

Balátě Jaroslav, prof.Ing.DrSc.
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Mostní 5139, C Z-76001
Zlín

Vyjádření školitele Ing. Bronislava Chramcova k disertační práci:

Algoritmy řízení ve výrobě a rozvodu tepla – Předpověď denního diagramu dodávky tepla .

Předmětem doktorského studia Ing. Bronislava Chramcova je vytvoření výpočtového programu pro výpočet předpovědi denního diagramu dodávky tepla v tepelných sítích a využití tohoto modelu pro řízení rozlehlých teplotárenských sítí.

Z hlediska systémového přístupu chápeme teplotárenské soustavy jako technologické řetězce skládající se ze tří základních článků: (kombinovaná) výroba tepla – doprava a distribuce tepla – spotřeba tepla. Záměrem je řízení tohoto technologického řetězce ze společného dispečerského pracoviště.

Důkladná analýza časových řad a následná předpověď jejich budoucího chování vede ke zlepšení úrovně řízení technologického procesu. Aplikaci takovéto předpovědi je možno najít i při řízení v soustavě centralizovaného zásobování teplem (SCZT), jmenovitě při zajišťování dodávky tepla – řízení tepelného výkonu horkovodu.

Základním vstupním údajem pro přípravu provozu SCZT je znalost potřeby tepla. Pojmem potřeba tepla rozumíme okamžitý tepelný výkon požadovaný nebo odebíraný spotřebitelem. Průběh potřeby tepla a spotřebu tepla je možno znázornit pomocí diagramů potřeby tepla. Mezi nejdůležitější patří:

- **denní diagram dodávky (potřeby) tepla - DDDT**, který vyjadřuje průběh potřebného tepelného výkonu během dne
- **diagram trvání potřeby tepla** – pořadnice ukazují potřebu tepla, její vzdálenost od počátku pak trvání příslušné potřeby tepla. Existují diagramy trvání potřeby tepla denní a roční.

Takové diagramy mají zásadní důležitost při technických a ekonomických úvahách. Proto předpověď průběhů těchto diagramů má význam pro krátkodobé a dlouhodobé plánování výroby tepla. Podle časového průběhu potřeby tepla lze posuzovat otázku špičkových zdrojů a zejména otázku optimálního rozdělování zatížení mezi spolupracující výrobní zdroje a výrobní jednotky uvnitř těchto zdrojů.

Při výpočtech předpovědi časových řad lze využít různých metod řešení, jako jsou např. řešení pomocí lineárních modelů, řešení pomocí nelineárních modelů, metoda spektrální analýzy, neuronové sítě a pod.

V minulosti vzniklo velké množství prací, které řeší predikci DDDT a její využití při řízení dodávky tepla či elektrické energie. Většina těchto prací je však založena na hromadném zpracování velkého počtu dat. Tento postup se však vyznačuje jednou velkou nevýhodou, která vede ke zkreslení a tím k nepřesné předpovědi budoucího průběhu DDDT. Tato nevýhoda spočívá v neaktuálnosti zpracovávaných dat. Z tohoto důvodu je výhodné pro predikci DDDT použít metod předpovědi podle metodologie Box-Jenkinse. Tato metoda pracuje jen s určitým počtem hodnot, které jsou každou vzorkovací periodu aktualizovány.

Uvažovaná práce spadá do koncepce řešení „Návrhu řízení rozlehlých teplotních soustav“, který je dlouhodobě řešen na našem pracovišti a finančně byl a je podporován Grantovou agenturou České republiky (Grant č. 101/01/0345 - „Cost effective and environmental operation of district heating systems by means of advanced control algorithms“ respektive Grant č. 101/06/0920 – „Vývoj a využití řídicích algoritmů vyšší úrovně pro řízení teplotních soustav jako nástroje pro snižování cen energií a zlepšování životního prostředí“). Zájem o výsledky projeví energetické podniky, navázána je perspektivní spolupráce s United Energy, a. s. Most-Komořany, Elektrárnou Hodonín, Teplárnou Otrokovice a Teplárnou Olomouc.

Předkládaná práce řeší problémy předpovědi průběhu časových řad s aplikacemi při řízení technologického procesu v reálném čase. Konkrétně se jedná o využití predikce denního diagramu dodávky tepla (DDDT) při řízení v soustavě centralizovaného zásobování teplem (SCZT), jmenovitě při zajišťování dodávky tepla – řízení tepelného výkonu horkovodu. I když se pojem predikce časových řad v současnosti objevuje ve všech oborech lidské činnosti, v oblasti teplotnictví je využití takových předpovědí hodně opomíjeno. V minulosti vznikaly některé práce, které řešily predikci DDDT a její využití při řízení dodávky tepla či elektrické energie. Většina těchto prací byla však založena na hromadném zpracování velkého počtu dat. Tento postup se však vyznačoval velkou nevýhodou, která vedla ke zkreslení a tím k nepřesné předpovědi budoucího průběhu DDDT. Tato nevýhoda spočívala v neaktuálnosti zpracovávaných dat. Z tohoto důvodu je nutné pro predikci DDDT použít dalších metod předpovědi, tak aby došlo k jednoznačnému zlepšení úrovně řízení.

Při výpočtech předpovědi časových řad lze využít velkého počtu prediktivních modelů a různých metod řešení. Prakticky je můžeme rozdělit do tří kategorií: klasický (nebo statistický) přístup, metody založené na technice umělé inteligence a ostatní přístupy.

Dílčí cíle disertační práce byly s ohledem na možnosti využití stanoveny takto:

1. Sestrojení modelu DDDT podle metodologie Box-Jenkinse
2. Návrh postupu výpočtu předpovědi DDDT
3. Zahrnutí nepravidelných kalendářních vlivů
4. Zahrnutí vlivu meteorologických veličin na spotřebu tepla.
5. Vypracování uživatelského programu pro předpověď DDDT se začleněním vlivu meteorologických veličin a nepravidelných kalendářních vlivů.
6. Testování navržené metody predikce na konkrétních hodnotách DDDT.

Úkolem bylo předložit uživatelsky jednoduché prostředí pod operačním systémem Windows, které by se mohlo stát vhodným nástrojem pro provozovatele, případně pro projektanty soustav centralizovaného zásobování teplem a další energetické podniky.

Jelikož průběh DDDT má tvar periodické časové řady s náhodným chováním, proto je vhodné využít při výpočtu poznatků z teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky. Zkoumaný signál lze chápat jako realizaci náhodného procesu, který má stochastickou složku v superpozici s deterministickou složkou, danou fyzikálním základem procesu.

Praxe ukazuje, že většina časových řad může být rozdělena na několik složek. Jsou to **trend, sezónní (periodická) složka, cyklická složka, reziduální (náhodná, zbytková, iregulární) složka**. Rozklad časové řady do těchto složek se pak nazývá dekompozice časové řady. První tři složky představují deterministickou složku signálu. Čtvrtá složka představuje stochastickou složku signálu. V našem konkrétním případě (tj. u průběhu DDDT SCZT) se vyskytují tyto složky:

- **sezónní** - denní perioda (fluktuace odběru během dne),
- týdenní periodicitata (pokles odběru v sobotu a neděli),
- **trendová** - plynulé přechody mezi ročními obdobími,
- **náhodná** - nepředvídané výkyvy v odběru tepla, meteorologické vlivy.

V úzké spolupráci se společností MST, a.s. – Teplárnou Olomouc a Teplárnou Otrokovice, a.s. byla získána konkrétní reálná data odběrů tepla (lokality Olomoucká a Zlínska). Ve Zlínské lokalitě byla shromážděna data s periodou 1 hodina. Pro všechny hodnoty časové řady DDDT z Teplárny Otrokovice byly získány také odpovídající hodnoty venkovní teploty.

Pro výpočet předpovědi průběhu DDDT se zahrnutím vlivu venkovní teploty je třeba k časové řadě reálných odběrů tepla získat časovou řadu hodnot venkovní teploty. Tyto řady byly opět získány na základě úzké spolupráce se společností Teplárna Otrokovice, a.s., respektive MST, a.s – Teplárnou Olomouc.

Výsledků měření se nabízí při řízení tepelného výkonu v SCZT ve dvou úrovních:

1. Předpověď je využita pro plynulé určování potřebného tepelného výkonu horkovodu v časovém předstihu, který je závislý na dopravním zpoždění (a to v rozsahu např. 2-16 hodin) v závislosti na vzdálenosti zdrojů tepla od spotřebitelů, což je pro každou lokalitu rozdílné. Eliminaci tohoto dopravního zpoždění umožňuje „**kvalitativně-quantitativní způsob řízení tepelného výkonu horkovodu – systém Balátě**“, kde právě předpověď časové řady průběhu části DDDT je nezbytnou součástí tohoto řešení.
2. Je prováděna predikce celého denního diagramu dodávky tepla (DDDT) SCZT. Tato předpověď je určena pro účel řízení výroby tepla a tedy **optimálního rozdělování zatížení mezi spolupracující výrobní zdroje a v nich výrobních jednotek** (teplárny, výtopny, spalovny, dálkové napáječe). Cílem předpovědi je krátkodobá příprava výroby v časovém horizontu 24 hodin, kdy určíme minimální spotřebu paliva a energie, což přispívá k ekonomii a ekologii provozu.

Hlavním přínosem práce je navržení metodologie pro zahrnutí nepravidelných kalendářních vlivů a zahrnutí vlivu meteorologických veličin do výpočtu předpovědi DDDT. Jde o řešení situace, kdy státem uznávaný svátek resp. den pracovního klidu připadne na pracovní den a situace náhlých výkyvů počasí. Při zahrnutí meteorologických veličin byl zahrnut vliv pouze venkovní teploty, která má na průběh DDDT.

Dotazy:

- Zdůvodněte omezení vlivu meteorologických veličin jen na vliv venkovní teploty.
- Vysvětlete návrh řízení teplotní soustavy v Litoměřicích, zdůrazněte význam tohoto návrhu.

Práce je velmi pečlivě sepsána bez překlepů i pravopisných chyb.

Disertant prokázal samostatnou tvůrčí činnost v oboru i svoji tvůrčí vědecko-odbornou erudici.

Závěr:

Předložená doktorská práce naplňuje nároky na disertační práci v souladu s § 47
Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb. a proto ji

doporučuji k obhajobě

v oboru 26-15-9 Technická kybernetika

Zlín, 28.11.2006