

MATLAB A ANALÝZA DAT V PRŮMYSLU

J. Šípál

Fakulta výrobních technologií a managementu; Univerzita Jana Evangelisty Purkyně

Abstrakt

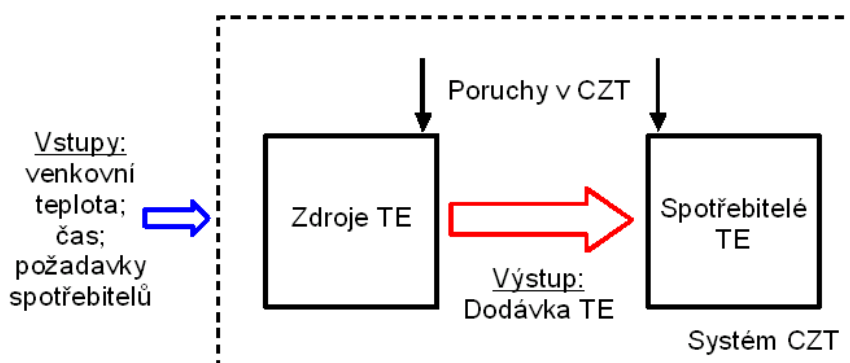
Nové adaptivní algoritmy představují progresivní nástroj při řízení výrobních energetických systémů. Příspěvek představuje přechod mezi laboratorním vyzkoušením a praktickým provozem adaptivního modelu spotřeby tepelné energie v soustavě centrálního zásobování teplem. To umožní nový způsob řízení výroby tepelné energie ve středně velké teplárně.

Úvod

Centralizované zásobování tepelnou energií je progresivní metodou pro zajišťování sociálních potřeb obyvatel v městských aglomeracích. Tato metoda je zároveň i velmi šetrná k životnímu prostředí, neboť potřeby odběratelů pokrývá jeden velký zdroj, který provozuje různé technologie pro ochranu životního prostředí. Dalším aspektem k ochraně životního prostředí a úspoře primárních surovin je provozování zdroje tepelné energie v optimálním režimu. To znamená lepší plánování výrobních kapacit do provozu. V současné době toto plánování zajišťují vedoucí provozní pracovníci především na základě svých dlouholetých zkušeností. Využití adaptivního modelu spotřeby tepelné energie spolu se skloubením provozních zkušeností přináší do rozhodovacího procesu provozních pracovníků sofistikované podklady.

Centralizované zásobování teplem

Větší územní celky se tepelnou energií zásobují pomocí soustavy centralizovaného zásobování teplem (CZT). CZT je rozsáhlý systém zajišťování tepelné energie pro určitou oblast. Tento systém obsahuje minimálně jeden zdroj, distribuční síť pro transport energie, množinu odběratelů a případně množiny lokálních zásobovacích subsystémů. Jedná se například o odběry větších podniků, které mají vlastní distribuční síť. Systémové schéma zajištění zásobování CZT tepelnou energií je na obrázku č. 1.



Obr. 1: Schéma zásobování TE

Jedním ze zdrojů tepelné energie jsou teplárny. Teplárny zajišťují výrobu tepelné energie, druhotná je výroba elektrické energie. U klasické teplárny jsou hlavní výrobní zařízení uspořádána do bloků. Výrobní blok obsahuje kotelní jednotku, parní protitlakou turbínu, napájecí čerpadla, elektrický generátor, vývodový transformátor a elektrické rozvodny vlastní spotřeby. Společným zařízením pro všechny výrobní bloky jsou skladování a příprava paliva, příprava vody, odsun popelovin, odsíření apod.

Výroba energie v teplárnách je realizována protitlakými parními turbínami. Jedná se o stroje, v nichž expanze páry končí na takových parametrech páry, které umožňují využití tepelné energie v dalších technologických procesech, nebo umožňují dopravu páry jako média. Po odevzdání tepelné energie dochází ke změně skupenství, vodní pára se mění v kondenzát, který je dopravován zpět do teplárny. Kondenzát je zpětně přidáván do napájecí vody a přiveden do parního kotle. Tepelný okruh je tím uzavřen.

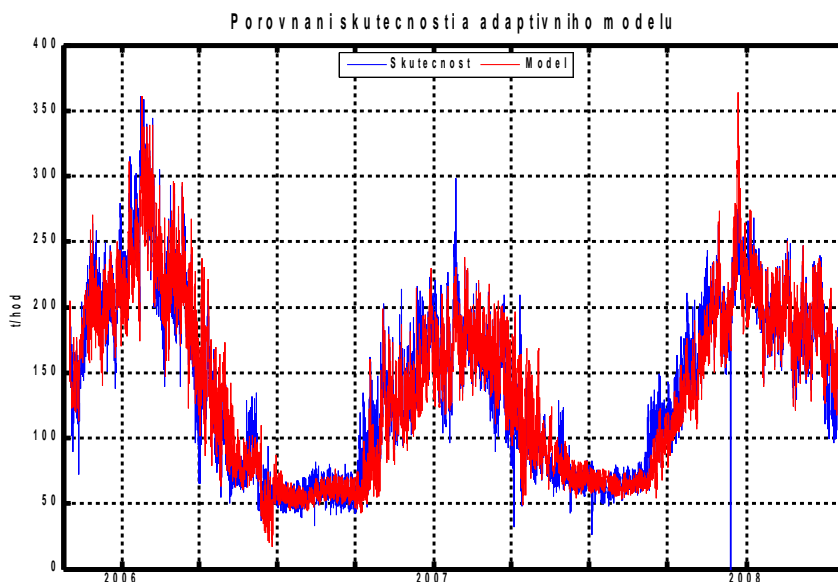
Výkon teplárny je řízen spotřebou tepelné energie v zásobované oblasti. Řídicími veličinami spotřebované tepelné energie je venkovní teplota, počet a skladba obyvatel nebo výroba produktů, které potřebují tepelnou energii při své výrobě.

Transport tepelné energie od zdroje k místu spotřeby je zajišťován potrubní sítí (distribuční sítí) a daným transportním médiem, tj. přehřátou vodní párou nebo horkou vodou. Každé médium má své charakteristické vlastnosti. Přehřátá vodní pára přenáší velké množství energie při menší hmotnosti, nepotřebuje čerpací energii pro dopravu, má vyšší tepelnou setrvačnost, ale má větší ztráty při dopravě. Naproti tomu horká voda potřebuje čerpací práci, ale má nižší tepelné ztráty dopravou.

Stručný vývoj predikčního algoritmu

V předchozích příspěvcích na konferencích TCP a i jiných byl postupně představován vývoj a odladění matematického predikčního modelu. Tato část byla prováděna v laboratorních podmínkách. Do externího počítače byla načtena potřebná data a pomocí programového prostředí Matlab, které díky své jednoduchosti ovládání a vysokým výpočetním výkonem se ukázalo jako optimální prostředek pro práci, byl vytvořen predikční model.

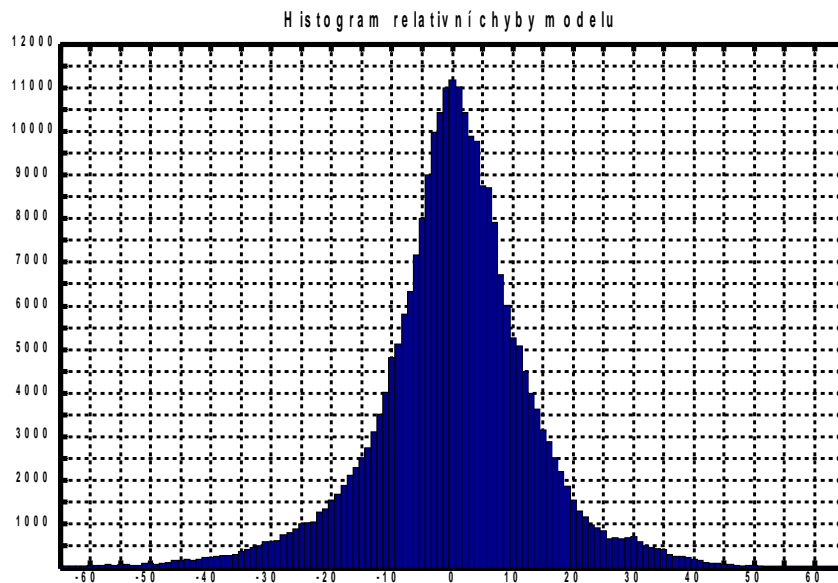
Vzhledem k tomu, že v soustavě CZT dochází k neustálým změnám v průběhu roku, není tento systém z dlouhodobého hlediska časově invariantním systémem. Postupný vývoj složkového modelu dosáhl svého vrcholu a bylo nutno použít jiné mechanismy k řešení. Jako nejvhodnější se jevil adaptivní algoritmus. V první etapě zkoušek byl zkoušen adaptivní algoritmus s pevným rekaliбраčním krokem. V současné době je již používán adaptivní algoritmus vyšší generace, s proměnným rekaliбраčním krokem.



Obr. 2: Porovnání predikce se skutečností

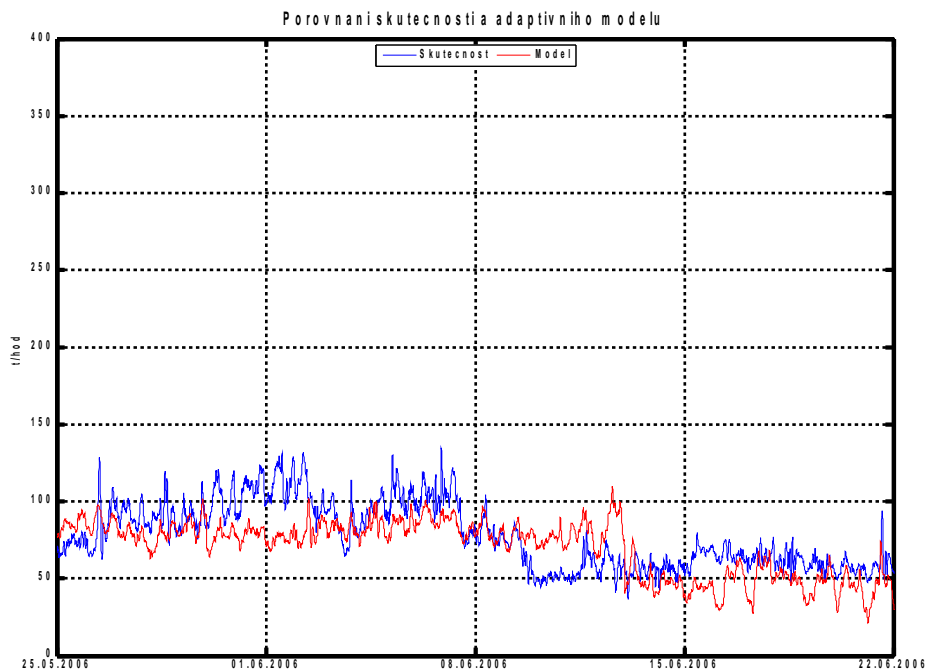
Výsledky poslední vývojové etapy jsou na obrázku č. 2. Modrou barvou je zakreslen průběh skutečné dodávky tepelné energie do soustavy centrálního zásobování v Ústí nad Labem a červenou barvou potom predikce modelu. Na průběžích hodnot na obrázku jsou zřejmá místa, v

nichž došlo ke zvýšení rozdílu mezi predikcí a skutečností, na což model reagoval rekalibrací svých parametrů. Rozložení relativní chyby modelu ku skutečnosti je na druhém obrázku č. 3.



Obr. 3: Histogram relativní chyby predikčního modelu

Na obrázku č. 4 je patrná funkce adaptivního algoritmu, kdy při zvětšené odchylce modelu a skutečnosti dochází k automatické rekalibraci parametrů.



Obr. 4: Změna parametrů modelu

Aplikace řídicí techniky do plánování řízení výroby tepelné energie

Z hlediska dodavatele tepelné energie je důležitější, než znalost okamžitého stavu dodávek tepelné energie, znalost budoucí spotřeby tepelné energie. Tato znalost mu potom zajistí lepší

možnost plánování provozu jednotlivých výrobních jednotek, jejich oprav a optimalizaci ekonomiky provozu. Toho lze dosáhnout začleněním predikčního modelování spotřeby tepelné energie do řízení výroby tepelné energie. Přesná predikce spotřeby umožňuje provádět současná rozhodnutí o budoucím stavu v síti kvalifikovaněji, snižuje se nejistota v rozhodovacím procesu. Možnost poměrně přesně plánovat výrobu tepelné energie umožňuje zavádět do teplárenství zcela nové metody řízení zaměřené na zvyšování efektivity celé produkce a zajištění optimálních parametrů transportního média.

Z tohoto důvodu se jeví jako potřebné převést výsledky laboratorních zkoušek do praktického provozu. Pro odzkoušení navrhovaných algoritmů byla zvolena soustava CZT v Ústí nad Labem. Ve výrobním podniku Dalkia byl instalován samostatný počítač. Tím dojde z důvodů zabezpečení k oddělení vlastní sítě výrobního podniku a zkušebního stroje. Tento počítač si ze serveru podniku stahuje naměřené údaje ve formě txt souborů. Další údaje o výhledu vývoje počasí, rovněž ve formě txt souborů, jsou získávány ze serveru na internetu. Pomocí nastavených algoritmů je proveden výpočet odhadu budoucí spotřeby tepelné energie. Tyto odhady jsou umístěny na podnikový server a jsou k dispozici provozním pracovníkům, kteří plánují výrobu. Ve stadiu zkoušek je zatím omezen počet pracovníků, využívající tato data. Porovnáním predikovaných hodnot dodávané tepelné energie, skutečné dodávky a provozních zkušeností spolupracujících techniků Dalkie dochází ke zlepšování parametrů modelu a zároveň k průběžnému vyhodnocování ekonomických přínosů pro podnik. Pro snazší práci během skutečného provozu teplárny při zkoušení algoritmů je opět použito prostředí Matlab. Po odladění a odzkoušení všech provozních stavů budou algoritmy převedeny do jiných programovacích jazyků. Délka tohoto zkoušení je odhadována zhruba na jeden rok.

Závěr

Vytvořený model popisuje spotřebu tepelné energie s velkou přesností a adaptivní algoritmus zajistí, že predikce bude přesná i při změnách v soustavě spotřebitelů. Pro vztahy, popisující rozdělení spotřebovávané tepelné energie, byla použita matematická teorie časových řad a jejich rozkladu. Použití tohoto modelu je orientováno na potřeby operativního plánování v průmyslových podnicích.

Vývoj adaptivního složkového modelu spotřeby tepelné energie a následné ověřování jeho výsledků bylo uskutečněno na půdě Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. Praktické vyzkoušení je prováděno v rámci spolupráce Univerzity Jana Evangelisty Purkyně s výrobními podniky, firmou Kybertec s.r.o., zabývající se problémy automatického řízení a teplárenským podnikem Dalkia ČR, a. s. Divize Ústí nad Labem, provozujícím zdroj i soustavu CZT v Ústí nad Labem.

Použitá literatura:

- [1] ŠÍPAL Jaroslav. Nové možnosti řízení tepelné energie. In: *Technical Computing Prague 2007*
- [2] ŠÍPAL Jaroslav. Složkový model spotřeby tepelné energie v síti centralizovaného zásobování teplem; In: *Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky Hebertov 08/2007*; ČVUT FS Praha 2007;
- [3] ŠÍPAL Jaroslav. Matlab v analýze naměřených dat průmyslového podniku. In: *Technical Computing Prague 2006*