

Meranie kvality vzduchu a CO₂ v interiéroch

V riadení vetrania podľa kvality vzduchu sa skrýva značný potenciál úspor.

Ing. Jan Vidim

Autor pôsobí v spoločnosti Domat Control System, ktorá je európskym dodávateľom riadiacich systémov a technológií merania a regulácie používaných v budovách, priemysle a energetike.

Regulácia vetrania podľa kvality vzduchu alebo obsahu oxidu uhličitého v interiéri je v ostatných rokoch obľúbenou funkciou, propagovanou dodávateľmi vzduchotechnických jednotiek aj riadiacich a regulačných systémov. Aby však splnila svoj účel, ktorým je znížiť prevádzkové náklady (rozumejú sa nielen platby za spotrebu energie, ale napríklad aj náklady na servis a údržbu) a zachovať užívateľovi komfort, musí sa inštalovať a nastaviť s prihliadnutím na niekoľko základných pravidiel.

Pri meraní sa stretávame s dvomi skupinami senzorov – sú to snímače oxidu uhličitého a snímače zmesi plynov (VOC – volatile organic compounds). Z bezpečnostných dôvodov sa pri priestoroch s možnou záťažou od produktov spaľovania používajú snímače oxidu uhoľnatého.

Snímače zmesi plynov

Snímač zmesi plynov HMOS (heated metal oxide semiconductor) pracuje na takomto princípe: na rozžeravej mriežke dochádza k ionizácii plynov a pracovná oblasť snímača mení svoj elektrický odpor, ktorý sa transformuje na výstupný signál. Senzor reaguje na organické plyny ako čpavok, metán, organické rozpúšťadlá atď. Na kalibráciu sa používajú zmesi plynov – od jednoduchých (napríklad CO, H₂S a metán, doplnené kyslíkom a dusíkom) po zmesi, ktoré obsahujú až 65 zložiek (Linde Gas SPECTRA VOC). Snímač nie je selektívny – koncentrácie jednotlivých plynov nás ani nezaujímajú, meria sa celková záťaž miestnosti. Konkrétna koncentrácia plynov v meranom priestore tak nie je známa, získava sa len signál udávajúci hodnotu 0 až 100 %, ktorá zodpovedá miere znečistenia vzduchu. Je teda nevyhnutné empiricky stanoviť prijateľnú hranicu na pobyt osôb a následne systém regulovať s ohľadom na ňu. Nastavenie požadovanej kvality vzduchu má významný vplyv na spotrebu energie klimatizačného zariadenia, preto mu treba venovať náležitú pozornosť aj pri dlhodobom doladovaní systému merania a regulácie. Treba dať pozor aj na to, že snímače VOC nemerajú koncentráciu CO₂.

Snímače oxidu uhličitého

Snímače CO₂ pracujú v súčasnosti na princípe NDIR (nondispersive infrared sensor)

Uplatnenie snímačov CO₂ a VOC podľa odporúčania VDMA 24 772

Typ priestoru	Zdroje záťaže			Meraná veličina	
	Osoby		Zvláštna záťaž, zápachy	CO ₂	VOC
	Nefajčiari	Fajčiari			
Školy					
Školy – učebne	✓			✓	
Školy – telocvične	✓			✓	
Kancelárske priestory					
Halové kancelárie	✓			✓	
Konferenčné miestnosti	✓			✓	
Kancelárie	✓			✓	
Kultúrne zariadenia					
Divadlá	✓			✓	
Koncertné sály	✓			✓	
Haly	✓	✓	✓		✓
Predsálie	✓	✓	✓		✓
Výstavné haly	✓			✓	
Pohostinstvá					
Jedálne	✓	✓	✓		✓
Hotelové izby	✓			✓	
Hotelové izby	✓	✓			✓
Kuchyne	✓		✓		✓
Sanitárne zariadenia	✓		✓		✓
Konferenčné miestnosti	✓			✓	
Predajne					
Predajné plochy	✓			✓	
Skлады	✓	✓	✓		✓
Výrobné priestory					
Dielne bez cudzích látok	✓			✓	
Dielne zaťažené cudzími látkami (náterové hmoty atď.)	✓		✓		✓
Obytné priestory					
Obytné priestory (podľa využitia)	✓	✓	✓	✓	✓

a dosahujú výbornú dlhodobú stabilitu ± 1 % rozsahu ročne. Ako napovedá tabuľka, používajú sa v miestnostiach, kde okrem osôb nie sú ďalšie významné zdroje znečistenia. Ich cena v ostatných rokoch vďaka masívnemu rozšíreniu, ku ktorému došlo aj v dôsledku legislatívnych úprav (napríklad školy v Holandsku), klesla. V regulácii podľa CO_2 vidíme masívny potenciál na úspory energie vo veľkých objektoch a rodinných domoch s rekuperačnými jednotkami. Namerané hodnoty sa pohybujú v rozsahu 0 až 2 000 alebo 0 až 5 000 ppm CO_2 , minimálna dosiahnuteľná koncentrácia zodpovedajúca čistému vonkajšiemu vzduchu je asi 300 ppm.

Oba druhy snímačov majú trochu odlišné oblasti uplatnenia (podľa odporúčania VDMA 24 772) – viac v tabuľke.

Tabuľka bola oproti pôvodnému zneniu redukovaná o kancelárie a verejné priestory s povoleným fajčením, tieto prípady sa už dnes nevyskytujú. Snímač by mal byť umiestnený vo výške 1,5 až 3 m nad úrovňou podlahy, v miestach, kde sa v okruhu 1 až 2 m nevyskytujú osoby, teda mimo pracoviska, pokladničnej zóny, rečníckeho pultu a pod.

Zároveň však platí, že na celkovú pohodu užívateľov v interiéri majú okrem koncentrácie CO_2 vplyv aj ďalšie faktory, ako sú teplota, intenzita osvetlenia, hluk, prevažujúce farebné odtiene v miestnosti a iné, nehovoriac o subjektívnych pocitoch daných oblečením, zdravotným stavom, stresom a pod. Nameraná hodnota CO_2 je však aspoň relatívnym indikátorom záťaže miestnosti a jednou z mála veličín, vo vzťahu ku ktorej sa dá vzduchotechnická jednotka regulovať.

Snímače oxidu uhoľnatého

Oxid uhoľnatý je jedovatý plyn, ktorý vzniká pri nedokonalom spaľovaní. Detektory využívajú na meranie koncentrácie plynu žeravý polovodičový snímač, ktorého aktívna látka mení svoju vodivosť pri prítomnosti CO, ide teda o selektívne senzory. Snímače CO sa používajú ako bezpečnostné senzory v domácnostiach aj vo verejných priestoroch (garáže). Pri použití v domácnostiach majú za úlohu aktivovať alarm, súčasťou snímača sú teda samotný vyhodnocovací obvod a alarmová sirénka. Pri garážach sa analógový signál transformuje zo snímača do meracej ústredne, kde sa nastavujú hranice asi 80 až 90 ppm CO pri prvom stupni, pri ktorom sa zapína ventilácia, a 120 až 200 ppm pri druhom stupni, ktorý zapína havarijné vetranie a signalizačné panely „Nevstupovať“. Alarmy bývajú zvedené do systému riadenia budovy.

Regulácia vzduchotechniky podľa kvality vzduchu

V ďalšom texte budeme predpokladať, že na meranie kvality vnútorného prostredia sa zvolil vhodný typ snímača (CO_2 alebo VOC) podľa uvedenej tabuľky. Vzduchotechnické

zariadenie, ktoré príslušný priestor zásobuje, možno regulovať niekoľkými spôsobmi:

Povolenie chodu

V spolupráci s časovým programom ide o najjednoduchší a obvyčajne najúčinnjší spôsob riadenia. Chod vzduchotechniky je povolený len vtedy, ak koncentrácia škodlivín prekročí nastavenú úroveň. Veľmi dôležitým parametrom je v tomto prípade hysterézia, teda rozdiel medzi hodnotou, pri ktorej jednotka zapína, a hodnotou, pri ktorej opäť vypína. Ak je hysterézia príliš veľká, kvalita vzduchu kolíše. Ak je však príliš malá, jednotka prepína aj rádo častejšie než pri správne nastavenej hysterézii, čo znamená vyšší počet štartov, a teda väčšie opotrebenie klinových remeňov a ďalších elektrických aj mechanických častí. Hodnota hysterézie závisí od objemu vetraného priestoru, výkonu vzduchotechniky, umiestnenia snímača a ďalších faktorov, preto ich treba stanoviť empiricky tak, aby k prepínaniu nedochádzalo častejšie než niekoľkokrát za hodinu.

Tento spôsob riadenia možno použiť len vtedy, ak vzduchotechnika slúži len na prevetrávanie a nemá pokrývať tepelné straty. Ak sa však jednotkou aj vykuruje alebo chladí, možno využiť ďalšie možnosti:

Prepínanie stupňov

Vzduchotechnická jednotka musí mať túto možnosť. Pri nižšej koncentrácii škodlivín ju riadiaci systém zapne na prvý stupeň, pri zvýšenej koncentrácii na druhý stupeň. Opäť platí, že treba rozumne nastaviť hysteréziu.

Frekvenčný menič

Veľmi obľúbené riešenie. Pôvodná vzduchotechnická jednotka je doplnená o frekvenčný menič, ktorý plynulo riadi otáčky ventilátora a tým aj prietok privádzaného a odvádzaného vzduchu. Úprava však musí byť odsúhlasená projektantom vzduchotechniky, aby nedošlo k nedostatočnému rozvodu vzduchu v priestore – rozvody vzduchotechniky sa pravdepodobne počítali na maximálny prietok a pri jeho obmedzení môžu vznikáť nežiaduce javy. Týka sa to najmä veľkých priestorov, ako sú predajné plochy, skladové a výrobné haly atď., ktoré bývajú vybavené vírivými anemostatmi (drallovými výstškami), často s nastaviteľnými lamelami na letnú a zimnú prevádzku. Ďalej treba posúdiť, či je motor na prevádzku s frekvenčným meničom vhodný – pri ventilátoroch so závislým chladením nemusí byť motor pri poklese otáčok dostatočne chladený, motory vyžadujú zvláštnu izoláciu, izolované guľôčkové ložiská apod. Nedodržanie podmienok môže znížiť životnosť ložísk až na 25 % pôvodnej životnosti, čo výrazne predĺži návratnosť investícií do úsporných opatrení.

Zmiešavanie

Ide o spojitú riadenie zmiešavacej klapky, ktorá sa inak využíva len na cirkuláciu vzdu-



Izbový ovládač so snímačom teploty a CO_2



Snímač CO_2

chu na rekuperáciu tepla. Miera zmiešavania sa obmedzuje podľa znečistenia vzduchu, čím je teda nižšia kvalita vnútorného ovzdušia, tým väčší je minimálny podiel čerstvého vzduchu. Výhodou je plynulé riadenie, ktoré umožňuje zachovať konštantné množstvo privádzaného vzduchu a tým obmedziť problémy s distribúciou, ktoré sa môžu vyskytnúť v predchádzajúcich dvoch prípadoch regulácie.

V praxi nastávajú niekedy rozporuplné situácie napríklad v supermarketoch, kde sa vyžaduje odvetrať pach z oddelenia drogerie a krmív pre zvieratá, ale zároveň priviesť na predajnú plochu vzduch z oddelenia pekárne, ktorý vôňou čerstvého pečiva motivuje zákazníkov nakupovať.

Príklad malého regulátora na rezidenčné vetranie

Rekuperačná jednotka Elair AC používa regulátor trojstupňového fan-coilu a izbový ovládač Domat so snímačom teploty a CO_2 so špeciálnym firemným softvérom na riadenie jednotky. Stupne ventilátora – a teda množstvo privádzaného a odvádzaného vzduchu – sa riadia buď ručne, alebo automaticky (podľa regulačnej odchýlky teploty, resp. vlhkosti alebo koncentrácie CO_2). Pri automatickom prepínaní podľa koncentrácie CO_2 sa stupne prepínajú takto: stupeň 1 – 40 %, stupeň 2 – 65 % a stupeň 3 – 85 %. Hysterézia na vypnutie je 15 %. Z dôvodu lepšej názornosti sa v tomto prípade koncentrácia CO_2 udáva v relatívnych hodno-

tách, 0 % zodpovedá vonkajšiemu vzduchu (asi 400 ppm), 100 % maximálnej prípustnej koncentrácie CO₂, ktorá sa nastavuje pri uvádzaní do prevádzky podľa požiadavky zákazníka (zvyčajne 1 000 až 2 000 ppm).

Ak sú osadené ovládače so snímačmi CO₂ a relatívnej vlhkosti, jednotka sa súčasne snaží prevetrávaním udržať nastavenú maximálnu vlhkosť vzduchu. Na prepínanie stupňov regulátora podľa vlhkosti sú okrajové medze nastavené takto: stupeň 1 – 70 % rH, stupeň 2 – 80 % rH a stupeň 3 – 90 % rH. Hysterézia na vypnutie je 5 %. Všetky hodnoty možno meniť cez konfiguračný program, prípadne možno zmeniť východiskové hodnoty.

Ventilátor pracuje v jednom z troch módov:

Automatické riadenie výkonu ventilácie výlučne podľa znečistenia vzduchu

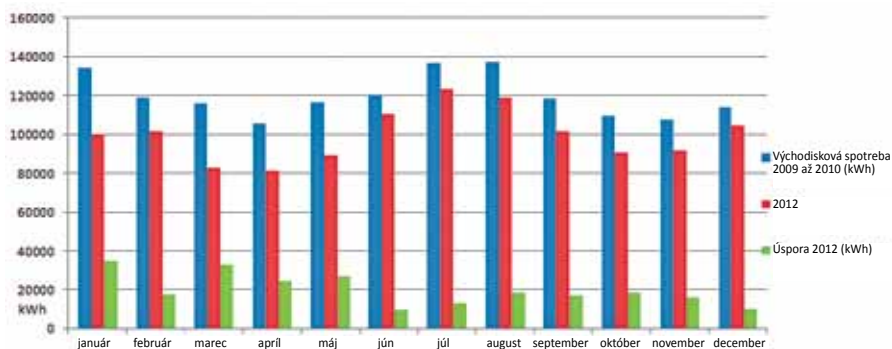
Rozdiel medzi požadovanou a skutočnou teplotou nemá vplyv na stupeň ventilátora. Ventilátor sa riadi len podľa obsahu CO₂, ako sa hovorilo vyššie. Teplota sa riadi výlučne ventilom vykurovacieho registra.

Automatické riadenie výkonu ventilácie podľa znečistenia vzduchu a požadovanej teploty vzostupne

Čím je vyšší rozdiel teplôt, tým je vyšší výkon ventilácie. Regulátor sa tak snaží dohriať priestor aj zvýšením množstva privádzaného tepleho vzduchu. Zároveň sa ventilátor riadi podľa obsahu CO₂, platí vždy väčšia z hodnôt. Čím je teda v miestnosti vyšší obsah CO₂, alebo čím je väčšia potreba kúriť, tým má ventilátor vyššie otáčky.

Automatické riadenie výkonu ventilácie podľa znečistenia vzduchu a požadovanej teploty zostupne

Tento mód sa nastaví v prípade, ak by pri veľmi nízkych teplotách vonkajšieho vzduchu a zvýšenej požiadavke na ventiláciu systém už nemal požadovaný tepelný výkon a do miestnosti by tak vŕhal pri vyšších otáčkach ventilátora príliš studený vzduch. V tomto móde sa obmedzuje maximálne množstvo vzduchu – čím je väčšia regulačná odchýlka, tým je nižší stupeň ventilátora a tým sa dosahuje aj vyšší prestup tepla z registra do vzduchu, teda vyššia teplota vzduchu aj za cenu menšieho množstva privedeného vzduchu. Ide vlastne o kompenzáciu, a nie neobmedzený tepelný výkon jednotky. Systém umožňuje zapojiť navyše až 40 ďalších izbových jednotiek so snímačmi CO₂, relatívnej vlhkosti a teploty, jednotka sa potom riadi v závislosti od maximálnych hodnôt z týchto snímačov, ktoré sú umiestnené v ďalších vetraných miestnostiach. Jednotky s touto reguláciou sa dodávajú iba približne pol roka a zatiaľ sa inštalovali spolu s ďalšími stavebnými úpravami alebo do nových objektov, úspory energie preto ešte nemožno presne vyhodnotiť. Ďalším prínosom je však aj pocit komfortu užívateľov, ktorý sa dá finančne len ťažko ohodnotiť.



Spotreby elektrickej energie v pobočke Budaörs

Príklad opatrenia v reťazci predajní športových potrieb

Prevádzkovateľ sa rozhodol vybaviť jestvujúce technológie novým systémom merania a regulácie, a to v trinástich predajniach. Okrem precízneho vyregulovania existujúcich technológií a riadenia osvetlenia sa zaviedlo aj riadenie vzduchotechniky podľa kvality vzduchu. Predajňa sa zásobuje vzduchom prostredníctvom strešných jednotiek (rooftop), z ktorých každá je vybavená snímačom kvality vzduchu (VOC) – typ RLQ firmy Domat. Požadovaná hodnota kvality vzduchu sa nastavila empiricky na 25 %, hysterézia na 5 %. Úspora energie predstavuje v jednotlivých predajniach 8 až 22 %.

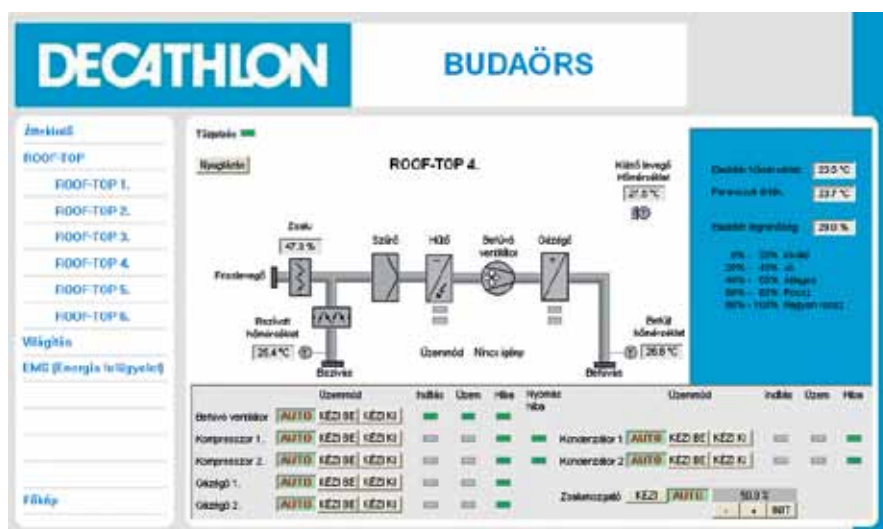
Treba podotknúť, že ide o kombinovanú úsporu pri prevádzke VZT a osvetlenia, ktoré sa teraz riadi kombináciou časového programu prevádzkových hodín a snímača vonkajšieho osvetlenia. Pri ručnom prepínaní personál rozsvetcoval vnútorné osvetlenie naplno už dlho pred otvorením predajne, pričom na upratovanie a dovoz tovaru nebola potrebná taká vysoká intenzita osvetlenia ako na predaj. Časový program zapne svetlá naplno päť minút pred začiatkom predajného času, podobne je to aj pri večernom vypínaní a zamykaní objektu. Vonkajšie osvetlenie a reklamy sa pri vyšších úrovniach prirodzeného osvetlenia blokujú.

Je to len dôkazom pravidla, že pri realizácii úsporných opatrení je nevyhnutné postupovať po malých krokoch „na viacerých frontoch“. Ekonomická návratnosť predstavuje v prípade najväčšej pobočky Budaörs 18 mesiacov. V ostatných pobočkách sa pohybuje od 16 do 21 mesiacov, opatrenie sa teda vyplatilo. Pobočky sú cez internet pripojené na centrálné dispečerské pracovisko, z ktorého obsluha sleduje a nastavuje potrebné parametre a diaľkovo odpočítava spotrebu, aby sa možné úspory dali priebežne kontrolovať.

Obchodné reťazce sa, žiaľ, o efektívnosti podobných úprav dajú ťažko presvedčiť, pretože sa obávajú počiatočnej investície. V týchto prípadoch môže pomôcť model EPC, teda financovanie z úspor. Dodávateľ však musí mať kvalitne spracovanú analýzu s reálnym výpočtom návratnosti. Vo všeobecnosti je problém aj so zverejňovaním referencií, pretože úspory sú niekedy také vysoké, že prevádzkovateľ nechce publikovať, ako nevhodné jeho zariadenie celé roky pracovalo.

Možno aj preto sa v riadení vetrania podľa kvality vzduchu stále skrýva taký značný potenciál úspor...

Obrázky: Domat Control System



Vizualizácia strešnej jednotky na centrálnom pracovisku