

# Predikce výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů

doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D., VŠB-TUO, FEI,  
Katedra elektrických strojů a přístrojů,

Ing. Lukáš Prokop, Ph.D., VŠB-TUO, FEI, Katedra elektroenergetiky

## 1. Úvod

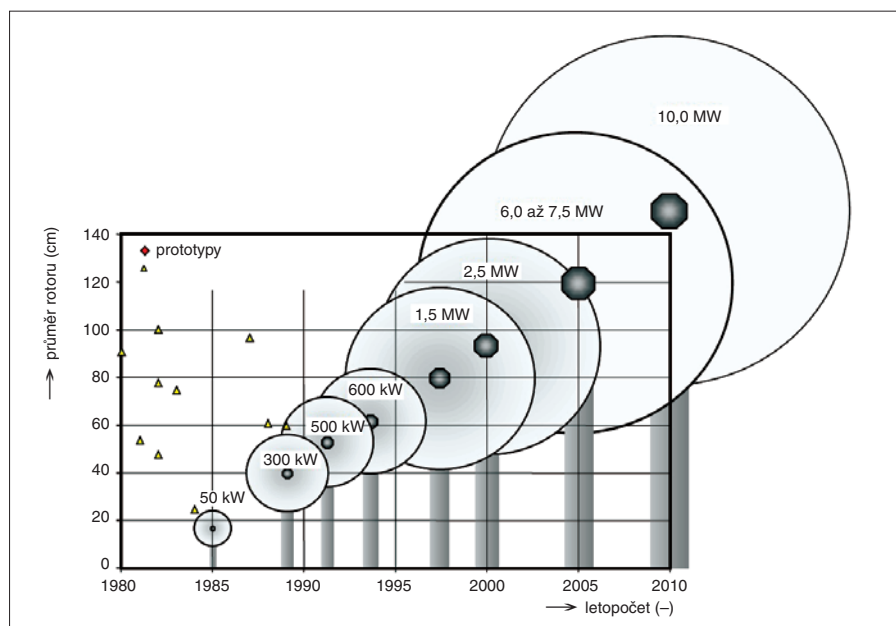
Vzhledem k platné energetické legislativě v České republice, díky které byly do loňského roku výkupní ceny elektrické energie na-

harmonických napětí, celkového harmonického zkreslení nebo míry vjemu flikru, jež jsou do značné míry způsobeny využitím polovodičové techniky, působí větrné a fotovoltaické elektrárny negativně na elektrizační soustavu

straně jedné a intenzity slunečního záření na straně druhé. K eliminaci těchto rychlých změn velikosti dodávaného výkonu nebo úplného odstavení těchto výrobních jednotek se používá systém regulací, který využívá provozovatel sítě k zajištění stabilního chodu sítě. K regulaci je třeba výkon, který je alokovan ve výrobních blocích a používá se právě pro potřeby regulace. Velikost potřebného regulačního výkonu závisí na velikosti výkonu provozovaných výrobních bloků. Vzhledem k tomu, že se dodávka výkonu z nestabilních obnovitelných zdrojů mění v čase, je výpočet zmíněného potřebného regulačního výkonu poměrně složitý, protože změna dodávaného výkonu z větrných a fotovoltaických elektráren je otázkou řádově minut. Tento výpočet se odvíjí od plánování dodávek výkonu ze všech zdrojů připojených do elektrizační soustavy, tedy i větrných a fotovoltaických elektráren. Jelikož je dodávka z těchto zdrojů nestabilní, je pro plánování velikosti rezerv důležitý správný odhad, tedy predikce výroby elektrické energie z těchto obnovitelných zdrojů.

Vzhledem k tomu, že jmenovitý výkon jednotlivých výroben byl do současné doby větší u větrných elektráren a pohybuje se okolo 2 MW, byl náš výzkum prvotně zaměřen na predikci výroby elektrické energie z větrných elektráren. V průběhu roku 2009, ale zejména roku 2010 došlo k prudkému nárůstu instalovaného výkonu i ve fotovoltaických elektrárnách, kde instalovaný výkon jednotlivých výroben se sice teprve blíží ke 2 MW, jak tomu je u větrných elektráren, ale počet výroben je oproti větrným elektrárnám výrazně větší. Tento extrémní nárůst instalovaného výkonu nás vedl v průběhu roku 2010 k rozšíření výzkumu možností predikce výroby elektrické energie také na fotovoltaické elektrárny, přičemž predikce pro tento typ zdrojů je výrazně složitější, protože na výsledný dodávaný výkon působí mnohem více faktorů. Složitost predikce výroby elektrické energie z fotovoltaických elektráren a náročnost citlivostní analýzy jednotlivých faktorů vedla k tomu, že v tomto článku jsou prezentovány jen poznatky z tvorby, využívání a verifikace predikčního modelu pro výrobu elektrické energie ve větrných elektrárnách, s jehož vývojem bylo započato o několik let dříve. První dílčí závěry z testování vyvinutého modelu pro predikci výroby z fotovoltaických elektráren bude možné prezentovat v průběhu roku 2011.

V současné době je využíváno mnoho matematických metod, které se používají k pre-

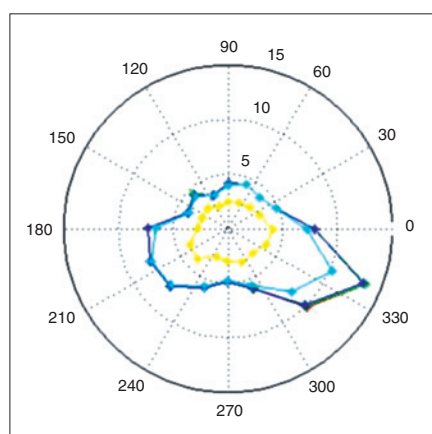


Obr. 1. Vývoj velikosti a instalovaného výkonu VtE [1]

staveny vysoko a v nepoměru k výkupním cenám v okolních zemích, došlo k obrovskému nárůstu žádostí o připojení větrných, a zejména fotovoltaických elektráren do distribučních sítí. Enormní nárůst instalovaného výkonu větrných a fotovoltaických elektráren v posledních letech negativně ovlivňuje provoz elektrizační soustavy (ES) nejen v ČR, ale i v některých dalších zemích EU, jako jsou např. Německo, Španělsko, Portugalsko atd.

Tato situace se po přijetí příslušných opatření a zákonu koncem roku 2010 zmírnila a nárůst výstavby nových zdrojů se snížil. Instalovaný výkon ke konci měsíce listopadu 2010 (poslední zveřejněné údaje) byl u větrných elektráren 212 MW (asi 1 % z celkového instalovaného výkonu ES) a instalovaný výkon fotovoltaických elektráren k 1. prosinci roku 2010 činil 1393,86 MW (asi 7 % instalovaného výkonu ES).

Chod zařízení instalovaných do konce roku 2010 však bude i nadále negativně ovlivňovat provoz distribučních soustav i v budoucích letech. Kromě negativních vlivů na kvalitu napětí, jako jsou např. zvýšené hodnoty



Obr. 2. Korekce na směr větru

nestabilitou dodávky elektrické energie způsobenou variabilitou meteorologických podmínek v místě instalace. Jde o zdroje s velkou variabilitou dodávaného výkonu.

Výkon dodávaný větrnou nebo fotovoltaickou elektrárnou se velmi dynamicky mění v důsledku změn rychlosti a směru větru na

díci výroby elektrické energie z takto nestabilních zdrojů. Jde o metody založené na využití např. meteorologických modelů, časových řad, neuronových sítí, statistických metod nebo fuzzy logiky.

Stejně tak jako existují metody predikce elektrické energie z obnovitelných zdrojů, jsou ve světě využívány různé predikční systémy.

Pro predikci výroby elektrické energie z větrných elektráren jsou to např. Anemos

nodušení považovány za konstantní. Nejběžnější jsou využívány sítě kvazi čtverců o velikosti  $9 \times 9$  km.

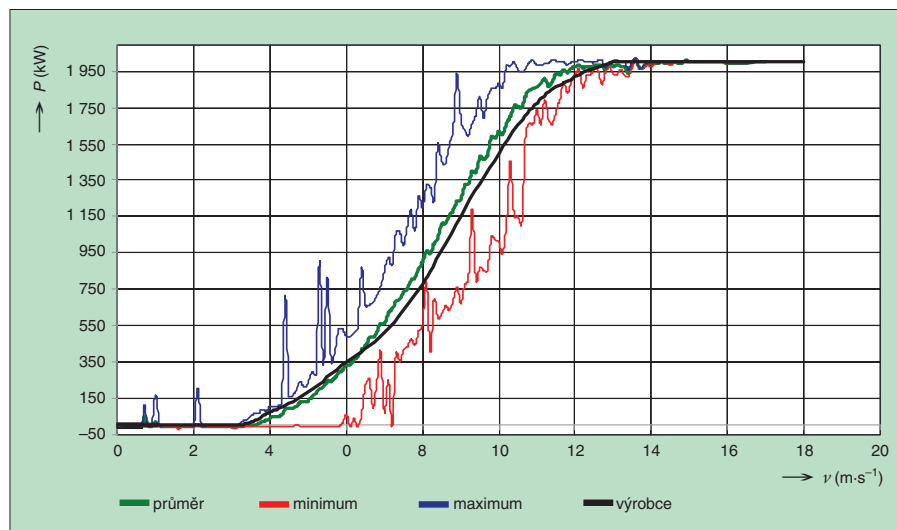
Výstupem z meteorologického modelu jsou tedy rychlosti a směry větru pro daný čas a daný predikční čtverec. Vzhledem k tomu, že jsou údaje stejné pro celý predikční čtverec, je třeba je systémem korekcí lokalizovat pro konkrétní větrnou elektrárnu, resp. větrnou farmu.

Tyto čtyři základní korekce jsou využívány většinou predikčních systémů pro větrné elektrárny. Vliv jednotlivých korekcí na výslednou přesnost předpovědi rychlosti a směru větru je různý. Míra vlivu jednotlivých faktorů a korekcí se testuje citlivostní analýzou, kdy se pomocí krokových změn jednotlivých parametrů predikčního modelu sleduje vliv na výslednou hodnotu korigované rychlosti a směru větru, potažmo na výsledný predikovaný výkon nebo elektrickou energii.

Podle doposud provedených testů a citlivostních analýz má největší vliv korekce na umístění větrné elektrárny v predikčním čtverci; podobnou důležitost má také korekce vzhledem ke směru větru. Tyto dvě korekce jsou současně nejobtížnější. Naopak korekce rychlosti vzhledem k výšce náboje a korekce na aktuální teplotu a tlak jsou poměrně snadné a nedochází u nich k nijak zásadním chybám.

## 2.1 Korekce rychlosti a směru větru pro danou VtE v důsledku umístění sledované větrné elektrárny v daném čtverci

Protože jsou při predikci rychlosti a směru větru přijata některá zjednodušení, jako již zmíněné predikce pro jednotlivé kvazi čtverce, pro které jsou predikovaná rychlost a směr větru stejné, je třeba korigovat výslednou pre-



Obr. 3. Výkonová křivka větrné elektrárny 2 MW

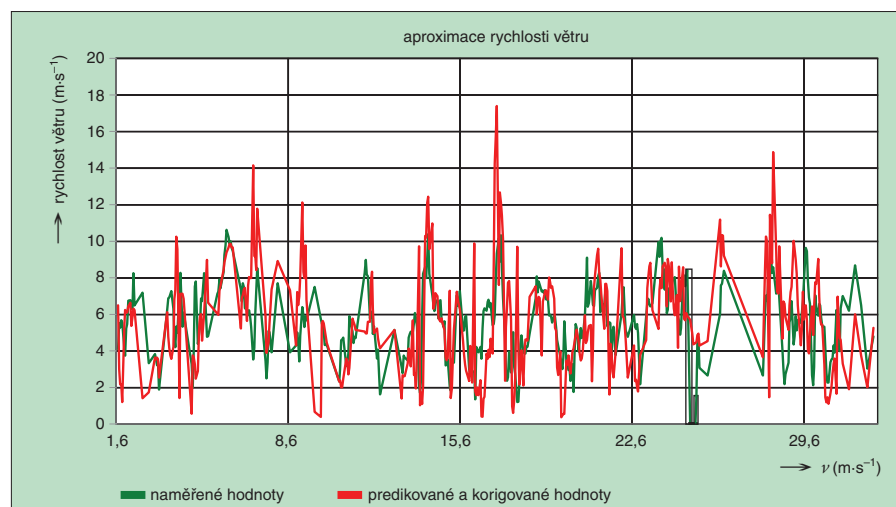
Project, WPPT, Predictor, Scirocco atd. Podstatnou nevýhodou všech těchto zmíněných systémů je nutnost lokalizace predikčních modelů, které tyto systémy využívají, na území, pro které má být predikce počítána. Pro Českou republiku, pokud je autorům známo, není v současné době ani jeden predikční systém lokalizován. Důvody jsou pravděpodobně především ekonomické, neboť lokalizace takového komplexního systému vyžaduje obrovské množství jak meteorologických, tak elektrických měření.

Ze zmíněných důvodů byl na Katedře elektroenergetiky VŠB-TU Ostrava před několika lety nastartován vývoj predikčního modelu právě pro elektrizační soustavu České republiky.

## 2. Metodologie predikce výroby větrné elektrárny

Většina modelů, které se používají k predikci výroby elektrické energie z větrných elektráren (VtE), využívá vstupní údaje predikované rychlosti a směru větrů z meteorologických modelů. Mezi nejznámější meteorologické modely lze zařadit např. HIRLAM, ECMWF, GFS, WRF, UMPL nebo Aladin. Tyto modely svými předpověďmi pokrývají území Evropy.

Důležitým a pro přesnost predikce výroby elektrické energie zcela zásadním parametrem meteorologických modelů je velikost predikčního čtverce, protože meteorologické podmínky v tomto čtverci jsou pro zjed-



Obr. 4. Průběh skutečné rychlosti větru a predikované rychlosti větru s korekčními parametry vypočítanými pomocí metody nejmenších čtverců

Jaké korekce jsou použity, zcela závisí na predikčním modelu, ale obecně lze vyjmenovat tyto základní:

- korekce rychlosti a směru větru pro danou VtE v důsledku umístění sledované VtE v daném čtverci,
- korekce rychlosti vzhledem k výšce náboje VtE,
- korekce rychlosti větru vzhledem k aktuální teplotě a tlaku,
- korekce rychlosti větru vzhledem ke směru větru.

dikovanou rychlost a směr větru vzhledem k tomu, v jaké části predikčního čtverce je sledovaná větrná elektrárna umístěna.

Větrná elektrárna, která je umístěna v blízkosti hranice dvou predikčních čtverců, je ovlivněna také hodnotami, které jsou predikovány pro vedlejší predikční čtverec. Mezi dvěma sousedními čtverci existuje určité pásmo necitlivosti, kde je při predikci třeba vycházet ze znalosti konkrétních lokálních geomorfologických a meteorologických podmínek.

## 2.2 Korekce rychlosti větru vzhledem k výšce náboje

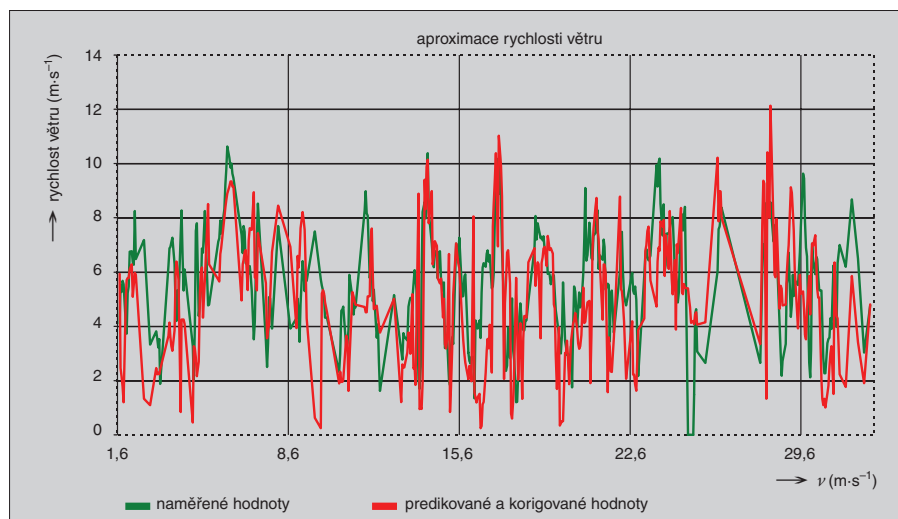
Výška nábojů větrných elektráren se souběžně s velikostí výkonu  $VtE$  neustále zvyšuje.

Rychlost větru je ovlivňována zemských povrchem a v nejtěsnější blízkosti směrem k němu obecně klesá. Je proto nutné provést korekci rychlosti větru z predikčního modelu

jen podle lokality větrné elektrárny, ale pří-  
mý vliv má také charakter okolního prostředí,  
výška tubusu, ale také pozice větrné elektrárny  
v rámci větrné farmy. Podle rozmístění  
VtE na větrné farmě se mohou jednotlivé  
elektrárny ovlivňovat a chybný návrh rozmístění  
elektráren na větrné farmě může zapříčinit  
trvalé snížení výkonu  $VtE$ . Tento faktor je  
nutné zohlednit již ve fázi přípravy projekto-  
vé dokumentace větrné farmy.

větrné elektrárny v severomoravském regionu.  
Větrná elektrárna je osazena asynchronním  
generátorem 2 MW, 690 V s kroužkovou kotvou  
v kaskádním zapojení využívajícím spolupráci  
měničů frekvence. Podle výkonové křivky  
je pro konkrétní typ větrné elektrárny specifi-  
kovan elektrický výkon na prahu elektrárny  
pro danou rychlost větru. Na obr. 3 je uvede-  
na výkonová křivka pro analyzovanou větrnou  
elektrárnu 2 MW. Z obr. 4 je zřejmá startova-  
cí úroveň větrné elektrárny při rychlosti větru  
 $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Při postupném zvýšení rychlosti do-  
chází k lineárnímu navýšení výstupního výko-  
nu až do hodnoty  $12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , kdy je natočením  
lopatek větrného motoru omezena hodnota  
mechanického výkonu. Tato výkonová křivka  
větrné elektrárny byla sestavena na základe  
databáze naměřených hodnot toku výkonu  
a meteorologických údajů.

A právě závislost elektrického výstupního  
výkonu na rychlosti větru ve výšce náboje  
větrného motoru je využívána při výpočtu  
predikované hodnoty elektrické energie vě-  
trné elektrárny. Algoritmus výpočtu je tento:  
a) tvorba databáze predikované rychlosti vě-  
tru s využitím matematických předpověd-  
ních modelů (konkrétně je využíván model  
WRF),  
b) korekce predikované rychlosti větru pro  
danou lokalitu a parametry konkrétní vě-  
trné elektrárny 2 MW,  
c) citlivostní analýza korekčních faktorů,



Obr. 5. Průběh skutečné rychlosti větru a predikované rychlosti větru s korekčními parametry vypočítanými pomocí Powellovy metody sdružených gradientů

na rychlost ve výšce náboje. Predikční mo-  
dely predikují rychlosti větru ve velké vět-  
šině případů pro výšku 10 m nad povrchem  
země. Současné moderní větrné elektrárny  
však mají výšku 90 až 100 m, elektrárny off-  
shore instalované na volném moři jsou i vyš-  
ší (viz obr. 1).

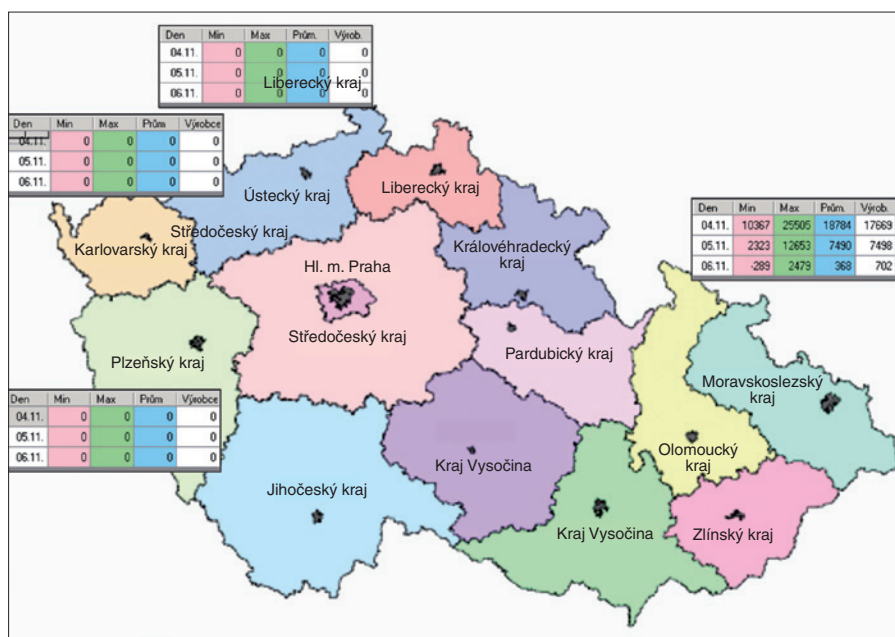
## 2.3 Korekce na teplotu a tlak

Výkonová křivka  $VtE$  je vypočítána na  
rychlost větru, který je tvořen vzduchem  
o normální teplotě a normálním tlaku (má  
pak „normální“ hustotu). Při jiné teplotě a ji-  
ném tlaku samozřejmě je jeho hustota jiná  
a jeho kinetická energie, která pohání  $VtE$ ,  
se bude taktéž lišit.

## 2.4 Korekce rychlosti větru na směr větru

Terén v okolí  $VtE$  je ve většině případů  
členitý, vítr vanoucí směrem k větrné elek-  
trárně musí z různých směrů překonávat růz-  
né překážky a z rozdílných směrů se bude  
zpomalovat o jiné povrchy.

Na obr. 2 je zobrazen obecný příklad vě-  
trné růžice, která se používá ke korekci podle  
směru větru. Podle směru větru je predikova-  
ná hodnota rychlosti větru korigována podle  
hodnoty korekčního činitele podle skutečné  
větrné růžice pro konkrétní větrnou elektrár-  
nu, pro kterou je predikce výroby elektrické  
energie vykonávána. Větrná růžice je rozdílná  
pro každou větrnou elektrárnu a liší se ne-



Obr. 6. Grafická prezentace výsledků predikčního modelu VŠB-TUO

## 3. Verifikace predikčního modelu

Jak již bylo zmíněno v úvodní části pří-  
spěvku, na VŠB-TU Ostrava je v rámci vý-  
zkumného závěru realizován predikční model  
výroby elektrické energie z  $VtE$ . Funkce vy-  
víjeného matematického predikčního modelu  
je konkretizována na podmínky provozu 2MW

d) výpočet predikovaného výkonu v daném  
časovém horizontu,  
e) časová integrace predikovaného výkonu  
pro získání požadované hodnoty disponi-  
bilní energie z větrné elektrárny.  
Vzhledem k tomu, že celková přesnost vý-  
počtu predikované hodnoty elektrické energie  
z větrné elektrárny je závislá na přesnosti pre-

díky rychlosti větru a také na korekci predikované rychlosti větru pro konkrétní podmínky větrné elektrárny, je třeba citlivostní analýze korekčních faktorů věnovat velkou pozornost. Na základě dat z dlouhodobých analýz bylo zjištěno, že na přesnost korekce predikované rychlosti větru pro specifické podmínky větrné elektrárny má největší vliv korekce na umístění větrné elektrárny v predikčním čtverci, korekce vzhledem k směru větru a výšce náboje.

Obecně lze vzorec pro výškovou korekci vyjádřit vztahem [3]:

$$v = v_0 \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad (1)$$

kde

$v$  je průměrná rychlost větru ve výšce  $H$  nad zemským povrchem,

$v_0$  rychlost větru v referenční výšce  $H_0$ .

Obvykle se uvažuje  $H_0 = 10$  m. Exponent korekčního vztahu  $\alpha$  závisí na drsnosti povrchu. V článku [4] je uváděná dolní hranice  $\alpha = 1/7$ , obvyklá hodnota  $\alpha = 0,25$  a maximální  $\alpha = 0,426$ .

Dále je možné korekci na směr větru vyjádřit jako funkci  $\beta: R \rightarrow R$ , která každému azimutu  $w$ , kde  $w \in \langle 0; 2\pi \rangle$ , přiřazuje jistý korekční činitel. Vzorec pro korekci rychlosti větru lze tedy vyjádřit jako:

$$v = v_0 \beta(w) \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \quad (2)$$

Pro správnou funkci korekce je třeba určit  $\alpha$  a funkci  $\beta(w)$ . Je-li dána posloupnost predikovaných hodnot rychlostí větru a azimutů a k tomu odpovídající skutečné naměřené hodnoty rychlosti větru, směr větru je obvykle predikován spolehlivě, a není nutné jej proto korigovat; lze se pokusit určit hodnotu exponentu  $\alpha$  a funkci  $\beta(w)$ .

Problémem zůstává, jak určit funkci  $\beta(w)$ . Pro účely v praxi postačuje, když se tato funkce nějakým způsobem aproximuje. V použitém predikčním modelu se plný úhel rozdělí na 16 částí a azimut se uniformně kvantuje s křemem  $2\pi/16$ . Po této kvantizaci je možné azimut psát jako celé číslo z množiny  $\{1, 2, \dots, 16\}$  a funkce  $\beta(w)$  bude nabývat 16 diskretních hodnot:

$$\beta(w) = \begin{cases} \beta_1 & \text{pro } w = 1 \\ \vdots & \vdots \\ \beta_{16} & \text{pro } w = 16 \end{cases} \quad (3)$$

Užitím této aproximace se vztah (2) dá rozepsat jako 16 rovnic, které se budou lišit hodnotou činitele  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}$ .

### 3.1 Řešení pomocí soustavy rovnic

Předpokládejme, že je k dispozici celkem predikovaných hodnot rychlostí větru  $v_{0,1}, \dots, v_{0,k}$ , azimutů  $w_1, \dots, w_k$  a k tomu od-

povídající skutečné hodnoty rychlosti větru  $v_1, \dots, v_k$ . Pak je možné tyto hodnoty predikované rychlosti dosadit do rovnice (2) tak, aby se při vhodných hodnotách činitelů predikovaná rychlost s korekcí rovnala rychlosti naměřené. Tím se získá soustava k rovnic o 17 neznámých. Logaritmováním rovnice (1) formálně dostáváme:

$$\log v = \log v_0 + \log \beta + \alpha \log \left( \frac{H}{H_0} \right) \quad (4)$$

a odtud

$$\alpha \log \left( \frac{H}{H_0} \right) + \log \beta = \log \left( \frac{v}{v_0} \right) \quad (5)$$

Rozepsáním rovnice (3) pro jednotlivá měření se dojde k soustavě rovnic:

$$\begin{pmatrix} \log \frac{H}{H_0} & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \log \frac{H}{H_0} & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \log \frac{H}{H_0} & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \log \beta_1 \\ \vdots \\ \log \beta_{16} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \log \frac{v_1}{v_{0,1}} \\ \log \frac{v_2}{v_{0,2}} \\ \vdots \\ \log \frac{v_k}{v_{0,k}} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Tato soustava rovnic se řeší metodou nejmenších čtverců.

### 3.2 Řešení pomocí vícedimenzionální optimalizace

Problém nalezení hodnot činitelů  $\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}$  je možné také formulovat jako problém nalezení minima funkce těchto 17 proměnných. Jinak řečeno, jde o problém hledání minima v 17dimenzionálním prostoru. V našem případě se bude hledat minimum chybové funkce, která popisuje rozdíl mezi skutečnou rychlostí větru a predikovanou hodnotou:

$$err(\alpha, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}) = \sum_{i=1}^k \left[ v_i - v_{0,i} \beta(w) \left( \frac{H}{H_0} \right)^\alpha \right]^2 \quad (7)$$

Pro výpočet byla použita Powllovu metoda sdružených gradientů [5]. Výhodou této metody, oproti jiným gradientním metodám optimalizace, je, že nevyžaduje výpočet gradientu minimalizované funkce.

### 4. Hodnocení experimentů

Grafické znázornění průběhu skutečné rychlosti větru a predikované rychlosti větru s korekcí podle vztahu (2) je zobrazeno v grafu na obr. 4 pro výpočet metodou nejmenších čtverců a v grafu na obr. 5 pro Powllovu metodu. Oba grafy vypadají velmi podobně, pro objektivní zhodnocení je třeba vzít v úvahu numerické hodnoty vypočítaných činitelů.

Výsledné hodnoty činitelů získané oběma metodami jsou uvedeny v tabulce. Porovnáme-li hodnotu činitele  $\alpha$  získanou v našich

experimentech s hodnotami uváděnými v literatuře, je zřejmé, že výsledek řešení metodou nejmenších čtverců není v souladu s očekávanými hodnotami. Naproti tomu výsledek získaný Powllovu metodou odpovídá více očekávaným hodnotám. Totéž platí pro hodnoty  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{16}$ . I zde jsou hodnoty získané optimalizační metodou lepší.

Podle vztahu (4) celková chyba mezi skutečnou rychlostí větru a predikovanou rychlostí větru bez jakékoliv korekce je  $65,205 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Provede-li se korekce rychlosti větru pomocí

Tabulka vypočítaných hodnot činitelů

Činitel	Metoda nejmenších čtverců	Powllova metoda
$\alpha$	-0,318	0,194
$\beta_1$	3,588	1,206
$\beta_2$	3,051	0,962
$\beta_3$	2,524	0,825
$\beta_4$	3,602	0,785
$\beta_5$	5,651	2,002
$\beta_6$	7,962	2,807
$\beta_7$	6,436	2,054
$\beta_8$	6,523	1,524
$\beta_9$	5,365	1,104
$\beta_{10}$	3,731	1,120
$\beta_{11}$	3,449	1,086
$\beta_{12}$	3,402	1,093
$\beta_{13}$	3,312	1,040
$\beta_{14}$	4,002	1,125
$\beta_{15}$	5,158	1,457
$\beta_{16}$	3,247	1,116

činitelů získaných metodou nejmenších čtverců, chyba je  $54,135 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Korekce s činiteli získanými vícedimenzionální optimalizací činí jen  $50,088 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Z toho plyne, že se lépe osvědčil výpočet pomocí vícedimenzionální optimalizační metody.

### 5. Závěr

Přestože s využitím moderních technologií komponent větrné elektrárny v časech mechanických i elektrických dochází ke zvýšení efektivity přeměny energie větrného proudění na energii elektrickou, uvedený zdroj elektrické energie má jednu podstatnou nevýhodu, kterou je nestálost a obtížná předpověď objemu vyrobené elektrické energie. Výkon z větrné elektrárny se dynamicky mění v závislosti na rychlosti větru a pro stabilní udržení chodu elektrizační soustavy, do níž je výkon z větrné elektrárny vyveden, je nutné pro tyto dynamické změny výkonu držet zálohu v konvenčních elektrárnách. Pro optimální hodnotu zálohy výkonu je nutné mít k dispozici predikovanou hodnotu disponibilní energie nejen z větrných elektráren, ale obecně i z energeticky nestabilních zdrojů elektrické energie. Pro tyto účely byl na VŠB-TU Ostrava vyvinut predikční model výroby elektrické energie z větrných elektráren.

Jednou z variant interpretace výsledků predikčního modelu je možnost předpovědi výroby elektrické energie pro všechny lokality v ČR s významným příspěvkem elektric-

ké energie z obnovitelných zdrojů a zobrazení těchto hodnot prostřednictvím interaktivní mapy v podobě, jakou nabízí např. testovací verze predikčního modelu vyvinutá na VŠB-TUO (viz obr. 6).

V tomto příspěvku byly představeny závěry verifikace předpovědi elektrické energie pro konkrétní podmínky větrné elektrárny 2 MW. Byla uskutečněna citlivostní analýza korekčních faktorů a na základě optimálních hodnot korekčních faktorů vypočítána predikovaná hodnota rychlosti větru. V současné době probíhá testování metod optimalizace predikčního algoritmu pomocí neuronových sítí s cílem minimalizovat odchylky predikovaných a skutečných hodnot disponibilní energie. Zobecnění predikčního modelu tak, aby byl využitelný pro větrné elektrárny v jiných lokalitách, je poměrně komplikované. Důvodem je nutnost aplikace systému korekcí, které budou pro každou lokalitu rozdílné. Možnosti, jak tento predikční model zobecnit, poskytuje právě využití neuronových sítí, které jsou schopny se na nové podmínky samy adaptovat. Tato adaptace je však předmětem dalšího výzkumu.

Wind power plants are classified as a power energy sources with non-stable supply of electric energy. It is necessary to back up power energy from wind power plants for stable electric network operation.

We can set an optimal value of back-up power energy with using variety of prediction models. Mathematical model for prediction of wind power plant energy was developed at the Technical University of Ostrava within research project MSM 6198910007. There are introduced partial results of predictive model verification.

#### Poděkování:

Tento článek byl zpracován v rámci výzkumu na projektu MSM 6198910007.

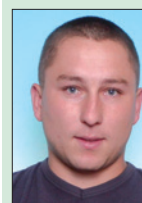
#### Literatura:

- [1] CSVE (on-line). 2011 (cit. 2011-02-24), available from: <http://www.csve.cz/cz/clanky/velikost-vetrne-elektrarny-a-jeji-vyvoj/110>
- [2] Wind Rose Graph (on-line). 2011 (cit. 2011-02-24), available from: [http://www.rowan.edu/colleges/engineering/clinics/cleanenergy/rowan%20university%20clean%20energy%20program/Anemometer%20Loan%20Program/Anemometer%20Sites/Sheppard%20Farm%20Site/sheppard\\_farm\\_site.html](http://www.rowan.edu/colleges/engineering/clinics/cleanenergy/rowan%20university%20clean%20energy%20program/Anemometer%20Loan%20Program/Anemometer%20Sites/Sheppard%20Farm%20Site/sheppard_farm_site.html)
- [3] Rychetník, V. – Janoušek, J. – Pavelka, J.: *Větrné motory a elektrárny*. ČVUT, Praha 1997, ISBN 80-01-01563-7.
- [4] Cardell, J. B. – Connors, S. R.: *Wind power in New England: modeling and analysis of non-dispatchable renewable energy technologies*. IEEE Transactions on Power Systems, sv. 13, vyd. 2, s. 710–715, 1998, ISSN 1558-0679.
- [5] Powell, M. J. D.: *An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives*. Computer Journal, 7, 152–162, 1964.



**doc. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.**

Narozen 15. září 1978 ve Slavičíně. V roce 2002 absolvoval VŠB-TUO Ostrava, Fakultu elektroniky a informatiky, obor elektroenergetika, v roce 2002 ukončil také mezioborové zaměření, obor elektrické stroje a přístroje. Od roku 2005 působí jako vědecký pracovník na Katedře elektrických strojů a přístrojů. V roce 2007 ukončil doktorské studium v oboru elektroenergetika na FEI, VŠB-TUO Ostrava. V roce 2009 úspěšně ukončil habilitační řízení v oboru elektroenergetika. Profesně se zaměřuje na přechodné děje v elektrizačních soustavách (řešení s využitím EMTP-ATP), diagnostiku na elektrických zařízeních.



**Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.**

Narozen v roce 1978 v Karviné. Absolvoval Fakultu elektrotechniky a komunikačních technologií na VUT v Brně, obor silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika. V roce 2006 ukončil doktorské studium na VŠB-TUO. Od roku 2005 je zaměstnán na Katedře elektroenergetiky na FEI VŠB-TUO jako vědeckovýzkumný pracovník. Profesně se zaměřuje na spolehlivost v elektroenergetice, kvalitu dodávek elektrické energie, zpětné vlivy OZE na elektrizační soustavu.

**Pro našeho mandanta,**  
mezinárodní společnost působící v průmyslovém sektoru se sídlem v jižních Čechách a silnou pozicí na trhu, obsazujeme pro dceřinou společnost v České republice pozici:

**Rödl & Partner**

## Technický/-á ředitel/-ka

#### Požadavky:

- Ukončené VŠ vzdělání elektrotechnického směru (sdělovací technika)
- Min. 3-letá zkušenost na srovnatelné pozici
- Zkušenosti v německé firmě nebo v elektrotechnickém průmyslu výhodou
- Velmi dobrá znalost německého jazyka slovem i písmem
- Zodpovědnost, loajalita, schopnost prosadit se, flexibilita
- Dobré komunikační schopnosti
- Motivující vedení pracovníků
- Znalost práce na PC
- ŘP sk. B

#### Popis činnosti:

- Zodpovědnost za technické oddělení společnosti
- Dynamické vedení a působení ve společnosti
- Personální management (cca 150 zaměstnanců)
- Pravidelný reporting mateřské společnosti
- Implementace krátkodobých a střednědobých cílů společnosti

#### Náš mandant nabízí:

- Odpovídající a motivující ohodnocení
- Zajímavé a perspektivní zaměstnání v úspěšné mezinárodní společnosti

Vaše nabídky spolu se strukturovaným životopisem v českém a německém jazyce, vysvědčeními a jinými doklady o vzdělání zasílejte na adresu: Rödl & Partner Consulting, s.r.o. k rukám Aleny Spilkové, Platněřská 2, 110 00 Praha 1, [recruitment@roedl.cz](mailto:recruitment@roedl.cz)  
Další nabídky – [www.roedl.cz](http://www.roedl.cz)