

# Reglajul termic mixt (cantitativ-calitativ)

## Mixed thermal regulation (quantitative-qualitative)

Florin Iordache

Universitatea Tehnică de Construcții București  
Bd. Lacul Tei nr. 122 - 124, cod 020396, Sector 2, București, România  
E-mail: fliord@yahoo.com

DOI:10.37789/rjce.2020.11.2.7

**Rezumat.** Lucrarea are ca obiectiv descrierea problemei reglării puterii termice într-o instalație de încălzire centrală printr-o combinație secvențială de reglaj termic cantitativ (de debit de agent termic) cu reglaj termic calitativ (de temperatura a agentului termic). Se prezintă relațiile de reglaj termic generale pe baza cărora se stabilește posibilitatea combinării celor două tipuri de reglaj termic. Reglajul termic cantitativ se efectuează până la diminuarea debitului de agent termic cu cel mult 50% din valoarea nominală. Rezultatul obținut este prezentat grafic și comentat.

**Cuvinte cheie:** reglaj termic, agent termic

**Abstract.** The objective of the paper is to describe the problem of regulating the thermal power in a central heating installation through a sequential combination of quantitative thermal adjustment (flow of thermal agent) with qualitative thermal adjustment (temperature of the thermal agent). The general thermal adjustment relationships are presented based on which the possibility of combining the two types of thermal adjustment is established. The quantitative thermal adjustment is performed until the thermal agent flow is reduced by a maximum of 50% of the nominal value. The result obtained is presented graphically and commented.

**Keywords:** thermal regulation, thermal agent

### 1. Introducere

După cum este cunoscut reglajul puterii termice în cadrul instalațiilor de încălzire centrală din România este în general un reglaj termic de tip calitativ, adică un reglaj al temperaturii agentului termic la intrarea în instalația de încălzire. Acest lucru este justificat și datorită principiilor considerate la dimensionarea sistemului de conducte care alimentează suprafața de încălzire a instalației. O alternativă viabilă este însă și aceea a unui reglaj termic mixt (cantitativ-calitativ). Totuși reducerea puterii termice emise de suprafața instalației de încălzire centrală prin reducerea debitului de agent termic este o operațiune mai delicată. Aceasta se datorează faptului că pot apărea probleme legate de stabilitatea hidraulică a instalației de încălzire, mai precis de scădere uniformă a debitelor în toate corpurile de încălzire ale instalației. Accentuarea

neuniformitatii gradului de scadere al debitelor de agent termic odata cu scaderea debitului total creste cu cat scaderea debitului total este mai pronuntata. In consecinta s-a impus ca reglajul cantitativ sa nu conduca la o scadere a debitului total sub 50% din debitul nominal. In situatia in care se ajunge la limita impusa de 50% din debitul de agent termic nominal puterea termica necesara se va asigura prin revenirea debitului de agent termic la valoarea nominala si scaderea temperaturii agentului termic la valoarea rezultata din aplicarea reglajului termic calitativ, adica prin reducerea corespunzatoare a temperaturii agentului termic. Reglajul termic mixt se aplica in sistemele de incalzire districtuala din europa de vest.

## 2. Stabilirea relatiilor de reglaj termic cantitativ-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

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

$$NTU = \frac{kS}{G_0 \cdot \rho c} \quad (6)$$

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 capacitatea de transfer termic a cladirii (trasmisie + 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 iau 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 astfel temperatura agentului termic va fi putin mai mare decat cea de care va avea nevoie efectiv cladirea cand va fi utilizata.

In vederea stabilirii expresiilor curbelor de reglaj termic centralizat se va apela la forma generala ecuatiei de bilant termic instalatie de incalzire – cladire :

$$G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1 - E) \cdot (t_T - t_{i0}) = H \cdot (t_{i0} - t_e)$$

iar :

$$t_R = E \cdot t_T + (1 - E) \cdot t_{i0} \quad (11)$$

Din (11) rezulta :

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left( 1 + \frac{H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} \right) \cdot t_i - \frac{H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} \cdot t_e \\
 t_R &= \left( 1 + \frac{E \cdot H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} \right) \cdot t_i - \frac{E \cdot H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} \cdot t_e
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Cum insa :

$$\begin{aligned}
 \frac{H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} &= \frac{H}{G_0 \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E_0)} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{G_0}{G} \\
 \frac{E \cdot H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} &= \frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E_0)} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{G_0}{G}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Iar din relatiile (11) aplicate in regim nominal avem :

$$\begin{aligned}
 \frac{H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E_0)} &= \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \\
 E_0 &= \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{T0} - t_{i0}}
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

De unde :

$$\frac{E_0 \cdot H}{G_0 \cdot (\rho c) \cdot (1-E_0)} = \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}}
 \tag{15}$$

In consecinta relatiile (13) devin :

$$\begin{aligned}
 \frac{H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} &= \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{G_0}{G} \\
 \frac{E \cdot H}{G \cdot (\rho \cdot c) \cdot (1-E)} &= \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{G_0}{G}
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

In continuare inlocuind (16) in (12) rezulta :

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left( 1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{G_0}{G} \right) \cdot t_i - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{G_0}{G} \cdot t_e \\
 t_R &= \left( 1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{G_0}{G} \right) \cdot t_i - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1-E_0)}{(1-E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{G_0}{G} \cdot t_e
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Sau daca se face apel la debitul specific a agent termic prin instalatia de incalzire rezulta forma generala:

$$\begin{aligned}
 t_T &= \left( 1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{a_0}{a} \right) \cdot t_i - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{a_0}{a} \cdot t_e \\
 t_R &= \left( 1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{a_0}{a} \right) \cdot t_i - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{a_0}{a} \cdot t_e
 \end{aligned} \tag{18}$$

La prima vedere se poate spune ca graficele temperaturii de tur si temperaturii de retur a agentului termic sunt 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 :

$$\frac{k}{k_0} = \left( \frac{\Delta t_{ml}}{\Delta t_{ml0}} \right)^{0.3} \tag{19}$$

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

$$\begin{aligned}
 E &= \exp(-NTU) = \exp\left(-\frac{kS}{G \cdot \rho \cdot c}\right) = \\
 &= \exp\left(-\frac{k_0 S}{G_0 \cdot \rho \cdot c} \cdot \frac{k}{k_0} \cdot \frac{G_0}{G}\right) = E_0^{\frac{k/k_0}{G/G_0}} = E_0^{\frac{k/k_0}{a/a_0}}
 \end{aligned} \tag{20}$$

Unde :

$$E_0 = \exp(-NTU_0) = \exp\left(-\frac{k_0 \cdot S}{G_0 \cdot \rho \cdot c}\right) \tag{21}$$

Elaborarea curbilor de reglaj termic calitativ centralizat se face in conditiile respectarii debitelor de agent termic nominale ceea ce inseamna sa consideram  $a = a_0$ . Astfel, daca raportul  $a/a_0 = 1$ , relatiile (18) iau in final forma operativa a relatiilor de reglaj termic calitativ centralizat :

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

In relatiile (22) trebuie sa se tina seama si de expresia modului termic al instalatiei de incalzire,  $E$ , in cazul  $a/a_0 = 1$ , adica :

$$E = E_0^{k/k_0} \tag{23}$$

Daca relatiile (22) reprezinta expresiile curbelor de reglaj termic calitativ, pentru stabilirea reglajului termic cantitativ se va utiliza forma generala a relatiilor de reglaj termic mixt (cantitativ-calitativ) rezultata din relatiile generale (18) pentru  $t_i = t_{i0}$ :

$$\begin{aligned}
t_T &= \left( 1 + \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{a_0}{a} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{T0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{a_0}{a} \cdot t_e \\
t_R &= \left( 1 + \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{a_0}{a} \right) \cdot t_{i0} - \frac{t_{R0} - t_{i0}}{t_{i0} - t_{e0}} \cdot \frac{(1 - E_0)}{(1 - E)} \cdot \frac{E}{E_0} \cdot \frac{a_0}{a} \cdot t_e
\end{aligned} \tag{24}$$

Rezolvarea efectiva a problemelor de reglaj termic cantitativ presupune urmarirea comportamentului grupului  $(1 - E) \cdot \frac{a}{a_0}$  la variatii ale raportului  $a/a_0$ .

Controlul asupra grupului  $(1 - E) \cdot \frac{a}{a_0}$  implica evaluarea atat a temperaturilor de tur si retur ale agentului termic cu utilizarea expresiilor :

$$\begin{aligned}
E &= E_0^{\frac{k/k_0}{a/a_0}} \\
\frac{k}{k_0} &= \left( \frac{\Delta t_{ml}}{\Delta t_{ml0}} \right)^{0.3}
\end{aligned} \tag{25}$$

Reglajul termic mixt presupune lucrul in 2 etape, etapa 1 este etapa de identificare a temperaturilor exterioare limita pentru care  $a/a_0 = 0.5$  la o temperatura de tur data. Etapa a doua va fi de a gasi valorile  $a/a_0$  pentru diverse valori de temperaturi exterioare superioare valorii limita, insa pana la  $a/a_0 = 1.0$ .

Reglajul termic mixt (cantitativ-calitativ)

In fig. 1 se prezinta graficul reglajului termic calitativ, grafic care trebuie asociat cu graficul corespunzator de reglaj termic cantitativ prezentat in fig. 2.

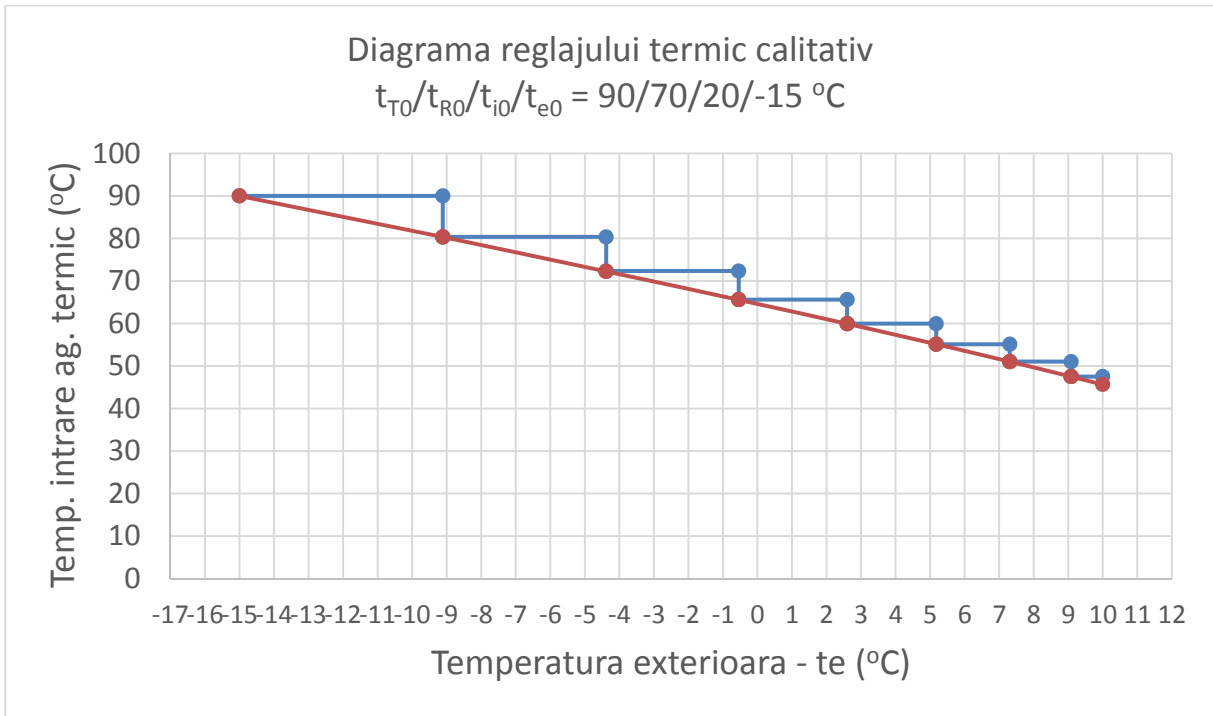


Fig. 1

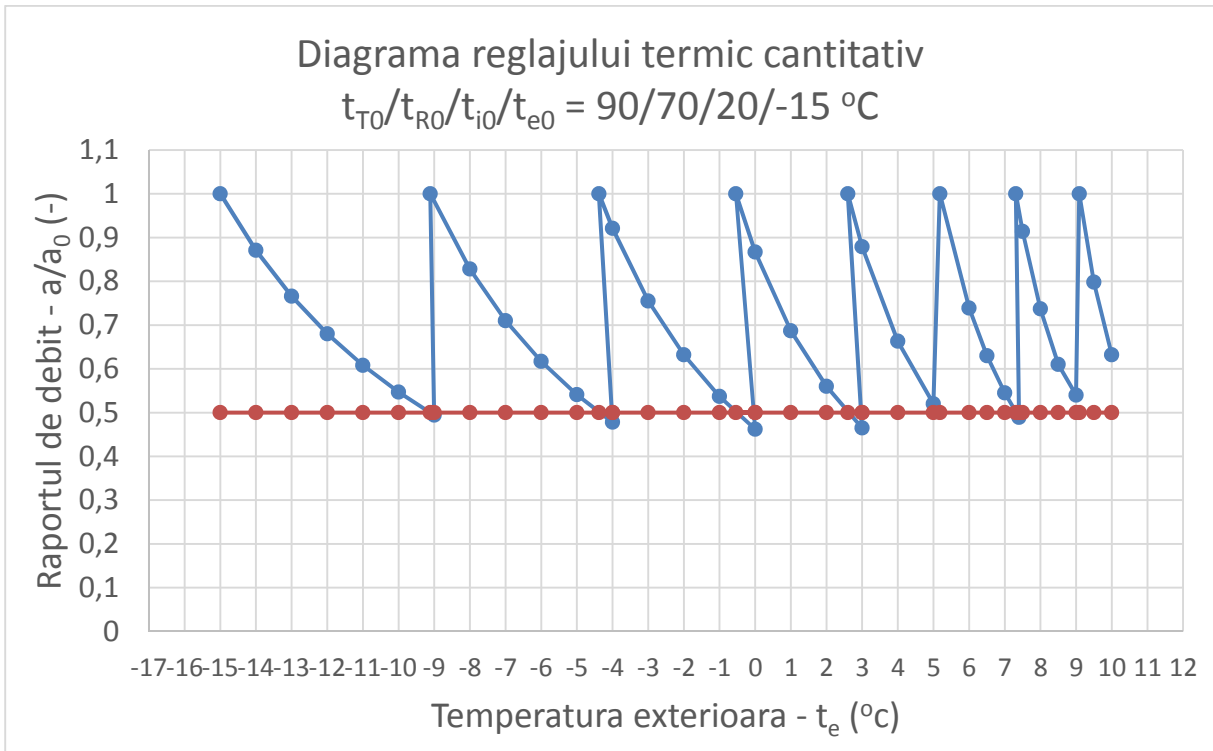


Fig. 2

Citirea celor 2 diagrame trebuie facuta in felul urmator : astfel in fig. 1, corespunzatoare reglajului termic calitativ, in cadrul intervalului de temperaturi exterioare  $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$  si  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  temperatura de tur a agentului termic se mentine pe valoarea de  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  (linia albastra) corespunzatoare temperaturii exterioare de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dat fiind insa ca temperatura exterioara efectiva este mai mare decat  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  dar mai mica decat  $9\text{ }^{\circ}\text{C}$  va trebui sa se diminueze puterea termica prin diminuarea debitului de agent termic. Valoarea efectiva a debitului de agent termic se stabileste conform diagramei din fig. 2 urmarind linia albastra si asa mai departe in continuare. Se observa cum lungimea intervalelor de temperatura exterioara pe care se mentine constanta temperatura de tur a agentului termic se diminueaza cu cat se intra in zonele de temperatura exterioara mai mare. S-a cautat, asa cum s-a mentionat de la inceput, ca debitul total de agent termic sa nu scada sub 50% din valoarea debitului nominal.

### 3. Concluzii

Reglajul termic mixt centralizat (cantitativ-calitativ) reprezinta o solutie posibila de reglare a puterii termice necesar a fi emisa de catre instalatia de incalzire catre spatiile incalzite ale cladirii. In cadrul acestui tip de reglaj termic centralizat se modifica atat temperatura de tur a agentului termic cat si debitul de agent termic, cei 2 parametri trebuind sa fie bine corelati conform celor prezentate in lucrare. Dupa cum s-a prezentat, temperatura agentului termic variaza pe parcursul sezonului de incalzire in trepte de valori constante, iar in cadrul intervalelor de temperatura exterioara in care temperatura agentului termic se netine constanta se modifica debitul de agent termic in mod corespunzator conform graficului de reglaj cantitativ asociat celui de reglaj calitativ.

Se mentioneaza inca o data ca la stabilirea temperaturilor de reglaj termic mixt, cantitativ-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 valorii 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,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_i$  – temperatura interioara curenta,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_{e0}$  – temperatura exterioara nominala,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_e$  – temperatura exterioara curenta,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_{T0}$  – temperatura nominala a agentului termic pe tur,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_T$  – temperatura curenta agent termic, pe tur,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_{R0}$  – temperatura nominala a agentului termic pe retur,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $t_R$  – temperatura curenta agent termic, pe retur,  $^{\circ}\text{C}$ ;



### Reglajul termic mixt (cantitativ-calitativ)

$t_{ml0}$  – temperatura medie logaritmică nominală pe instalația de încălzire centrală, °C;

$\Delta t_{ml0}$  – diferența medie logaritmică de temperatură nominală, pe instalația de încălzire centrală, °C;

$\Delta t_{ml}$  – diferența medie logaritmică de temperatură, pe instalația de încălzire centrală, °C;

$G_0$  – valoarea nominală a debitului de agent termic, m<sup>3</sup>/s;

$G$  – valoarea curentă a debitului de agent termic, m<sup>3</sup>/s;

$\Phi_0$  – necesarul de căldură nominal al consumatorului, W;

$\Phi$  – necesarul curent de căldură al consumatorului, W;

$k_0$  – valoarea nominală a coeficientului global de transfer termic al instalației de încălzire centrală, W/m<sup>2</sup>.K;

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

$S$  – suprafața instalației de încălzire centrală, m<sup>2</sup>;

$H$  – 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;