



I.O.S.U.D. Universitatea "Politehnica" din Timișoara

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

OPTIMIZAREA SISTEMELOR DE LIVRARE A APEI CALDE ÎN CENTRALELE TERMICE CU PUTEREA NOMINALĂ PESTE 100 kW

Doctorand: **ing. Doru Pelivan**

Conducător științific: **prof.univ.dr.ing. Ioan Sârbu**

Timișoara
septembrie 2013

CUVÂNT ÎNAINTE

Prezenta teză este un material de sinteză cu specific teoretic și mai ales practic, adresat specialiștilor în domeniu, investitorilor și proprietarilor imobiliari care doresc reducerea cheltuielilor de exploatare necesare clădirilor.

Lucrarea are ca obiect modalitatea în care se pot optimiza sistemele de livrare a agentului termic, în centralele de preparare a apei calde cu puteri peste 100 kW.

Teza a fost concepută în urma experienței acumulate după proiectarea, execuția și servizarea a zeci de centrale termice cu puteri instalate mari și a studiilor efectuate de autor.

Materialul prezintă în introducere un studiu al dezavantajelor diferitelor sisteme și moduri de distribuție a agentului termic, realizate conform schemelor termohidraulice clasice în centralele de apă caldă cu temperatura maximă $+115^{\circ}\text{C}$.

Pentru eliminarea inconvenientelor hidraulice semnalate, autorul a studiat, cercetat și aprofundat pe parcursul a douăzeci de ani de activitate, starea de fapt, materializată de tot ce se știe în prezent despre domeniul investigat, folosind toate sursele de informații disponibile. Din păcate în literatura de specialitate se regăsesc foarte puține date bibliografice, lucrări și documentații, care să facă referire la subiectul abordat. Din acest motiv cercetarea s-a făcut aproape în exclusivitate asupra centralelor termice proiectate și executate de autor, precum și de alți terți.

Teza prezintă primele metode de reabilitare a distribuțiilor de agent termic, practicate inițial pentru eliminarea parțială sau totală a dezavantajelor hidraulice de funcționare la centralele existente, bazate pe combinarea adecvată a unor soluții tehnice cunoscute în domeniu.

În urma studiilor și cercetării efectuate, autorul a ajuns la concluzia că optimizarea sistemelor de livrare a agentului termic, respectiv eliminarea tuturor inconvenientelor soluțiilor de distribuție existente, se poate face numai prin găsirea unor concepte noi de distribuitor-colectoare în centralele termice.

În acest scop a fost creat un concept de confecție metalică, denumit *"distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare"*.

Modelul inițial a fost îmbunătățit și dezvoltat cu alte trei concepte modificatoare, denumite generic *"distribuitor-colectoare monobloc cu rol de separator hidraulic"*, la care confecțiile metalice preiau și funcțiunea unei butelii clasice de egalizare (rupere) a presiunilor, respectiv separarea regimurilor hidraulice de funcționare ale cazanelor și consumatorilor.

În urma elaborării acestor concepte, se definesc două noțiuni noi: *"debitul de tranzit"* și *"debitul nominal de tranzit"*.

În baza acestora autorul a conceput o metodă proprie și originală prin care se pot face reglajele de debite nominale, pe circuitele cazanelor și consumatorilor racordate la un distribuitor-colector monobloc cu rol de separator hidraulic, într-o centrală termică. La noua metodă armăturile și aparatura de măsură necesară sunt mult mai ieftine ca în cazul variantei clasice de reglaj care se folosește la ora actuală. În lucrare se prezintă procedura de lucru a noii metode de reglaj debite nominale, prin calcularea debitului de tranzit definit și programul pentru calculator elaborat pentru micșorarea timpului de execuție.

Autorul pledează pentru aplicarea cât mai urgentă în practică a soluțiilor propuse și speră că teza sa va fi un ghid util specialiștilor în domeniu și nu numai.

CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

1. INTRODUCERE	7
1.1. Considerații asupra subiectului tezei de doctorat	7
1.2. Conținutul tezei de doctorat	8
2. EVOLUȚIA CONCEPȚIEI ȘI REALIZĂRII LIVRĂRII APEI CALDE ÎN CENTRALELE TERMICE	10
2.1. Generalități	10
2.2. Scheme clasice de distribuție a agentului termic	10
3. SOLUȚII DE REABILITARE A DISTRIBUȚIEI AGENTULUI TERMIC LA CENTRALE EXISTENTE	15
3.1. Folosirea unor elemente de măsură și reglare a debitelor nominale livrate	15
3.2. Descrierea soluțiilor de reabilitare a distribuției agentului termic	17
4. SOLUȚII CONSTRUCTIVE NOI PENTRU DISTRIBUȚIA AGENTULUI ÎN CENTRALE TERMICE CU PUTEREA PESTE 100kW	20
4.1. Definirea scopului urmărit	20
4.2. Sisteme noi, existente pentru distribuitor-colector	20
4.3. Concepte proprii pentru distribuitor-colectorul de agent termic	24
4.3.1. Distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare	25
4.3.2. Constatări practice la funcționarea buteliei de egalizare a presiunilor	28
4.3.3. Distribuitor-colector monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic	33
4.3.3.1. D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH	36
4.3.3.2. D-C cu cameră orizontală de separare și rol de SH ...	56
4.3.3.3. D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH ..	64
4.3.4. Pierderi de presiune suplimentare în distribuitor-colectoarele monobloc cu rol de separator hidraulic	67
5. STABILIREA RELAȚIILOR DE CALCUL AL DEBITULUI DE TRANZIT LA DISTRIBUITOR-COLECTOARELE MONOBLOC CU ROL DE SEPARATOR HIDRAULIC	69
5.1. Ecuații hidraulice fundamentale	69
5.2. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și orificiu cu rol de separator hidraulic	71
5.3. Distribuitor-colector cu cameră de separare și două orificii cu rol de separator hidraulic	76
5.4. Distribuitor-colector cu cameră de separare și trei orificii cu rol de separator hidraulic	79
5.5. Distribuitor-colector cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de separator hidraulic	81

6. REGLAREA DEBITELOR CIRCUITELOR RACORDATE LA UN DISTRIBUITOR-COLECTOR MONOBLOC CU ROL SUPLIMENTAR DE SEPARATOR HIDRAULIC	85
6.1. Necesitatea reglării debitelor	85
6.2. Descrierea metodei de reglare propusă	86
6.3. Armături și aparate de măsură	88
6.4. Principiile utilizate pentru realizarea reglării debitelor	94
6.5. Procedura de lucru pentru reglarea de debite nominale utilizând MDTC	95
7. SIMULAREA PE CALCULATOR A REGLĂRII DEBITELOR NOMINALE PENTRU UN DISTRIBUITOR-COLECTOR MONOBLOC	100
7.1. Programul ordinator REGDENOM	100
7.2. Exemplu de simulare numerică	101
8. CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE	104
8.1. Concluzii	104
8.2. Contribuții personale	108
8.3. Direcții viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse	109
LISTA CU ABREVIERI, NOTAȚII ȘI SIMBOLURI	110
LISTA DE TABELE ȘI FIGURI	113
BIBLIOGRAFIE	117
ANEXĂ Listing al programului REGDENOM pentru un exemplu de simulare numerică a reglării debitelor pe circuitele unui distribuitor-colector	120

CONȚINUTUL TEZEI DE DOCTORAT

Teza de doctorat descrie soluțiile folosite și recomandate de autor pentru îmbunătățirea sistemelor de distribuție a agentului termic în centralele termice de apă caldă existente, precum și conceptele proprii de distribuitor-colectoare (D-C) monobloc propuse a fi utilizate în centralele noi.

În **capitolul 1** introductiv se prezintă unele considerații privind obiectul și actualitatea tezei de doctorat precum și conținutul acesteia, după un studiu al dezavantajelor diferitelor sisteme și moduri de distribuție a agentului termic, realizate conform schemelor termohidraulice clasice, în centralele de apă caldă cu temperatura maximă de +115°C. Se propune un mod de optimizare al sistemelor de livrare a agentului termic prin folosirea unor distribuitor-colectoare monobloc.

În **capitolul 2** se face o descriere succintă a diferitelor scheme de distribuție a agentului termic prin intermediul distribuitoarelor și colectoarelor clasice folosite curent, precum și ale dezavantajelor acestora.

În **capitolul 3** se prezintă soluțiile tehnice folosite de autor la reabilitarea multor centrale termice existente, prin păstrarea schemelor termomecanice existente și crearea facilităților de livrare a căldurii spre consumatori la debite perfect controlabile, folosind unele elemente de măsură și reglare eficiente. Sunt descrise metodele folosite, bazate în principiu pe combinarea adecvată a unor soluții cunoscute, în urma aplicării cărora majoritatea dezavantajelor hidraulice și a inconvenientelor de exploatare reclamate de beneficiari au fost eliminate.

Capitolul 4 definește soluțiile propuse pentru distribuția agentului termic în centrale cu puterea nominală instalată de peste 100 kW, având la bază folosirea noilor sisteme de D-C monobloc concepute. Se enunță criteriile care au definit scopul urmărit în cercetarea efectuată și sunt descrise unele noi concepte de D-C elaborate de câțiva fabricanți străini, precum și avantajele, dar mai ales dezavantajele acestora. De asemenea, se prezintă conceptele proprii pentru aceste echipamente începând cu cel inițial denumit "*D-C monobloc cu diafragmă orizontală de separare*", dezvoltat ulterior într-un concept superior denumit "*D-C monobloc cu rol suplimentar de separator hidraulic (SH)*". În funcție de diversitatea izometrilor prin care cazanele și consumatorii se pot racorda la un D-C într-o centrală termică, sunt descrise soluțiile constructive de realizare a trei variante originale de astfel de echipamente: "*D-C cu diafragmă orizontală și rol de SH*", "*D-C cu cameră de separare orizontală și rol de SH*", "*D-C cu diafragmă orizontală și bypass cu rol de SH*". Sunt ilustrate diverse variante de racord ale conductelor la D-C și modul de circulație a apei, pentru patru cazuri tipice de funcționare în exploatare. Pentru înțelegerea modului de funcționare s-au definit noțiunile de "*debit de tranzit*" și "*debit nominal de tranzit*", debite care parcurg orificiile diaframelor și a camerelor de separare, precum și bypassul D-C monobloc cu rol de SH.

Capitolul 5 este una din părțile cele mai importante ale tezei, în care se stabilesc relațiile de calcul al debitului de tranzit, plecând de la legea conservării energiei mecanice a fluidului, sau ecuația fundamentală a lui Bernoulli, aplicată în câteva ipoteze și cu abordări diferite pentru fiecare concept de D-C monobloc cu rol de SH, respectiv cu diafragmă orizontală și orificiu, cu cameră de separare având două sau trei orificii, și cu diafragmă orizontală și bypass.

În **capitolul 6** se expune metoda proprie elaborată, de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și ale consumatorilor racordate la un D-C monobloc. După o descriere a cauzelor funcționării defectuoase în practică a centralelor termice și a necesității reglării perfecte a debitelor pe circuite, se prezintă *metoda de reglare bazată pe debitul de tranzit calculat și pe modificarea iterativă a caracteristicii debit-presiune pentru fiecare circuit racordat la un D-C monobloc cu rol de SH*. De asemenea, sunt descrise armăturile și aparatura de măsură a unor presiuni diferențiale mici, necesare la aplicarea metodei debitului de tranzit calculat (*MDTC*), dispozitive care au costuri de achiziție mult mai mici față de cele utilizate la alte metode de reglare folosite în prezent. În final, se prezintă procedura de lucru completă pentru reglarea debitelor nominale utilizând *MDTC*.

În **capitolul 7** se abordează simularea numerică a reglării debitelor nominale pentru un exemplu de D-C monobloc, cu ajutorul programului ordinator denumit generic *REGDENOM*, având implementată procedura de lucru după *MDTC* pentru reglarea debitelor. Programul *REGDENOM* elaborat în limbaj de programare *C#*, cu o interfață comunicativă cu utilizatorul, afișează mesaje prin care acesta este îndrumat asupra operațiunilor care trebuie efectuate pentru reglarea circuitelor. Utilizatorul poate decide asupra gradului de precizie a reglajului, prin compararea debitelor de tranzit calculate cu valorile nominale teoretice precizate în proiect. La finalizarea reglajelor programul listează un tabel centralizator cu debitul de tranzit calculat la fiecărei manevră de modificare a caracteristicii debit-presiune pentru toate circuitele cazanelor și consumatorilor. Programul poate fi folosit pentru oricare variantă constructivă de D-C monobloc cu rol de SH.

În **capitolul 8** se expun concluziile, contribuțiile personale și direcțiile viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse.

CONCLUZII, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE VIITOARE

Concluzii

Elaborarea tezei are la bază studiile efectuate de autor pe parcursul ultimilor douăzeci de ani de activitate, asupra sistemelor de distribuție și livrare a agentului termic, în centralele de preparare a apei calde, cu puteri peste 100 kW.

În lucrare sunt prezentate 16 avantaje practice obținute, în urma folosirii conceptului elaborat inițial, de distribuitor-colector monobloc cu diafragmă de separare, în montaj singular sau cuplat cu o butelie de egalizare a presiunilor.

În urma dezvoltării acestui echipament de distribuție în conceptul de distribuitor-colector monobloc cu rol de separator hidraulic, au fost obținute încă 19 beneficii suplimentare, care sunt expuse în teză.

Contribuții personale

Principalele contribuții personale ale autorului pot fi sintetizate astfel:

- 01) elaborarea unei sinteze documentare asupra evoluției concepției și realizării distribuției agentului în centralele termice;

- 02) adoptarea unor soluții studiate și combinarea adecvată a acestora pentru îmbunătățirea sistemelor de distribuție a agentului termic, în centralele termice existente reabilitate;
- 03) elaborarea conceptului inițial de distribuitor-colector monobloc cu diafragmă orizontală de separare;
- 04) analiza comportamentului în exploatare al buteliilor clasice de egalizare a presiunilor;
- 05) cuplarea distribuitor-colectoarelor monobloc cu diafragmă de separare cu butelii clasice de egalizare a presiunilor;
- 06) optimizarea distribuitor-colectoarelor monobloc prin adăugarea funcțiunii suplimentare de separator hidraulic, prin care regimurile de funcționare ale cazanelor și consumatorilor devin independente; cu alte cuvinte, un singur echipament prezintă atât avantajele conceptului inițial de D-C monobloc, cât și cele ale unei butelii clasice de egalizare a presiunilor;
- 07) elaborarea altor trei concepte noi, prin care un D-C monobloc poate să aibă și rolul separatorului hidraulic;
- 08) introducerea și definirea noțiunilor de *debit de tranzit* și *debit nominal de tranzit*, la D-C cu rol de separator hidraulic; stabilirea relațiilor de calcul al debitului de tranzit pentru toate tipurile de distribuitor-colectoare propuse;
- 09) elaborarea unei soluții proprii de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor racordate la distribuitor-colectoarele propuse, pe baza *metodei debitului de tranzit calculat (MDTC)* și indicarea unei proceduri de lucru, prin care reglarea debitelor se poate efectua manual sau cu ajutorul unui program de calcul;
- 10) elaborarea programului de calcul *REGDENOM* în limbaj de programare C#, pentru reglarea debitelor nominale pe circuitele unui D-C monobloc cu rol de separator hidraulic, utilizând MDTC, printr-o interfață comunicativă cu utilizatorul;
- 11) propunerea unei soluții de automatizare minimală prin care fiecare pompă de circulație a unui cazan este comandată de un termostat de contact sau cu imersie, pentru eliminarea singurului dezavantaj al schemelor termohidraulice în care se utilizează D-C monobloc cu funcția de SH sau butelii de egalizare a presiunilor (posibilitatea creșterii cheltuielilor cu energia electrică de pompare, aferentă pompelor circuitelor cazanelor, ce funcționează continuu, iarnă/vară).

Direcții viitoare de cercetare și promovare a conceptelor propuse

Pentru perioada următoare, autorul dorește promovarea conceptelor propuse pentru distribuitor-colectoarele din centralele termice, precum și a noii metode de reglare a debitelor nominale pe circuitele cazanelor și consumatorilor, datorită multiplelor avantaje pe care le oferă aceste soluții, față de cele practicate în prezent. Acest lucru se va face prin publicarea unor articole și a unei cărți de sinteză, care se vor adresa proiectanților și executanților din domeniul instalațiilor în construcții, precum și investitorilor interesați de micșorarea cheltuielilor de exploatare a clădirilor.

O altă direcție de promovare a conceptelor propuse, constă în găsirea unor companii interesate de fabricarea uzinată a acestor confecții metalice.

La ora actuală tot mai multe clădiri sunt echipate cu diferite sisteme de climatizare. În domeniul "producerii frigului" problemele cele mai acute sunt cele legate de reducerea cheltuielilor de exploatare cu energia electrică. În majoritate, la clădirile foarte mari, "frigul" este asigurat prin folosirea ca agent termic a apei răcite în circuit închis. Autorul are ca deziderat viitor adaptarea conceptelor de distribuitor-colectoare și pentru situațiile în care aceste echipamente sunt folosite atât pentru apa caldă ca agent încălzitor cât și pentru apa rece utilizată în sistemele de climatizare ale clădirilor.

LISTA PUBLICAȚIILOR REZULTATE ÎN URMA TEZEI DE DOCTORAT

Rezultatele cercetării științifice efectuate au constituit subiectul următoarelor lucrări publicate (numerotate conform bibliografie teză) în:

volumele unor manifestări științifice (Proceedings) indexate ISI

[29] Sârbu, I. **Pelivan, D.** "Monoblock flow/return manifolds with separating diaphragm for heat carrier distribution in hot water boiler rooms", New Aspects of Fluid Mechanics Heat Transfer and Environment, Proceedings of the 8th IASME/WSEAS International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE'10), Taipei, Taiwan, August 20-22, 2010, pp. 97-101;

reviste indexate ISI

[32] Sârbu, I. **Pelivan, D.** "Optimization of monoblock flow/return manifolds for hot-water distribution in heating stations with nominal power over 100 kW", Metalurgia International, acceptată spre publicare, 2013;

volumele unor manifestări științifice (Proceedings) din străinătate

[22] **Pelivan, D.** Sârbu, I. "Monoblock flow/return manifold with separating diaphragm", Proceedings of the 15th International Conference on Building Services, Mechanical and Building Industry Days, Debrecen, Hungary, October 15-16, 2009, pp. 142-152;

reviste de specialitate din străinătate

[28] Sârbu, I. **Pelivan, D.** "Optimization of heat carrier distribution system in thermal power stations", International Journal of Energy, vol. 3, no. 3, 2009, pp. 43-50.

De asemenea autorul a elaborat și realizat peste 40 de proiecte execuție ale unor centrale și puncte termice pentru producerea apei calde ca agent încălzitor, cu puteri termice instalate cuprinse între 100-3000 kW, la care s-au folosit conceptele de distribuitor-colectoare monobloc propuse și descrise în teza de doctorat. Toate lucrările proiectate au fost realizate și practic, la beneficiarii acestora, majoritatea permițând accesul la locații pentru urmărirea modului de funcționare în exploatarea ulterioară. Acest lucru a creat autorului facilitatea efectuării cercetării sale științifice pe o perioadă îndelungată a activității.