

Doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký
VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

OPONENTSKÝ POSUDEK

na disertační práci Ing. Veroniky Královcové na téma

„Optimalizace nákladů výroby elektrické energie“

Předkládaná práce se zabývá analýzou a optimalizací obnovitelných zdrojů, zejména solární energií. Práce je rozdělena do 14 kapitol a obsahuje 93 stran textu.

V první části práce se autorka zabývá teoretickým základem problematiky. Hlavním přínosem práce je však analýza fotovoltaické elektrárny nacházející se ve Španělsku v provincii Murcia.

Stěžejním výstupem je pak vytvoření rozsáhlého programového modelu v aplikaci Excel, který může být použit pro výpočet libovolného fotovoltaického zařízení v podmínkách Španělska a s určitými úpravami i v podmínkách České republiky. Tento model je schopen vypočítat širokou škálu parametrů výroby při zadání základních parametrů budovy, pozemku a parametrů panelů. Program obsahuje také tabulky pro výpočet CO₂ a SO_x, které nejsou vyprodukovány díky nasazení fotovoltaické výroby. K dispozici je v programu také část pro výpočet ztrát.

Poslední část práce je věnována ekonomické studii, která je velmi důležitou součástí v procesu rozhodování o realizaci projektu.

Splnění cíle disertační práce

Za důležité z hlediska splnění cílů disertační práce považuji kapitoly 9 - 13, ve kterých je uveden výše zmiňovaný model. Tyto kapitoly doktorské disertační práce jsou podstatně původní přínosné části.

Lze konstatovat, že v kap. 1.1 uvedené **cíle práce byly splněny** jak v teoretickém rozboru, tak i v praktických aplikacích.

Postup řešení problému

Postup řešení problému je logicky navazující, Ing. Královcová vychází ze současného stavu problematiky, rozebírá možné způsoby řešení, věnuje se otázce efektivnosti na teoretické úrovni a následně poznatky aplikuje v navrženém uživatelském modelu.

Postup řešení problému odpovídá úrovni disertační práce.

Formální úprava a jazyková úroveň, vyjádření k publikacím

Předložená disertační práce je vypracována přehledně a srozumitelně a na velmi dobré odborné úrovni. Grafická stránka práce je velmi dobrá. Formální úprava vhodně kombinuje část textovou, doplněnou vzorci, tabulkami, grafy a odpovídajícími obrázky, vše vždy adekvátně navazuje na část textovou.

Jazyková úroveň je dle mého soudu na dostatečné úrovni, nicméně v tomto ohledu nejsem nijak zvláště kompetentní k odbornému posouzení.

Publikační činnost Ing. Královcové byla zaměřena na řešené téma. Celkem 17 uvedených publikací bylo realizováno především na konferencích, rovněž tak i v odborných časopisech a knižně. Jádru práce bylo tak publikováno na dostatečné úrovni.

Význam pro společenskou praxi a pro rozvoj vědy

Předložená doktorská disertační práce je přínosem pro společenskou praxi, kdy řeší problematiku obnovitelných zdrojů energie a tímto i úspor při zachování nezbytných ekonomických ukazatelů. Propojuje mezi sebou teoretické poznatky, výsledky výzkumu a jejich konkrétní aplikaci a zároveň poukazuje na možnost použití i v oblastech rozhodování.

Připomínky a dotazy k práci.

Práce je po teoretické stránce na velmi dobré úrovni, proto připomínky, které mám, jsou pouze formálního charakteru :

- Chybí seznam symbolů, který by usnadnil orientaci v předložené práci (i když jsou významy symbolů u jednotlivých vzorců uvedeny.)
- Některé tabulky jsou jen obtížně čitelné.
- Jak se bude odlišovat model upravený pro potřeby ČR od modelu původního? Jaké jsou zásadní odlišnosti v předmětné legislativě španělské a české?
- Jak autorka přistoupila k určení ztrát ve vedeních a dalších ztrát?

Mé připomínky však nijak nesnižují vysokou úroveň této práce a jsou míněny spíše jako náměty k diskusi.


Závěr

Autorka se zabývá vysoce aktuální problematikou obnovitelných zdrojů s možnostmi jeho dalšího rozvoje. Práce je na velmi vysoké teoretické i formální úrovni. Teoretická i praktická část svým rozsahem a hloubkou odpovídá disertační práci. Z práce je patrné, že se autorka dokonale orientuje v dané problematice.

Disertační práce splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce. V uvedené literatuře je 17 publikací autorky, jejichž téma souvisí s tématem disertační práce. Mohu tedy konstatovat, že jsou splněny podmínky § 47 odst. 4 Zákona o vysokých školách č. 111/98 Sb. a **doporučuji práci k obhajobě.**

Po úspěšné obhajobě předložené disertační práce budu souhlasit s udělením titulu doktor - Ph. D.

Ostrava, 25.7. 2013


Doc. Dr. Ing. Jiří Gurecký

University of West Bohemia in Pilsen
Faculty of Electrical Engineering
Department of Electrical Power and Environmental Engineering
Prof: Dr.- Ing. habil. Rainer Haller

Expert opinion

concerning the doctoral thesis:

“Optimization of Power Generation Costs of Photovoltaic Power Plant”

by

Ing. Veronica Kralovcova

1 General

Renewable energy sources are considered as one of the futural sources of electrical power all over the world. Supported by the government, especially in the European Union, photovoltaic systems in small units are more and more installed and must be integrated into the existing power distribution grids. In this context, the optimization of such kind of energy sources seems to be useful under different aspects as technical, economical, environmental etc. This thesis is dedicated directly to these problems.

2 Overview

The thesis consists of 14 chapters and annexes. Initially the author gives a common overview concerning the using of photovoltaic systems in some EU countries especially in Spain. The target of this thesis is formulated as an analyzing of an existing photovoltaic (PV) power plant (in Spain) related to its technical design parameter and to do an economical estimation for such kind of PV plants. After some remarks about the principle components of a PV system some installation conditions in Spain are discussed (chapter 4). In chapter 5 after a short introduction about the solar panels including their important parameters common aspects of (PV) field design will be submitted including some remarks about the calculation of sun intensity, shadowing effects and its influence on the panel. Chapter 6 is dedicated to the existing standards of this topic. Some installation hints will be given in chapter 7 followed with a small calculation of shadowing effects (chapter 8). Real web- data of energy production by grid connected PV systems are submitted in chapter 9. In chapter 10 possible losses in PV system produced by its components as well as shadowing and temperature losses are briefly discussed, followed by a short comment for apparent CO₂ and SO_x savings if PV panels are used (chapt. 11). The economical part is given in chapter 12 and 13, in which at fixed conditions of a PV system (120 kW_p) some calculations based on certain assumptions are performed. The thesis closes with some comments about the renewable energy sources in general and future investigations.

3 Evaluation of the thesis

Despite of different title of the thesis (Czech versus English) the major task was formulated as the analyzing of an existing PV system in Murcia/ Spain including of its possible improvements. In general, for such kind of analyzing the definition of concrete conditions or technical criteria for each component are necessary in detail. Unfortunately, the author gives only few commonly formulated rules together with some not exact defined formula (p.14- 19, equ. 3.1/ 3.2). One of the major issues of the thesis is the description of so- called "installation conditions" in Spain (p. 20- 28). There are a lot of dates, equations and informations which are not further explained or derived, without any references, therefore, their validity is not improvable (tabl.2, - calculation of effective sun hours- equ. 5.14 ff). The mentioned laws and norms, submitted in chapt. 6, don't have any conclusion to the given task, additional to that it shall be noticed, that in the years 2010, 2011, 2012 a lot of new modifications of these requirements are edited, having a significant influence to any economical calculations of such PV systems.

In chapter 8 a detailed calculation of shadowing is performed, but no conclusion to the generated power with a shadowed PV system is derived. In chapter 9 some field data from the website PVgis are submitted, unfortunately the depicted fig. resp. tables are not discussed or explained. Especially, it is not understandable, that the generated energy in Dec. 2011 should be higher than in July 2011 (in Spain !!), how it can be seen in the fig. 30, 31). However, it is not clear, why this data are submitted. One of the issues is the power estimation (chapt. 10), calculated by two methods. With the first method (10.1) the loss calculation is fitted with data, which are not explained, even the introduced (in chapt. 8) calculation of shadowing is not considered ($P_{\text{shad}} = 0$). In opposition to that in the second method this parameter is taken into account, which any explanation, discussion or evaluation. The estimation of possible savings of CO₂ and SO_x emissions referred to the generated energy by PV systems cannot be accepted, because the assumptions have no referencies.

It can be concluded, that, in general, no clear evaluation of the existing PV system or its critical analyzing can be seen, that means, on the other hand, that the given task is not fulfilled. Regarding the economical part (chapt.12/ 13) it should be noticed, that, despite of the very limited choice of main components as solar panels and inverter, no concrete data of the other important electrical components as cables, protection systems etc. are considered. Therefore, these assumptions are not sufficient for a serious financial calculation and cannot be accepted by any financial professionals. It means, that the calculation of possible costs of an assumed PV power plant is not confirmed by serious financial assumptions. In general, the financial model, discussed in chapt. 13, is based on a stable and not changeable economical situation concerning e.g. the discount rating, investment costs etc. Unfortunately, this is not the actual situation especially in Spain after the global financial crisis, therefore, the obtained results cannot be generalized or used in the near future.

It shall be noticed, that such kind of calculations seems to be not suitable for a thesis, which should make a contribution to the electrical engineering's science.

The use of the English language throughout the thesis is principally important in terms of wider international interest. The used English in the thesis is acceptable (excluding few errors or some Spanish terms). Nevertheless, this demonstrates the author's competence in English rather than her scientific knowledge.

In the opinion of the opponent the given thesis must be completely overworked.


4 Summarized conclusions

With respect to the above mentioned critical remarks, most of the requirements for graduation to the academic doctoral title "PhD" have not been fulfilled in the thesis submitted by Ing. Veronica Kralovcova.

Consequently, an admission of this thesis as a dissertation to the faculty of electrical engineering **cannot be recommended**, or with Czech words,

ne doporučuji k obhajobě.

Pilsen. at 05.08.2013


.....
(Prof: Dr.- Ing. habil. Rainer Haller)

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent: **doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**
Vysoké učení technické v Brně, FEKT, Ústav elektroenergetiky

Autor: **Ing. Veronika Královcová**

Název: **„Optimalizace nákladů výroby elektrické energie“**

Předložená disertační práce Ing. Veroniky Královcové je zaměřena na problematiku výroby elektrické energie ve fotovoltaických elektrárnách.

V úvodní části práce je krátce představena situace v oblasti fotovoltaiky ve Španělsku a je vydefinován cíl práce. Následně je krátce rozebrána současná situace v Evropě. Následuje kapitola 3, kde se autorka věnuje jednotlivým částem fotovoltaické elektrárny. V kapitole 4 jsou pak podrobněji rozebrány podmínky pro instalace ve Španělsku a to včetně výpočtu využitelného času, tedy času kdy teoreticky svítí slunce. V následující kapitole 5, která je věnována fotovoltaickým panelům, je nejprve popsán náhradní elektrický obvod a následně jsou rozebrány vlivy umístění fotovoltaických panelů s ohledem na zeměpisné souřadnice, úhel sklonu a vychýlení od osy tzv. „slunečného poledne“. Kapitola 6 je pak zaměřena na související legislativu ve Španělsku a v ČR.

V kapitole 7 je stručně rozebrána problematika instalace fotovoltaických panelů vzhledem ke konstrukci a orientaci střechy, přičemž v závěru je určen tzv. „korekční faktor“ pro region Murcia, pro který je v dalších kapitolách proveden návrh FV elektrárny. V kapitolách 8 až 10 je provedena analýza stávající elektrárny o výkonu 120kWp v regionu Murcia a s ohledem na nenaplnění očekávání investora v letech 2009-2011 je proveden nový návrh elektrárny s využitím dříve popsaných teoretických předpokladů a zákonitostí.

V kapitole 11 je proveden jednoduchý výpočet pozitivního vlivu na životní prostředí spočívající v nevyprodukovaných CO₂ a SO_x. V kapitole 12 a 13 následuje jednoduchý rozbor investičních nákladů a výpočet ekonomické návratnosti investice za předpokladu rizikování zdrojů a úvěru v poměru 20% a 80%.

V závěru práce je provedeno zhodnocení dosažených výsledků. Poslední část práce tvoří seznam literatury doplněný o vlastní publikace autorky a přílohy. V příloze A je provedena jednoduchá vizualizace umístění fotovoltaických panelů navrhované elektrárny na střechách jednotlivých budov. Příloha B pak obsahuje katalogové listy střídačů a fotovoltaických panelů.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Disertační práce je zaměřena na problematiku návrhu fotovoltaických elektráren. S ohledem na současnou kritickou situaci v elektrotechnické projekci, kdy většina projektů je zpracovávána v časové tísní, projektanti zapomínají na řadu podstatných faktorů či vlivů na provoz navrhovaného zařízení a projekty obecně obsahují velmi často řadu chyb a nedostatků, považují téma správného úplného návrhu fotovoltaické elektrárny za aktuální a potřebné pro projekční praxi. Předložená práce má ambice zobecnit návrh fotovoltaické elektrárny a poskytnout projektantovi nástroj pro správné vyhodnocení možného instalovaného výkonu a správné umístění fotovoltaických panelů.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Autorka při řešení práce postupovala poměrně standardním způsobem. Nejprve se seznámila s teoretickými pracemi a legislativou v dané oblasti. Následně poznatky aplikovala při návrhu

fotovoltaické elektrárny v oblasti Murcia, přičemž vytvořila script v sw Excel, který je sestaven na obecné bázi a je možné jej využít pro další návrhy FVE ve Španělsku a po drobných úpravách i v ostatních zemích. Zde je nutné zdůraznit, že autorka v práci vymezila řešení pouze na návrh maximálního množství FV panelů bez ohledu na energetické potřeby odběratele, což v současné době, kdy jsou omezovány či v řadě zemí ukončovány podpory výroby z FVE, není pro praktický návrh postačující.

Hlavním cílem práce definovaným v kapitole 1.1 je analýza existující fotovoltaické elektrárny ve Španělsku s ohledem na správné umístění a počet panelů na dané střeše, s ohledem na možné zastínění. Dále vytvoření sw aplikace pro výpočet potřebných počtů a rozměrů a to i vzhledem k následné vizualizaci v AutoCADu. Posledním dílčím cílem je provedení ekonomické analýzy dané instalace. **Cíle práce byly splněny.**

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Za hlavní výsledky disertační práce považuji vytvořenou aplikaci v sw Excel pro návrh fotovoltaické elektrárny s ohledem na řadu parametrů, zejména umístění stavby, azimut a sklon FV panelů.

Aplikace umožňuje také vyhodnocení provozních ztrát, což je výhodné zejména při vzájemném porovnávání různých variant instalace.

K práci mám následující připomínky:

- název tématu práce se na různých stranách práce liší,
- není dodrženo pravidlo jednotnosti symboliky, tzn. stejná veličina je v textu a v rovnici značena různým písmem,
- není dodržena jednotnost desetinné tečky a desetinné čárky,
- v některých částech chybí citace zdrojů (např. kap. 5.2.3, 5.2.4 a 5.2.5),
- práce obsahuje řadu překlepů a gramatických chyb,
- některé obrázky a tabulky jsou v jiném jazyce, než práce (např. str. 44 a str. 56),
- v některých rovnicích je pro sinus uvedena zkratka „sen“ místo běžně používané „sin“ (např. str. 39 a str. 45)
- str. 12, 4. odstavec, 1. řádek – uvádí jako cíl roční produkci elektřiny (tedy energie) a následně je přiřazena jednotka výkonu (MW). Podobně v závěru 5. odstavce je uvedeno, že energetický výstup činil 9,8GW,
- str. 49, 5. odstavec, 1.řádek – je uveden instalovaný výkon 120MW^2 – jednotka je chybně, správně má být MW,
- str. 58, 6. řádek – chybně uvedena jednotka jmenovitého výkonu u FV panelů „kWn“ – správně má být kWp.

K práci mám následující dotazy:

- Str. 21 – je uvedeno, že se předpokládá provoz panelů po dobu 40 let a elektroniky po dobu 30 let. U instalací v ČR se předpokládá provoz panelů 25let a provoz elektroniky 10-12let. Odkud byla data čerpána, případně co přesně je uvedenými údaji myšleno?
- Str. 72 a 73 – je provedeno porovnání teoretické produkce energie, reálné produkce energie a energie záření, přičemž energie záření má nejnižší hodnotu. Co tato energie vyjadřuje?
- Str. 77 – předposlední odstavec zmiňuje veličinu „Icc“. Co tato veličina představuje?

- Str. 83, předposlední a poslední odstavec – pro danou FVE je zde uvedena cena za materiál a jeho montáž 360 tis. EUR. Následně je uvedena cena za nosnou konstrukci 50tis. EUR a cena za řízení stavby 10tis. EUR. Celkem tedy 420 tis. EUR za elektrárnu 120kWp. Z uvedeného vychází cena 3500 EUR za kWp, nikoli 2,96 EUR za kWp, jak je uvedeno v práci. Na základě čeho byla odhadnuta cena za nosnou konstrukci a jaká je správná výsledná měrná cena 1kWp dané elektrárny?
- Str. 90, obrázek 33 – podle charakteru veličiny zobrazené v grafu se nejedná pravděpodobně o investice, ale o čisté příjmy z FVE. Podobně str. 91, tabulka 26, 7. sloupec pravděpodobně neuvádí měsíční investice, ale uvádí průměrný měsíční příjem vypočtený z celkového ročního příjmu uvedeného v 8. sloupci. Prosím vysvětlit u obhajoby.
- V čem spatřujete z hlediska legislativy největší rozdíl mezi rozvojem fotovoltaiky ve Španělsku a v ČR?

Konstatuji, že **práce splnila vytyčený cíl**, je zpracována na **dobré jazykové úrovni s dobrou grafickou úpravou a stylizována formou umožňující pedagogické využití práce** i v nižších stupních studia. Uvedené připomínky jsou převážně formálního charakteru.

V seznamu vlastních publikací je uvedeno 17 záznamů, z toho jedna publikace v časopise, tři kapitoly v elektronické knize, ostatní pak příspěvky na studentských a mezinárodních konferencích (z toho v době zpracování posudku 2 evidovány na WoS). Pouze u 3 příspěvků je však autorka disertační práce uvedena jako hlavní autor na prvním místě. **Jádro disertační práce bylo publikováno ve sborníku jedné mezinárodní konference, což považuji za dostatečné.**

Celkově hodnotím publikační činnost Ing. Královcové vztahující se k práci jako podprůměrnou, celkově jako průměrnou.

Předložená disertační práce dokládá autorčiny teoretické znalosti a schopnosti využívat vědecké metody práce pro konkrétní řešení velmi aktuální technické problematiky.

Lze konstatovat, že disertační práce splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce a proto ji v souladu s §47 zákona č.111/1998 Sb. **doporučuji** k obhajobě před komisí pro doktorské disertační práce.

V Brně dne 13.9.2013



.....
podpis oponenta