

Instalatii de incalzire centrala. Reglajul termic calitativ centralizat

Central heating installations. Centralized quality heat setting

Prof. dr. ing. Florin Iordache – UTCB-FII, Romania

Rezumat

Pornind de la bilanturile termice ale instalatiei de incalzire centrala si ale cladirii alimentate cu caldura se stabilesc relatiile de reglaj termic calitativ centralizat, adica relatiile care fac corelatia dintre temperaturile agentului termic vehiculat in instalatia de incalzire si temperatura exterioara. Se descrie si procedura iterativa de lucru pentru determinarea practica a valorilor temperaturilor de agent termic.

Rezultatele obtinute se prezinta si grafic pentru anumite cazuri in care conditiile de dimensionare a instalatiilor de incalzire centrala sunt diferite. De asemenea se discuta si o serie de situatii privind consecintele nerespectarii graficelor de reglaj termic calitativ centralizat.

Abstract

Starting from the thermal balance of the central heating systems and the supplied building with thermal energy, I have established relationships between hot water temperature and the outside temperature. These relationships make the correlation between hot water temperatures circulated to the heating system and outside temperature. It is also describes the iterative procedure for determining practice working in heating system

The results are presented graphically for certain cases in which the conditions for of central heating systems are different. Also discuss a series of statements on the consequences of failure graphs centralized control heat.

1. Introducere

Dupa cum este cunoscut foarte bine, dimensionarea instalatiilor de incalzire centrala are la baza respectarea a 2 conditii : asigurarea necesarului de caldura de calcul al cladirii pentru conditiile nominale de temperatura exterioara, cu respectarea valorilor de calcul ale temperaturilor nominale ale agentului termic pe care proiectantul si le fixeaza. Rezultatul dimensionarii instalatiei de incalzire centrala consta pe de-o parte in stabilirea suprafetei de incalzire iar pe de alta parte in stabilirea debitului nominal de agent termic vehiculat prin instalatie.

Odata stabilite cele 2 marimi de baza ale instalatiei de incalzire, suprafata si debitul nominal urmeaza ca aceasta instalatie sa deserveasca consumatorul pe toata perioada sezonului rece al anului, adica cu instalatia existenta sa se asigure necesarul curent de energie termica al consumatorului. Intrucat acest necesar curent de putere termica al consumatorului este variabil in timpul sezonului rece, datorita variatiei temperaturii exterioare, si instalatia de incalzire centrala va trebui sa livreze catre

cladire o putere termica variabila, egala cu acest necesar de caldura, astfel incat temperatura interioara sa se mentina pe valoarea de confort termic.

Reglarea puterii termice furnizate de catre instalatia de incalzire centrala se poate face in 2 feluri : prin reglarea temperaturii agentului termic (reglaj calitativ) sau prin reglarea debitului de agent termic vehiculat prin instalatia de incalzire (reglaj cantitativ). Reglajul termica calitativ este reglajul termic care se practica in mod obisnuit in instalatiile de incalzire cetrala din Romania, in timp ce reglajul termic cantitativ este mai putin intalnit si intotdeauna in asociatie cu reglajul calitaiv ceea ce conduce de fapt la un reglaj mixt centralizat.

In lucrarea de fata se urmareste stabilirea practica a reglajului termic calitativ, adica a corelatiei care trebuie sa existe intre temperatura agentului termic si temperatura exterioara astfel incat in permanenta sa se asigure in spatiul interior incalzit temperatura de confort termic.

2. Stabilirea relatiilor de reglaj termic calitativ centralizat

Asa cum s-a mentionat, la baza dimensionarii unei instalatii de incalzire centrala sta bilantul termic in regim stationar, nominal al cladirii si instalatiei de incalzire :

$$\Phi_0 = G_0 \cdot (\rho c) \cdot (t_{T0} - t_{R0}) = k_0 \cdot S \cdot (t_{ml0} - t_{i0}) = k_0 \cdot S \cdot \Delta t_{ml0} \quad (1)$$

Rezulta :

$$S = \frac{\Phi_0}{k_0 \cdot \Delta t_{ml0}} \quad (2)$$

$$G_0 = \frac{\Phi_0}{(\rho c) \cdot (t_{T0} - t_{R0})}$$

Necesarul de caldura de calcul al cladirii se stabileste conform SR-1907.

In continuare, in vederea stabilirii curbilor de reglaj termic calitativ, se va apela la bilantul termic curent in regim stationar, al instalatiei de incalzire centrala :

$$\Phi = G_0 \cdot (\rho c) \cdot (t_T - t_R) = k \cdot S \cdot (t_{ml} - t_i) = k \cdot S \cdot \Delta t_{ml} \quad (3)$$

Cum :

$$\Delta t_{ml} = \frac{t_T - t_R}{\ln \frac{t_T - t_{i0}}{t_R - t_{i0}}} \quad (4)$$

Rezulta daca inlocuim relatia (4) in (3), si facem cateva prelucrari (vezi [1]) :

$$t_R = E \cdot t_T + (1 - E) \cdot t_{i0} \quad (5)$$

Unde

$$\frac{t_R - t_i}{t_T - t_i} = E = \exp(-NTU) \quad (6)$$

$$NTU = \frac{kS}{G_0 \cdot \rho c} :$$

Relatiile (5) si (6) permit exprimarea puterii termice pierdute de agentul termic vehiculat prin instalatia de incalzire centrala sub forma :

$$\Phi = G_0 \cdot (\rho c) \cdot (t_T - t_R) = G_0 \cdot (1 - E) \cdot (\rho c) \cdot (t_T - t_{i0}) \quad (7)$$

Si a puterii termice transferate prin suprafata de incalzire sub forma :

$$\Phi = k \cdot S \cdot (t_{ml} - t_i) = k \cdot S \cdot F \cdot (t_T - t_{i0}) \quad (8)$$

Unde :

$$F = \frac{1 - E}{-\ln E} \quad (9)$$

In continuare se va include in cadrul acestui bilant termic si necesarul curent de caldura aferent cladirii care se va exprima ca fiind produsul dintre factorul de cuplaj termic transmisie-ventilatie si diferenta de potentiale termice interior – exterior :

$$\Phi = G_0 \cdot (1 - E) \cdot (\rho c) \cdot (t_T - t_{i0}) = k \cdot S \cdot F \cdot (t_T - t_{i0}) = H \cdot (t_{i0} - t_e) \quad (10)$$

Trebuie spus ca in bilantul termic complet in care se considera si fluxul termic disipat de cladirea incalzita, nu se ia in considerare si aporturile interne si externe gratuite. In acest fel puterea termica furnizata de instalatia de incalzire centrala, trebuie sa acopere in totalitate fluxul termic disipat de cladire si in acest fel temperatura agentului termic va fi mai mare decat cea de care va avea nevoie efectiv cladirea cand va fi utilizata.

Daca din ecuatia de bilant termic pusa sub forma relatiei (10) utilizam egalitatea termenilor 2 si 4 rezulta expresia cautata a temperaturii de tur a agentului termic. Astfel relatiile :

$$\begin{aligned} G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E) \cdot (t_T - t_{i0}) &= H \cdot (t_{i0} - t_e) \\ t_R &= E \cdot t_T + (1-E) \cdot t_{i0} \end{aligned} \quad (11)$$

Conduc la expresiile curbelor de reglaj termica calitativ centralizat :

$$\begin{aligned} t_T &= \left(1 + \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E)} \right) \cdot t_{i0} - \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E)} \cdot t_e \\ t_R &= \left(1 + \frac{E \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E)} \right) \cdot t_{i0} - \frac{E \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E)} \cdot t_e \end{aligned} \quad (12)$$

La prima vedere am putea spune ca graficele temperaturii de tur si temperaturii de retur a agentului termic sunt conform curbelor de reglaj termic calitativ, niste drepte descrescatoare in functie de temperatura exterioara. Lucrurile nu stau insa chiar asa, intrucat modulul termic al instalatiei de incalzire, E, contine in structura sa coeficientul global de transfer termic al instalatiei de incalzire, care dupa cum este cunoscut, depinde la randul sau de diferenta medie logaritmica de temperatura conform relatiei :

$$\frac{k}{k_0} = \left(\frac{\Delta t_{ml}}{\Delta t_{ml0}} \right)^{0.3} \quad (13)$$

In consecinta modulul termic, E, al instalatiei de incalzire se poate scrie :

$$\begin{aligned} E &= \exp(-NTU) = \exp\left(-\frac{kS}{G_0 \cdot \rho c}\right) = \\ &= \exp\left(-\frac{k_0 S}{G_0 \cdot \rho c} \cdot \frac{k}{k_0}\right) = E_0^{k/k_0} \end{aligned} \quad (14)$$

Unde :

$$E_0 = \exp(-NTU_0) = \exp\left(-\frac{k_0 S}{G_0 \cdot \rho c}\right) \quad (15)$$

Prelucrând relatiile (12) de maniera aducerii lor la o forma cat mai operativa se obtine :

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left(1 + \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \right) \cdot t_{i0} - \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} t_e \\
 t_R &= \left(1 + \frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} t_e
 \end{aligned} \quad (16)$$

Punand sub aceasta forma relatiile de reglaj termic calitativ se observa ca in conditii nominale acestea devin :

$$\begin{aligned}
 t_{T0} &= \left(1 + \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \right) \cdot t_{i0} - \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot t_{e0} \\
 t_{R0} &= \left(1 + \frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \right) \cdot t_{i0} - \frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} \cdot t_{e0}
 \end{aligned} \quad (17)$$

Din relatia (17₁) se observa ca grupul :

$$\frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1 - E_0)} = \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \quad (18)$$

Si conform relatiei (112) avem :

$$E_0 = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}} \quad (19)$$

Inlocuind expresiile coeficientilor obtinute in relatiile (18) si (19) in functie de rapoartele diferentelor de temperaturi nominale in expresiile curbelor de reglaj termic calitativ (16), acestea devin :

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left(1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} t_e \\
 t_R &= \left(1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} t_e
 \end{aligned} \quad (20)$$

Relatiile (20) reprezinta forma operativa a relatiilor de reglaj termic calitativ centralizata in care trebuie sa se tina seama si de relatiile (21) care au fost mentionate mai inainte :

$$\frac{k}{k_0} = \left(\frac{\Delta t_{ml}}{\Delta t_{ml0}} \right)^{0.3}$$

$$E = E_0^{k/k_0} \quad (21)$$

Stabilirea efectiva a curbilor de reglaj termic calitativ presupune utilizarea relatiilor (20) printr-un procedeu iterativ in care se reactualizeaza ciclic valoarea modului termic al instalatiei de incalzire, pornind initial cu $E = E_0$. Iteratia va inceta in momentul in care $|\delta k| < \text{eroarea considerata}$. Mai concret se procedeaza astfel:

- Se considera $E = E_0$ si se determina cu relatiile (20) temperaturile t_T si t_R de prima iteratie;
- Se determina valoarea diferentei medii logaritmice de temperatura pentru instalatia de incalzire utilizand relatia (4);
- Se determina valoarea raportului k/k_0 utilizand relatia (211) si in continuare valoarea modului termic al instalatiei de incalzire, E , utilizand relatia (212);
- Se recalculeaza valorile temperaturilor agentului termic la intrarea si iesirea din instalatia de incalzire utilizand relatiile (20) cu valoarea obtinuta pentru modulul termic E ; s.a.m.d. pana cand variatia coeficientului global de transfer termic, k , al instalatiei de incalzire centrala scade sub o eroare admisibila considerata.

Studiu de caz cu rezultate numerice si grafice :

$$t_{e0} = -15^\circ\text{C}; t_{i0} = 20^\circ\text{C}; t_{T0} = 90^\circ\text{C} \quad t_{R0} = 70^\circ\text{C}$$

Tabel 1

t_e ($^\circ\text{C}$)	t_{T1} ($^\circ\text{C}$)	t_{R1} ($^\circ\text{C}$)	Δt_{ml} ($^\circ\text{C}$)	k/k_0	E	t_T ($^\circ\text{C}$)	t_R ($^\circ\text{C}$)
-15	90	70.00	59.44	1.00	0.71	90.00	70.00
-10	80	62.86	52.79	0.97	0.72	81.83	64.69
-5	70	55.71	45.89	0.93	0.73	73.40	59.11
0	60	48.57	38.65	0.88	0.74	64.64	53.22
5	50	41.43	30.98	0.82	0.76	55.46	46.89
10	40	34.29	22.68	0.75	0.78	45.65	39.94
15	30	27.14	13.30	0.64	0.81	34.78	31.93

In tabelul 1 coloanele colorate cu galben reprezinta varianta graficelor de reglaj termic calitativ obtinute in ipoteza in care nu se tine seama de modificarea coeficientului global de transfer termic in functie de temperaturile agentului termic la bransamentul instalatiei de incalzire centrala, iar coloanele colorate cu verde

reprezinta varianta graficelor de reglaj termic calitativ obtinute in ipoteza in care se tine seama de modificarea coeficientului global de transfer termic in functie de temperaturile agentului termic la bransamentul instalatiei de incalzire centrala.

Rezultatele prezentate numeric in tabelul 1 sunt prezentate grafic in figura 1 unde se observa curbura care apare in cazul considerarii corelatiei dintre coeficientul global de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala si temperaturile agentului termic la bransamentul instalatiei de incalzire centrala.

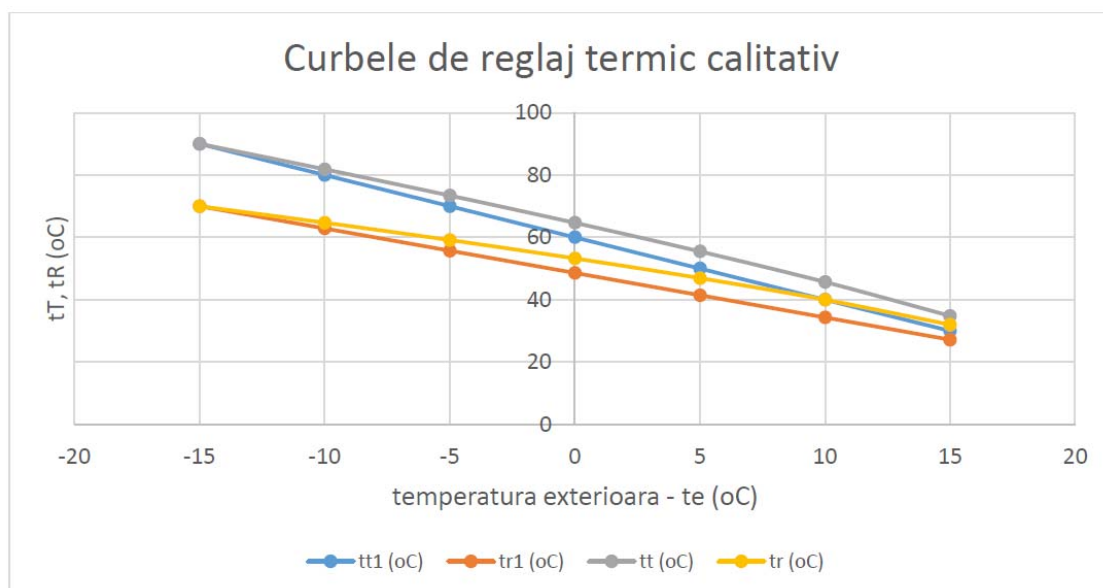


Fig.1

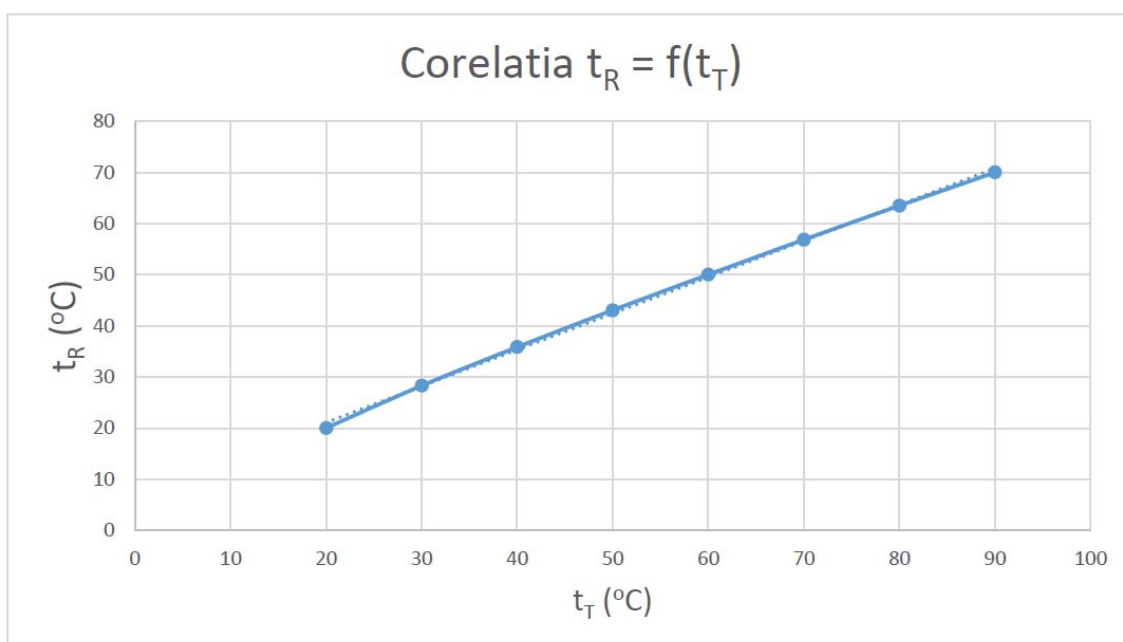


Fig.2

In fig. 2 se prezinta grafic corelatia dintre temperatura de retur si temperatura de tur a agentului termic la bransamentul instalatiei de incalzire centrala. O astfel de corelatie este importanta in general pentru verificarea corectitudinii alimentarii centralizate cu caldura a consumatorilor din mediul urban.

In fig. 3, 4 si 5, care urmeaza. se prezinta graficele de reglaj termic calitativ centralizat in diferite ipoteze de dimensionare in ceea ce priveste valorile nominale ale temperaturilor agentului termic la bransamentul instalatiei de incalzire centrala. A treia curba din fiecare din graficele 3, 4 si 5 reprezinta raportul dintre puterea termica curenta si puterea termica nominala si trebuie citita pe ordonata din partea dreapta a graficului.

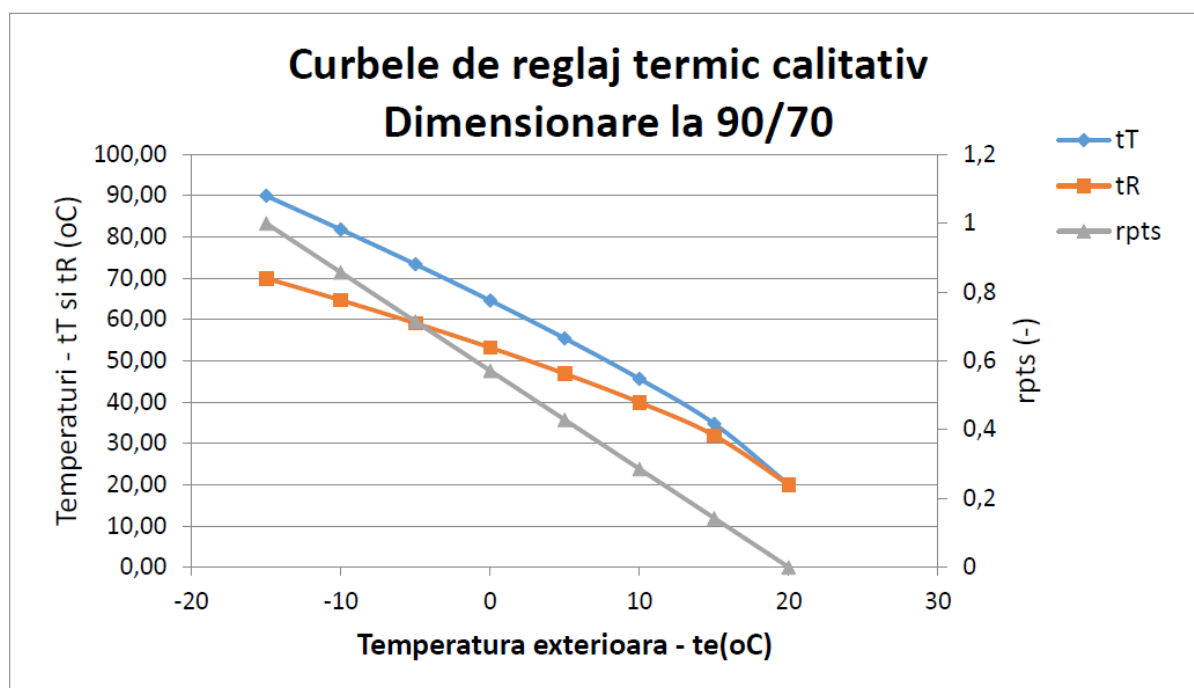


Fig.3

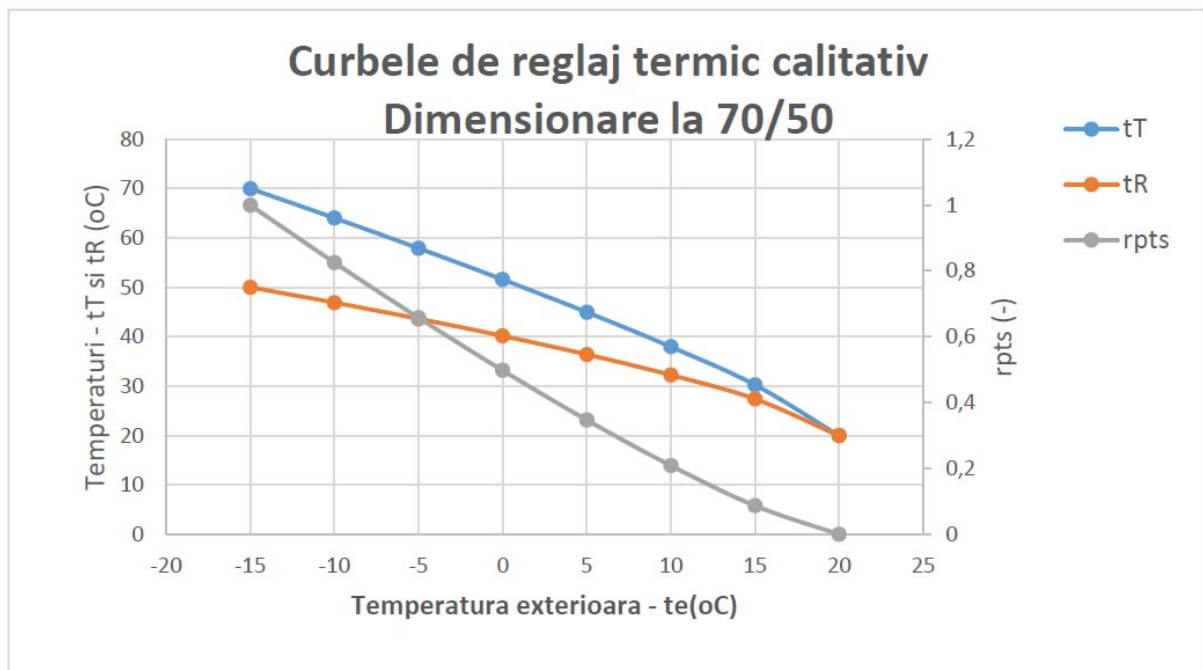


Fig.4

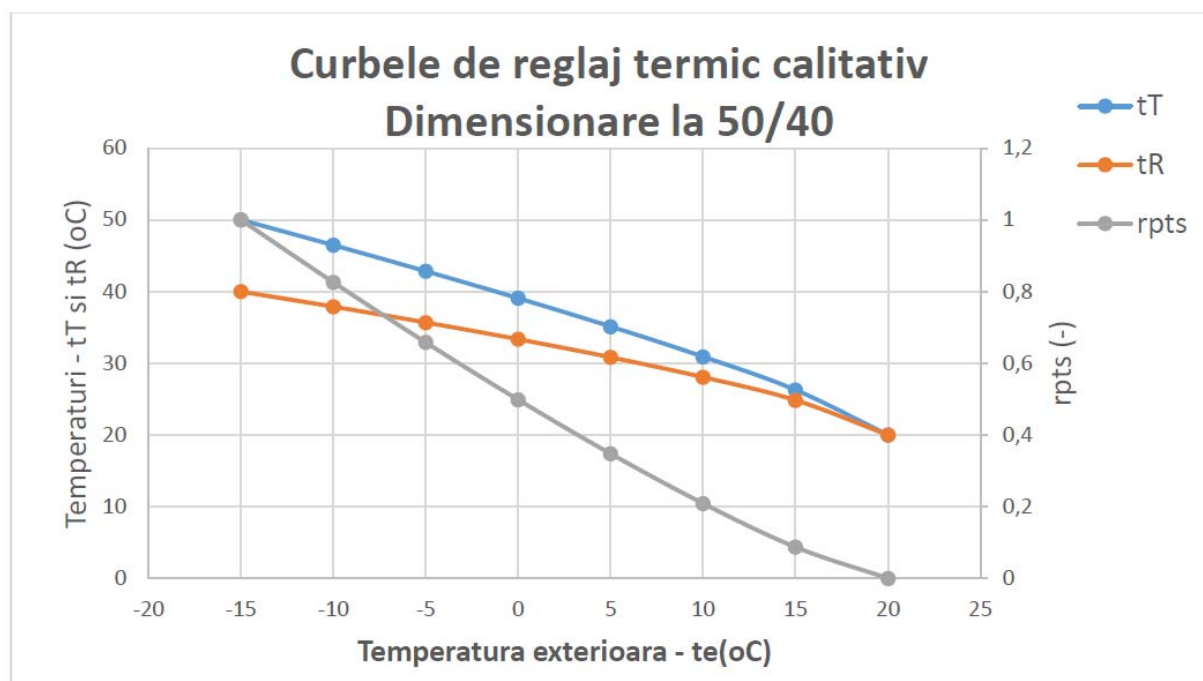


Fig.5

3. Discutii privind nerespectarea curbelor de reglaj calitativ

O prima problema care se poate pune in mod firesc este: ce se intampla in situatia in care nu este respectat graficul de reglaj termic calitativ. Raspunsul la aceasta intrebare se va da tot in ipoteza in care nu se iau in considerare aporturile

gratuite interne si externe. Daca temperatura de intrare a agentului termic in instalatia de incalzire nu este conforma graficului de reglaj termic calitativ atunci in relatiile (20) necunoscutele vor fi temperatura interioara si temperatura agentului termic la iesirea din instalatia de incalzire. Din relatia (20₁) se obtine imediat valoarea lui t_i iar din relatia (20₂) se calculeaza valoarea lui t_r . Si in acest caz trebuie sa avem in vedere procedura de calcul iterativ dupa valoarea coeficientului global de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala.

O a doua problema care se poate pune este cea aferenta situatiei blocurilor reabilitate termic, in care suprafata de incalzire a ramas neschimbata iar reglajul termic calitativ se face in conformitate cu blocurile alaturate, racordate la aceeasi retea de distributie si care sunt nereabilitate. Se poate spune ca, pentru cladirea reabilitata se furnizeaza un agent termic cu o temperatura prea ridicata. Se pune intrebarea pe de o parte care sunt consecintele in cladirea reabilitata si care ar trebui sa fie curbele adecvate de reglaj termic pantru cladirea reabilitata.

Raspunsul la cele 2 intrebari formulate mai inainte poate fi dat destul de usor daca apelam la forma extinsa a expresiilor de reglaj termic calitativ, prin adugarea factorului de reabilitare termica :

$$\begin{aligned} t_T &= \left(1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \cdot \frac{H}{H_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{1 - E_0}{1 - E} \cdot \frac{H}{H_0} t_e \\ t_R &= \left(1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \cdot \frac{H}{H_0} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0) \cdot E}{(1 - E) \cdot E_0} \cdot \frac{H}{H_0} t_e \end{aligned} \quad (22)$$

In relatiile (22). raportul H/H_0 a fost denumit factor de reabilitare, unde H este factorul de cuplaj termic transmisie-ventilatie rezultat dupa reabilitarea termica iar H_0 este factorul de cuplaj termic transmisie-ventilatie rezultat inainte de reabilitarea termica.

Raspunsul la prima intrebare consta in rezolvarea iterativa a ecuatiei (22₁), necunoscuta fiind t_{i0} . Urmeaza in continuare determinarea lui t_R din relatia (22₂), cu t_{i0} de acum stabilit. Raspunsul la a doua intrebare presupune rezolvarea iterativa a sistemului reprezentat de relatiile (22) in care insa necunoscutele sunt t_T si t_R , t_{i0} fiind fixat pe valoarea de confort termic.

4. Concluzii

Reglaj termic calitativ centralizat prezentat in cadrul lucrarii de fata se refera la cladirile dotate cu instalatii de incalzire centrala si centrale termice proprii sau la cladiri racordate la sistemul de alimentare centralizata cu caldura compus din termocentrale retele termice primare (de transport) puncte termice si retele secundare (de distributie). Relatiile stabilite pentru reglajul termic calitativ centralizat se refera la

circuitul care include instalatiile de incalzire centrala. In cazul alimentarii centralizate cu caldura este insa necesar a se stabili insa si relatiile de reglaj termic calitativ corespunzatoare pentru circuitul primar corespunzator agentului termic din reseaua de transport. Pentru aceasta trebuie sa se apeleze la relatiile de bilant termic in regim stationar corespunzatoare schimbatoarelor de caldura din statiile de transformare (punctele termice). Pentru legatura dintre temperaturile agentului termic din circuitul primar si cel din circuitul secundar se poate consulta [1].

Un alt aspect important este legat de faptul ca in sistemele de termoficare temperatura agentului termic livrat in circuitul instalatiei de incalzire centrala trebuie sa tina seama de o temperatura exterioara prezisa pentru o perioada de timp ce urmeaza, de cca. 6h. In consecinta exista o procedura de elaborare a temperaturii exterioare pe urmatorul interval de timp, functie de evolutia temperaturii exterioare in ziua sau zilele precedente, care va fi luata in calcul.

Se mentioneaza inca o data ca la stabilirea temperaturilor de reglaj termic calitativ nu tine seama de aporturile gratuite de caldura interne sau externe, astfel incat se poate spune ca instalatia de incalzire va face fata asigurarii confortului termic interior, asigurand chiar o temperatura interioara superioara. Scaderea temperaturii interioare se poate face printr-un reglaj cantitativ local cu robineti termostatici pe corpurile de incalzire.

Lista de Notatii

t_{i0} – temperatura interioara nominala, °C;
 t_i – temperatura interioara curenta, °C;
 t_{e0} – temperatura exterioara nominala, °C;
 t_e – temperatura exterioara curenta, °C;
 t_{T0} – temperatura nominala a agentului termic pe tur, °C;
 t_T – temperatura curenta agent termic, pe tur, °C;
 t_{R0} – temperatura nominala a agentului termic pe retur, °C;
 t_R – temperatura curenta agent termic, pe retur, °C;
 t_{ml0} – temperatura medie logaritmica nominala pe instalatia de incalzire centrala, °C;
 Δt_{ml0} – diferenta medie logaritmica de temperatura nominala, pe instalatia de incalzire centrala, °C;
 Δt_{ml} – diferenta medie logaritmica de temperatura, pe instalatia de incalzire centrala, °C;
 G_0 – valoarea nominala a debitului de agent termic, m³/s;
 G – valoarea curenta a debitului de agent termic, m³/s;
 Φ_0 – necesarul de caldura nominal al consumatorului, W;
 Φ – necesarul curent de caldura al consumatorului, W;
 k_0 – valoarea nominala a coeficientului global de transfer termic al instalatiei de incalzire centrala, W/m².K;

k – valoarea curentă a coeficientului global de transfer termic al instalației de încălzire centrală, $W/m^2.K$;

S – suprafața instalației de încălzire centrală, m^2 ;

H – factorul de cuplaj termic transmisie-ventilație al clădirii încălzite, W/K ;

NTU – numărul de unități de transfer termic al instalației de încălzire centrală, -;

E – modulul termic al instalației de încălzire centrală, -;

Bibliografie

1. Florin Iordache – Comportamentul dinamic al echipamentelor și sistemelor termice – ed. Matrixrom, 2008, București;
2. Vlad Iordache – Instalații interioare de încălzire cu agent termic apă caldă – ed. Matrixrom, 2013, București;
3. Sorin Burchiu – Curs instalații de încălzire – ed. Conspress, 2009, București;
4. Rodica Frunzulica – Indrumator de proiectare pentru sisteme de alimentare centralizată cu energie termică – ed. Conspress, 2009, București;