

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh řízení zdrojů elektrické energie zohledňující nová pravidla na trhu s energiemi
Jméno autora:	Bc. Martin Henych
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra radioelektroniky
Oponent práce:	Ing. Milan Findura, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	VITO NL, Belgie

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	mimořádně náročné
<p>Řízení zdrojů elektrické energie v podmínkách otevřeného mezinárodního trhu s energií a nově i s podpůrnými službami je velmi komplexní problematikou, která vyžaduje znalosti o procesu výroby elektrické energie s ohledem na specifika různých typů zdrojů, o pravidlech přenosu energie a konečně o pravidlech poskytování a aktivace podpůrných služeb a s tím související řadou omezení a kritérií. Samotný návrh řízení pak musí kromě těchto specifik a omezení zohlednit i ekonomické zájmy provozovatelů výrobních zdrojů, jejich odlišné obchodní cíle a strategie. Volba vhodné metodiky a návrh optimálního řízení s ohledem na množství protichůdných požadavků a veliký rozměr optimalizační úlohy je rozhodně velmi netriviální záležitostí a její úspěšné zvládnutí je vysoce náročné na znalosti i investované úsilí.</p>	

Splnění zadání	splněno
<p>Předložená diplomová práce rozsah uvedený v části II zadání diplomové práce splňuje beze zbytku.</p>	

Zvolený postup řešení	vynikající
<p>Student zadané téma zpracoval v logickém pořadí, sledoval jednotlivé požadavky zadání a v každé následující části logicky stavěl na předcházejících informacích či závěrech. V úvodních částech práce jsou jasně a stručně popsány základní principy trhu s elektrickou energií včetně konfliktu mezi fyzikální podstatou výroby a rozvodu elektrické energie a obchodním uchopením celé problematiky, což je klíčové pro přístup k řešení problému. Dále jsou popsány základní vlastnosti a odlišnosti jednotlivých typů energetických jednotek. V následující kapitole jsou stručně popsány podpůrné služby a jejich souhra při zajišťování vyrovnané bilance elektrizační soustavy. Je také popsána specifická problematika agregačních bloků a jejich účasti v procesu výroby elektrické energie a dodávky služeb. Úvodní část je zakončena rešerší odborné literatury zaměřené na řízení a optimalizaci provozu zdrojů v rámci elektrizační soustavy. V šesté kapitole je definován optimalizační problém, navrženo využití metodiky MILP, které je podle mého názoru pro takto pojatou optimalizaci velmi vhodné. Po teoretickém úvodu ke zvolené metodě je popsán způsob tvorby matematického modelu, je definována účelová funkce a popsán způsob řešení optimalizační úlohy včetně úprav, které slouží k překonání praktických obtíží při řešení úlohy. Navržená metoda MILP je použita pro optimální řízení výroby silové energie. V následující části (kap. 9 a 10) se proto autor věnuje zabudování požadavků na výrobu podpůrných služeb do navržené optimalizační úlohy, čímž směřuje ke komplexnímu řešení v celé šíři zadání práce. Vzhledem k tomu, že jsou podpůrné služby řízené jinou autoritou než výroba silové energie, zvolil autor statistické sladění požadavků tak, aby dosáhl maximální pravděpodobnosti splnění všech, i protichůdných, požadavků na řízení zdrojů. Pro stanovení předem neznámých požadavků na dodávku služeb využívá autor prediktor aktivace služeb využívající neuronovou síť (ANN). Pro kontrolu správné činnosti ANN je použit jednoduchý statistický model ARIMA. V závěrečné části práce je pak výsledný model otestován na skutečných datech pro dva reálné příklady (firmy E.On a ČEZ). Testování je dosti důkladné a svědčí o snaze ověřit chování navržených algoritmů v mnoha reálných i hraničních provozních situacích. Autor následně diskutuje dosažené výsledky experimentů a na tomto základě správně hodnotí vhodnost a využitelnost navrženého algoritmu. V závěru práce jsou realisticky zhodnoceny silné a slabé stránky navrženého řešení a na základě toho je navržen další postup práce.</p>	

Odborná úroveň

A - výborně

Předložená diplomová práce je na vysoké odborné úrovni. Autor se seznámil s velkým množstvím technických i provozních podkladů z dané oblasti, musel prostudovat řadu odborných publikací a vytvořit si ucelený názor na celou problematiku. Teprve na základě toho mohl přistoupit ke koncepci vlastní práce a postupnému řešení dílčích kroků. To vypovídá o účinném skloubení znalostí získaných studiem, schopnosti využít odborných literárních zdrojů a o analytických i syntetických schopnostech autora. Práce není pouze teoretická, do ověření navrženého řešení jsou zahrnuta i data získaná od organizace, která se v oblasti služeb pro velkou energetiku dlouhodobě profiluje. Z mého úhlu pohledu tedy autor výborně zvládl skloubit tyto aspekty inženýrské práce.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

B - velmi dobře

Po formální a typografické stránce je práce zpracována velmi solidně a je napsána poměrně čtivým způsobem a „neztrácí“ čtenáře. To je u tak obtížného tématu velmi pozitivní. Vztahy a rovnice jsou zpracovány pečlivě a jasně dokumentují autorovy úvahy a postupy. Jazyk práce je přiměřený tématu, pouze některé obraty a detaily jsou poněkud nevhodné pro jinak výbornou technickou práci (mám na mysli např. formulace typu „náš algoritmus“). Nicméně s ohledem na ostatní faktory jde podle mne o zanedbatelný detail. Celkový rozsah práce je 122 stran, z čehož samotný text práce zabírá 106 stran. Práce obsahuje mnoho desítek grafů a tabulek, které dokumentují postup řešení a dosažené výsledky. Podle mého názoru je rozsah práce přiměřený složitosti zpracovávaného tématu, ale s ohledem na skutečnost, že se jedná o diplomovou, a nikoli disertační práci, je rozsah nad očekávání velký. I zde je vidět, že se autor se složitým a komplexním zadáním vyrovnal velice dobře.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

V závěrečné části práce je uvedeno 70 citací zdrojů. Citace jsou korektní a citované práce pokrývají celý rozsah řešené problematiky s důrazem na optimalizaci řízení energetických zdrojů a s tím související matematické metody a technickou dokumentaci využívaných SW nástrojů. První část práce je úvodem do problematiky a z principu je interpretací literárních zdrojů. Autor zde cituje použité literární zdroje jednoduše, s cílem poukázat, odkud uváděné informace čerpal. Výchozí převzaté úvahy jsou řádně dokumentovány v kap. 5, a pokud je to relevantní, i v navazujících částech práce. Díky tomu je zřejmé, kde končí literární zdroje a kde začínají autorovy vlastní úvahy.

Další komentáře a hodnocení

Podle mého názoru je téma předložené diplomové práce velmi aktuální a komplexní. Autor se tohoto tématu zhostil se ctí, na základě studia literárních zdrojů a vlastního tvůrčího přístupu navrhl řešení, které je velice přiměřené zadanému problému. Navržený způsob řešení – algoritmus – ověřil na dostupných datech. S dosaženými výsledky rozhodně souhlasím a zvolený přístup považuji za správný, relevantní a technicky velice zajímavý. V žádném případě se nedomnívám, že by předložené řešení bylo úplné a konečné – naopak, jedná se podle mého názoru pouze o první krok vytyčeným směrem. Vlastnosti zdrojů jsou modelovány velice přibližně, je zanedbána dynamika (a cena) najíždění středních a velkých zdrojů, je extrémně zjednodušena strategie nasazování akumulací do výroby - toto jsou mj. aspekty, které umožňují jednotlivým provozovatelům definovat technický obraz své obchodní strategie a mohou rozhodovat o jejich úspěšnosti na trhu. Nicméně autor sám je si těchto nedostatků vědom a správně vytyčuje další cíle budoucí práce. Podle mého názoru jde o správný první krok – úplné, komplexní a konečné řešení tak široké problematiky není v jediném kroku možné. Z tohoto úhlu pohledu tedy práce řeší přiměřenou a ucelenou část celé široké problematiky vyváženým způsobem tak, že na ni lze snadno navázat a věnovat se detailnějšímu zpracování celé problematiky.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Jak jsem již uvedl výše, je téma předložené diplomové práce velmi aktuální a komplexní. Autor ho zpracoval v plné požadované šíři, zajímavým a inovativním přístupem - využitím MILP optimalizace ve spojení s predikcí požadavků na podpůrné služby od nezávislé autority. Tento přístup považuji za přínosný a hodný dalšího rozvoje. Práce tak představuje první krok k řešení velmi komplexního a složitého technického problému. Domnívám se, že předložená práce velmi dobře plní svůj účel a ukazuje velice zajímavou cestu vpřed. Přes drobné nedostatky je tato práce velice relevantní a jednoznačně svědčí o výborných inženýrských schopnostech svého autora.

Považoval bych za přínosné požádat autora v rámci obhajoby, aby přiblížil klíčovou myšlenku celé koncepce, tedy využití MILP namísto LP (viz úvodní část kap. 7) a výhody, které z tohoto přístupu plynou.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 20.5.2022

Podpis: