

Efektivní plánování kombinované výroby tepla a elektřiny při spalování odpadu

1. Úvod

Odpadové hospodářství v České republice se blíží k roku 2024, kdy nastane zákaz ukládání smíšeného komunálního odpadu (komunální odpad po vyřídění materiálově využitelných a nebezpečných složek) a recyklovatelných a využitelných odpadů na skládku. Nařízení vychází z novelizovaného zákona o odpadech 185/2001 Sb., uvedeného v platnost 1. 7. 2017. Způsob nakládání s odpadem se změní a významnou roli zde budou muset sehrát zařízení na energetické využití odpadu (ZEVO).

V současné době má Česká republika čtyři ZEVO. Jde o ZEVO v Praze s instalovanou

Plan, který pomáhá ZEVO správně řídit provoz z pohledu efektivního využití energie.

2. Provoz ZEVO

Na výrobu energie v ZEVO má vliv mnoho dílčích prvků. Především jde o spalovací rošty, systém na čištění spalin, kondenzátory a turbogenerátor. Zjednodušené schéma ZEVO je na obr. 1. Odpad se skladuje a homogenizuje v bunkru, poté je spalován v kotlech. Horké spaliny ohřívají vodu, která se mění na páru a dále putuje potrubním systémem na turbínu nebo přímo do tepelné sítě (CZT) přes výměníky tepla. Spaliny prochá-

a regulace. Čím novější technologie, tím přesnější odhad lze provést. ZEVO dodává elektřinu do sítě prostřednictvím zprostředkovatelů, dodává tedy předem stanovené množství podle smluvních závazků. Součástí smluv je i toleranční pásmo a předem stanovené sankce. Produkce se plánuje obvykle na jeden den dopředu, což v případě ZEVO bývá obtížné z důvodu proměnlivé výhřevnosti odpadu, proměnlivých technologických odběrů páry apod. Proto byl vyvinut software ZEVO Plan, který odhad značně usnadňuje, zrychluje a také zpřesňuje.

3. Software ZEVO Plan

Software ZEVO Plan, vyvinutý na pracovišti autorů, provádí simulační výpočet provozu ZEVO, jehož výsledkem je množství elektrické energie dodávané do sítě. Jádrem softwaru je matematický model provozu ZEVO. Hlavní modelované technologické uzly jsou na obr. 1 zvláště podtrženy.

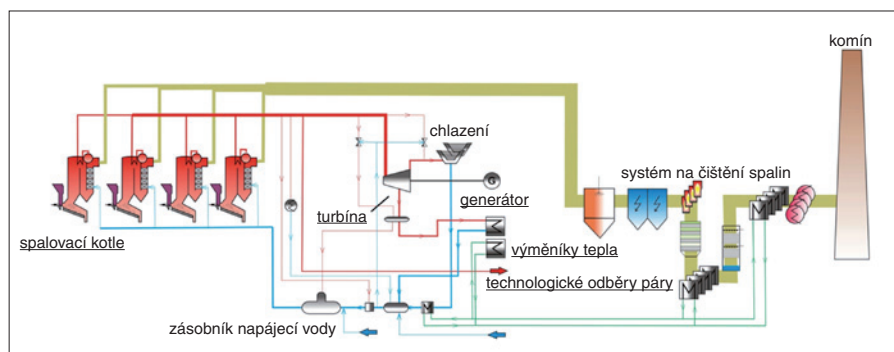
Model předpokládá ustálený stav provozu ZEVO. Přechodové stavy nejsou v tomto případě podstatné. Model celého zařízení kombinuje hmotnostní a energetické bilance a termodynamické modely s regresními modely založenými na provozních datech. Pro regresní modelování byly použity umělé neuronové sítě [1]. Ty jsou určeny zejména pro modelování složitějších nelineárních systémů. Při tvorbě regresních modelů hraje hlavní roli příprava provozních dat, která *de facto* rozhoduje o reálné kvalitě modelu. Jsou-li data kvalitní, poskytují tyto modely také velmi kvalitní výsledky a lépe postihují reálný stav než modely analytické.

Software je vytvořen v MS Excel, kde je výpočtové jádro implementováno pomocí jazyka Visual Basic for Applications a sešity v MS Excel slouží jako uživatelské rozhraní (obr. 2). To je výhodné vzhledem k tabulkovému formátu vstupů.

4. Současný stav a sběr dat

Od roku 2015 byl software zdokonalen na dostatečnou úroveň, aby byl uveden do provozu. V současné době je plně připraven na míru pražského ZEVO, kde je momentálně využíván. Vyvinutá metodika je však přenositelná i na jiná zařízení.

Dosavadní odhady v Praze prováděl energetik na zá-



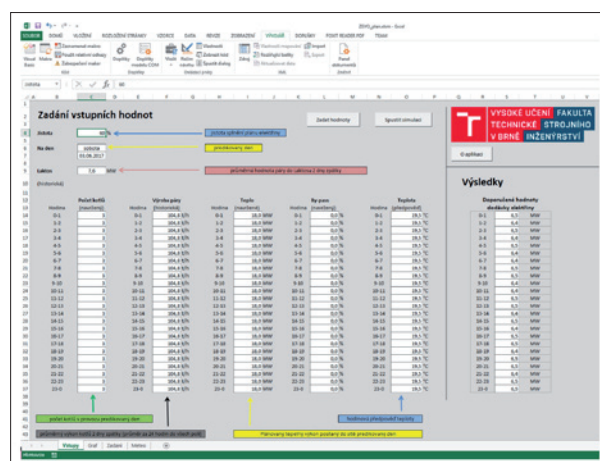
Obr. 1. Zjednodušené schéma pražského ZEVO Malešice (technologické uzly, které jsou součástí modelu ZEVO, jsou podtrženy)

zpracovatelskou kapacitou 310 kt odpadu ročně, v Brně s kapacitou 240 kt ročně, v Liberci s kapacitou 96 kt ročně a v Plzni s kapacitou 95 kt ročně. Brněnské zařízení plánuje do budoucna rozšíření kapacity. Pražské ZEVO započíná renovaci současného zařízení při zachování kapacity. ZEVO v Liberci si rozšíření z důvodu omezeného dispozičního řešení areálu v centru města nemůže dovolit. Plzeňské ZEVO bylo teprve nedávno uvedeno do provozu. Celkově jde o necelých 750 kt/rok. Podle odhadů bude v roce 2024 k dispozici smíšený komunální odpad nad rámec současných kapacit ZEVO. Jestliže se tedy výrazně nezmění odpadové hospodářství (minimalizace obalových materiálů, zvýšení podílu recyklace apod.), nebudou zmíněné kapacity pokrývat produkci spalovaných odpadů a bude nutné přejít k výstavbě nových zařízení.

Z hlediska kvality nakládání s odpadem se celá Evropská unie řídí podle hierarchie nakládání s odpadem. Energetické využití odpadu je nedílnou součástí této hierarchie a kvalitního odpadového hospodářství. Je nutné zajistit vysokou efektivitu provozu jednotky ZEVO a z odpadu využít maximální množství energie. Proto byl vyvinut nástroj ZEVO

zejí systémem na čištění spalin (sušička, filtry) a poté jsou vypouštěny do ovzduší.

Efektivní provoz rozsáhlého technologického celku je spojen s plánováním konkrétních produkčních provozních parametrů na určitý čas dopředu. Každá část ZEVO má své technické parametry, podle kterých lze přibližně odhadnout produkci energie na výstupu. Významný vliv zde má kvalita měření



Obr. 2. Náhled uživatelského prostředí softwaru ZEVO Plan

kladě technických parametrů technologických zařízení a zároveň z dosavadních zkušeností. Nelze však udržet v paměti veškeré provozní stavy, které v průběhu provozu nastaly. Také není potvrzeno, jak kvalitní odhady byly. Při sestavování modelu byla použita data za celou dobu monitorovaného provozu, tj. za necelých šest let. Při sběru dat je podstatné prověřit veškerá dostupná data, která by mohla být pro model významná. Například vliv okolní teploty se může zdát zanedbatelný, ale ve skutečnosti hraje významnou roli. Stejně jako teplota byly prověřovány i srážky, u nichž se předpokládal vliv na vlhkost odpadu, a tedy jeho nižší výhřevnost (vliv srážek se nakonec ukázal nepodstatný).

Nejdůležitějšími parametry, tedy vstupy pro model, zůstaly: počet kotlů v provozu, výkon kotlů, okolní teplota, technologický odběr páry, dodávka tepla do CZT, denní hodina a den v týdnu. Většina těchto dat je dostupná z interního systému ZEVO, ale např. předpověď okolní teploty se získává z veřejně dostupných dat.

5. Simulační výpočet

Odhad kogenerační výroby je složitý zejména vzhledem k proměnlivosti parametrů. Některé mají náhodný charakter (buď jsou skutečně náhodné, např. výhřevnost odpadu, nebo nejsou k dispozici všechny významné

vstupy). Do většiny modelů proto vstupuje náhodná složka, která se snaží tyto neurčitosti modelovat. Pro výpočty je poté nutné použít speciální metodu.

V softwaru ZEVO Plan je využita metoda Monte Carlo. Generátor náhodných čísel je použit k získání hodnot náhodných složek obsažených v modelech. S těmito hodnotami se odsimuluje provoz ZEVO a výsledek se zaznamená. To se provede mnohokrát (tisíce běhů simulací) vždy pro nově vygenerované hodnoty náhodných složek. Z výsledku těchto simulací lze sestavit histogram výroby elektrické energie, najít průměr, medián, popř. stanovit množství výroby elektrické energie na základě požadované jistoty splnění plánu pro každou denní hodinu.

Díky tomu je možné lépe predikovat výrobu energie, podle toho nastavit plán a zvýšit tím účinnost celé výroby. Při nesprávném odhadu je totiž třeba energii mařit, aby byly dodrženy naplánované hodnoty.

6. Plány do budoucna

Současný stav softwaru ZEVO Plan je způsoben přesně na míru ZEVO Malešice v Praze. Do budoucna lze uvažovat nad modely přechodových stavů, zejména najíždění a odstávky kotlů. Přestože tyto stavy nastávají zřídka, byla by to další přidaná hodnota. Dal-

ším plánovaným doplňkem je sledování vývoje klíčových parametrů v dlouhodobějším výhledu. Sledování by mohlo přinést např. informace o pozvolném poklesu výkonu kotlů z důvodu zanášení, kterého si obsluha zařízení nemusi všimnout. Program by na pokles upozornil a nemuselo by dojít k neplánované odstávce.

Při použití modelu v jiném provozu by ho bylo nutné upravit podle konkrétního systému. Celý proces by však už byl podstatně kratší díky již nabytým zkušenostem, know-how a připravenému softwarovému rozhraní.

Autoři srdečně děkují za finanční podporu poskytnutou Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci standardního projektu specifického výzkumu FSI-S-17-4526 a Technologickou agenturou České republiky v rámci výzkumného projektu č. TE02000236 Waste-to-Energy (WTE) Competence Centre.

Ing. František Janošák, Ing. Michal Touš, Ph.D., Ing. Martin Pavlas, Ph.D., Ing. Jiří Kropáč, Ph.D., Ing. Radovan Šomplák, Ph.D. ústav procesního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně
(frantisek.janostak@vutbr.cz)

Lektoroval: Ing. Jiří Hloska, Ph.D.

Pražské Dell EMC Forum ve znamení digitální transformace

Česká pobočka společnosti Dell EMC představila společně se svými obchodními partnery a distributory na celodenní konferenci Dell EMC Forum 2017, která se konala v úterý 14. listopadu 2017 v prostorách PVA Expo v Praze-Letňanech, nejnovější řešení a produkty pro digitální transformaci firem. Akce se zúčastnilo 620 odborníků nejen z České republiky. Mohli se dozvědět, jak lze implementovat nová řešení k zefektivnění chodu firem a organizací.

V úvodu konference generální ředitel české pobočky Dell EMC Jiří Kysela nastínil svůj odhad vývoje českého trhu v oboru informační a komunikační techniky a zdůraznil, že se společnosti Dell EMC v České republice rok po sloučení firem Dell a EMC Corp. nadprůměrně daří. Například prodej klíčových řešení v ČR rostl meziročně o 19 % a prodej serverů o 25 %.

V hlavním projevu prezentoval prezident společnosti Dell Technologies pro zákaznické vztahy Frank Hauck nejdůležitější údaje o tom, jak firmy po světě vnímají přijetí a využívání nových řešení. Například z průzkumů společnosti Dell EMC vyplývá, že firmy mají mnoho otázek, co se týče bu-



Obr. 1. Ve výstavní části se zájemci mohli zúčastnit živých demonstrací nejnovějších trendů v oblasti klíčových zařízení Dell včetně mimořádně odolných počítačů vhodných i do průmyslového prostředí, IoT nebo virtuální a smíšené reality

doucího vývoje jejich podnikání. Asi 78 % firem se cítí ohroženo start-upy a 48 % tvrdí, že nevědí, jak bude vypadat za další tři roky tržní segment, ve kterém podnikají. Hlavním poselstvím prezentace Franka Haucka bylo konstatování, že se firmy učí, jak využívat informační systémy ku prospěchu svého podnikání. Nové implementace jsou především zaměřené na zlepšení obchodních procesů, na predikci a těžení rozhodujících informací o obchodních trendech z podni-

kových dat v reálném čase a racionalizace investic (tj. jaké systémy spravovat interně a které svěřit do cloudu).

V průběhu dne se na různých seminářích a v odborných diskusích zástupci společnosti Dell EMC zaměřili na nový přístup k tomu, jak budou firmy a jejich zaměstnanci do budoucna využívat informační systémy.

Ve výstavní části se zájemci mohli zúčastnit živých demonstrací nejnovějších trendů v oblasti klíčových zařízení Dell včetně mimořádně odolných počítačů vhodných i do průmyslového prostředí, IoT nebo virtuální a smíšené reality. Druhá zóna se věnovala řešením v oblasti modernizace informačních systémů.

Na výstavní části se také podíleli globální technologičtí partneři Intel, Microsoft nebo VMware a rovněž lokální partneři jako AutoCont, Comparex, Dimension Data, Data Force a S&T.

Účastníci z oboru řídicí a automatizační techniky zde našli spoustu inspirace v oblasti serverové techniky, spolehlivých úložišť dat, síťové infrastruktury, zabezpečení dat a komunikací a využití privátních a hybridních cloudů.

(Bk)