

Měření prostorové teploty a instalace čidel

Základem správné funkce každého regulačního okruhu je přesné získání měřené veličiny. V technologii budov je snad nejčastější úlohou měření teploty v místnostech. Na rozdíl od měření veličin v přívodních kanálech, potrubích atd, které jsou skryty ve strojovnách, je právě měření v místnostech „na očích“ architektům, provozovatelům i uživatelům budovy. Podívejme se nyní na základní pravidla pro umístování čidel, měření teplot a diagnostiku problémů. Nejčastější chyby uvidíme na konkrétních příkladech z praxe.

Již při projektování bychom měli respektovat několik zásad, které jsou obvykle zmiňovány i v příložených montážních návodech:

Ideální umístění čidel pokojové teploty je ve výšce 1,5 m v oblasti pobytu osob, při min. vzdálenosti 50 cm od nejbližší další zdi. Vyhýbáme se montáži na osluněná místa! (Pozor na pohyb slunce během dne a na nízký úhel osvětlení v zimních měsících.) Půdorys bychom tedy měli nejprve orientovat podle světových stran a pak teprve vybírat vhodné místo pro montáž čidla. Nemontujeme čidla na zdi, kterými prochází komín.

Čidlo v místnosti neprojektujeme na vnější zeď, neumísťujeme jej do výklenků a nik, aby nebylo bráněno cirkulaci vzduchu. Musíme si uvědomit, že každý vzduch, který ohříváme nebo ochlazujeme, se pohybuje.

Tyto požadavky jsou někdy obtížně splnitelné především proto, že projektant nezná budoucí rozložení nábytku a elektrospotřebičů v místnosti. O něco snazší úloha je v hotelových pokojích a kancelářích, kde jsou dispozice dány. Čidlo teploty je obvykle součástí pokojového ovladače a je instalováno u dveří, ve stejné úrovni s vypínači nebo ovladači osvětlení.

Pozor na pokojové ovladače a čidla aktivní, tedy s vlastní elektronikou, která produkuje – byť minimální – ztrátový výkon. Taková čidla musejí být instalována přesně podle pokynů výrobce, protože i při minimálních příkonech (kolem 100 mW) čidlo přeměňuje (cca. 1.5 K), což výrobce kompenzuje softwarovou korekcí. Takové čidlo pak měří přesně až po ustálení teplotních poměrů a není možné jeho hodnotu považovat za platnou dříve, než po uplynutí předepsané doby – typicky to jsou desítky minut! V některých případech není možné reprezentativní hodnoty dosáhnout vůbec: existují typy pokojových ovladačů, které mají (mj. kvůli podsvětlení displeje) ztrátový výkon až 3 W, což představuje měřicí chybu až 8 K.

Musíme se také důkladně přesvědčit o tom, zda nebyly zakryty otvory pro cirkulaci vzduchu skrze pouzdro čidla. Proudění vzduchu je nutnou podmínkou pro správnou funkci. Otvory na spodní a dolní straně krytu bývají při dokončovacích pracích přetřeny nátěrem stěn; natěrači dělají svou práci důkladně a řídí se heslem „když nevíš, tak přidej“. Správně by se měla čidla montovat až po odchodu natěračů, ostatně jen tehdy bude natřena plocha stěny čidlem zakrytá.

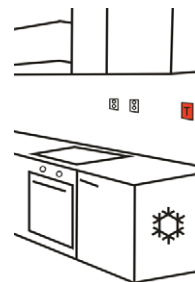
V případě masivních stěn (ocel, kámen, beton) sousedících s venkovním prostředím je dobré použít termoizolační podložku, aby se neměřila teplota stěny, ale teplota vzduchu v místnosti. Vliv stěny může být také významný u čidel montovaných do instalačních krabic, tedy tam, kde čidlo je v designu vypínačů a zásuvek.

Příklad 1: Chybné umístění čidla teploty nad kuchyňskou linkou

Obytný dům, v každém bytě je instalován elektronický termostat, napojený po sběrnici na server, přes který si majitel může dálkově nastavit topení přes Internet. Při projektování byl přístroj značen jako „ovladač topení“ a architekt jej nechal umístit nad kuchyňskou linkou, na stěnu mezi spodní a horní skříňkou, ve stejné úrovni s elektrickými zásuvkami. Už to samo o sobě by znamenalo, že čidlo

v přístroji nemůže měřit teplotu vzduchu, proudícího v místnosti, ale je uzavřeno v jakési kapse. K tomu se přidávají další vlivy: ohřev v důsledku osvětlení pracovní plochy a teplo ze sporáku.

V tomto případě byl ale stěžejním problémem vliv vestavěné chladničky – na obrázku je přímo pod čidlem. Na rozdíl od všeobecně zažitých konvencí technici měření a regulace vědí, že chladnička nechladí, ale topí. V kuchyňské lince nebyly žádné větrací otvory (což mimo chladničky) a veškeré ztrátové teplo se šířilo svislou dřevotřískovou deskou a štěrbinou mezi deskou a zdí směrem vzhůru k horním skříňkám.



Falešný nárůst teploty na čidle činil až 8 K. V tomto případě dodavatel přikročil k softwarové korekci, protože žádné další úpravy nebyly ze stavebnětechnického hlediska možné. Řešení ale není technicky správné, vhodnější by bylo čidlo umístit jinam – zcela mimo linku.

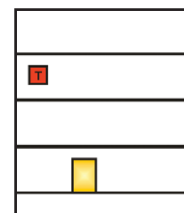
Měřená hodnota je kromě umístění čidla ovlivňována řadou faktorů, především principem měření. Je zásadní rozdíl mezi odporovým měřicím prvkem (Ni1000, Pt1000, Pt100) a mechanickými měřiči (které využívají např. roztažnosti bimetalového pásku v termostatu nebo rtuťového či lihového sloupce v teploměru). Odporové prvky mají díky své nízké hmotnosti velmi krátkou časovou konstantu, navíc jsou upevněny pouze na dvou tenkých drátkách, takže jsou dobře izolovány od těla čidla. Tato rychlá odezva není při měření teploty v prostoru (na rozdíl od měření teploty ve vzduchotechnickém kanále nebo ve vodě) vždy zcela žádoucí, proto se u některých čidel setkáme s tím, že měřicí prvek je přilepen k měděnému pásku, který představuje prvek s vyšší tepelnou setrvačností, nebo k vnitřní části krytu, čímž se navíc dosáhne i zohlednění sálavé složky.

Elektronické čidlo může být ovlivněno již samotnou přítomností osob, jejich tepelným sáláním a dechem, takže když se při zjišťování závady v místnosti sejde pětičlenné „koncilium“ a kolem pouzdra se sklání jeden odborník po druhém, můžeme na získávání průkazných hodnot rychle zapomenout. Správný způsob, jak přijít na příčinu chybného měření, je měřenou teplotu vzorkovat a porovnávat průběhy v čase v období alespoň jednoho týdne, aby se zohlednily noční poklesy a umožnila se tepelná stabilizace místnosti. Do grafů je také dobré si zároveň vložit průběh teploty topné vody (resp. jiného média, které přivádí energii do místnosti), abychom vyloučili vlivy způsobené osluněním, kolísáním teploty topné vody apod.

Typická „tajemná“ závada může být způsobena vlivem dočasného zdroje tepla, například televize nebo osvětlení:

Příklad 2: Lampička v polici

Regulátor teploty v místnosti byl instalován na zeď, před níž stála otevřená police. O dvě poličky níže byla malá lampička o příkonu asi



20 W pro náhodové osvětlení (viz obr.). Uživatelka si stěžovala na pocit chladu ve večerních hodinách, kdy se topení údajně samo vypínalo. Ukázalo se, že při večerním pobytu v místnosti lampičku pravidelně rozsvěcuje a vzniklé ztrátové teplo ovlivňovalo čidlo v místnosti chybou +1.5 K, což mělo za následek vypnutí radiátoru. Už tak malý výkon rušivého zdroje může tedy měření teploty významně zkreslovat.

Příklad 3: Zákazník provádí kontrolní měření

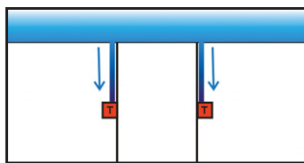
Při hlášení závady z příkladu 1 uživatel pro kontrolu měřil teplotu v místnosti vlastním čidlem. Používal běžný digitální teploměr („meteostanici“) za několik set korun, umístěný na konferenčním stolku. Protože první kontakt probíhal po telefonu, technika nenařadila zpochybnit uživatelské tvrzení „mám digitální teploměr a měřím vedle vašeho ovladače“. Slovo „vedle“ v tomto případě znamenalo o dva metry hlouběji do místnosti a o metr níže; i kdyby neexistoval základní problém s chladničkou, obě čidla mohla kvůli proudění a vrstvení vzduchu ukazovat hodnoty rozdílné až o 2 – 3 K, nemluvě o možném rozpětí vlastních chyb měření obou čidel. Praxe ukazuje, že není neobvyklé naměřit rozdíly až 5 K, což samozřejmě uživatel neakceptuje. Protože si tyto fyzikální rozdíly nebyvá schopen uvědomit a „zákazníkův teploměr má vždy pravdu“, tyto rozdíly se řeší korekcí čidla a všichni jsou spokojeni.

Pro správnou diagnostiku je vhodné, pokud to budova dovoluje, porovnávat více podobných místností mezi sebou. Tím se vyloučí chyba jediného čidla a naopak můžeme odhalit vlivy vnější, jako je zmiňovaný pokles teploty topné vody, profukování fasády při silném větru apod.:

Příklad 4: Chladný vzduch v podhledech

V roce 1994 probíhala rekonstrukce pokojů pražského Parkhotelu. V pokojích bylo instalováno 260 regulátorů jednotlivých místností. Přívodní kabely pokojových ovladačů byly vedeny instalačními trubkami do podhledů, kde byly regulátory fancoilů i další elektroinstalace.

Během uvádění do provozu se ukázalo, že v několika patrech čidla v ovladačích ukazují až o 4 – 6 K méně, než je teplota v místnosti, měřená referenčním čidlem. Vzhledem k postiženému počtu pokojů (asi 80) bylo zpočátku podezření na výrobní chybu čidel. Při řadě testů v kanceláři čidla ovšem chybu nevykazovala. Nakonec technici přišli na to, že instalační trubky nejsou zcela utěsněny a navíc čela podhledů byla na fasádě dočasně odkryta. Otvory ve fasádě vnikal studený vzduch (rekonstrukce probíhala v zimě) do celého prostoru podhledů a odtud „padal“ instalačními trubkami přímo na čidla. Po zakrytí fasádních otvorů se situace zlepšila, přesto byly všechny instalační trubky důkladně přetěsněny. Poté problém zcela zmizel.



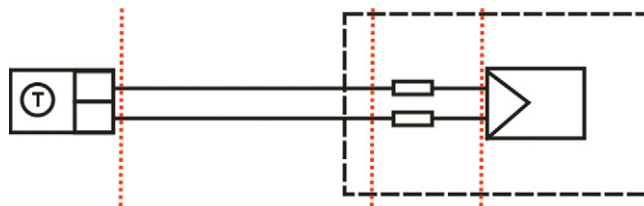
Tato opakující se závada je zvláště rafinovaná, protože zpočátku vede k rychlému, ale mylnému závěru, že jde o výrobní nebo konstrukční chybu všech čidel.

Při odhalování chyb tedy musíme dodržovat základní diagnostická pravidla:

1. Nevěřit ničemu, co nevidíme na vlastní oči nebo neohmatáme. Při průzkumu na místě nás doslova uhoď do očí skutečnosti, které uživatel nevnímá nebo považuje za normální – osluněné čidlo, instalace nad ledničkou, ovladač požadované hodnoty v nesmyslné poloze.
2. Uživatel, který problém hlásí, nemůže být odborníkem na měření a regulaci, a proto už při telefonickém kontaktu klademe tzv. otevřené otázky – „v jaké poloze je ovladač topení?“, nikoli „je topení zapnuté?“ Mějme na paměti, že na tepelnou pohodu osob má kromě teploty vliv i řada dalších faktorů: relativní vlhkost,

kvalita vzduchu, směr a rychlost proudění vzduchu, osvětlení, hlučnost a celková psychická pohoda. Není dobré subjektivní hodnocení přeceňovat, uvádí se, že minimálně 5 % osob je vždy nespokojených.

3. Rozdělíme problém na části a tyto části zkoumáme jednotlivě na jejich rozhraních. U měření teploty jsou to například tyto hranice:



Vlastní čidlo teploty, svorky čidla

Čidlo můžeme nahradit jiným čidlem nebo měříme odpor či výstupní napětí čidla a porovnáme ho s tabulkou závislosti odporu na teplotě. Tím vyloučíme poškozené čidlo.

Kabeláž k regulátoru

Připojené čidlo měříme na kabelech v rozvaděči nebo na svorkách rozvaděče, regulátor je odpojen. Pokud ukazuje stejnou hodnotu jako v předchozím případě, je pravděpodobné, že i kabeláž je v pořádku. Ohmmetrem ale samozřejmě nezjistíme vliv vysokofrekvenčního rušení.

Vstupní svorky regulátoru

Připojíme přímo na ně kontrolní čidlo nebo ještě lépe podezřelé čidlo, které vymontujeme z měřeného místa. Pokud je měřená hodnota správná, je problém s největší pravděpodobností v rozvaděči – chybně zapojené zemnění, které způsobuje drift vstupního napětí, vysokofrekvenční rušení frekvenčními měniči, spínanými zdroji atd. Pro jistotu ale ještě odpojíme analogové výstupy, přes které může na vstupních obvodech vznikat úbytek napětí, který znamená (v případě pozitivního teplotního koeficientu čidla) zdánlivé zvýšení teploty:

Příklad 5: Otevření ventilu zvyšuje teplotu

Čidlo teploty a analogový výstup měly v rozvaděči společnou zem – asi 1 m kabelu. Na tomto vedení docházelo při otevírání ventilu, tedy nárůstu napětí na analogovém výstupu, k úbytku napětí – a tedy zdánlivému zvýšení teploty vody. Regulátor na to reagoval přivřením ventilu. Systém tedy „reguloval“ na nižší teplotu, než byla požadovaná hodnota.

Chyba v zapojení se zjišťovala obtížně, protože chyba měření vznikala pouze při chodu zařízení a navíc byla proměnlivá. Po úpravě kabeláže v rozvaděči, kdy byly kabely čidel teploty přivedeny přímo na svorky analogových vstupů regulátoru, byl problém odstraněn.

Příklad 6: Rušení vlivem frekvenčních měničů

Poměrně častý případ tam, kde měniče nejsou umístěny přímo u motorů, vedení k čidlu a silnoproudé k měniči jsou v souběhu nebo stínění kabelů není správně připojeno. U vzduchotechnických jednotek na střeše velkoskladu byla vzdálenost mezi jednotkou a rozvaděčem asi 25 m a všechny kabely byly vedeny v souběhu, v jednom žlabu. Po dlouhých experimentech pomohlo důkladné přizemnění stínění kabelu řízení měniče na straně vzduchotechniky a přeložení kabelů v rozvaděči. Příčinou v tomto případě nebylo rušení ze silového kabelu, ale z kabelu analogového výstupu pro řízení měniče – výstup měl společnou zem s analogovými vstupy.

Ideálním řešením je komunikace s měničem po galvanicky oddělené sériové lince.

Posledním krokem při diagnostice je test regulátoru nebo vstupního modulu „na stole“, tedy mimo rozvaděč, se samostatným zdrojem

napájecího napětí a bez vlivu dalších signálů, jako jsou aktivní čidla tlaku, výstupní signály pro ventily atd. Pokud ani nyní a po změně čidla není měřená hodnota správná, problém bude ve vstupních obvodech regulátoru nebo modulu či jeho chybné kalibraci. Pak je nejjednodušší regulátor nahradit jiným a ve výzkumu pokračovat v klidu kanceláře.

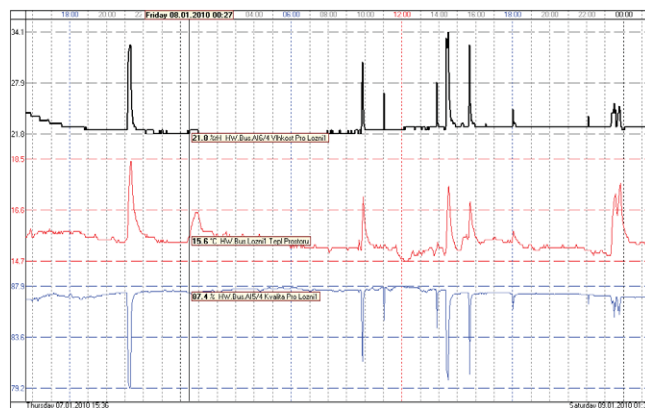
4. Pokud je to možné, změříme teplotu ve stejném místě místnosti pomocí zcela jiného měřicího principu:

Příklad 7: Kolísání teploty – pomohla čidla vlhkosti a kvality

Vytápění, větrání a klimatizace v rodinném domě. Investor si stěžoval na chybnou funkci čidla teploty, které vykazuje náhodné výkyvy hodnot (červená křivka v grafu). Při hledání příčiny velmi pomohlo, že teplota byla měřena pokojovým ovladačem s komunikací po sběrnici a ve stejném místě byly dále měřeny relativní vlhkost a kvalita vzduchu analogovými čidly, přivedenými na vstupní modul zcela jiného rozvaděče. Tím jsme měli přímo učebnicový příklad dvou zcela různých způsobů měření (viz pravidlo 4), navíc se jednalo o rozdílné veličiny. Už jakmile si do grafu přidáme k teplotě průběh relativní vlhkosti (černá křivka), zjistíme, že se nemůže jednat o stejný vzduch – při zvýšení teploty stoupne i vlhkost, zatímco při běžném ohřevu vzduchu bez úpravy vlhkosti jdou tyto veličiny „proti sobě“. Stejně tak se mění i kvalita (modrá křivka) – k tak náhlým změnám během nepřítomnosti osob by nemohlo dojít.

Ačkoli se montážní firma dušovala, že instalační trubky (viz příklad 4) jsou utěsněné, jasno ve věci udělalo až místní šetření (viz pravidlo 1). Ústí instalační trubky do instalační krabice bylo „utěsněno“ papírovými kapesníky fixovanými silikonovým tmelem. Za proseky ve dnu krabice byla další dutina, do níž proudil vzduch z půdy. K výkyvům docházelo vlivem občasného chodu odtahové vzduchotechniky, která nepravidelně měnila tlak vzduchu v půdním prostoru

a tím „pumpovala“ vzduch do místnosti a z ní. Po důkladném utěsnění kolísání přestalo jako mávnutím kouzelného proutku.



Z výše uvedených příkladů je zřejmé, že odhalování chyb měření může být zajímavým dobrodružstvím, které vyžaduje širší znalosti z oborů větrání, vytápění a klimatizace, fyziky, měření a regulace a elektrotechniky. Základem je ale schopnost analýzy problému a zdravý rozum – skončím heslem jednoho z našich montážních techniků: „Můžeš být hloupý, ale musíš si umět poradit!“

Ing. Jan Vidim

Domat Control System s.r.o.
e-mail: jan.vidim@domat.cz