

poiskati med njimi prostor z največjimi oz. najmanjšimi energijskimi potrebami in se ozirati le nanj. Včasih nas zanimajo tudi povprečne potrebe. Prav tako bi bilo najidealnejše, da bi regulacija mešanja racionalno izrabljala ne le občuteno energijo zraka, temveč skupno (občuteno in latentno). Seveda je razvoj potreboval določen čas. Tako poznamo danes regulacije, ki upoštevajo ali tudi ne upoštevajo energetskih potreb prostorov. Prav tako poznamo regulacije, ki racionalno izrabljajo le občuteno energijo zraka, in tudi take, ki izrabljajo skupno energijo [16].

Morda je izraz regulacija mešanja pri določenih izdelovalcih uporabljen napačno. Elementi, ki skrbijo za dobro mešanje zraka, so namreč lahko sestavljeni le iz usmernikov in prekinjevalnikov izhodnih signalov pri prostorskih regulatorjih. Večkrat imamo opravka le s krmiljenjem. Najdemo pa tudi take, pri katerih se določene želene temperature zraka nastavljajo na ločenih termostatih na samem mestu merjenja in ne na regulatorju mešanja.

V naslednjem poglavju bomo na ustreznih risbah opisali nekaj pomembnejših regulacij. Te so zaradi enotnosti vse sestavljene iz naslednjih treh delov:

a) Slika naprave

Vidna je razmestitev tipal in elementov klimatizacijskega sklopa.

— Tipala, označena z manjšim krogom, so temperaturna, z večjim pa vlažnostna.

b) Logika delovanja regulacije mešanja

— S polno črto je označeno delovanje žaluzij za mešanje zraka.

— Z dvojno črto je označeno delovanje elementov klimatizacijskega sklopa, kjer označbe v krogih pomenijo: plus — gretje, minus — hlajenje, S — sušenje, V — vlaženje.

c) Analiza delovanja regulacije mešanja v Mollierovem diagramu za vlažen zrak

Označbe pomenijo:

— krožec: stanje svežega (O) ali povratnega (R) zraka,

— križec: stanje mešanega zraka pri najmanjšem deležu svežega zraka $X_{0\min}$ (stanje zraka je označeno z $M_{\min}$),

— trikotnik: stanje mešanega zraka (M) pri nekem vmesnem deležu svežega zraka (med najmanjšo in polno količino),

— S: stanje vpihovanega zraka, s katerim je mogoče vzdrževati prostorsko stanje R,

— tanka enojna črta označuje mešalno premico za stanja O in R,

— z dvojno črto je označeno delovanje elementov klimatizacijskega sklopa naprave (grelnik, hladilnik, vlažilnik...),

— za stanja svežega zraka v črtkanem področju uporablja regulacija najmanjšo količino svežega zraka.

Kadar z napravo klimatiziramo i prostorov, je povprečna temperatura povratnega zraka

$$t_R = \frac{\sum(\dot{V}_{Ri} t_{Ri})}{\dot{V}_R} + \Delta t_{\text{vent}} + \Delta t_{\text{kanal}}$$

pri čemer so t_{Ri} temperature povratnega zraka [$^{\circ}\text{C}$] in $\dot{V}_{Ri}$ količine povratnega zraka [m^3/h] iz posameznih prostorov. Pri tem je

$$t_{Ri} = t_{R_{Ti}} + \Delta t_{\text{luči}}$$

s $t_{R_{Ti}}$ je označena želena temperatura v posameznih prostorih, druge označbe pa pomenijo:

Δt_{vent} — segretje zraka zaradi odvodnega ventilatorja,

Δt_{kanal} — segretje oz. ohladitev zraka v zračnih kanalih,

$\Delta t_{\text{luči}}$ — segretje povratnega zraka v posameznih prostorih s toploto luči.

(Podobne enačbe uporabimo, če nas zanima tudi vlažnost.)

Zaradi preprostosti je v tem sestavku stanje prostora vzeto enako kakor stanje povratnega zraka iz prostora ali iz prostorov in je označeno kar z R.

Glede na sliko 2 a pa velja:

$$\dot{V}_M = \dot{V}_S = \dot{V}_R + \dot{V}_O = \dot{V}_S(1 - X_0) + \dot{V}_S X_0$$

$$\dot{V}_R = \sum \dot{V}_{Ri}$$

3. REGULACIJE MEŠANJA ZRAČNIH TOKOV

a) Regulacija mešanja

brez vpliva energijskih potreb prostorov

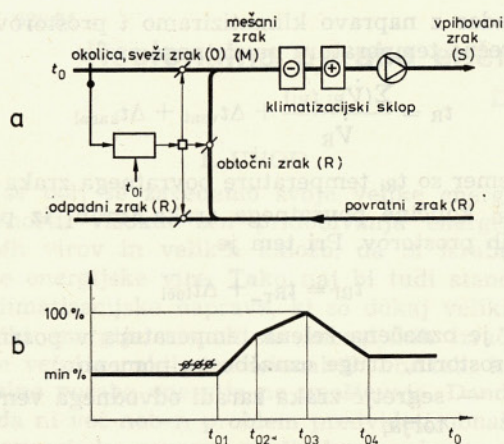
Najpreprostejše mešanje te vrste je odvisno le od temperature svežega zraka (slika 2 a). Vsaki določeni okoliški temperaturi ustreza vnaprej določen delež povratnega zraka, ki ga primešavamo ustrezni količini svežega zraka (slika 2 b) [17]. Temperatura zraka po mešanju je povsem naključna. Čim zrak po mešanju še grejemo ali hladimo, je uporaba takega krmiljenja že neprimerna.

Vzdrževati z regulacijo mešanja stalno temperaturo zraka po mešanju (t_{M0}) že pomeni določen napredek [1]. Potrebujemo dodatno temperaturno tipalo (slika 3 a). Seveda je tako mešanje mogoče le za določene temperature svežega zraka. Na sliki 3 c je to območje označeno s številko 3. Tu se delež svežega zraka X_0 nenehno spreminja. Nanj najmočnejše vpliva stanje svežega zraka, medtem ko so dnevne spremembe temperature povratnega zraka manjše:

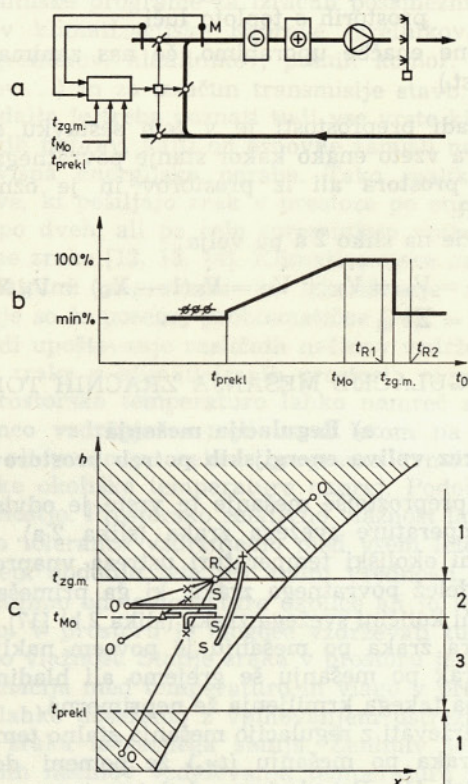
$$X_0 = \frac{t_{M0} - t_R}{t_O - t_R} = \frac{\dot{V}_O}{\dot{V}_S}$$

$$X_{0\min} < X_0 < 1$$

Seveda se temperatura povratnega zraka spreminja od t_{R1} do t_{R2} in s tem vpliva na temperaturo



Slika 2



Slika 3

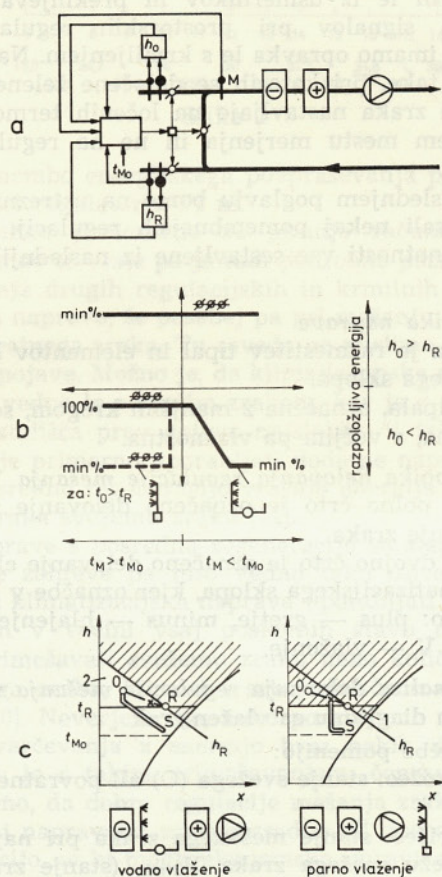
mešanja, zato slika 3 b velja le za neko določeno temperaturo povratnega zraka. Vidimo, da pri temperaturah svežega zraka pod t_{prekl} in nad $t_{zg.m.}$ regulacija dopušča napravi primešavati svežemu zraku največjo količino povratnega zraka. Delež svežega zraka je tedaj najmanjši in ga označimo z $X_{0 \min}$. Ustrezna temperatura mešanja je:

$$t_M = t_R + X_{0 \min} (t_0 - t_R) \neq t_{M_0}$$

Za temperature svežega zraka med t_{M_0} in $t_{zg.m.}$ pa naprava deluje s polno količino svežega zraka.

Hlajenje in gretje zraka lahko uravnava ločen regulacijski krog.

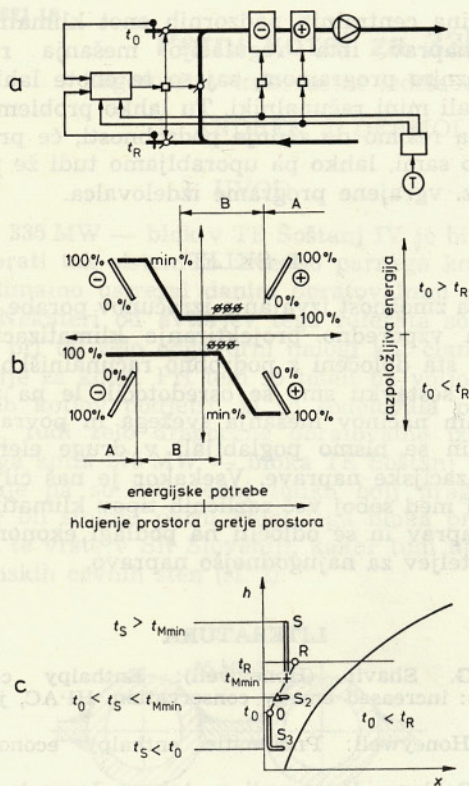
Izboljšana verzija prej omenjene regulacije mešanja vzdržuje po mešanju še vedno stalno temperaturo, vendar pa že tudi izbira najboljšega energijskega ponudnika med svežim in med povratnim zrakom [1, 2, 3], in sicer glede na skupno energijo zraka (slika 4 a), saj se meri entalpija zraka. Vidno je, da mora biti regulacija mešanja prilagojena načinu vlaženja in deluje pri parnem vlaženju drugače kakor pri vodnem (slika 4 b, c). V primerjavi s prejšnjo regulacijo so možni prihranki pri stanjih svežega zraka v trikotnikih, označenih z 2 in 1 (slika 4 c) [1].



Slika 4

b) Regulacija mešanja z vplivom energijskih potreb prostorov

Zelo pomembna je tu regulacija mešanja, ki vključuje tudi v povratnem zraku temperaturno tipalo (slika 5 a). Najboljšega energijskega ponudnika med svežim in med povratnim zrakom izbira le glede na občuteno energijo zraka. V določenih razmerah lahko regulacija povzroča gretje ali hlajenje polne količine le svežega zraka [3], kar je neobičajno. Na sliki 5 b je to označeno z A.

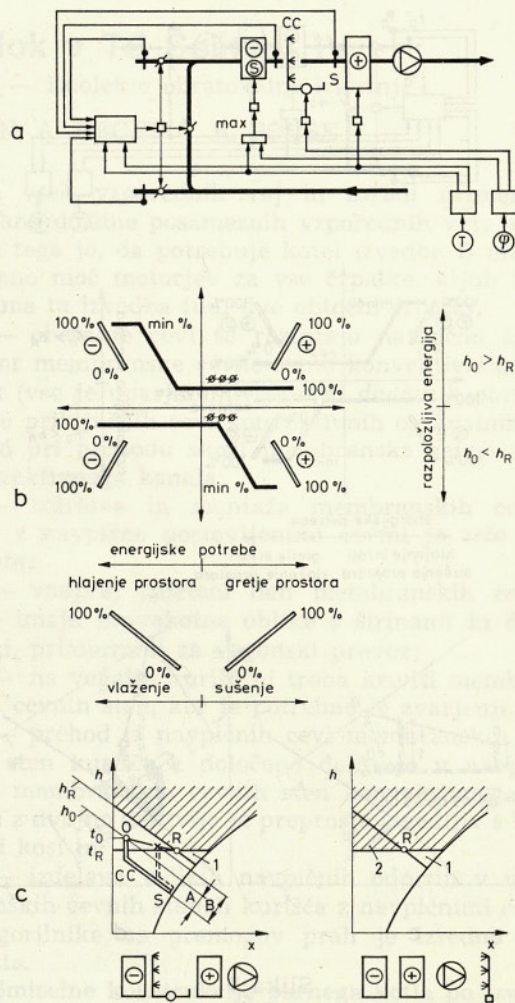


Slika 5

V področjih, označenih z B, se prostori prezračujejo le s svežim zrakom (brez gretja oz. hlajenja). V regulacijo je mogoče vključiti tudi vlaženje [5, 6, 14]. Slika 5 c prikazuje primer gretja ali hlajenja prostora, ko je temperatura svežega zraka nižja od temperature povratnega zraka. Vidimo, da regulacija pri gretju prostora izbere najmanjšo mogočo količino svežega zraka, pri hlajenju pa bo naprava delovala s polno količino svežega zraka.

Pri prejšnji izvedbi te regulacije je bilo treba predvideti, kakšna bo v povprečju temperatura povratnega zraka, in jo na regulatorju tudi nastaviti. Pri tem je bilo mogoče, da se je trčila energija, če je dejanska temperatura povratnega zraka odstopala od nastavljenega [14, 1].

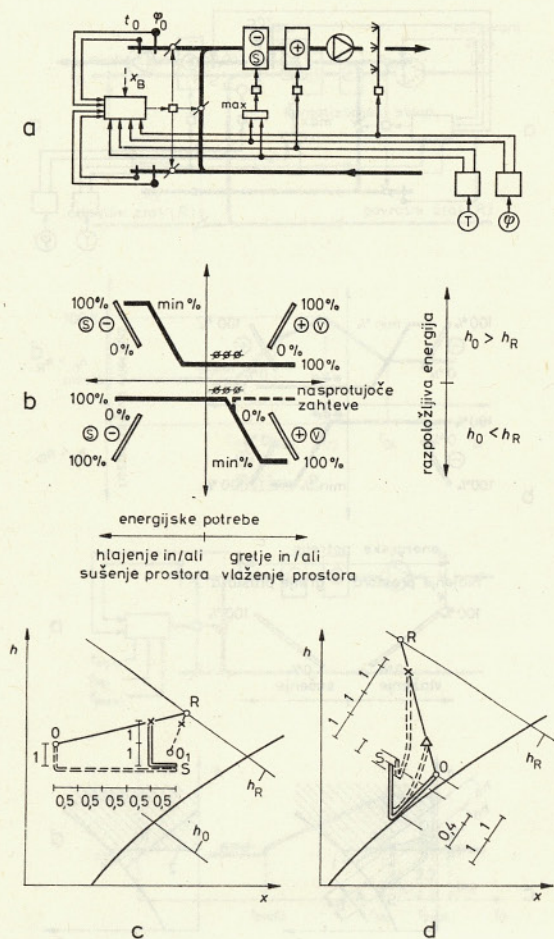
Pri regulaciji po sliki 6 je le s temperaturnimi tipali uspelo dokaj dobro mešati zračna tokova (slika 6 a). Pomanjkljiva pa je regulacija ne glede na način vlaženja v trikotniku 1 (slika 6 c), kjer ne optimira nasprotujočih zahtev prostora po sušenju in gretju, in pri parnem vlaženju v trikotniku 2, kjer ne optimira nasprotujočih zahtev prostora po hlajenju in vlaženju. Levi del slike 6 c prikazuje delovanje regulacije pri uporabi vlaženja s pršno komoro, ko je entalpija svežega zraka h_0 manjša od entalpije povratnega zraka h_R . Opazimo, da je hlajenje polne količine le svežega zraka najugodnejše, saj je razdalja A, ki pomeni s kompre-



Slika 6

sorskim strojem pridobljeno specifično energijo zraka, manjša od razdalje B. Pri tem zanemarimo ceno obratovanja pršne komore [4].

Entalpijska regulacija mešanja postaja vse bolj zanimiva, saj glede na razpoložljivo energijo povratnega in svežega zraka in glede na trenutno energijsko potrebo klimatiziranega prostora izrablja ne le razpoložljivo občuteno energijo zraka, temveč skupno (občuteno in latentno). Temperaturna in vlažnostna tipala (meritev entalpije) so namočena v svežem, povratnem in prostorskem zraku (slika 7 a) [5, 6, 7]. Pomembna izhodišča pri konstrukciji teh regulacij so cene energije, saj je sušenje dražje od gretja in hlajenje zraka dražje od vlaženja. Zanimive so nasprotujoče si zahteve prostora po hkratnem gretju in sušenju ali hkratnem hlajenju in vlaženju. Take energijske zahteve so zanimive le, ko je entalpija svežega zraka h_0 manjša od entalpije povratnega zraka h_R . Tu bi napravili napačno oceno, če bi opazovali le hlajenje ali le gretje posamično.



Slika 7

Prostor zahteva zrak stanja S. Vzemimo, da je cena na enoto hlajenja 1, cena na enoto parnega vlaženja pa 0,5. Stanje svežega zraka je O (slika 7 c). Pri polni količini le svežega zraka je tako cena hladilne energije 1, pri najmanjši količini pa 2. Če se ne bi ozirali na vlaženje, bi bil seveda prvi primer energijsko ugodnejši, tako pa naprava porabi pri najmanjši količini svežega zraka skupaj z vlaženjem 2,5 enote energije, pri delovanju naprave s polno količino le svežega zraka pa bi bila poraba 3,5 enote. Pri stanju svežega zraka O_1 (slika 7 c) je vsekakor koristnejše hladiti polno količino le svežega zraka. Poglejmo še primer hkratnega gretja in sušenja (slika 7 d). Prostor zahteva zrak stanja S. Če je cena na enoto gretja zraka 0,4, je za stanje svežega zraka O ugodneje uporabljati polno količino le svežega zraka, saj je tu cena gretja in sušenja skupaj le 2,6 enote, pri uporabi le najmanjše količine svežega zraka pa bi bila kar 3,2 enote.

Večina centralnih nadzornih enot klimatizacijskih naprav ima regulacijo mešanja rešeno z ustreznim programom, saj so te enote lahko že mikro ali mini računalniki. Tu lahko problematiko mešanja rešimo do zadnje podrobnosti, če programiramo sami, lahko pa uporabljamo tudi že priložene oz. vgrajene programe izdelovalca.

4. SKLEP

Naša zmožnost izvajanja izračunov porabe energije in vzporedno projektiranje klimatizacijskih naprav sta določeni s podrobno računalniško analizo. V sestavku smo se osredotočili le na nekaj bistvenih načinov mešanja svežega in povratnega zraka in se nismo poglobljali v druge elemente klimatizacijske naprave. Vsekakor je naš cilj primerjati med seboj več različnih tipov klimatizacijskih naprav in se odločiti na podlagi ekonomskih pokazateljev za najugodnejšo napravo.

LITERATURA

- [1] G. Shavit (Honeywell): Enthalpy control systems: increased energy conservation, HPAC, januar 1974.
- [2] Honeywell: Pneumatic enthalpy economizer system.
- [3] Reklama Honeywell v Ashrae Journal: »Who says you can't save energy with 100 % outdoor air system?«
- [4] Janez Hartman: Optimizacija potrošnje energije kod sistema potpune klimatizacije, V. seminar o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Bg 1974.
- [5] U. Winkelmann: Klimaenergie Rückgewinnung Stäfa Control System AG, CH-8712 Stäfa.
- [6] Stäfa Control System: Steuergerät für Energierückgewinnung.
- [7] W. F. Chapman: Solid State Electromagnetic Controls, Ashrae Journal, september 1978.
- [8] L. W. Nelson: Studies of Control Applications for energy conservation, Ashrae Transactions I, 1975.
- [9] R. W. Flanagan: Application and adjustment of controls for energy economy, HPAC, februar 1975.
- [10] ASHRAE — System Handbook, Automatic Control, New York, 1976.
- [11] F. Bilić: Ventilacioni i klima sistemi s regeneratorskom toplinom, upravljanje i regulacija.
- [12] Goli Drago: Variante klimatizacijskih sistemov s spremenljivim volumenskim tokom zraka, Diplomsko delo, Lj., julij 1975.
- [13] Goli Drago: Problemi ugradnje termostata u VAV sisteme, KGH, broj 4, 1978.
- [14] Goli Drago: Racionalna poraba energije klimatizacijskih sistemov, Posvetovanje o racionalni rabi energije, Gospodarsko razstavišče Ljubljana, maj 1979.
- [15] Goli Drago: O izkoriščanju sončne energije, Strojniški vestnik, Ljubljana 1979/7—8.
- [16] Goli Drago: Načrtovanje klimatizacijskih sistemov z računalnikom glede na racionalno porabo energije. Raziskovalna naloga, dr. B. Gašpersič, Fakulteta za strojništvo Lj., december 1978.
- [17] Friedrich Wahlenmayer: Selbsttätige Regelung von Klimaanlage, Firma Fr. Sauter A. G. Basel, 1956.

Avtorjev naslov: dipl. inž. Drago Goli,
IMP — TOZD Projektivni biro,
izr. asist. na FS, Ljubljana