diagram of the pre-set temperature procedure

4.3.4.2 Fixed budget procedure logical diagram (figure 4.9)

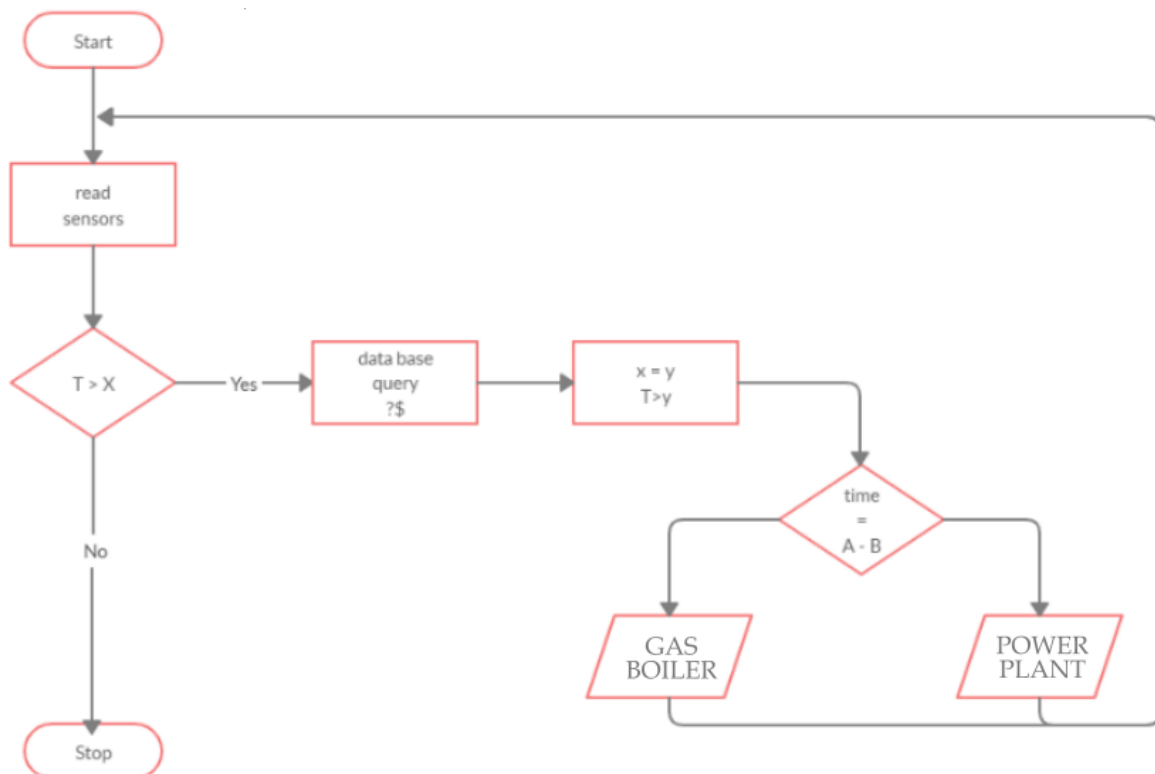


Figure 4.9. Fixed budget procedure logical diagram

4.3.4.3 Mixed procedure logical diagram (figure 4.10)

After querying the database, the microprocessor decides what will be the new temperature that will be used as the base for the period when the heating is active, so that the user can fit in the allocated budget. Then the microprocessor will follow a procedure similar to the one used for fixed temperature. The microprocessor will decide which boiler offers the best efficiency under the given conditions and will choose to switch either to the power plant or to the gas boiler. The procedure will be repeated until the temperature T (room temperature) will be equal to or even higher than the temperature x set by the user.

At the same time, the microprocessor will have a routine in which it will enter in the database the information collected thus, in the future, it knows what decision to take in a certain situation. These records will help the solution provider to verify the functionality of the system and to make improvements to the used algorithm.

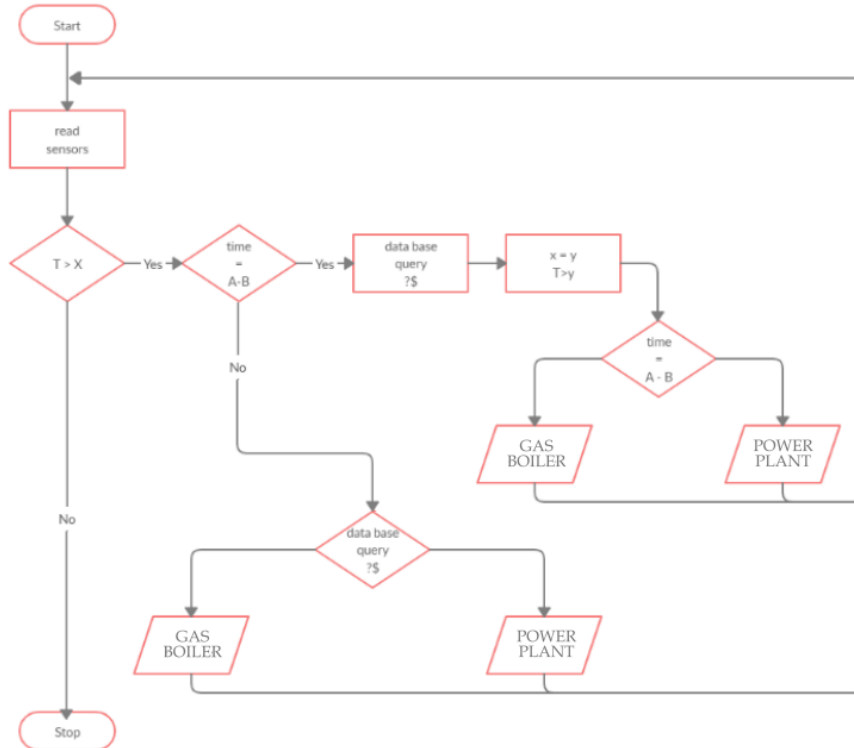


Figure 4.10. Mixed procedure logical diagram Mixed procedure logical diagram

4.4 Modeling and simulation of the optimized functioning of the dual heating system

4.4.1. The objective function

The objective function called *CostTotal* determines the outputs from the plants (the powers provided by the plants and the calculation of their costs, through the operating times) that minimize the total operating costs [85], [86].

$$\text{Minimum } CostTotal(\sigma, P_k^t, CV_k^t) = \sum_{z=1}^{30} z \left[\left(\sum_{t=1}^{24} (1 - \sigma(t)) \cdot t_1 \cdot CV_1^t \cdot P_1^t + \sigma(t) \cdot t_2 \cdot CV_2^t \cdot P_2^t \right) \right] \quad (4.3)$$

where:

- CV_k^t is the variable operating cost of the boiler k ($k = 1$ for the power plant respectively $k = 2$ for the gas boiler), in lei / kWh;
- P_k^t is the power at the output of the boiler k ($k = 1$ for the power plant respectively $k = 2$ for the gas boiler) during the period t_1 or t_2 in which it operates, in kW; for the gas boiler the

output power is formed by the consumed electrical power and the calorific power consumed by the gas;

- the daily operating time t_1 for the power station respectively the daily operating time t_2 for the gas boiler, in hours (h);
- z number of hours / daily in a month;
- $\sigma(t)$ is the Boolean decision variable of the system that indicates the mode of operation (DA or NO) during t_1 for the power plant respectively t_2 for the gas boiler depending on the time and thermal parameters.

with the constraints:

- $\sum_{k=1}^2 P_k^t \sigma_k = N_t$ where N_t is the need (demand) of power during period t to ensure the heating of the home (it is determined from the measurements over the same periods, with known external and internal temperatures);

- $P_k^{\min} \leq P_{k,t} \leq P_k^{\max}$ where P_{kmin} and P_{kmax} represent the minimum and maximum powers that the k plant can generate in the period t

- $\sigma(t)$ the Boolean decision variable whose values 1 or 0 also take into account the results of the sweepings obtained in figures 3.10 and 3.20, from which results an electricity consumption of approximately 32 greater than the power plant than that of the gas boiler. So the total cost of the gas boiler is influenced mainly by the price of methane gas. As a result, $\sigma(t)$ has the following values:

- 0 in period t if $CV1 < CV2$ ie the unit price of electricity is lower than that of methane gas, so it is preferred to operate the power plant

- 1 in period t if $CV1 > CV2$ ie the unit price of electricity is higher than that of methane gas, so the operation of the boiler on gas is preferred.

If the indoor temperature is greater than or equal to the temperature desired by the operator, then the value of the function (4.2) will be *CostFix* represented by the electric consumption of the water recirculation pump in the heating system [87], [88].

In the graphs in Figures 4.11 and 4.12, $\sigma(t)$ was represented in the 24-hour time frame (daily chart) or 7 days (weekly chart). The Boolean variable $\sigma(t)$ indicates the operation mode of the boilers, has the logical value 0 as long as the power plant is operating (ie between 22 - 6 hours), respectively has the logical value 1 (ie between 6 - 22 hours) when the gas boiler is operating. The time interval was represented on the x-axis and the y-axis represented the type 0 or 1 value of the decision variable.

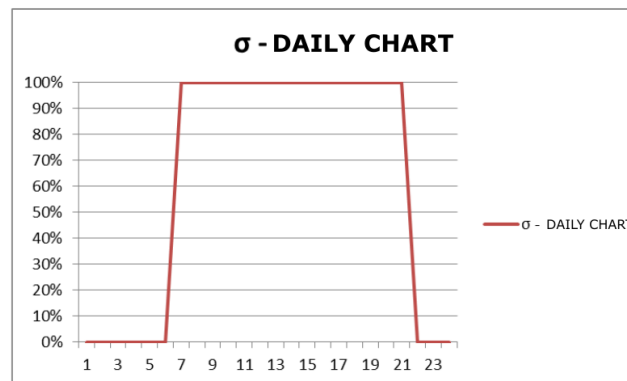


Figure 4.11. Daily chart

From a graphical analysis of the variable $\sigma(t)$ we find a weekly cyclicity in the evolution mode of the cost difference when using the two thermal power plants. Because the

premises are considered office spaces, on Saturdays and Sundays the heating system does not work in nominal mode, but only in anti-freeze mode if the indoor temperature drops below 5 degrees Celsius.

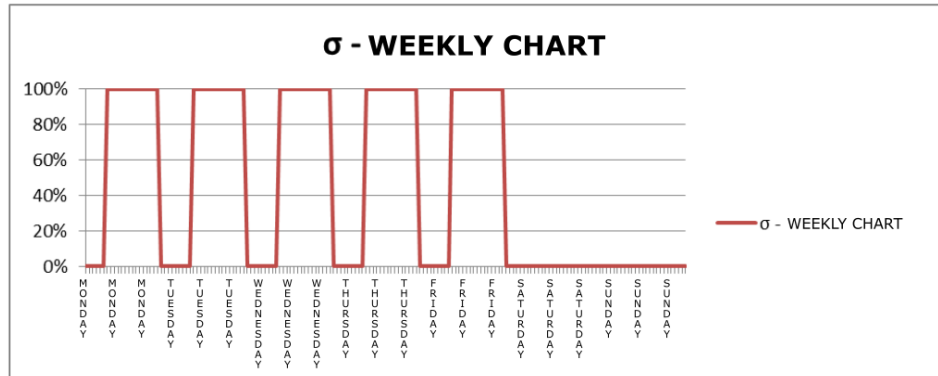


Figure 4.12. Weekly chart

For a better optimization of the costs with the heating of the enclosures it can be considered that after a period of time α the minimum objective function can be generated again with the updating of the parameters. By updating the parameters we mean updating the actual data collected by the system sensors (outdoor temperature, temperature inside the enclosure, electricity consumption, natural gas consumption) as well as the data provided by ANM.

Through the script made with the help of PHP technology, the new parameters will be introduced in the system database and will be compared with the similar data from the previous year. Thus, a prediction factor will be generated and depending on the degree of the prediction factor, the optimization calculation algorithms will be optimized.

Important for the optimization of the objective function is the way we represent the information in the database so that we can interpret and predict a correct answer to the desired optimization depending on the stimuli from the environment. A correct representation in the database will allow the decision-making system to produce a model for the analyzed process that will behave satisfactorily, given the conditions of applying the incentives to the learning process, have not been used.

The information available in the database is either a priori information regarding the particularities and, possibly, the restrictions related to them, or information such as the input-output tandem groups that define a cause-effect link. The data available are divided into two parts, one used in the learning process itself, and the other used to test the system's performance, will provide an image of the capabilities of the objective generalization function.

The control and decision process implemented in the PA will have to eliminate redundancies and similarities. For this purpose, the internal representation process will follow a set of basic rules for database entry and are presented below:

Rule no. I: Similar input data must have similar internal representations. There are several ways to measure the "similarity" between 2 distinct inputs. Most often the mode is used which is based on the Euclidean distance between those inputs (this is seen as real multidimensional vectors). Sometimes the intercorrelation function between the 2 sizes or the scalar product can be used.

Rule no. II: Data entries belonging to categories that are distinct and have to have a different way of representation.

Rule no. III: The internal definition of an input characteristic (temperature, time, cost) must involve as much data as possible so that we have as much data as possible to use in determining the **prediction factor**.

This rule will ensure a greater degree of confidence in the process of making a decision and a higher tolerance in the situation of abnormal functioning of some decisions.

4.4.3. Polynomial modeling of the cost of heating the enclosures.

The study of the dual heating system is of interest for understanding the direct or indirect links between the elements from which it is made or to be able to predict how the system will work under certain conditions. Experiments with the system are not always done, sometimes there is no physical but only in the design phase, so experiments can be done. only by simulation or even modeling.

Such a system comprises a multitude of elements such as design, planning, implementation, analysis, deployment, input data, behavior, structure, data processing and output data.

The heating system on which the measurements were made consists of a building that has four similar rooms in shape, surface, volume of air, glass spaces, and the four identical rooms can be considered.

For better accuracy of the measured data we divided the four chambers into two groups so room 1 and 2 were assigned to the gas boiler and rooms 3 and 4 were assigned to the power plant. For separating the system into two groups, sense valves were used so that at the time of the measurements the two groups of rooms functioned as two independent heating systems that operated simultaneously.

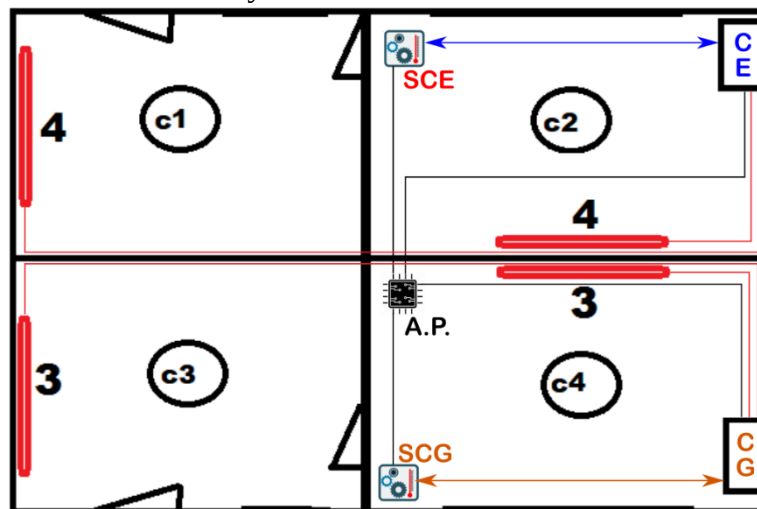


Figure 4.14 – Precincts layout, power plant and heaters placement

Thus, the heating system shown in Figure 4.14 is made up as follows:

- c1 and c2 are the rooms heated by the power plant
- c3 and c4 are the rooms heated by gas boiler
- EC - power plant
- CG - gas central
- SCE - heated enclosure sensors with power plant
- SCG - heated sensors with gas boiler
- PLC - programmable logic controller which controls the dual heating system

Measurements of the electrical parameters were made for two types of boilers, one on gas (IMMERGAS EOLO STAR 24 KW) and one electric (PROTHERM 24 kW, 400 V),

which heated the same, symmetrical enclosures, each with a surface area of 50m² during the same day. The initial temperature of the enclosure was 17⁰ C and the temperature at which the data acquisition was stopped was 22⁰ C. The results of the measurements and their analysis are presented below.

Like the surface, number of radiators, air volume the four enclosures are identical. A separate heating was performed for 1 + 2, respectively 3 + 4, and the measurements presented in tables 4.5 and 4.6 respectively were made.

With the help of the optimization function (4.2), a simulation was carried out in Matlab, for the heating of enclosures 1 and 2, with a dual system consisting of the two gas and electric power stations located in these enclosures and which were controlled by the AP according to the algorithm of optimization. With the help of the AP, it controls the valve system through which, for a period of time, the operation of one of the plants is closed, leaving it to operate on the other. The simulation results are presented in table 4.7.

We extract the "total consumption" columns from tables 4.5, 4.6 and 4.7 and make table 4.8 - that is Total cost of electricity, gas and mixed heating (optimized).

The information collected in the tables of the form of table 4.3 respectively 4.4 are processed according to mathematical models in close collaboration with the information taken from the online databases of the National Regulation Authority in the field of Energy, of the National Regulation Authority in the field of Natural Gas and of the National Meteorology Administration, in conjunction with the data collected by the sensors of the dual heating system helps us to calculate our own heating costs and we can make a forecast regarding the future period.

In order to calculate the cost of electricity in case of non-use of the dual heating system (that is, of the non-optimized use of the power plant), the following formula will be used which will generate the values in the third column of table 4.7:

$$C_{el} = \sum_{z=1}^z z \cdot \left(\sum_{t=1}^{24} t_1 \cdot CV_1 \cdot P_1 \right) \quad (4.5)$$

where:

- P1 represents the power consumed by the power plant in time period t1, in kW;
- CV1 represents the price of electricity, expressed in lei / kWh;
- t1 the daily operating time of the power station, which may not be equal to 24 hours for the periods when the enclosure temperature is equal to or higher than the prescribed one;
- z represents the number of days of operation of the power plant;

A similar formula is used to determine the cost of gas and electricity consumption in the case of the gas boiler, with which the values in column 2 of table 4.7 will be generated:

$$C_{cg} = \sum_{z=1}^z z \left(\sum_{t=1}^{24} (t_2 \cdot CV_2 \cdot P_{gaz} + t_2 \cdot CV_1 \cdot P_2) \right) \quad (4.6)$$

where:

- Pgaz represents the power consumed by the gas boiler during the time period t2, in mc;
- CV2 represents the price of methane gas, expressed in lei / mc;
- P1 is the electric power consumed by the gas boiler in the period of time t2, in kW;
- CV1 represents the price of electricity, expressed in lei / kWh;
- t2 the daily operating time of the boiler on gas, which may not be equal to 24 hours during periods when the temperature of the enclosure is equal to or higher than the prescribed one;
- z represents the number of days of operation of the gas boiler.

Once generated this information helps us to apply the objective function and within the function we can apply the desired algorithm which can refer either to a constant cost, to a low cost under the conditions in which we want a constant temperature or to the application of the mixed algorithm.

Table 4.5. Data measured during January 1 - January 31 for the gas boiler

Date	Temperature		consum gaz		consum electric		consumption cost single price	consumption cost differential price			total consumption
			mc gaz	mc gaz	kwh	kwh					
	day	night	day	night	day	night					
1-Jan	12	-2	2.55	7.22	0.60	0.49	3.63	9.54	3.57	9.42	12.98
2-Jan	7	0	3.49	6.33	0.59	0.42	4.83	8.36	4.76	8.25	13.02
3-Jan	7	3	3.52	4.91	0.59	0.40	4.87	6.53	4.80	6.43	11.23
4-Jan	6	0	3.95	6.41	0.57	0.41	5.40	8.45	5.34	8.35	13.69
5-Jan	7	-2	3.50	7.35	0.62	0.38	4.86	9.64	4.79	9.54	14.33
6-Jan	14	0	1.80	6.41	0.59	0.43	2.67	8.46	2.60	8.36	10.96
7-Jan	13	0	2.26	6.33	0.60	0.39	3.26	8.34	3.20	8.24	11.44
8-Jan	8	1	3.06	5.90	0.63	0.47	4.30	7.84	4.23	7.72	11.96
9-Jan	6	1	3.96	5.82	0.62	0.46	5.45	7.73	5.38	7.61	13.00
10-Jan	5	1	4.46	5.93	0.64	0.34	6.10	7.79	6.03	7.71	13.74
11-Jan	7	4	3.48	4.43	0.56	0.40	4.80	5.91	4.74	5.81	10.55
12-Jan	5	1	4.49	5.81	0.64	0.37	6.14	7.66	6.07	7.57	13.64
13-Jan	1	-2	5.81	7.36	0.61	0.37	7.81	9.64	7.74	9.55	17.29
14-Jan	-2	-7	7.25	9.65	0.60	0.57	9.64	12.69	9.58	12.55	22.13
15-Jan	-5	-7	8.80	9.80	0.67	0.53	11.67	12.86	11.60	12.73	24.33
16-Jan	-2	-8	7.26	10.10	0.71	0.58	9.72	13.28	9.65	13.13	22.78
17-Jan	6	-5	3.94	8.79	0.61	0.54	5.42	11.58	5.35	11.44	16.79
18-Jan	9	-1	2.97	6.87	0.58	0.42	4.16	9.05	4.09	8.94	13.04
19-Jan	8	-1	3.03	6.88	0.57	0.43	4.23	9.07	4.17	8.96	13.13
20-Jan	3	-1	4.97	6.83	0.64	0.43	6.75	9.00	6.68	8.90	15.58
21-Jan	1	-1	5.82	6.77	0.66	0.45	7.85	8.94	7.78	8.83	16.61
22-Jan	1	-1	5.85	6.85	0.64	0.36	7.88	8.98	7.81	8.89	16.70
23-Jan	2	-2	5.40	7.34	0.66	0.38	7.31	9.62	7.24	9.53	16.77
24-Jan	1	-6	5.87	9.29	0.63	0.43	7.90	12.15	7.83	12.04	19.87
25-Jan	1	-8	5.92	10.26	0.65	0.43	7.97	13.39	7.90	13.28	21.19
26-Jan	2	-10	5.35	10.99	0.64	0.56	7.24	14.40	7.17	14.26	21.43
27-Jan	4	-8	4.90	10.06	0.58	0.49	6.63	13.17	6.56	13.05	19.61
28-Jan	4	-8	4.88	10.26	0.58	0.42	6.60	13.38	6.54	13.28	19.82
29-Jan	8	-3	3.05	7.76	0.60	0.35	4.27	10.14	4.21	10.06	14.26
30-Jan	13	0	2.25	6.31	0.58	0.43	3.24	8.34	3.17	8.23	11.40
31-Jan	11	-2	2.80	7.23	0.58	0.42	3.94	9.51	3.88	9.40	13.28
Average	5.26	-2.39	4.41	7.49	0.61	0.44	6.02	9.85	5.95	9.74	15.70

Table 4.6. Data measured during January 1 - January 31 for the power plant

Date	Temperature		electrical consumption		consumption cost single price		consumption cost differential price		total
			Kwh		Kwh				
	day	night	day	night	day	night	lei	lei	lei
1-Jan	12	-2	7.93	22.47	4.901533	13.888707	4.04	8.35	12.39
2-Jan	7	0	10.86	20.05	6.712566	12.392905	5.54	7.45	12.99
3-Jan	7	3	11.13	15.45	6.879453	9.549645	5.68	5.74	11.42
4-Jan	6	0	12.34	20.29	7.627354	12.541249	6.29	7.54	13.83
5-Jan	7	-2	10.90	23.10	6.73729	14.27811	5.56	8.58	14.14
6-Jan	14	0	5.63	20.00	3.479903	12.362	2.87	7.43	10.30
7-Jan	13	0	7.19	19.88	4.444139	12.287828	3.67	7.39	11.05
8-Jan	8	1	9.68	18.45	5.983208	11.403945	4.94	6.86	11.79
9-Jan	6	1	12.47	18.07	7.707707	11.169067	6.36	6.71	13.07
10-Jan	5	1	13.93	18.83	8.610133	11.638823	7.10	7.00	14.10
11-Jan	7	4	10.91	14.08	6.743471	8.702848	5.56	5.23	10.80
12-Jan	5	1	14.13	18.43	8.733753	11.391583	7.20	6.85	14.05
13-Jan	1	-2	18.21	22.93	11.255601	14.173033	9.29	8.52	17.81
14-Jan	-2	-7	22.62	30.03	13.981422	18.561543	11.53	11.16	22.69
15-Jan	-5	-7	27.73	30.44	17.139913	18.814964	14.14	11.31	25.45
16-Jan	-2	-8	22.94	31.50	14.179214	19.47015	11.70	11.71	23.40
17-Jan	6	-5	12.43	27.95	7.682983	17.275895	6.34	10.39	16.72
18-Jan	9	-1	9.43	21.51	5.828683	13.295331	4.81	7.99	12.80
19-Jan	8	-1	9.41	21.83	5.816321	13.493123	4.80	8.11	12.91
20-Jan	3	-1	15.60	21.64	9.64236	13.375684	7.95	8.04	16.00
21-Jan	1	-1	18.47	21.06	11.416307	13.017186	9.42	7.83	17.24
22-Jan	1	-1	18.30	21.50	11.31123	13.28915	9.33	7.99	17.32
23-Jan	2	-2	17.02	22.91	10.520062	14.160671	8.68	8.51	17.19
24-Jan	1	-6	18.31	29.30	11.317411	18.11033	9.34	10.89	20.22
25-Jan	1	-8	18.84	32.02	11.645004	19.791562	9.61	11.90	21.51
26-Jan	2	-10	16.69	34.77	10.316089	21.491337	8.51	12.92	21.43
27-Jan	4	-8	15.22	31.79	9.407482	19.649399	7.76	11.81	19.57
28-Jan	4	-8	15.51	32.36	9.586731	20.001716	7.91	12.02	19.93
29-Jan	8	-3	9.69	24.52	5.989389	15.155812	4.94	9.11	14.05
30-Jan	13	0	7.12	19.69	4.400872	12.170389	3.63	7.32	10.95
31-Jan	11	-2	8.83	22.94	5.457823	14.179214	4.50	8.52	13.03
Average	5.3	-2.39	13.85	23.54	8.56	14.55	7.06	8.75	15.81

Table 4.7. Data generated by implementing the optimization function during January 1 - January 31 using the dual heating system

Date	Temperature		consumption cost price		total cost
	Day	Night	Day	Night	
1-Jan	12	-2	3.57	8.35	11.92
2-Jan	7	0	4.76	7.45	12.22
3-Jan	7	3	4.80	5.74	10.54
4-Jan	6	0	5.34	7.54	12.88
5-Jan	7	-2	4.79	8.58	13.38
6-Jan	14	0	2.60	7.43	10.04
7-Jan	13	0	3.20	7.39	10.58
8-Jan	8	1	4.23	6.86	11.09
9-Jan	6	1	5.38	6.71	12.10
10-Jan	5	1	6.03	7.00	13.03
11-Jan	7	4	4.74	5.23	9.97
12-Jan	5	1	6.07	6.85	12.92
13-Jan	1	-2	7.74	8.52	16.26
14-Jan	-2	-7	9.58	11.16	20.74
15-Jan	-5	-7	11.60	11.31	22.91
16-Jan	-2	-8	9.65	11.71	21.35
17-Jan	6	-5	5.35	10.39	15.74
18-Jan	9	-1	4.09	7.99	12.09
19-Jan	8	-1	4.17	8.11	12.28
20-Jan	3	-1	6.68	8.04	14.72
21-Jan	1	-1	7.78	7.83	15.61
22-Jan	1	-1	7.81	7.99	15.80
23-Jan	2	-2	7.24	8.51	15.76
24-Jan	1	-6	7.83	10.89	18.72
25-Jan	1	-8	7.90	11.90	19.80
26-Jan	2	-10	7.17	12.92	20.09
27-Jan	4	-8	6.56	11.81	18.38
28-Jan	4	-8	6.54	12.02	18.56
29-Jan	8	-3	4.21	9.11	13.32
30-Jan	13	0	3.17	7.32	10.49
31-Jan	11	-2	3.88	8.52	12.40
Average	5.258065	-2.3871	7.06	8.75	14.70

The synthesis of the information in Tables 4.5, 4.6 and 4.7 is performed in Table 4.8, in which the situation of the total costs realized in the 3 studied scenarios is presented: heating with a power plant, with a gas boiler respectively with the mixed system proposed in this paper. The last two columns of this table refer to the economy achieved by the optimized dual heating system, in absolute and relative values, and the last line represents the average value of the costs for the three types of heating systems and the realized economy.

Table 4.8 - Total cost of electric, gas and mixed heating (optimized)

Date	Gas Boiler	Power Plant	Mixed heating (optimized)	Minimum Economy	% Minimum Economy
1-Jan	12.98	12.39	11.92	0.47	3.94%
2-Jan	13.02	12.99	12.22	0.77	6.30%
3-Jan	11.23	11.42	10.54	0.69	6.55%
4-Jan	13.69	13.83	12.88	0.81	6.29%
5-Jan	14.33	14.14	13.38	0.76	5.68%
6-Jan	10.96	10.3	10.04	0.26	2.59%
7-Jan	11.44	11.05	10.58	0.47	4.44%
8-Jan	11.96	11.79	11.09	0.7	6.31%
9-Jan	13	13.07	12.1	0.9	7.44%
10-Jan	13.74	14.1	13.03	0.71	5.45%
11-Jan	10.55	10.8	9.97	0.58	5.82%
12-Jan	13.64	14.05	12.92	0.72	5.57%
13-Jan	17.29	17.81	16.26	1.03	6.33%
14-Jan	22.13	22.69	20.74	1.39	6.70%
15-Jan	24.33	25.45	22.91	1.42	6.20%
16-Jan	22.78	23.4	21.35	1.43	6.70%
17-Jan	16.79	16.72	15.74	0.98	6.23%
18-Jan	13.04	12.8	12.09	0.71	5.87%
19-Jan	13.13	12.91	12.28	0.63	5.13%
20-Jan	15.58	16	14.72	0.86	5.84%
21-Jan	16.61	17.24	15.61	1	6.41%
22-Jan	16.7	17.32	15.8	0.9	5.70%
23-Jan	16.77	17.19	15.76	1.01	6.41%
24-Jan	19.87	20.22	18.72	1.15	6.14%
25-Jan	21.19	21.51	19.8	1.39	7.02%
26-Jan	21.43	21.43	20.09	1.34	6.67%
27-Jan	19.61	19.57	18.38	1.19	6.47%
28-Jan	19.82	19.93	18.56	1.26	6.79%
29-Jan	14.26	14.05	13.32	0.73	5.48%
30-Jan	11.4	10.95	10.49	0.46	4.39%
31-Jan	13.28	13.03	12.4	0.63	5.08%
Average	15.70	15.81	14.70	0.88	5.87%

Figure 4.15 shows the chart of the total costs of the three types of heating systems during January 2018. It is observed that in all days subjected to comparison the function of mixed heating (obtained by applying the optimal function) gives the best cost efficiency.

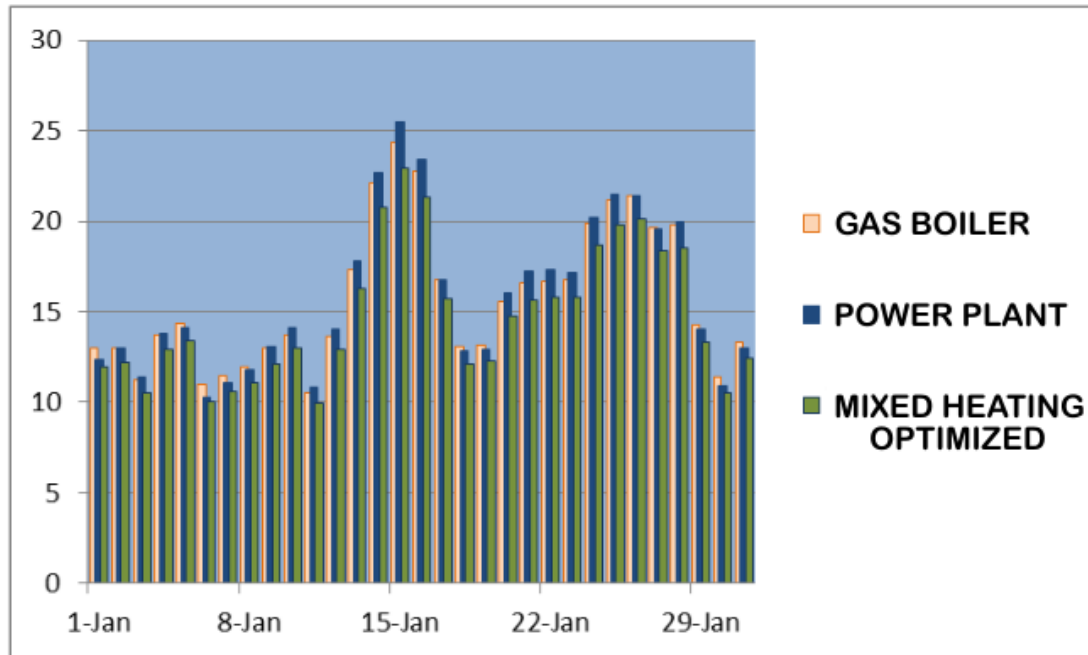


Figure 4.15. Consumption of electric, gas and mixed heating (optimized)

For the mathematical modeling of the cost functions for the three types of gas central heating, the power plant respectively the dual heating system will be used, in the following, the polynomial interpolation.

Thus for calculating the polynomial function (C) of degree I we used in the MATLAB the polyfit function.

$$C = \text{polyfit}(x, y, i) \quad (4.7)$$

where

$$C(x) = C_1x^n + C_2x^{n-1} + \dots + C_nx + C_{n+1} \quad (4.8)$$

An example of the source code used in MATLAB to generate the polynomial function cost function time (for a period of one month, January 2018) for the gas boiler, starting from grade 1 to grade 7 is shown below:

```
x=1:31;
x1=1:0.2:31;
y=[12.98,13.02,11.23,13.69,14.33,10.96,11.44,11.96,13.00,13.74,10.55,13.64,17.29,22.13,24.
33,22.78,16.79,13.04,13.13,15.58,16.61,16.70,16.77,19.87,21.19,21.43,19.61,19.82,14.26,11.
40,13.28]
figure
hold on
grid on
plot(x,y,'*')
for i=1:7
    c=polyfit(x,y,i)
    y1=polyval(c,x1)
    plot(x1,y1)
end
```

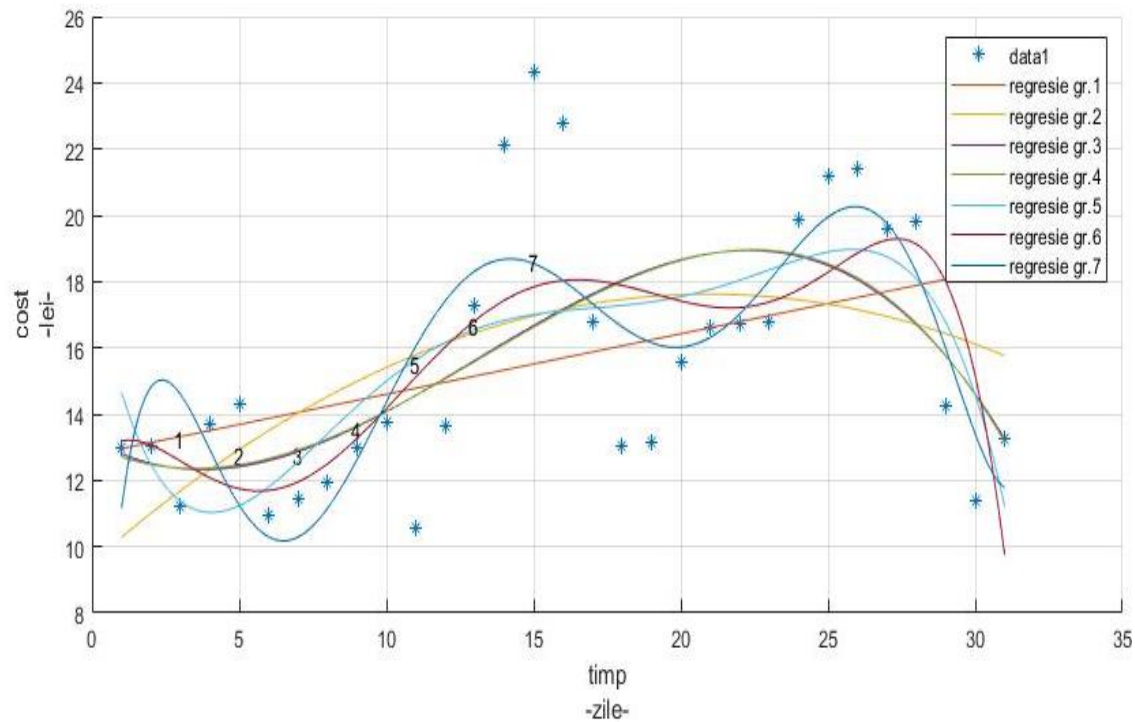


Figure 4.24. Chart comparing polynomial regression to degree 7 cost vs. time for gas boiler

From the calculation of the RMS indicator for the 7 interpolation polynomials presented below

RMS for degree 1 = 3.77400756372683

RMS for degree 2 = 3.43934682231227

RMS for degree 3 = 3.21834685992715

RMS for degree 4 = 3.21830608017397

RMS for degree 5 = 3.06624977424221

RMS for degree 6 = 2.94953794514356

RMS for degree 7 = 2.54090898615598

it turns out that the best value of this accuracy indicator is that of the degree 7 interpolation function.

Similarly, the polynomial interpolation is performed to approximate the cost function of the power station during the period studied January 2018. In figures 4.25-4.31, the graphs of the approximation functions from degree 1 to degree 7 are presented. The electrodes using the FFT transform are shown in Figure 4.32 and in Figure 4.33, the graphs of the interpolation polynomials from degree 1 to degree 7 are presented in comparison.

From the calculation of the RMS indicator for the 7 interpolation polynomials presented below

RMS for degree 1 = 3.50004296818429

RMS for degree 2 = 3.24343306307566

RMS for degree 3 = 3.03130852580817

RMS for degree 4 = 3.03099100851271

RMS for degree 5 = 2.87705427567345

RMS for degree 6 = 2.76295742878641

RMS for degree 7 = 2.43610540102821

it turns out that the best value of this accuracy indicator is that of the degree 7 interpolation function.

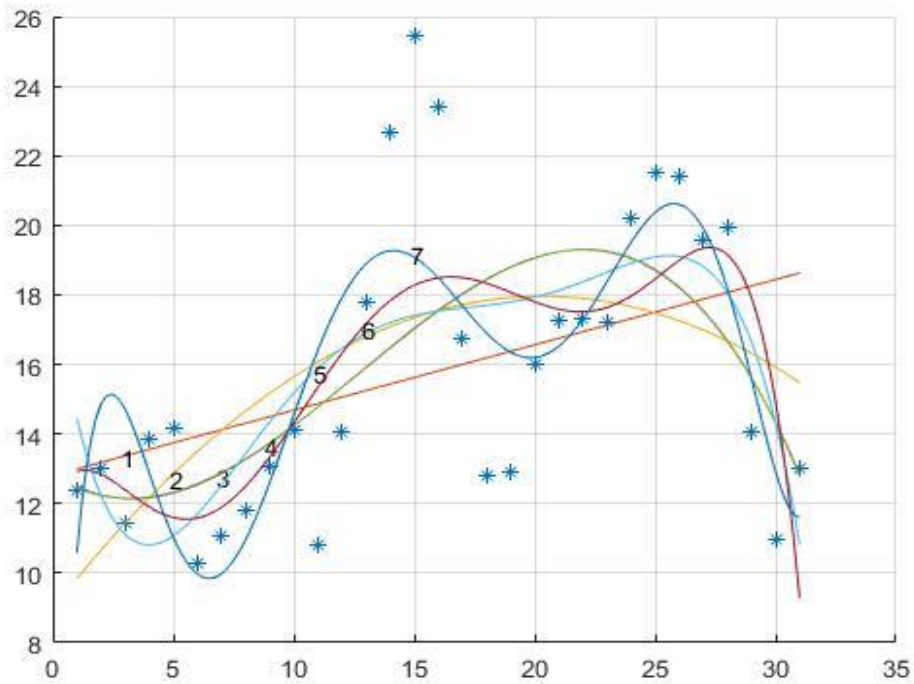


Figure 4.33. Chart comparing polynomial regression to degree 7 cost vs time for power plant

Therefore it was approximated with the polynomial regression and the RMS indicator, that the function of degree 7 which approximates the cost of the power station respectively the gas one, would be the closest to the values to be measured. But from the definition of the objective function which is a minimum of operating costs and from the variation of this function we find that the closest graph of the polynomial regression functions is the second degree. For this reason, in figure 4.34 which shows the comparative cost-function graph of the polynomial regressions at the gas boiler, the power plant and at the dual consumption optimized system, the degree 2 polynomial regression was used.

According to the chart in figure 4.34 the data obtained with the optimal function approximate best the results generated with the polynomial regression of the second order for the one-month study period. By increasing the degree of regression functions we obtain a function that fits the data but deviates from the optimal function found.

We wish that the study carried out over a period of one month could be extrapolated to similar or even different periods (another season), therefore, even if according to the theory the polynomial regression of degree 7 in this case provided the closest approximations, it was found from the comparison to other data containing larger variations at the beginning or end of periods, that second-degree polynomial regression remains the best choice for approximating the optimal function model.

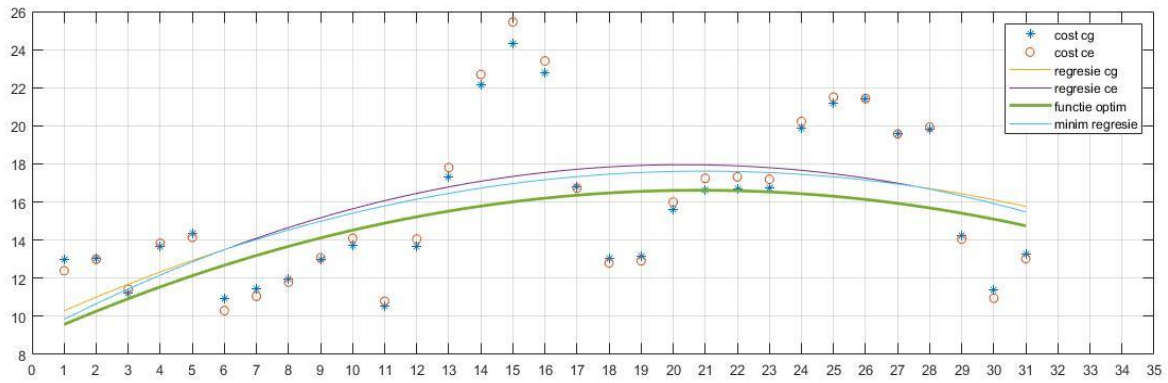


Figure 4.34. Chart comparing cost time function regression gas central, power station, minimum regression, optimal function using polynomial regression of degree 2

It is also important to analyze the cost variation of the three types of gas, electric and dual heating depending on the outdoor temperature, which can be done using the data in tables 4.5, 4.6 and 4.7. Thus the charts in figures 4.35, 4.36 and 4.37 are constructed.

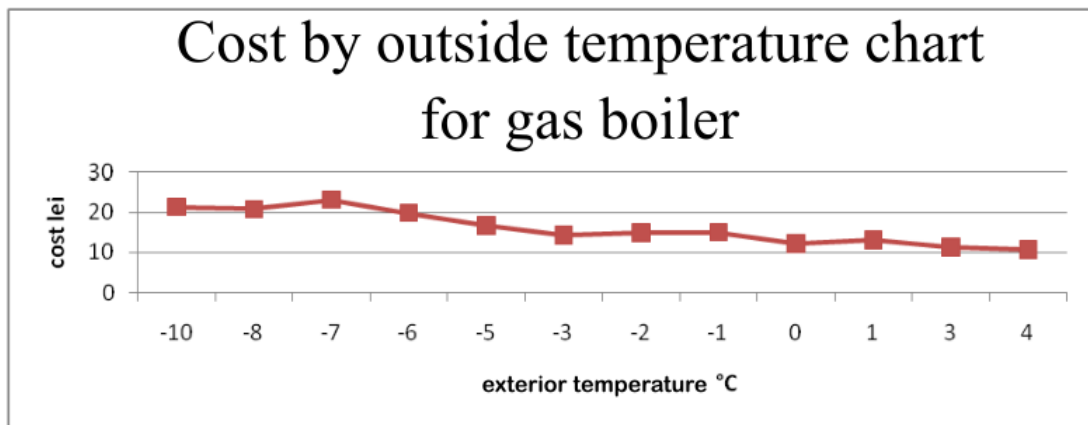


Figure 4.35. Cost by outside temperature chart for gas boiler

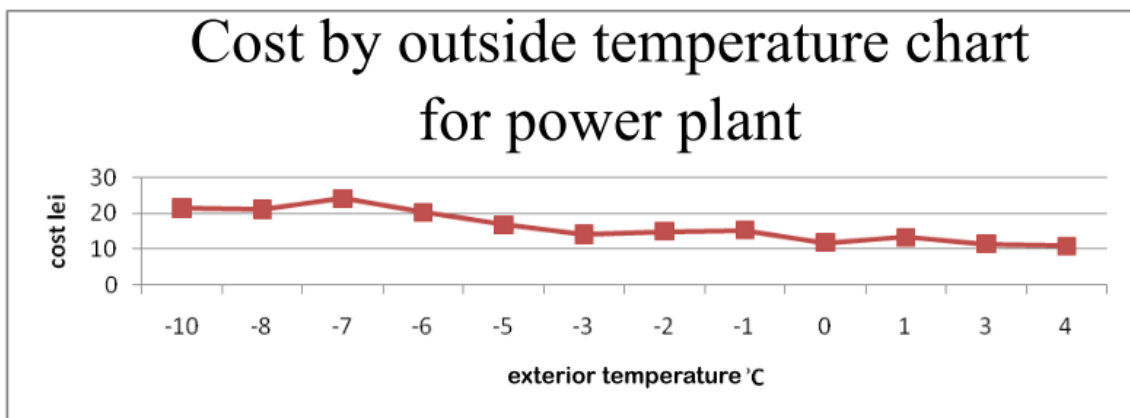


Figure 4.36. Cost by outside temperature chart for power plant

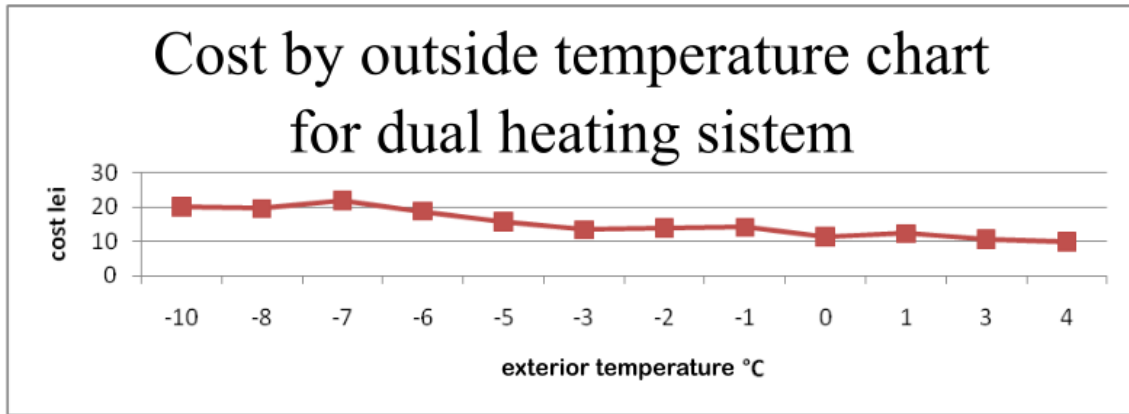


Figure 4.37. Cost by outside temperature chart for dual heating system

From the comparative chart of the cost of the three types of heating depending on the external temperature presented in figure 4.38, it is observed that throughout the period analyzed, even at the time of starting (charge) of the power plants and gas, the optimized system (dual heating system) has the best operating cost. At the same time from figures 4.35, 4.36, 4.37, 4.38 we observe that during the whole period analyzed (January 2018) the efficiency of the gas and electric power stations is different, not always being a single power station for the period with the lowest cost. For this reason, by using the objective function and the cost minimization algorithm, we notice that the dual heating system that uses the programmable machine has achieved the purpose for which it was created.

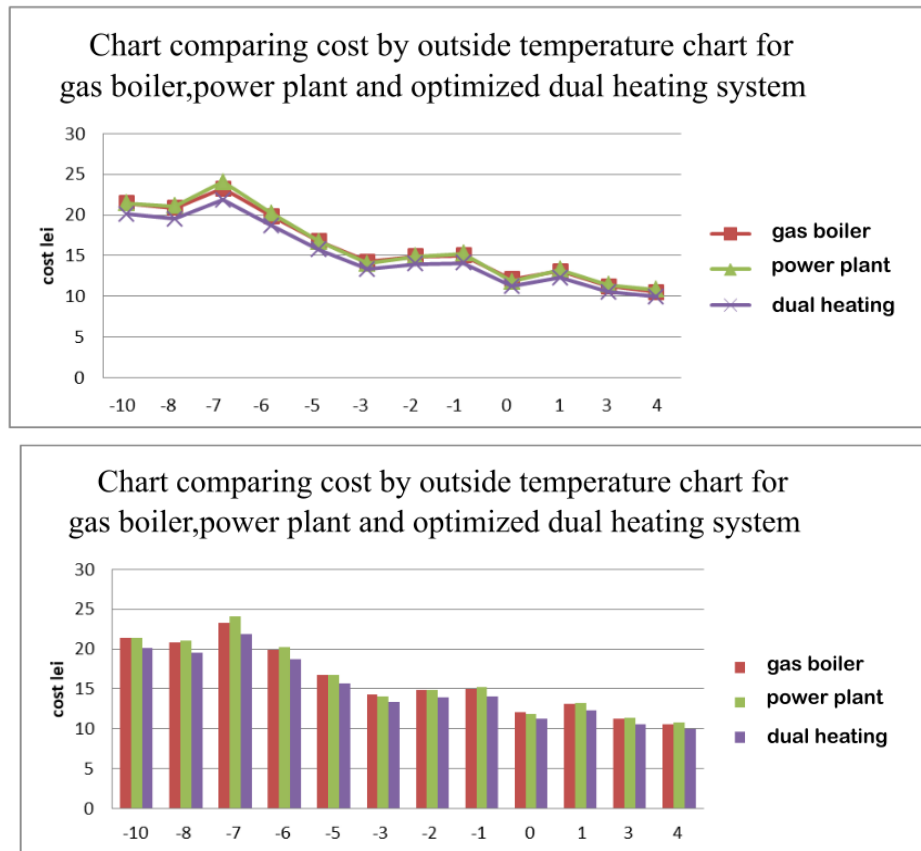


Figure 4.38. Chart comparing cost by outside temperature chart for gas boiler,power plant and optimized dual heating system

4.4.4. Calculation of the depreciation of the investment for transformation of the traditional heating system into a dual heating system

We will consider two hypotheses for which we will use the linear depreciation method:

1. Calculation of the depreciation of the primary investment - we start from the premise that the enclosure already has a heating system consisting of gas and heaters, and as an investment we will consider the power plant PROTHERM 24 kw, 400V, three solenoid valves (for hot water, for heating and flow and return), set of sensors for temperature monitoring and the communication and control interface between the two control units (PLCs).
2. Calculation of the depreciation of the primary investment from point one and of the On Grid photovoltaic system 25 kWp / 125kW day Benq - Fronius.

4.4.4.1 Calculation of primary investment depreciation

From an accounting point of view, the amortization of the investment will be made over a period of 12 years and will represent a value of 241.66 lei / year or 31.39 lei / month.

Tabel 4.10 – Total cost of consumption of electric, gas and mixed heating (optimized) and the difference in cost between gas boiler heating and mixed heating

-lei -

Date	Gas Boiler	Power Plant	Mixed Heating (optimized)	Economy using mixed system instead of gas boiler
1-Jan	12.98	12.39	11.92	1.06
2-Jan	13.02	12.99	12.22	0.8
3-Jan	11.23	11.42	10.54	0.69
4-Jan	13.69	13.83	12.88	0.81
5-Jan	14.33	14.14	13.38	0.95
6-Jan	10.96	10.3	10.04	0.92
7-Jan	11.44	11.05	10.58	0.86
8-Jan	11.96	11.79	11.09	0.87
9-Jan	13	13.07	12.1	0.9
10-Jan	13.74	14.1	13.03	0.71
11-Jan	10.55	10.8	9.97	0.58
12-Jan	13.64	14.05	12.92	0.72
13-Jan	17.29	17.81	16.26	1.03
14-Jan	22.13	22.69	20.74	1.39
15-Jan	24.33	25.45	22.91	1.42
16-Jan	22.78	23.4	21.35	1.43
17-Jan	16.79	16.72	15.74	1.05
18-Jan	13.04	12.8	12.09	0.95
19-Jan	13.13	12.91	12.28	0.85
20-Jan	15.58	16	14.72	0.86
21-Jan	16.61	17.24	15.61	1
22-Jan	16.7	17.32	15.8	0.9
23-Jan	16.77	17.19	15.76	1.01
24-Jan	19.87	20.22	18.72	1.15
25-Jan	21.19	21.51	19.8	1.39
26-Jan	21.43	21.43	20.09	1.34
27-Jan	19.61	19.57	18.38	1.23
28-Jan	19.82	19.93	18.56	1.26
29-Jan	14.26	14.05	13.32	0.94
30-Jan	11.4	10.95	10.49	0.91
31-Jan	13.28	13.03	12.4	0.88
TOTAL	486.55	490.15	455.69	30.86

If we calculate the economy produced by the use of the mixed dual heating system for January 2018, we will find that an economy of 30.86 lei was made. At a first comparison with

the calculated accounting depreciation rate, we could consider that the implementation of such a system does not bring profit from the accounting point of view but is a loss generator since the monthly depreciation (31.39 lei) is greater than the economy produced by the heating system implementation (30.86 lei). At the same time we must bear in mind that the measurements were made on a space of 50 square meters, but the plants used can easily heat a space at least 5 times larger than this. Thus, if we take into account the new information we will find that the economy made by using the dual heating system for a space 5 times larger for which the purchased plant was actually designed is proportionally 5 times larger, ie $30.86 * 5 = 154,30$ lei. According to this calculation it follows that the use of the dual heating system at least 7 weeks a year in the cold season (which in our country is at least 16 weeks) produces a greater savings than the depreciation calculated according to the accounting norms.

If we take into account the fact that the cold season in our country is at least 16 weeks and the heating space is 250 m^2 , then we can recalculate the time to recover this investment by reducing it considerably, to 5 years. Thus it is found that although the accounting depreciation is 12 years, the effective recovery of the investment is made in 5 years resulting in an ROI of 255% of the investment's lifetime.

4.4.4.2 Calculation of primary investment and photovoltaic system amortization 25 kWp / 125kW day Benq - Fronius

From an accounting point of view, the amortization of the investment will be made over a period of 12 years and will represent a value of 5825 lei / year or 485.42 lei / month.

If in the previous paragraph 4.4.4.1 we talked about the amortization of the investment represented by the power plant, solenoid valves, sensors and the interface of communication and control between the two plants, in this paragraph the amortization of a photovoltaic system that produces electricity and the surplus of electricity is analyzed. is delivered to the grid as green energy.

Thus the photovoltaic system has the following component elements:

1. SMA On Grid Inverter [97], [98],
2. Photovoltaic panels Black Frame Polycrystalline Benq 265W,
3. Roof fixing system,
4. AC / DC protection panel,
5. Cable connection set.

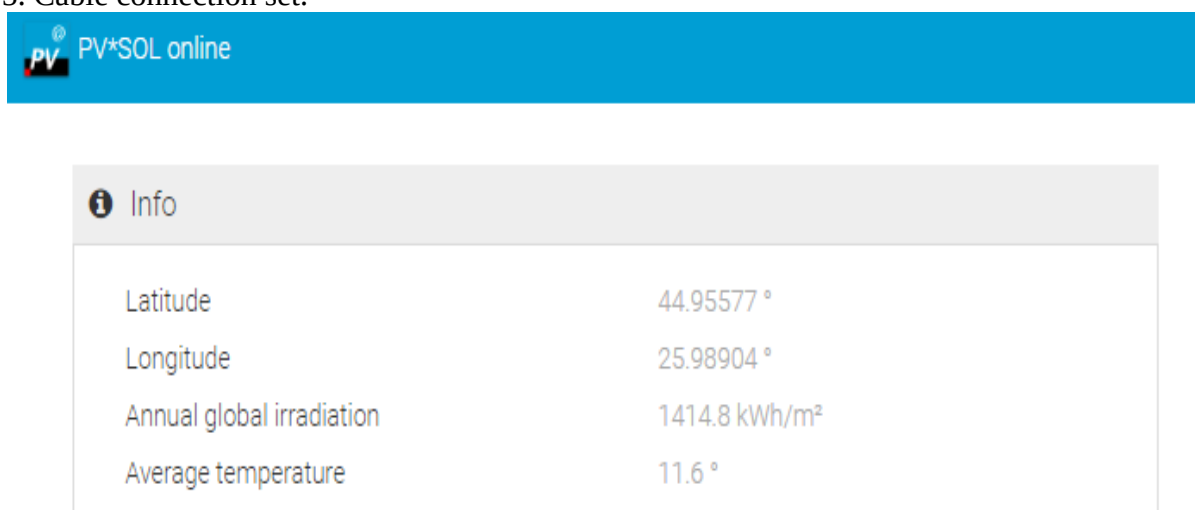


Figure 4.39. Location coordinates of on grid photovoltaic system

For the analysis regarding the recovery of the investment made with the photovoltaic system on grid (ROI - return of investment), we used the dedicated software PV * sol to be able to generate the efficiency of the photovoltaic cells used depending on the location where they will be mounted (longitude and latitude) [99] [100] [101]. The location where the measurements were made is located in Ploiești having the following the coordinates latitude 44.95577 ° and longitude 25.98904 °, see figures 4.39 and 4.40.

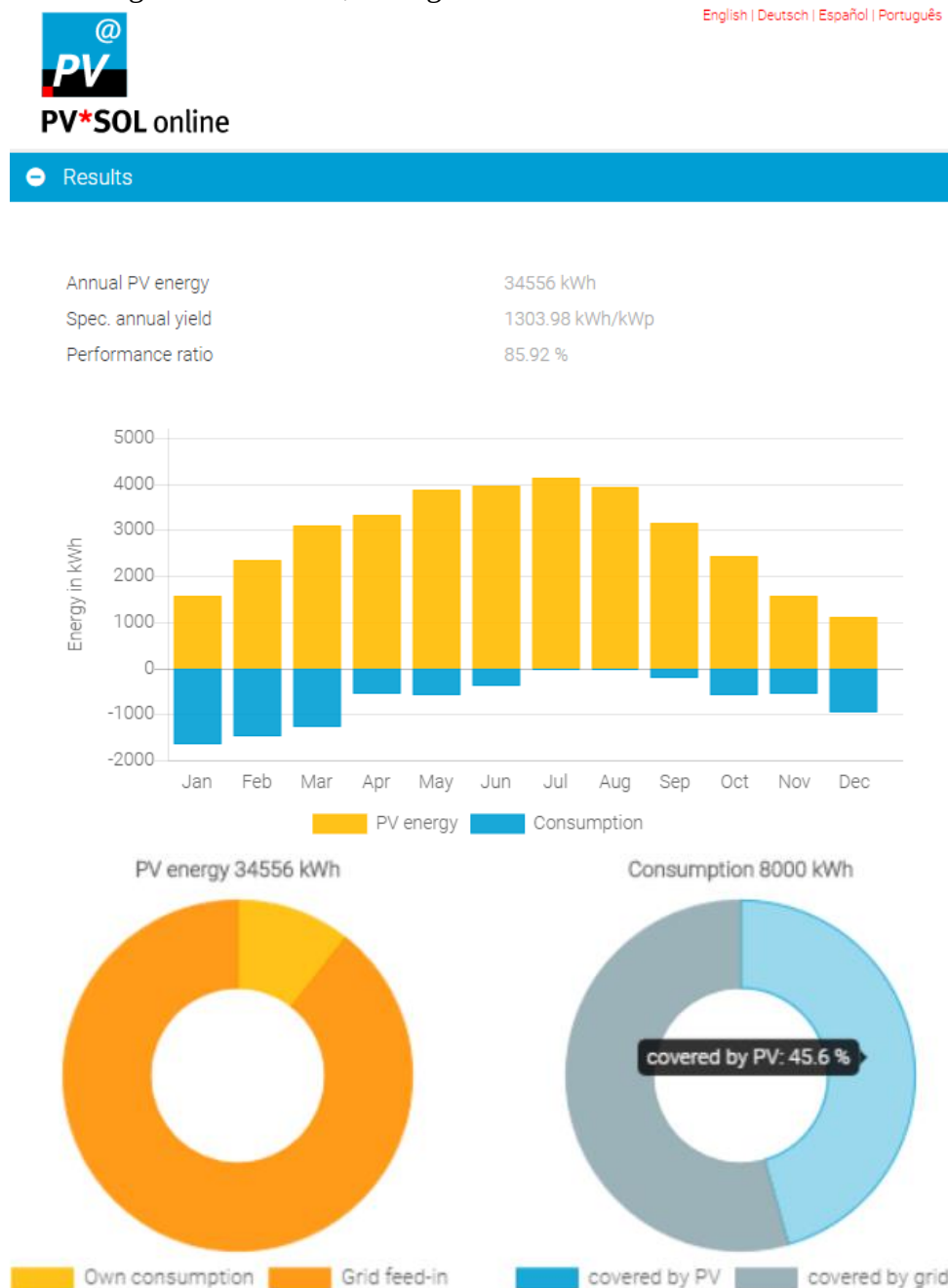


Figure 4.43. Annual chart of energy production and consumption using On Grid photovoltaic system generated by PV * sol software

By determining the location coordinates of the photovoltaic system, in conjunction with the analysis performed by the dedicated software PV * sol, we determined the electricity production realized by the photovoltaic system.

According to the data generated by the PV * sol software we have an annual electricity production of 34,556 kWh, and the system uses for its own consumption (for heating the premises of its own production) 3648 kWh, and the remaining 4481 kWh needed for heating are purchased from the grid. By using the photovoltaic system, CO₂ emissions are reduced by 18,487 kg / year.

This system will produce energy as follows:

1. The daily average of energy produced is 94 kWh;
2. The monthly average of energy produced is 2,879 kWh;
3. The annual average of energy produced is 34,556 kWh.

If we provided monthly on the grid the energy produced by the photovoltaic system at an average cost of 0.3 lei / kWh, we would register a monthly income of 863.70 lei. On a simple calculation, considering that the monthly depreciation calculated is 485.42 lei for the entire system including the power plant, solenoid valves, temperature sensors, the communication and control interface between the two plants, we find that the investment in the a photovoltaic system, which results in a ROI twice the accounting depreciation.

If we extrapolate and no longer analyze depreciation as an accounting phenomenon and calculate the time to recover the investment, we find that we will recover the investment of the photovoltaic system and the power plant in about 6 years and 9 months (81 months). At the same time, it must be taken into account that the photovoltaic system has a life of about 25 years, which will lead to a profit 3 times greater than the initial investment.

In light of the conclusions made in the previous paragraph regarding the amortization of the investment regarding the power plant, solenoid valves, the temperature monitoring system and the communication and control interface between the two plants, we can consider that they are amortized by themselves by simply using the dual power system. heating, and On Grid photovoltaic system 25 kWp / 125kW day Benq - Fronius will be depreciated then 6 years faster.

At the same time, if we consider the fact that the Romanian village subsidizes the installation of green energy production systems with the amount of 20,000 lei, we find that the investment recovery period is reduced by 2 years, so the ROI reaches somewhere below 5 years.

CHAPTER 5

CONCLUSION. ORIGINAL CONTRIBUTIONS. FURTHER DEVELOPMENTS

In this doctoral thesis were analyzed the heating systems of various types, which were used both individually and in combination.

The mixed use of heating systems is based on reducing specific consumption, but also on providing greater safety when using two primary heating sources, especially when one of these sources can be switched off.

The work is structured in five chapters. The first chapter gives a brief presentation of the current state of electric heating and fossil fuel technologies, describing the heating systems and their classification. From the systems described we list thermal power plant with solid fuel (biomass, coal, wood, etc.), gas central heating, electric underfloor heating, heating using radiant panels, heating using HAKA-COMISA system, heating with electric fireplaces, pumps of heat.

In the second chapter we studied the intelligent buildings, the monitoring and control system of their dual heating processes, by performing a comparative analysis of the efficiency of the heating systems. Also, a modern system for monitoring and controlling the heating of the premises has been designed in order to make energy consumption more efficient and to reduce costs. This system refers to the rational use of two types of power plants, one on fuel (methane gas, coal, biomass, wood, etc.).

The system thus created for monitoring and controlling the heating of homes has the following main objectives:

- ✓ Increasing the efficiency of the energy consumption necessary for the heating of the enclosures by implementing an algorithm and operating program based on the predetermined choice of hours and the temperature at which the space must be heated and on the optimized choice of operating hours on a type of boiler (the one on wood, gas or biomass and electricity) depending on the unit price of the energy suppliers. In addition, the program implements additional conditions introduced by the user, which can create restrictive conditions imposed by the amounts they would have available for the payment of the energy used for heating. In this way an optimal relationship between price, consumption and user resources will be obtained;

- ✓ Reducing the financial expenses that in the context of the current economic crisis is a necessary measure of capital conservation for both individuals and especially for small and medium enterprises where the costs of heating during the cold season are much higher;

- ✓ Reducing the emissions of pollutants by operating approximately 50% of the time on the power plant.

The system thus designed is structured on 5 main hardware components:

- ✓ Heated system (enclosure / living space)
- ✓ Gas boiler
- ✓ Power plant
- ✓ The communication interface between the two control units (programmable automaton - AP) is the equipment that will fully control the operating time and alternation.
- ✓ The algorithm that will program the PLC through which the functioning of the entire system is controlled.

Depending on the requirements of the client (the end user) it will trigger a power station and stop the other at well-defined time intervals, whenever it is needed in a day. The

programming of the communication interface can be done for any period, thus the operating cycle of the dual system can be daily, weekly, monthly, yearly or at any number of days, depending on the program of use of the location. The database is efficiently organized, with updated information, including unit costs of electricity and natural gas.

In the third chapter we studied procedures for reducing energy consumption and heating costs of the premises, studying the efficiency of energy consumption compared to the experimental measurements made. The electrical parameters of the gas and electric boiler were measured, which simultaneously heat, under the same initial temperature conditions, two symmetrical enclosures located in the same building.

For the efficiency of the electricity consumption of the heating systems of the enclosures, the development of optimization algorithms was studied, which were detailed in chapter 4. In this chapter we presented general aspects regarding the optimization problems, classification of the optimization problems. Logical schemes have been developed for the fixed temperature procedure, the fixed budget procedure and the mixed procedure. These procedures were then used in modeling and simulating the optimized operation of the dual heating system and in determining the objective monitoring function. In the final part of this chapter, using the polynomial interpolation, the cost functions of the three types of heating studied have been modeled, that is, the two independent ones with the gas central heat source and the central ones. respectively, the dual heating system in which the two boilers are optimally used. The operating conditions are related to the same enclosures and with the same initial temperature conditions. The depreciation of the investment in a dual heating system was considered, considering the initial existence of a gas boiler and heat exchangers (radiators). It is proposed to introduce a photovoltaic system to supply the dual heating system and calculate the overall depreciation of the investment.

The original contributions of this thesis are the following:

- Introducing a new concept of enclosure heating called "dual heating system" or "dual-heating" that ensures an efficient consumption of electricity and / or thermal agent (gas, biomass, fossil fuel, etc.), as well as autonomy and energy security.
- Making purchases for electrical parameters, analyzing these parameters and the specific consumption of the two types of gas and electric boilers that heat the same enclosure, during the same time period and with the same initial temperature conditions.
- Defining a function of optimization of heating costs according to different parameters specific to the plants studied.
- Development of algorithms for determining the parameters of the function to optimize in order to minimize it.
- Mathematical modeling of the costs of independent operation respectively in the dual system of the power plant and the gas boiler and the choice of optimal models that ensure accuracy with respect to the results of the measurements made.
- Comparative cost analysis in the three scenarios of heating the premises, two independent systems and one dual.
- Calculation of the period of depreciation of the investment if the existence of a gas boiler is considered and then it is invested in the new dual heating system, which is run by the AP according to the optimized algorithm. Also, the calculation of the depreciation is continued in the case of the introduction of a photovoltaic system used to supply the dual heating system with electricity.

In the following period I propose the implementation of a pilot project in the studied premises, which will validate for as long a period of the proposed dual heating system. The results obtained will be provided publicly, on a dedicated site, so as to be a real reference for any other implementation of the proposed system.

SELECTIVE REFERENCES

- [1] Bohi, D.R. & Toman, "The Economics of Energy Security", Kluwer Academic Publishers, Boston 1996
- [2] Bahnareanu, C. "Arma energetica in contextul relatiilor internationale ale inceputului de secol XXI". Editura Universitatii Nationale de Aparare Carol I, Bucuresti 2007
- [3] VOLOȘIN, Dr. Andriy – Razboaiele energetice ale secolului XXI, Stabilitate și Securitate Regională, Editura Universității Nationale de Apărare CAROL I, Bucuresti, 2009
- [4] Kelemen G., Ursa D., Alternativă energetică: energia solară, Tehnica Instalațiilor, Ed. Minos, anul IV.1/2004
- [5] Elemente de Strategie Energetică a României pentru perioada 2011 - 2035. Ministerul Economiei Economiei, 2011
- [6] John Siegenthaler Modern hydronic heating for residential and light commercial buildings, 2010
- [7] Apahidean B., Mreneș M., Combustibili și teoria proceselor de ardere, Ed. U.T. Pres, Cluj- Napoca, 1997
- [8] Avram N., Încălzirea prin pardoseală- Henco Floor, Tehnica Instalațiilor, Ed. Minos, anul IV.5(22)/2004, pg.89-91
- [9] AEG Niederspannungsschaltgerate. Gleichstromschellschalter typ GEARAPID SE . SE 401 40/1077 VI
- [10] *** Îndrumător de eficiență energetică pentru clădiri
- [11] <http://www.insse.ro/cms/rw/pages/index.ro.do>;
- [12] CLC/TC8X WG 1 Technical Committee - Sec0013 "Guide to the Application of the European Standard" *** EN 50160 1st Edition (22 July, 2003);
- [13] **Nastase, L.**, Andrei, H., *Increasing efficiency of electrical consumption for house heating*, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2011, year 11, no. 2 (16), pp. 42-45, ISSN 1843-6188, indexat COPERNICUS și CNCSIS B+.
- [14] Ignat, J., Popovici, C., Cherecheș, C. – Instalații și rețele electrice de joasă tensiune în clădiri civile, Universitatea Gheorghe Asachi Iași, 2003.
- [15] *** www.dualheating.com
- [16] *** STAS 6648/1,2- 82, Parametrii climatici exteriori, calculul aporturilor de căldură din exterior
- [17] *** STAS 1907/1,2 – 97, Instalații de încălzire, calculul necesarului de căldură
- [18] Andrei, H., **Nastase, L.**, Diaconu, E., Cepisca, C., Grigorescu, S.D., Andrei, P.C., *Contributions on Sensitivity Analysis for the Analog Two-Port Networks în Non-sinusoidal Regime*, IEEE-EUROCON 2011 International Conference on Computer as a Tool - ConfTele 2011, 27-29 April, 2011, Lisbon, Portugal, IEEE Catalog Number: CFP11EUR-CDR, ISBN 978-1-4244-7485-1, indexat SCOPUS/IEEEExplore.
- [19] Andrei, H., Marin, Oana, Ghita, M.R., Ivanovici, T., Nicolaescu, Gh., **Nastase, L.** and Andrei, P.C., *Measurement Data Analysis of Power Quality and Energy Efficiency for Residential Loads Sector*, IEEE-International Conference on Power and Energy Systems (ICECPS), Hong-Kong, China, 12-13 April, 2012, published în Lectures Notes în Information Technology-LNIT journal, vol. 13, 2012, pp. 156-164, ISSN 2070-1918, indexat SCOPUS/IEEEExplore.
- [20] CLC/TC8X WG 1 Technical Committee - Sec0013 "Guide to the Application of the European Standard" *** EN 50160 1st Edition (22 July, 2003);

- [21] IEC 61000-2-2 Ed. 2.0 b:2002 / EN 61000-2-2:2002 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - "Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems";
- [22] Rodica Florentina Niculescu, Proiectarea paginilor Web – HTML, CSS, JavaScript, Editura Fundației România de Măine, 2007, 333p, ISBN 978-973-725-822-9;
- [23] SR EN 61000-6-3:2003 "Compatibilitate electromagnetică (CEM). Partea 6-3: Standarde generice. Standard de emisie pentru mediile rezidențiale, comerciale și ușorindustrializate"
- [24] Sybille G., Hoang L.H. – „Digital Simulation of Power Systems and Power Electronics using the MATLAB/Simulink Power System Blockset”, IEEE PES Winter Meeting 4, pag. 2973-2981, 2000.
- [25] Tan, R.H.G., Ramachandaramurthy V.K. - „A Comprehensive Modeling and Simulation of Power Quality Disturbances Using MATLAB/SIMULINK”, Power Quality Issues in Distributed Generation. InTech, 2015.
- [26] Hadăr, A, Marin, C, Petre, C, Voicu, A –”Metode numerice în inginerie” Editura Politehnica Press, București 2005;
- [27] <https://createlly.com/lp/logic-gates-software>
- [28] **L. Nastase**, H. Andrei, E. Lungu, E.Diaconu, Modeling, Simulation and Optimization of Dual-Heating System, în Proc. Of IEEE – ISEEE Conference, Galați 18 – 20 oct. 2019 acceptată pentru publicare
- [29] **L. Nastase**, H. Andrei, E. Lungu, E.Diaconu, Analysis and optimization of Dual-Heating System Costs, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2019, nr.2, acceptată pentru publicare
- [31] <http://pvsol-online.valentin-software.com/#/>

PERSONAL INFORMATION


Lucian-Gheorghe Năstase

 Mr. Brezișeanu street, no. 43, bl. 24, sc. D, ap. 31, 130005 Târgoviște (România)

 +4 0723 890 270

 nastase@gmail.com

 <http://www.lukas.ro/>

 Google Talk nastase

Sex Male | Date of birth Jul 1982 | Nationality Romanian

WORK EXPERIENCE

May 2018–Present

Counselor - Directorate for Corporate Governance
Bucharest City Hall

Nov 2013–May 2018

Anti-fraud Inspector

Ministry of Public Finance, National Agency for Fiscal Administration, Directorate-General for Fiscal Anti-fraud, Directorate-Regional for Fiscal Anti-fraud 3, Alexandria

22 Jul 2007–Nov 2013

Engineer-Economist

NAICUL S.R.L, Târgoviște (România)

EDUCATION AND TRAINING

Oct 2012–Present

PhD student - Electric Engineering Domain, Energy efficiency for dual heating system using online management

"Valahia" University of Târgoviște

Used resources: Information Systems on Energy Management and Monitoring, Modern Command of Electricity Shareholders, Energy Conversion, Energy Efficiency and Energy Saving Systems, Photovoltaic Systems, European Norms in Energy Quality Systems, etc.

Oct 2012–Present

PhD student - Accounting Field, Organizing an financial-accounting information management system in electronic trade economic entities

"Valahia" University of Târgoviște

Used resources: Information systems on financial - accounting information management, Cryptocurrency and blockchain, MySql, Apache, PHP, Html, Flash

Oct 2008–Jul 2009

Master's Degree - Political Management

School of Postgraduate Academic Studies "Ovidiu Sincai", Bucharest

Main subjects: Public Policies, Contemporary International Relations, Social Policies, Strategic Management of Local Communities, Communication Sciences, European Institutions and Policies Community, Negotiation Theory

Oct 2006–Jul 2007

Master's Degree - Modern Systems and Equipments in Production and Usage of Energy

"Valahia" University of Târgoviște

Main subjects: Modern Order of Electrical Shareholders, Management Information Systems and

Energy Monitoring, Energy Conversion, Energy Efficiency Systems and Energy Economy, Photovoltaic Systems, European Norms in Energy Quality Systems

Oct 2001–Jul 2006

Bachelor's Degree - Diplomate Engineer Systems Science and Computers - Automatics and Industrial Informatics

"Valahia" University of Târgoviște

Main subjects: Mathematical Analysis, Programming Languages and Techniques, Special Mathematics, Computer Architecture, Assembly Language Programming, Databases, Operating Systems, Sensors and Translators, Optimal and Adaptive Systems, Reliability and Diagnosis

Oct 2001–Jul 2005

Bachelor's Degree - Licensed Economist

"Valahia" University of Târgoviște

Main subjects: Political Economy (Microeconomy), Applied Mathematics in Economy, Public Finances, Affairs Law, Public Institutions Accounting, Financial Control of Economy Operators, Management Control, Internal Control and Internal Audit, Economic and Financial Analysis

Sep 1997–Jul 2001

Graduate - Baccalaureate diploma

Economic College "Ion Ghica", Târgoviște (România)

PERSONAL SKILLS

Foreign language(s)

	UNDERSTANDING		SPEAKING		WRITING
	Listening	Reading	Spoken interaction	Spoken production	
English	B2	B2	C1	B2	B1
French	B2	B1	B1	B2	B1

Levels: A1 and A2: Basic user - B1 and B2: Independent user - C1 and C2: Proficient user
Common European Framework of Reference for Languages

Communication skills

Team spirit, seriousness, ability to assimilate new information and skills, adapting to multicultural environments, ability to work under stress and prolonged program, organizational communication, increased adaptability.

The experience of teamwork from the faculty, participating in the activities assumed by the projects and research carried out within the faculty.

Organisational / managerial skills

Capacity for synthesis and analysis, decision-making skills, organizational spirit, coordination skills, punctuality, the ability to make decisions under stressful conditions and to respect deadlines, spirit of evaluation and improvement

Job-related skills

Since the beginning of the activity I have led the accounting department of the company, I have also been actively involved in the elaboration and implementation of ISO approvals. I mention that in the financial accounting compilation the methods used are the latest software.

Participations in the period 2003 - 2013 in various international projects aimed at the realization of information systems (eg resource management system on a yacht, SMS management software, online tracking system using GPS tracker or Smartphones)

Digital skills

Good command of Microsoft Office tools (Word, Excel, Powerpoint) and Microsoft Office tools, graphic design (Corel Draw, Adobe Illustrator, PhotoShop).

Working with relational databases (MySQL, Apache, PHP, Html, Flash).

Strong programming knowledge, in both areas of implementation and algorithms.

Driving licence

B