

# OPONENTSKÝ POSUDEK

Disertační práce

**Název práce:**

## **Modelling of Electric Power Networks with Renewable Power Sources**

Modelování elektrických rozvodných sítí s obnovitelnými zdroji energie

**Předkladatel:**

Ing. Zaidan M. Buhawa

**Školitel:**

Doc. Ing. Emil Dvorský, CSc.

**Školící pracoviště:**

KEE, FEL ZČU v Plzni

Posudek se týká písemné disertační práce předložené k získání akademického titulu PhD - Doktor filosofie - v oboru Elektroenergetika a ekologie.

Hlavními cíli práce je posouzení:

- vlivu předpokládaného budoucího přechodu Libyjské energetiky od zdrojů na ropu a zemní plyn na obnovitelné zdroje energie – solární a větrné na příjmy státu a
- vlivu a možnostem připojení rozsáhlých větrných zdrojů na tamější energetickou síť.

### **1. Význam práce pro obor**

Už sám hlavní cíl práce bezprostředně souvisí s předpokládanými problémy nejen Libyjské energetiky, ale celosvětové energetiky vůbec, tj. předpokládanému růstu spotřeby při blížícím se vyčerpání přírodních zásob ropy a zemního plynu a tím růstu jejich ceny a stále urgentnějším ekologickému požadavku snížení produkce škodlivých plynných emisí, přičemž export paliv nebo energie je i jedním ze zdrojů příjmů státu. Neméně významná je i analýza vlivu připojení velkých výkonů na funkčnost stávajících rozvodných sítí a nalezení vhodných míst připojení.

### **2. Zhodnocení postupu řešení, použitých metod a splnění stanoveného cíle**

Práce samotná je velmi rozsáhlá a lze říci, že i optimálně a logicky členěná. V 1. kapitole podává přehled vývoje využívání primárních zdrojů energie ve světě. V rozsáhlé 2. kapitole ukazuje současnou závislost státního příjmu na exportu ropy a zemního plynu, rozebírá energetickou situaci Libye z hlediska geografického rozmístění zdrojů a spotřeby, minulý vývoj i předpokládaný růst spotřeby a podíl hospodářských sektorů na produkci CO<sub>2</sub>. Podpis Kjótského protokolu zavazuje libyjskou energetiku ke snižování emisí a je také druhým důvodem k přechodu na ekologickou energetiku a předmětem této disertační práce, v níž se dále podává přehled možností využití obnovitelných zdrojů – především solární a větrné energie i strategické cíle libyjské energetické společnosti. Dále rozebírá problémy spojené se začleněním obnovitelných zdrojů do energetické sítě země a možnostmi exportu potenciálně velkých množství energie jako nového zdroje příjmů státu.

Ve 3. kapitole se disertant zabývá způsobem transformace energie větru v energii elektrickou, odvozuje základní fyzikální vztahy přeměny a její účinnosti podle rozměrů rotoru, počtu listů

vertule a hustotě vzduchu. Elektrické modely asynchronních generátorů a střídačů pak uvádí ve 4. kapitole.

Těžiště a také nejrozsáhlejší část vlastní tvůrčí práce však je v 5. kapitole, kde se disertant zabývá simulací funkcí větrné turbíny s asynchronním generátorem, připojeným do konkrétní lokální sítě nad reálnými meteorologickými daty, získanými z několikaletých měření energetické společnosti GECOL pro přípravu začlenění obnovitelných zdrojů do energetického systému Libye ve vybraných 5 lokalitách. Už jen převod získaných neveřejných dat do použitelného formátu a ověření věrohodnosti a jejich filtrace vyžadovala mnoho ne rutinního úsilí. Vypracoval několik simulačních programových modelů pro výběr nejvhodnějšího přípojného bodu, odezvy na proměnlivou rychlost větru i celého komplexního zařízení turbíny včetně základních typových ochranných a zvláště pak pro simulaci ve vybrané lokalitě turbínu samostatně i připojenou do sítě.

Rovněž 6. kapitola má tvůrčí charakter a disertant zde prezentuje výsledky výpočtů chodu sítě za normálního provozu a s připojenou předpokládanou větrnou farmou v ustáleném stavu pro zjištění jejího vlivu na napěťové a výkonové poměry a pro optimalizaci maximálně možného připojitelného výkonu pomocí programu NEOS. Optimální řešení ještě ověřuje profesionálním programovacím nástrojem PowerWord.

Lze říci, že zvolené metody a postupy zkoumání jsou adekvátní jak předmětu, tak možnostem, které měl disertant k dispozici.

Práce je členěna logicky, podle postupu řešení, a výsledky jsou přímo použitelné v praxi, ve shodě se strategickými cíli Libyjské energetiky a splňují stanovené cíle.

### **3. Publikace disertanta**

Poznatky získané během doktorandského studia a původní výsledky práce byly disertantem, jako autorem i spoluautorem, prezentovány v 8 referátech v interních publikacích Západočeské univerzity a na konferencích se zahraniční účastí v České republice.

Lze říci, že publikační činnost svým rozsahem převyšuje běžnou úroveň disertačních prací.

### **4. Závěrečné zhodnocení**

Předložená práce je vypracována pečlivě a přehledně a splnila stanovené cíle. Svým obsahem, rozsahem, hloubkou i způsobem zpracování plně odpovídá požadavkům kladeným na disertační práce a splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce. Výsledky práce jsou v energetice bezprostředně aplikovatelné.

**Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě.**

Ing. Václav Böhm, CSc.



V Plzni dne 9.5.2012

# POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**

Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Ústav elektroenergetiky

Autor: **Ing. Zaidan Mohamed Buhawa**

Název: **„Modelling of Electric Power Networks with Renewable Power Sources“**

---

Předložená práce Ing. Zaidana M. Buhawy je zaměřena na problematiku začleňování obnovitelných zdrojů do elektrizační soustavy. Práce se skládá z 6 kapitol. V úvodní části je provedeno velmi stručné zhodnocení současného stavu a jsou definovány cíle práce. V kapitole 1 je provedeno shrnutí primárních zdrojů používaných pro výrobu elektrické energie. Kapitola 2 se zabývá analýzou současného stavu energetiky v Libyi, rozбором potenciálu sluneční a větrné energie a výhledy provozovatele elektrizační soustavy v Libyi v oblasti rozvoje obnovitelných zdrojů. V kapitole 3 a 4 se autor věnuje popisu technologií používaných pro výrobu elektrické energie z větru a možnostmi modelování základních typů asynchronních generátorů a měniče s PWM. Jádrem práce tvoří kapitoly 5 a 6, kde jsou popsány provedené simulace včetně případové studie provedené pro oblast Fattaih a provedená analýza použitelnosti stávající elektrizační soustavy Libye pro připojení větrných farem o výkonech v desítkách až stovkách MW.

V závěru práce je provedeno zhodnocení dosažených výsledků a krátce nastíněn možný budoucí vývoj. Poslední částí práce tvoří seznam literatury a přílohy.

## *Význam disertace pro obor*

Disertační práce je zaměřena na problematiku integrace obnovitelných zdrojů do elektrických sítí. V současné době se jedná o velmi diskutované téma, problematika není vyřešena a vyskytuje se zde řada problémů s řízením provozu elektrických sítí s významnějším podílem obnovitelných zdrojů. Z toho důvodu **považuji téma disertace za aktuální a potřebné pro praxi**. V práci je modelována elektrizační soustava s větrnými turbínami, což následně umožňuje zhodnotit vliv dané technologie a velikosti výkonu na provoz modelované elektrizační soustavy.

## *Zvolené metody a postupy*

Autor při řešení práce postupoval poměrně standardním způsobem. Nejprve se seznámil s teoretickými základy dané problematiky a následně vytvořil model v prostředí Matlab Simulink. Dále pak provedl ověření možnosti připojení nových zdrojů do elektrizační soustavy Libye.

**Tento postup řešení definovaného problému považuji za správný.**

## *Naplnění cílů práce*

Cíle práce jsou uvedeny v úvodu a spočívají v návrhu metodiky pro nejuvhodnější rozvoj elektroenergetiky v Libyi za podmínek masivního rozvoje větrné energetiky. **Cíle práce byly splněny.**

## *Dosažené výsledky disertace a přínos disertanta*

Autor přehledně shrnul informace o technologii používané ve větrné energetice a na základě získaných informací vytvořil model větrné turbíny s asynchronním generátorem s napájeným rotorem. Za přínos disertanta v této části považuji vytvoření modelu v prostředí Matlab. Dalším výsledkem je analýza elektrizační soustavy Libye s ohledem na plánované připojování větrných

parků větších výkonů. Zde za přínos považuji zejména demonstraci aplikace na konkrétní soustavu, přičemž tento přínos ocení zejména provozovatel Libyjské elektrizační soustavy.

***K práci mám následující připomínky:***

- práce obsahuje překlepy a gramatické chyby,
- v textu práce prakticky nejsou odkazy na použitou literaturu,
- rovnice uvedené v kapitole 4 působí nepřehledně. Použité fonty v rovnicích nekorespondují s použitými fonty v obrázcích a dalším textu,
- Str. 60, text pod obr. 5-8 a obr. 5-9 – je zde zmíněna jednofázová porucha a zemní poruchy. Problematika poruch a funkčnosti simulačního modelu pro poruchové stavy však není v práci dále diskutována. Z toho důvodu považuji uvedení poruchy do obrázku za nevhodné,
- řada obrázků není v práci dostatečně komentována.

***K práci mám následující dotazy:***

1. Pokud bude do soustavy připojeno větší množství zdrojů s kolísajícím výkonem, přestanou dostačovat regulační schopnosti klasických zdrojů a kapacita tzv. systémových služeb. Možným řešením tohoto problému je akumulace elektrické energie z obnovitelných zdrojů a její využití podle potřeb spotřebitelů. Jaký způsob akumulace považujete za perspektivní pro akumulace výkonů řádově ve 100-vkách MW?
2. Pro modelování větrné turbíny bylo použito matematické prostředí Matlab Simulink. Numerické výpočty v simulačních programech obecně jsou omezeny konvergencí výpočtu vzhledem k délce kroku a vzhledem k přijatelnosti doby výpočtu. Pro jaký maximální počet větrných elektráren byl model testován a jaké množství předpokládáte jako maximální možné při použití tohoto modelu jako podpůrného nástroje pro dispečerské řízení elektrizační soustavy?

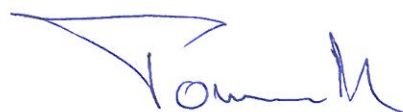
Konstatuji, že **práce splnila zadaný cíl a obsahuje původní části s přínosem pro praxi.** Disertační práce je zpracována na **dobré jazykové úrovni s dobrou grafickou úpravou.** Uvedené připomínky jsou vesměs formálního charakteru a nesnižují odbornou úroveň práce.

**Jádro disertační práce bylo publikováno** ve sbornících 7 konferencí a v jedné kapitole v knize. Celkově hodnotím publikační činnost Ing. Buhawy vztahující se k práci jako průměrnou.

Předložená disertační práce dokládá autorovy hluboké teoretické znalosti a schopnost aktivně využívat vědecké metody práce pro konkrétní řešení velmi aktuální technické problematiky. Ze znalosti autorových publikací i z jeho vystoupení na různých seminářích a konferencích konstatuji, že jde o pracovníka s vědeckou erudicí.

Disertační práce **plně splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce**, a proto ji **d o p o r u č u j i** k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Brně dne 9.5.2012



.....  
*podpis oponenta*