

Ing. Jiří CIGLER, Ph.D.^{1),2)}Ing. Jan ŠIROKÝ, Ph.D.^{1),3)}¹⁾ ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov²⁾ Feramat Cybernetics, s.r.o.³⁾ Energocentrum Plus, s.r.o.

Zkušenosti s nasazováním prediktivní regulace pro energeticky hospodárné provozování budov

Experience with Use of Predictive Control for Energy Efficient Operation of Buildings

Recenzent

prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D.

Článek shrnuje zkušenosti autorů s nasazením prediktivní regulace u otopných soustav v budovách. V textu jsou diskutovány čtyři pilotní aplikace prediktivního regulátoru využívané v praxi. Kromě zhodnocení přínosů prediktivního řízení je pozornost věnována i krokům, které jsou nutné pro úspěšné nasazení prediktivního řízení.

Klíčová slova: prediktivní řízení, vytápění, energetické úspory

The paper summarizes experience of the authors with use of predictive control for heating networks operation in buildings. Four pilot applications of predictive controller in practice are described in the text and the assets of the predictive control are evaluated. The close attention is paid also to the steps which are necessary for successful use of predictive control.

Key words: Predictive Control, Heating, Energy Savings

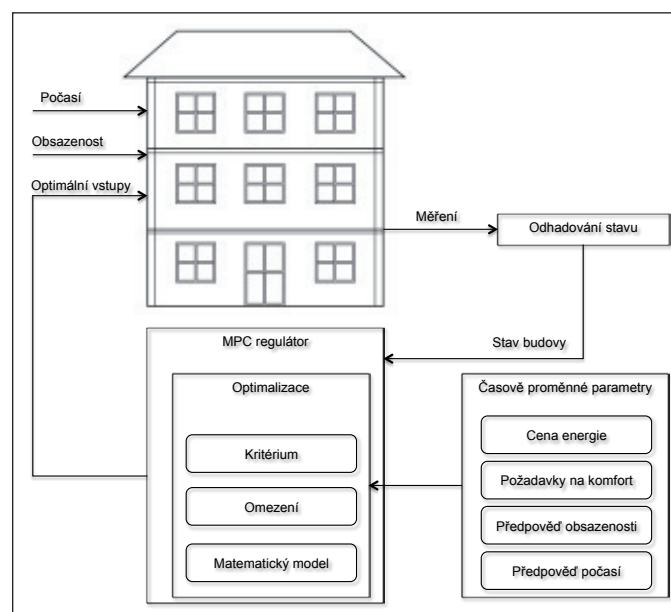
ÚVOD

Vytápění budov je oblastí, kde se novinky prosazují jen velmi zvolna. V systémech řízení vytápění mají v současnosti stále drtivou převahu metody založené na ekvitermních křivkách, podmínkovém řízení nebo klasických termostatech. Nevýhodou těchto systémů je ladění „ad hoc“, tj. bez hlubší znalosti fyzikálních souvislostí regulované soustavy. Použití systému regulace vytápění, který by měl znalost o termodynamickém chování otopné soustavy a budovy jako takové a jeho interakce s okolím, by přineslo výrazné úspory. Tyto úspory nebudou ovšem úsporami v klasickém smyslu, jaké přináší například zateplení fasády – úspora dokonalejším řídicím systémem vlastně nespoří, ale doslova zabráňuje plýtvání, protože se snaží využít všech fyzikálních a stavebních vlastností otopné soustavy v součinnosti s budovou k tomu, aby se s energií nakládalo hospodárně a nevytápělo se zbytečně. Jednou z možností je použít tzv. prediktivní regulaci – Model Predictive Control, dále jen MPC [1].

MPC se v průmyslu používá od šedesátých let 20. století, kdy tento regulátor vznikl na základě požadavků řízení ropných plošin. Dnes je rozšířený především v chemickém průmyslu, energetice a automobilovém průmyslu. Pod pojmem MPC chápeme metody, které pracují s matematickým modelem řízeného procesu a na jeho základě se snaží najít optimální trajektorie vstupních signálů tak, aby byla dodržena fyzikální, logická a jiná omezení. Co se týká použití metody MPC pro řízení zařízení techniky prostředí v budovách, jedná se o nový výzkumný směr, který započal počátkem tohoto tisíciletí. Impulsem k tomu bylo dovršení teorie MPC, rozvoj výpočetního výkonu běžně dostupných počítačů, standardizace komunikačních protokolů řídicích systémů budov a vznik nových nástrojů pro simulaci termodynamického chování otopných soustav a budov.

Výzkum v oblasti prediktivního řízení v posledních letech ukázal, že prediktivní regulátor má potenciál až 40 % úspory energie v porovnání s běžnými neprediktivními strategiemi řízení a to v závislosti na řadě faktorů, zejména však na schopnosti tepelné akumulace otopné plochy a budovy [2]. Principem MPC je využít předpovědi počasí, obsazenosti budovy a matematického modelu k tomu, abychom minimalizovali dodanou energii (nebo cenu dodané energie) a zároveň dodrželi tepelný komfort společně s dalšími omezeními danými jak fyzikálně, tak provozně.

MPC je diskretní regulátor, tj. v každém diskretním kroku regulátoru je formulován a vyřešen problém optimálního řízení na konečném horizontu. Výsledkem je predikce trajektorií vstupů, stavů a výstupů systému, které respektují omezení daná dynamikou otopné soustavy a budovy a dalšími omezeními. Predikované trajektorie minimalizují předem zvolenou ztrátovou funkci (například množství dodané energie). Pro zařízení techniky prostředí staveb toto znamená, že v každém kroku regulátoru získáme profil pro budoucí dodávku tepla či chladu a to až na horizontu v řádu několika dnů (v závislosti na dynamice soustavy a budovy). Predikce dodávky energie je samozřejmě podmíněna znalostí předpovědi počasí pro danou lokalitu, která je nedílnou součástí prediktivního regulátoru. Další veličiny, které mají vliv na tepelný komfort v budově lze stejným způsobem jako předpověď počasí zanést do regulátoru. Mezi takové veličiny může patřit předpověď obsazenosti budovy příp. predikce tepelných zisků jak vnějších, tak vnitřních. V neposlední řadě je možné také zohlednit variabilní cenu energie a minimalizovat nikoliv množství dodané energie, ale finální cenu dodané energie.



Obr. 1 Princip MPC regulace pro budovy

Máme-li k dispozici profil dodávky energie na konečný horizont do budoucna, strategie prediktivního regulátoru je taková, že je realizován pouze první krok z tohoto profilu, tj. algoritmus MPC předá požadované hodnoty systému měření a regulace (MaR). Poté v dalším diskrétním kroku regulátoru je znovu formulován a vyřešen problém optimálního řízení, nicméně na základě aktualizovaných dat o aktuálním stavu prostředí a pohybu v budově (měření teplot v místnostech či povrchových teplot konstrukcí, snímání obsazenosti místností apod.) a zpřesněných předpovědí počasí. Zpětná vazba je tedy do regulace zanesena na základě řešení problému optimálního řízení na klouzavém horizontu, protože každý akční zásah v rámci řízení soustavy je funkcí aktuálního stavu prostředí v budově a tudíž i všech poruchových veličin, které ovlivnily chování soustavy v budově. Souhrnně je princip MPC regulace zobrazen na obr. 1.

V následujícím textu si na čtyřech případových studiích ukážeme proces implementace MPC. Zaměříme se zejména na míru dosažených úspor, kvalitu tepelného stavu prostředí a poskytneme bližší detaily k výše zmíněným překážkám, které doposud bránily širokému rozvoji MPC v praxi.

PŘEDSTAVENÍ PILOTNÍCH PROJEKTŮ

V následující části budou uvedeny detaily o jednotlivých budovách, které byly použity pro případové studie využití MPC v praxi. Nejprve budou představeny jednotlivé budovy, posléze bude provedeno zhodnocení aplikace MPC u zařízení techniky prostředí.

Pilotní budova 1: Univerzitní budova Dejvice

Budova se nachází v Praze 6 v areálu vysokých škol. Konkrétně jde o budovu Fakulty strojní a Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze (obr. 2). Budova je rozdělena na tři samostatné osmipatrové bloky a čtyři pětipatrové bloky. Toto uspořádání umožňuje porovnání různých strategií řízení, díky totožnosti jednotlivých bloků. Pro vytápění je v budově použito stropní teplovodní vytápění - Crittall. Klíčovou charakteristikou otopné soustavy je zalití trubek otopné plochy přímo do monolitického betonového stropu. Dodávka tepla je v tomto případě zajištěna parovodem z centrální výtopy. Přes výměník se teplo dostává v podobě teplé vody do stropní otopné plochy. Návrh prediktivního regulátoru se zaměřil na řízení otopné soustavy se stropní otopnou plochou, kdy byla optimalizována teplota otopné vody.

Optimalizační problém MPC byl ve tvaru kvadratického programování. Tento tvar optimalizačních problémů je numericky dobře řešitelný a je zaručeno, že numerické řešení konverguje k optimu. Horizont predikce se v průběhu času lišil v rozsahu dvou až čtyř dnů z důvodu vysoké míry akumulace otopné plochy. Předpověď počasí pro lokalitu budovy samozřejmě nedosahuje dostatečné přesnosti na takovou dobu dopředu, nicméně prediktivní regulátor je zpětnovazební a v každém kroku dochází ke zpřesnění předpovědí a tím dochází ke kompenzaci této chyby.



Obr. 2 Pilotní budova ČVUT v Praze

Pilotní budova 2: Geotabs

Druhá pilotní budova se nachází v městě Hasselt v Belgii (viz obr. 3). Budova má pět podlaží, ale v rámci nasazení prediktivního řízení jsme se zaměřili pouze na tři kancelářská podlaží, která spotřebují naprostou většinu dodávaného tepla. Celková podlahová plocha třech kancelářských podlaží je 4300 m². Vytápění je zajištěno primárně nízkoteplotní podlahovou otopnou plochou. Jedná se o podlahové poloakumulační vytápění se zalitým otopným hadem v podlaze (Thermally Activated Building Systems, dále TABS). V přízemí je vytápění zajišťováno přímotopným podlahovým vytápěním s otopným hadem těsně pod povrchem. U budovy bylo využito odlehčení betonové konstrukce, založené na patentované technologii firmy AirDeck. Cílem bylo řídit dodávku tepla pomocí TABS.

I v případě této budovy byl optimalizační problém prediktivního regulátoru ve tvaru kvadratického programování s horizontem predikce 2 dny, nicméně výsledkem byl plán dodávky energetických toků pro jednotlivá patra budovy. Jakmile byl tento plán stanoven, zajistil regulátor na nižší úrovni s menší periodou vzorkování takové nastavení teploty otopné vody do okruhu vytápění a nastavení zdvihu u dvoucestných ventilů pro regulaci průtoku, aby během periody vzorkování prediktivního regulátoru došlo k požadované dodávce energie.



Obr. 3 Pilotní budova ve městě Hasselt, Belgie

Pilotní budova 3: Icade Premier House 1 v Mnichově

V případě třetí pilotní budovy se jedná o luxusní kancelářskou budovu v Mnichově s nadstandardní úrovní monitorování a možností řídicího systému budovy. Budova byla dokončena v roce 2010 a má pět nadzemních podlaží o celkové podlahové ploše 22 000 m² (budova je znázorněna na obr. 4). V každé kancelářské místnosti je senzor teploty, obsazenosti místnosti osobami a senzor míry intenzity osvětlení. Každé okno je vybaveno automaticky ovládanou žaluzií. Tepelný stav prostředí v místnostech zajišťují podstropní konvektory, které jsou umístěny v podhledu, otopná tělesa umístěná pod okny a do všech kanceláří přiváděný centrálně upravený vzduch v klimatické jednotce. Konstrukci budovy lze hodnotit jako lehkou a díky tomu nedochází k výraznější akumulaci tepla v konstrukci budovy. Cílem bylo řídit všechny systémy vytápění a nastavování žaluzií prostřednictvím MPC.



Obr. 4 Pilotní budova Premier building, Mnichov

Byl zvolen přístup centralizovaného MPC, což vyústilo ve velmi rozsáhlý optimalizační problém. Vzhledem k této skutečnosti, bylo nutné držet se v oblasti konvexních problémů (např. kvadratické programování). Díky konvexitě optimalizačního problému je zaručené, že řešení konverguje k optimu. V opačném případě (nekonvexní optimalizační problém) je možné, že nalezené řešení není optimální a může tak vést k zbytečnému vynaložení energie. Výsledné optimální toky energie byly realizovány s použitím regulátorů na nižší úrovni, podobně jako v případě budovy Geotabs.

Pilotní budova 4: Opticontrol

V případě poslední budovy se náš výzkumný tým přímo nepodílel na návrhu a realizaci MPC, na rozdíl od předešlých budov popsanych v článku. Jedná se o demonstrační budovu projektu Opticontrol vedeného univerzitou ETH Curych (<http://www.opticontrol.ethz.ch/>). Budova se nachází nedaleko Basileje, byla dostavěna v roce 2007, má pět podlaží a podlahová plocha je 6000 m². Budova je vybavena systémem TABS, který je využit jak pro zajištění vytápění, tak pro chlazení. Dále je v budově vzduchotechnická jednotka se zpětným získáváním tepla a plně automatizované řízení nastavování žaluzií. Prediktivní regulátor řídí jak TABS, tak i vzduchotechniku, a také ovládá nastavení žaluzií. Nastavování žaluzií vnáší do matematického modelu bilinearitu, a tak výsledný optimalizační problém není konvexní. Tento nedostatek byl odstraněn použitím rekurzivní linearizace. V každém kroku prediktivního horizontu je bilineární model linearizován a díky tomu se v každém kroku řešila série rychle řešitelných konvexních kvadratických problémů.

DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Ve třech ze čtyř případových studií bylo MPC uvedeno úspěšně do provozu. V případě švýcarské budovy bylo ovšem vyhodnocení potenciálu energetických úspor provedeno pouze na základě simulací v nástroji EnergyPlus pro nedostatek získaných dat na reálném zařízení. V případě provozování zařízení u budovy ČVUT a Geotabs bylo dosaženo energetické úspory 17 až 22 % a zlepšení tepelného komfortu. Pro Icade Premier House 1 v Mnichově byly provedeny pouze detailní simulace. Na základě těchto simulací se ukázalo, že díky lehké konstrukci budovy a rychle reagující otopné soustavě nepřináší MPC žádnou výraznou přidanou hodnotu. Proto bylo rozhodnuto, že nebude přistoupeno k implementaci MPC a byly aplikovány pouze drobnější úpravy konvenční regulace na základě provedených simulací. Dosažené výsledky shrnuje tab. 1.

IMPLEMENTACE MPC

Přestože MPC vykazuje velmi dobré výsledky jak v simulačních studiích, tak na několika již realizovaných případových studiích v reálném provozu, nedochází zatím k výraznějšímu rozšiřování tohoto způsobu regulace na otopné soustavy v dalších budovách. Shledáváme zejména následující tři faktory, které brzdí rozvoj MPC regulace:

- ❑ Nutnost znalosti matematického modelu: každá otopná soustava a budova je unikátní a musí se pro každou otopnou soustavu s budovou vytvořit unikátní model popisující jejich termodynamiku. Získat takový model bylo z počátku velmi složité, nicméně v současnosti již existují ověřené metody, jak takové modely získat.
- ❑ MPC vyžaduje specializované softwarové nástroje pro formulaci a vyřešení optimalizačního problému a následné nastavení systému vytápění.
- ❑ Díky výpočetním nárokům optimalizačního problému není možné využít hardwarové prostředky, které jsou běžně používány pro řízení budov.

Uvedené body budou jednotlivě rozebrány níže.

Software a hardware

Při realizaci prediktivního řízení vyvstává unikátní problém propojení systému MaR s matematickými nástroji, které řeší optimalizační úlohu v jádru prediktivního regulátoru. Ta je formulována a řešena v každém diskretním kroku regulátoru. Komponenty stávajících systémů MaR, typicky PLC řídicí počítače, ve své podstatě nejsou schopny se svými hardwarovými parametry řešit optimalizační problémy prediktivního řízení pro zařízení techniky prostředí staveb a to zejména vzhledem k vysoké výpočetní i paměťové náročnosti, na kterou nejsou tato zařízení připravena.

S ohledem na platformní a výpočetní omezení jsme proto navrhli výpočetní systém FCS napsaný v jazyce Python, který na platformě podporující optimalizační nástroje a s dostatečným výpočetním výkonem řeší problém prediktivní regulace a optimální akční zásahy komunikuje do systému MaR.

Takováto koncepce byla v principu použita jak na všech našich pilotních projektech, tak v podobném tvaru také v projektu Opticontrol, viz tab. 2, která popisuje nejen použité komunikační protokoly, metody modelování, ale také numerické nástroje pro řešení optimalizačních problémů. Jednotlivé řešení se poté liší zejména formou komunikačního protokolu.

Naše nejnovější verze výpočetního systému pro prediktivní řízení FCS se oproti předešlým prototypům liší zejména v tom, že není omezena na spolupráci s jediným systémem MaR, ale svojí flexibilitou a otevřeností umožňuje komunikaci po různých protokolech s celou řadou systémů a to zejména díky úzké spolupráci se systémem RcWare, který tvoří bránu k ostatním běžně používaným protokolům (BACnet, Modbus, OPC, apod.).

Navržený nový systém je navíc plně škálovatelný a je možno jej využívat jednak jako tzv. cloudové řešení, kdy jeden silný výpočetní server obsluhuje řadu řízených soustav v budovách, ale také jako jednoúčelové řešení, které se přidá přímo ve formě krabičky. Druhá varianta samozřejmě vyžaduje od této „krabičky“ dostatečný výpočetní výkon, což ovšem v případě nově objevujících se jednodeskových počítačů typu Raspberry Pi nebo BeagleBone není problém a navíc se jedná o řešení za rozumnou cenu.

Tab. 1 Vyhodnocení pilotních projektů MPC regulace budov

Budova	Nasazení MPC	Úspory dosažené pomocí MPC	Komfort	Tým
Budova ČVUT v Praze Dejvicích	Od roku 2009	22 %	Zlepšení	ČVUT, Energocentrum Plus, Feramat Cybernetics
Projekt Geotabs v Belgii	Od roku 2012	17 %	Zlepšení	KU Lovaň, ČVUT
Icade Premier House 1 v Mnichově	Po vyhodnocení detailních simulací nedošlo k nasazení MPC	± 5 %	Beze změny	ETH Curych, ČVUT, Energocentrum Plus
Projekt Opticontrol, Švýcarsko	Od roku 2012	14 %	Zlepšení	ETH Curych

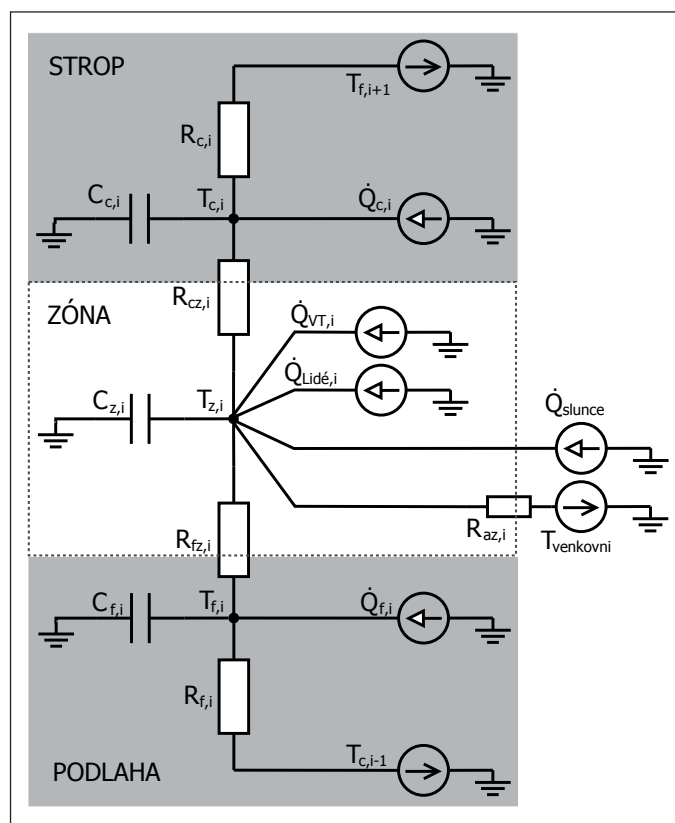
Tab. 2 Odlišnosti v implementaci MPC pro různé pilotní projekty

Budova	Sestavení modelu	Numerické prostředí	Komunikace s budovou
Budova ČVUT v Praze Dejvicích	Identifikace z reálných dat, přístup statistický i fyzikální	Scilab(2008-2009), Matlab(2009-2012), Python(2013)	Nativní kanál systému RcWare
Projekt Geotabs v Belgii	Identifikace z reálných dat, přístup fyzikální	Matlab	Nativní kanál systému RcWare + Modbus TCP
Icade Premier House 1 v Mnichově	Identifikace ze simulovaných dat pomocí EnergyPlus, přístup statistický	Matlab	Nebylo řešeno
Projekt Opticontrol, Švýcarsko	Přímé odvození modelu z modelu v EnergyPlus	Matlab	BACnet-OPC

Modelování

Vedle vlastní implementace algoritmu MPC, která je shodná pro celou řadu systémů v budovách, je dalším problémem nasazení MPC získání matematického modelu popisující dynamiku otopné soustavy a budovy. Ten je ovšem unikátní a nelze ho jednoduše algoritmovat.

Metody získání modelu jsou založeny buď na čistě statistických nástrojích, jejichž cílem je najít zobrazení mezi vstupními a výstupními veličinami modelu (např. tepelné toky na vstupu a teploty na výstupu), anebo na z části fyzikálních principech [4]. Pro případ uvedených pilotních projektů jsou identifikační metody souhrnně sepsány v tab. 2. Obecně se dá říci, že větší popularitu si u komunity zabývající se prediktivním řízením získaly metody založené na fyzikálních principech, neboť statistické metody vyžadují velmi kvalitní měřená data s velkou variabilitou, což je v praxi těžko dosažitelné (ideálně se systém nachází v ustáleném stavu a právě variabilita je eliminována). Tyto metody lze tedy použít pouze pro případ identifikace parametrů u detailních simulačních nástrojů (viz pilotní projekt 3), kdy si měřená data vygenerujeme s vysokou variabilitou podle svých představ.



Obr. 5 Náhradní schéma reprezentující tepelné kapacity a odpory pro případ jedné místnosti, která je ovlivněna stropním a podlahovým vytápěním, venkovní teplotou a slunečním ozáření. Stropy a podlahy jsou taktéž ovlivněny sousední místností.

Vraťme se ale k rozšířenějším metodám získávání modelu na základě fyzikálních principů. Zde je pro každý systém navržena struktura, která reprezentuje model se soustředěnými parametry dvojího typu: tepelné kapacity a odpory (názorně je to zobrazeno na obr. 5). Tyto hodnoty samozřejmě nelze naprosto přesně určit na základě technické dokumentace a proto i zde mají nemalou důležitost kvalitní měření, která jsou použita k adaptaci počátečních odhadů parametrů na základě technické dokumentace. Tato adaptace může probíhat jak online, tak jednorázově před vlastním spuštěním regulátoru. Oproti statistickým metodám, kde je i pro strukturou jednoduché zařízení potřeba více než dva měsíce dat, vystačí si metody založené na fyzikálních principech, v jednoduchých případech, s jedním až dvěma týdny dat. Potom je zejména v úvodu reálného provozu potřeba bedlivě sledovat chování modelu a jeho predikci a případné nevhodné chování korigovat dodatečnou adaptací parametrů. Model je totiž jedním z hlavních důvodů, proč prediktivní regulátor dokáže dosáhnout energetických úspor proti běžným regulacím.

ZÁVĚR

Pilotní ověření MPC ukázala, že prediktivní regulátor dokáže hospodárnějším způsobem pracovat s tepelnou energií a při udržení tepelného komfortu dosáhnout úspor oproti neprediktivnímu regulátoru zhruba 17 až 22 % v závislosti na druhu otopné soustavy a tepelně-technickém chování budovy. Úspory jsou dosahovány díky práci s termodynamickým modelem a předpovědi počasí, které představují hlavní faktory vstupující do optimalizace, jenž se snaží minimalizovat spotřebu energie při dosažení tepelného komfortu.

Na základě zkušeností z pilotních ověření a literatury lze konstatovat, že vyšší potenciál úspor lze očekávat u otopných soustav a budov, které mají velkou schopnost tepelné akumulace, neboť takové jsou velmi obtížně regulovatelné běžnými technikami a předpověď počasí zde hraje významnou roli.

Ve všech popisovaných realizacích bylo MPC aplikováno na existující budovy a při návrhu MPC bylo nutné přizpůsobit se stávajícímu systému MaR. V případě, kdy by se s použitím MPC počítalo již od počátku projektování zařízení techniky prostředí staveb, je možné výrazně zjednodušit následnou aplikaci MPC. Jedná se například o umístění senzorů teploty, návrh samostatně regulovatelných zón nebo možnosti napojení na systém MaR. I samotné modelování termodynamického chování otopných soustav by bylo možné urychlit využitím veškerých informací uvedených v technické dokumentaci.

Jako další perspektivní možnost použití prediktivního regulátoru v praxi se ukazuje využít prediktivní regulátor při modernizaci otopných soustav v panelových domech. Zejména panelové domy, po finančně náročném zateplení fasády a výměně oken, vyžadují menší či větší změny v parametrech řídicího systému nebo dokonce celou záměnu řídicího systému tak, aby nedocházelo ke zbytečnému přetápění bytových jednotek a hospodárnější práci s energiemi. Autoři v současné době pilotně ověřu-

ji úspory, které může přinést použití prediktivního regulátoru při řízení otopných soustav v panelových domech.

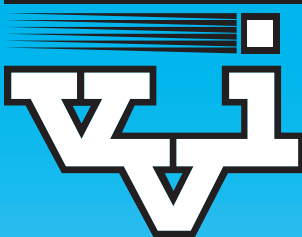
Kontakt na autory: cigler@feramat.com, jan.siroky@energocentrum.cz

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory Evropské unie, projektu OP VaVpl č. CZ.1.05/3.1.00/13.0283 - Inteligentní budovy.

Použité zdroje:

- [1] Šíroky J., Oldewurtel F., Cigler J., Prívára S. *Experimental analysis of model predictive control for an energy efficient building heating system*. Appl. Energy, vol. 88, no. 9, pp. 3079–3087, Sep. 2011.
- [2] Gyalistras D. and Team Opticontrol. *Final Report: Use of Weather and Occupancy Forecasts for Optimal Building Climate Control (OptiControl)*. ETH Zürich, Switzerland, 2010.
- [3] Domahidi, A., Ullmann F., Morari M., Jones C.N. *Learning near-Optimal Decision Rules for Energy Efficient Building Control*. In 2012 IEEE 51st Annual Conference on Decision and Control (CDC), 7571–7576, 2012. doi:10.1109/CDC.2012.6426767.
- [4] Prívára, S., Cigler J., Váňa Z., Oldewurtel F., Sagerschnig C., Žáčeková E. *Building Modeling as a Crucial Part for Building Predictive Control*. Energy and Buildings vol. 56 (January 2013): pp 8–22. ■



VYTÁPĚNÍ VĚTRÁNÍ INSTALACE

Vážení přátelé,
Společnost pro techniku prostředí nabízí
2. přepracované vydání

Názvoslovného výkladového slovníku
z oboru Technika prostředí

v Č-N-A, A-Č-N, N-Č-A mutacích

Obsahuje terminologii oborů:
 Vytápění, Solární technika, Tepelná izolace, Chladicí technika,
 Tepelná čerpadla, Větrání, Klimatizace, Hluk a otřesy, Průmyslová
 vzduchotechnika, Pneumatická doprava, Čistota ovzduší, Odprašování,
 Hygiena, Automatická regulace, Ekonomika investic,
 Domovní vodovody, Plynovody, Kanalizace.

Slovník je možno zakoupit:

- ❑ v Univerzitním knihkupectví ČVUT, budova NTK, Technická 6,
160 80 Praha 6 nebo si nechat zaslát dobírkou:
e-mail: vera.mikulkova@ctn.cvut.cz – tel. 224 355 003;
- ❑ osobně v sekretariátu Společnosti pro techniku prostředí:
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1 nebo
- ❑ v redakci VVI – Fakulta strojní, 8. p., Technická 4, 166 07
Praha 6.

Cena 110 Kč vč DPH

Novinky tepelných čerpadel Daikin

Na veletrhu ISH 2013 představil Daikin Europe NV, Ostende, novinky z oboru tepelných čerpadel z oblasti vzduch/voda a vzduch/vzduch pro soukromé bydlení a budovy podniků. V popředí stojí čtvrtá generace technologie VRV představující v podnikatelském sektoru alternativu k běžným systémům vytápění. Jde především o zařízení VRV IV s variabilní teplotou chladiva. Vedle nových vnějších zařízení tepelných čerpadel vzduch/voda Altherma vystavil Daikin sérii zařízení Seasonal Smart, které již dnes překračují požadavky EU na energetickou účinnost stanovené na rok 2015.

Pramen: CCI 03/2013

(AB)

GEA prodává segment výměníků tepla

Koncern GEA oznámil, že nadále nepovažuje segment výměníků tepla (GEA HX), k němuž patří mj. značky Delbag, Happel, Kuba, Denco a Searle, se stagnujícím prodejem v roce 2012 za 1,61 mld. €, za jeden ze stěžejních obchodů koncernu. Důvodem je nízká investiční ochota zákazníků ve srovnání se segmentem elektrárén. Objem zakázek na teplosměnná zařízení klesl meziročně v období 2011/2012 o 9 %. Naproti tomu se GEA bude větším podílem angažovat na rozvíjení potenciálu synergie segmentů koncernu (mj. mokré a suché chladicí systémy, zpracování vzduchu a klimatizace) v zařízeních pro výrobu a zpracování potravin a balicí techniku. Podle odhadů analytiků investiční banky Barclays se z prodeje očekává čistý výnos 800 mil. €.

Pramen: CCI 08/13

(AB)

Barva rukavic varuje před nebezpečím

Fraunhoferův ústav pro modulární „pevnolátkové“ technologie (FMFT), Regensburg, vyvinul ochranné rukavice, které se rozsvítí, jestliže narazí na nebezpečné látky ve vzduchu. Rukavice obsahují speciální senzorové pigmenty, u nichž styk s jednotlivými nebezpečnými látkami vyvolá chemickou reakci a tím změnu barvy. Molekula indikátoru cíleně rozpoznává vždy jednotlivou nebezpečnou látku a jediné tehdy k chemické reakci dochází. O tom jaké barevné tóny lze užít, rozhoduje uživatel podle hledaného nebezpečí. Možnosti využití spatřují vynálezci v hledání úniků a detekci látek u potrubí dopravujících nebezpečné plyny, jako varování při vstupu do prostor s možným výskytem nebezpečných látek aj.

Pramen: CCI 08/13

(AB)

Facebook přichází k polárnímu kruhu

V půli června 2013 bylo v Luleå v severním Švédsku, nedaleko od polárního kruhu, uvedeno do provozu výpočetní středisko Facebook na ploše 28 000 m². Protože průměrná roční teplota zde dosahuje 2 °C, je server chlazen převážně vzduchem. Jsou užity ventilátory dánské firmy Novenco A/S s výkonem 4,7 mil. m³.h⁻¹. Požadovaný elektrický výkon pro chlazení a klimatizaci 120 GW, pocházející výhradně z obnovitelného zdroje, je kryt vodní elektrárnou. Výpočtové středisko tak dosahuje hodnoty PUE (Power Usage Effectiveness) 1,07.

Pramen: CCI 08/13

(AB)

Výhoda grafitu při použití u chladicích stropů

Na žádost výrobce grafitu SGL Lindner GmbH, Meitingen, provedla dvě inženýrská pracoviště studii o vlivu použití grafitu Ecophit na účinnost chlazení u chladicích stropů. Standardní konstrukce stropu se skládala ze standardních sádrokartonových desek a hliníkových profilů se zalisovanými měděnými trubkami. Simulace provozního případu s lehkými deskami obsahujícími grafit Ecophit s lepší tepelnou vodivostí prokázala, že při použití grafitu Ecophit na chlazení v klimatizaci na hodnoty teploty v místnosti 26 °C, se dosahuje až o 40 % nižší spotřeby energie než u referenčního vzorku bez grafitu.

Pramen: CCI 08/13

(AB)