



SBĚR DAT PRO VYHODNOCOVÁNÍ SPOTŘEB ENERGIE KLIMATIZAČNÍCH JEDNOTEK

Jan Vidim

Domat Control System s. r. o.

jan.vidim@domat.cz

ANOTACE

Při úkolu energeticky optimalizovat již pracující i nové klimatizační systémy musíme v první řadě získat historická data o spotřebách energií, ale i o dalších veličinách v jednotce. Některé senzory a měřiče již v jednotkách najdeme, jiné je nutné doplnit. Tento příspěvek souvisí s příspěvkem „Metody detekce poruch klimatizačních jednotek“ a popisuje možnosti sběru a registrace dat, nutných pro vyhodnocování energetické náročnosti klimatizačních jednotek. Uvádí způsoby používané jak pro trvalé použití, tak pro dočasné instalace pro zkušební nebo sezónní měření. Seznamuje se systémy ukládání dat a hodnotí jejich použitelnost pro různé typy zařízení: velké klimatizační jednotky i systémy individuální klimatizace místností. V závěru popisuje zkušenosti s integrací na procesní úrovni a uvádí konkrétní příklady měřících systémů i s orientačními pořizovacími náklady. Naměřené hodnoty se stávají podkladem pro další zpracování jak běžnými statistickými nástroji, tak pokročilými metodami, jako jsou například algoritmy pro detekci poruch.

ÚVOD

Staré úsloví praví, že měřit znamená vědět. Pokud chceme vyhodnocovat spotřeby energií klimatizačních jednotek a optimalizovat jejich provoz, musíme mít k dispozici provozní veličiny pro konkrétní jednotky naměřené nejlépe během několika sezón. Ne všechny instalace jsou vyhovujícím souborem čidel a měřičů vybaveny; spíše můžeme říci, že se jedná o výjimky. Rozvody topné vody mají kalorimetr v nejlepším případě na větví pro všechny jednotky společné, chladná voda se u zdroje zpravidla neměří vůbec. Elektrická energie se měří na vstupu do budovy a podružná měření médií následují pouze tehdy, je-li od počátku jasné, že určitá část budovy s příslušejícími technologiemi bude pronajata cizímu subjektu. Za těchto podmínek je velmi obtížné vyhodnocovat spotřeby energie, natož podnikat úsporná opatření, založená na analýze spotřeb, a detekovat poruchy pomocí pokročilých statistických metod.

SKUPINY MĚŘENÝCH DAT

Měřené hodnoty a snímané signály můžeme rozdělit do tří skupin:

Přímé signály poruch

Jedná se většinou o binární vstupy, které přímo hlásí poruchy technologie, například signál z protizámrazového termostatu, diferenčního manostatu na filtru, pomocného kontaktu motorové ochrany atd. Aktivní signál znamená poruchu. Většina těchto signálů je již dostupná v systému měření a regulace (MaR), zaintegrováném do řídicího systému budovy (Building Management System, BMS) – a data jsou tak k dispozici v databázích historických hodnot. Pokud příslušné signály nejsou vzorkovány, nebývá problém je k trendovaným hodnotám přidat. K přímým signálům poruch také patří vybočení mimo pevné meze analogových hodnot, například pokles tlaku freonu nebo vody v topném či chladicím systému. Tyto signály mohou vznikat již v BMS, protože podmínky pro jejich aktivaci jsou pevně dané (například jako zámraz na zpátečce ohřevu je vyhodnocován pokles teploty v potrubí pod 15 °C).

Kumulované hodnoty

Do této skupiny patří především naměřené spotřeby médií, ale i provozní hodiny i další zajímavé údaje, jako jsou četnosti spínání kompresorů. Jedná se o veličiny, jejichž hodnoty se v čase trvale zvyšují, a má smysl u nich počítat denní, týdenní, měsíční i roční přírůstky. Zdrojem těchto hodnot jsou převážně elektroměry, kalorimetry, vodoměry, ale i virtuální datové body, jako již zmíněné počty startů agregátů. Měřiče médií je dobré řešit samostatně a integrovat je do řídicího systému po sběrnici; viz dále. Poslední skupinou jsou

Odvozené signály poruch.

Jsou to výsledky vyhodnocování řady naměřených dat, i historických, pomocí pokročilých statistických metod detekce poruch. Podstatné je těmto algoritmům poskytnout středně- až dlouhodobé soubory relevantních dat, což z hlediska MaR představuje okamžité měření i kumulované hodnoty. Odvozené signály nemají v systému MaR žádný obraz, jsou to hodnoty vypočtené ve statistické nadstavbě nad BMS. V blízké budoucnosti nás ale díky zvyšujícímu se výpočetnímu výkonu a rostoucí záznamové kapacitě regulačních podstanic čeká prorůstání těchto funkcí i na automatizační úroveň, což představuje významnou změnu v pohledu na detekci poruch vůbec.

INSTALACE MĚŘICÍCH MÍST

Při projektování rozlišujeme mezi dočasnou a trvalou instalací. Dočasná instalace bude po skončení měření opět odstraněna a slouží pro jednorázové (např. sezónní) měření, které má například vyhodnotit, zda se vyplatí rekonstrukce zařízení nebo demontáž a instalace nového. U přímých signálů a okamžitých hodnot většinou dočasná instalace nepředstavuje zásadní položku v rozpočtu. Využije se buď přenosný systém sběru dat s možností exportu ve vhodném formátu, ideálně připojený na IT infrastrukturu pro pohodlné odečty, nebo v jednodušších případech datologger (např. Comet). Ty mají ovšem tu nevýhodu, že je nutné je čas od času obejít a odečítat do PC. Bezdrátová čidla, byť jejich instalace je nejjednodušší, se pro vyšší pořizovací náklady a riziko nedostatečného dosahu zatím příliš nepoužívala; pokud se pohybujeme pouze ve strojovnách, je navýšení pro bezdrát srovnatelné s cenou kabeláže čidel drátových.

Pro měření el. energie jsou poměrně dostupné buď komunikativní elektroměry a síťové analyzátoři za cenu již od 6 000 Kč, měřicí transformátory pro zvýšení rozsahu stojí několik set korun. Pro jednodušší případy se dají použít elektroměry s impulsním výstupem a čítací moduly na sběrnici např. M-Bus, cenový rozdíl ale není velký a nevyváží komfort nasazení komunikativního elektroměru. Pro měřiče ostatních médií (hlavně kalorimetry) ovšem pořizovací cena měřiče bývá významnou položkou rozpočtu a tedy často důvodem, proč dočasnou instalaci raději nerealizovat. Měřič tepla pro průtok 60 m³/h vyjde přibližně na 30 000 Kč, nepočítaje v to náklady na montáž a sběr dat a komplikace spojené s vypouštěním systému.

Proto je už při projektování nových zařízení vhodné přinejmenším uvažovat s pozdější instalací podružných měřičů a dalších měřicích míst. Vícenáklady na přípravu u nových instalací jsou minimální (kulové ventily, mezikus, jímky, trasa pro vedení...). Dále je možné využívat periferie, které již některé potřebné hodnoty poskytují, například řada frekvenčních měničů komunikuje kumulované hodnoty spotřeby energie a tím může nahradit podružný elektroměr.

Samozřejmě ve světle neustávajících snah o snižování investičních nákladů se asi nepodaří zdůvodnit instalaci dvou kalorimetrů a elektroměru pro každou jednotku s tím, že tyto přístroje napomohou optimalizaci provozu. Je však dobré – alespoň tam, kde investor je

zároveň provozovatelem, tedy u výrobních provozů atd. – pracovat s celkovými náklady na vlastnictví po celou dobu životnosti (Total Costs of Ownership, TCO); jedině ty mohou být argumentem pro instalaci úsporných opatření. Může se ovšem také ukázat, že potenciální úspory nebudou tak velké, aby vyvážily potřebné navýšení, například u jednotek s velmi krátkou dobou životnosti (čisté prostory - výrobní linky, které se musejí amortizovat třeba do tří let a poté jsou rozebrány).

Projektant MaR obvykle narazí na překážku v podobě nevyhovující topologie rozvodů médií – například rozvaděč napájí několik klimajednotek najednou, klimajednotka zásobuje celé patro, které patří několika nájemcům atd. Tam nelze spotřeby efektivně přiřadit jednotlivým spotřebitelům a musejí nastoupit rozpočítávací metody, vesměs značně nepřesné – až desítky procent. Pomoci může MaR, která předpřipraví vybrané hodnoty (požadavky na topení a chlazení, provozní hodiny) nebo zkomunikuje výkony dohřevů ze zónových regulátorů, které tyto hodnoty obsahují.

NĚKTERÉ PŘÍKLADY ZAŘÍZENÍ S KOMUNIKACÍ

V další části se podíváme, jak a z kterých zařízení je například možné vyčítat hodnoty zajímavé pro optimalizaci. Neřešíme použitý komunikační protokol, pokud to není výslovně uvedeno. Pozor, na straně BMS může potřebný převodník nebo softwarový driver představovat další náklady, typicky to platí pro sběrnici LON.

Zdroje tepla a chladu

Kotle: komunikativní systémy (např. Buderus Ecoport, EMS) dávají, samozřejmě kromě okamžitých hodnot, k dispozici nejvýše počet provozních hodin, výjimečně spotřebu paliva (Viessmann Vitotronic). Provozní hodiny je pak vhodnější čítat v systému MaR, pokud komunikace není instalována tak jako tak nebo integrace není extrémně nenáročná (bez nutnosti pořizovat hardwarové rozhraní navíc). U chladicích strojů jsou k dispozici okamžité hodnoty, někdy výkon (Sabroe), elektřinu ovšem není problém měřit předřazeným elektroměrem, jehož cena v dodávce zdroje chladu nehraje významnější roli.

Tepelná čerpadla

Prudce se rozvíjející obor, ze zařízení jsou zatím k dispozici většinou okamžité hodnoty. Nebývá ale problém doplnit podružným elektroměrem, protože tepelné čerpadlo představuje jeden odběrný bod. Velmi zajímavé bude sledovat závislost topného faktoru na venkovní teplotě během několika let provozu. Existují systémy, např. Haier (v ČR zastoupen firmou Sokra), které umožňují doplnit o server pro rozpočítávání nákladů na jednotlivé vnitřní jednotky - i když i zde se jedná o poměrové rozpočítávání spolu s integrací pulsních elektroměrů, nikoli o přímé měření chladicí a topné energie.

Klimatizační jednotky splitové a multisplitové

Známé značky mají rozhraní pro integraci do BMS po standardních protokolech (LON, BACnet/IP, BACnet-MS/TP, Modbus). Cena rozhraní nebývá předmětem standardní nabídky a může znamenat vícenásobky, pokud požadavek na zaintegrování není výslovně uveden v zadání. Např. Toshiba a Mitsubishi poskytují pouze okamžité hodnoty, Daikin (VRV) i kumulované spotřeby elektřiny jednotlivých vnitřních jednotek.

Kompaktní VZT jednotky s vlastní regulací (Carel, Regin a další)

Zde záleží často i na autorovi aplikace – u stejných regulačních systémů najdeme různé funkce. Jednotka vždy „žije v přítomnosti“, nejvýše poskytuje kumulované provozní hodiny či celkovou dobu provětrávání podle čidla CO₂. Pro funkce detekce poruch můžeme ovšem

dobře použit okamžitý průtok vzduchu nebo tlak na výstupu, někdy dokonce výkon přívodního a odtahového ventilátoru (Swegon).

Zónové regulátory (regulace jednotlivých místností, IRC)

Podle dostupných dat jsou ze zónových regulátorů k dispozici pouze okamžité hodnoty. Výjimečně (Siemens RXC) v jejich rámci okamžitý výkon el. dohřevu, počítaný ze zadaného jmenovitého výkonu a míry buzení (tedy na kolik procent se dohřívá).

Zvlhčovače

Zde bývají k dispozici celkové provozní hodiny a okamžitý výkon na páře (kg/h), např. Flair.

Frekvenční měniče

Opět jsou na rozhraní k dispozici vesměs okamžité hodnoty a výkon motoru (Danfoss), někdy včetně provozních hodin (ABB) či dokonce kumulované spotřeby (Omron Varispeed).

MĚŘENÍ KUMULOVANÝCH HODNOT

Základním prostředkem pro sběr dlouhodobých dat ale zůstává měření kumulovaných hodnot po vlastní sběrnici, kterou je nejčastěji M-Bus nebo Modbus (ten v případě elektroměrů, např. Lovato, Janitza a řady dalších). Výjimečně se vyskytne uzavřený standard (např. Frako) a pak je třeba počítat s cenou rozhraní, např. OPC serveru, která se může včetně engineeringu vyšplhat i na šestimístnou částku (v Kč).

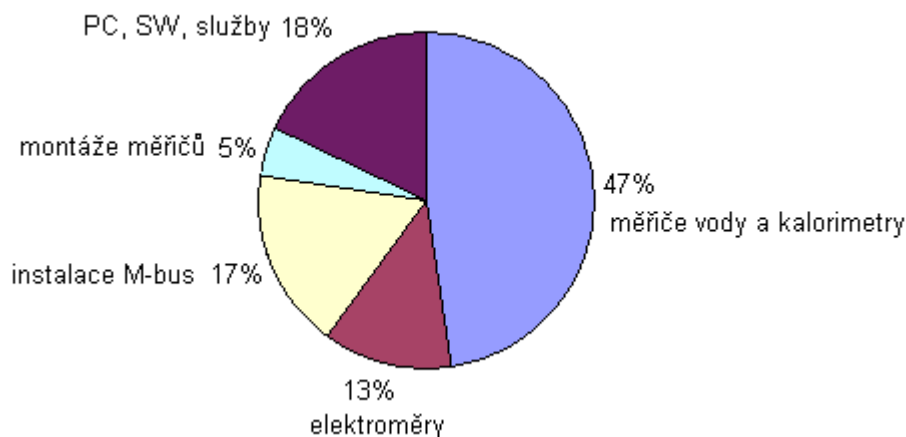
V zásadě lze říci, že se velmi vyplatí nasazovat měřiče s komunikačním rozhraním místo měřičů s impulsním výstupem a následnými převodníky. Při použití impulsních převodníků bývá problém během uvádění do provozu zjistit váhu impulsu zejména u elektroměrů a plynůměrů, některé měřiče nejsou později dostupné (zamčené rozvodny) a delší impulsní vedení může způsobovat problémy s rušením, kdy se impulsy ztrácejí nebo naopak přibývají. U rozhraní M-Bus je sice pravda, že každý výrobce má poněkud jinou strukturu telegramu, ale kvalitní systém sběru dat obsahuje drivery pro běžně se vyskytující typy – nebo by pro jeho dodavatele neměl být problém tyto typy do driverů doplnit.

Podívejme se nyní na příklad rozpočtu pro doplnění systému měření energií pro velký hotel. V budově již byly některé měřiče nainstalovány. Doplnit se mělo 12 kalorimetrů, 9 vodoměrů a 14 podružných elektroměrů. Deset stávajících měřičů mělo být vybaveno převodníky impulsy/M-Bus a také zaintegrováno.

Tab. 1 Příklad rozpočtu pro doplnění měřicího systému

Položka	Cena (tis. Kč)
měřiče tepla, chladu a vody	381
elektroměry vč. měřících transformátorů	101
instalace sběrnice M-Bus (trasy, kabeláž, svorkování)	138
montáže měřičů na odběrná místa (voda i elektro)	39
M-Bus převodníky, PC, licence, konfigurace, školení, služby	145

Pro větší názornost je na obrázku poměrné zastoupení jednotlivých položek:



Obr. 1 Poměrné zastoupení položek v celkové ceně

Vidíme, že zásadní roli hraje cena měřičů, další větší položkou je cena softwaru a služeb (zde nešlo pouze o sběr a ukládání dat, ale o aplikaci na míru, započtena je také cena projektu). Náklady na kabeláž a montáže měřičů by se daly významně snížit, kdyby se s měřiči počítalo již při stavbě; zde šlo ale o dvacet let starý objekt.

ZÁVĚREM

Sběr dat pro vyhodnocování spotřeb energie a detekci poruch klimatizačních jednotek je pouze část úlohy, jejímž konečným cílem je optimalizace chodu a úspory energie. Možná vhodnější výraz než „úspory energie“ je „úspory celkových provozních nákladů“, protože se může ukázat, že některá opatření, vedoucí k přímým úsporám energie, s sebou mohou nést vyšší výdaje na realizaci. Proto je nutné nahlížet na tento problém jako na celek a nebát se například uznat, že v horizontu životnosti jednotky je již výhodnější nechat ji „dožít“, než instalovat nákladný měřicí systém a výstupy z něj mít k dispozici v okamžiku, kdy jednotka je beztak na hranici provozuschopnosti.

O to důležitější je ale tato analýza u zařízení nových, která mají ještě celý život před sebou a u nichž se optimalizační opatření vyplatí. Pokročilé diagnostice bude také hodně napomáhat zvyšující se výkon a „inteligence“ regulačních systémů, od autonomní regulace se přes volně programovatelné systémy řízení budov dostáváme k chytrým komunikativním regulátorům, které se dodávají již instalované v jednotkách. Výrobce pak může optimalizovat algoritmy podle vlastních zkušeností a představ, ale zároveň umožní integraci a přenos hodnot do automatizační úrovně systému BMS, kde obsluha má k dispozici všechny vstupy, výstupy a parametry, jako je tomu u volně programovatelných systémů. (Tento trend pozorujeme hlavně v zemích, kde VZT jednotky s vlastní regulací představují převážnou většinu dodávaných jednotek, například Slovinsko. Dodavatel MaR se pak stává opravdovým systémovým integrátorem, který se již tolik nemusí starat o ožívování periférií a vlastní regulace, ale může se soustředit na koordinační funkce, grafiku BMS, jednotné uživatelské rozhraní pro všechny regulační systémy - a na optimalizaci provozu. Nemusí se bát vystoupit jako oponent vůči dodávané regulaci, protože není jejím dodavatelem. To může mít pozitivní vliv na celkovou funkčnost systému.)

Posledním článkem v řetězu tak ale stále zůstává člověk, který s informacemi z řídicího systému pracuje. Operátor by neměl pouze kvitovat alarmy, ale měl by aktivně přispívat k efektivnějšímu provozu technologie. Pro větší celky se osvědčila dvoustupňová úroveň obsluhy, kdy (záměrně v uvozovkách) „technik“ udržuje zařízení v chodu a „manažer“, většinou energetik nebo koordinátor více budov, kontroluje, jestli je technologie provozována za předepsaných podmínek. Tak se zabrání situaci, kdy „technik“ nechá zařízení postupně degradovat pomocí různých provizorních opatření, jako jsou přemostěná čidla, provoz „na ruku“ atd. – pro „manažera“ porucha neznamena práci navíc, a proto nemá problém přimět „technika“ k řádné nápravě a nesnaží se problém zamést pod koberec.

LITERATURA

- [1] Firemní dokumentace ke komunikačním převodníkům jednotlivých firem
- [2] TIERSCH F., KUHLES C. *BACnet und BACnet/IP. Wie funktioniert das?* CCI Promotor, 2007