

WIND MODEL FOR WIND POWER PLANT WITH SAVONIUS-DARRIEUS ROTOR

Pavel Hořava

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xhorav03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Ptáček

E-mail: ptacekm@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper is focused on creating a wind model for small wind power plant with Savonius-Darrieus rotor. There are the description of current wind model for the classical upstream wind turbine and the optimization of considered model that respects Savonius-Darrieus rotor in this paper. Furthermore, obtained results of these models are evaluated and the development of proposed model is described.

Keywords: wind model, Savonius-Darrieus rotor, Kaimal filter

1. ÚVOD

Pro simulaci jakékoli větrné elektrárny je důležité vytvořit spolehlivý a věrohodný model větru. V současnosti existuje řada přístupů a metod modelování větru. Cílem je provedení modifikace modelu větru, který je určen pro vztlakové větrné elektrárny. Obecně se provedení modifikace jeví jako opodstatněné, jelikož žádný z přístupů není primárně určen pro odporové větrné elektrárny, respektive jeví se jako vhodné provést jejich optimalizaci pro potřeby simulace malé větrné elektrárny se Savoniovým-Darrieovým rotorem.

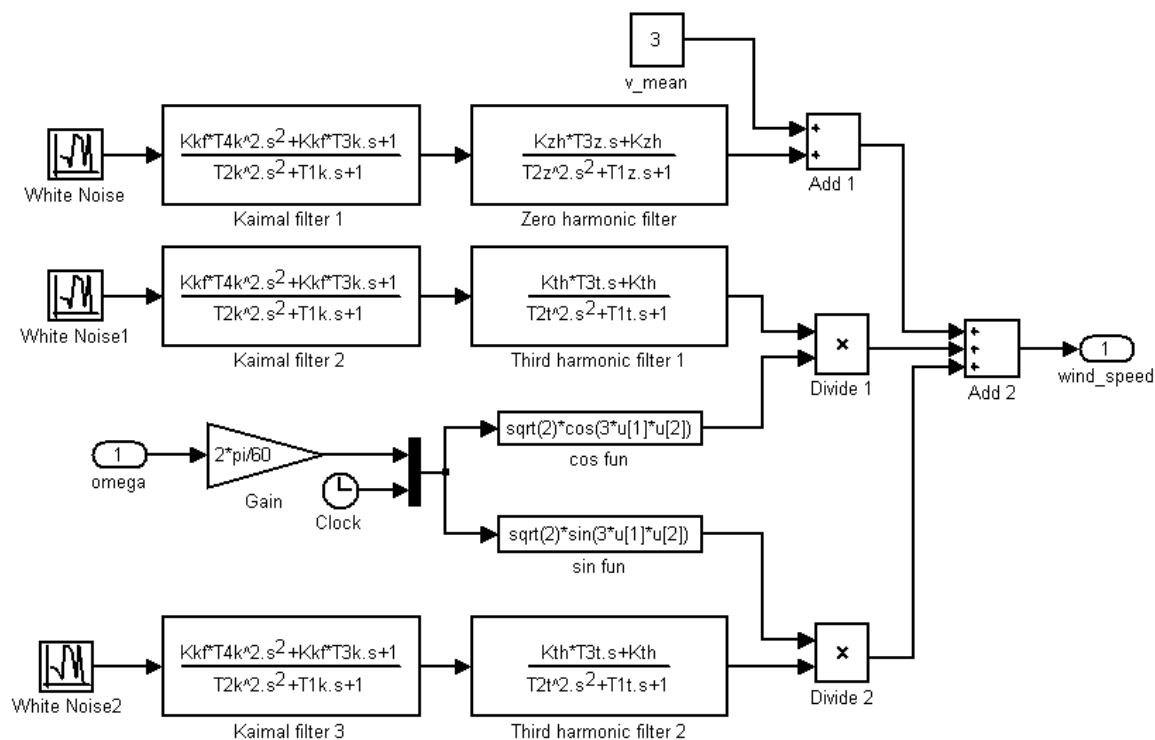
2. VÝCHOZÍ MODEL VĚTRU

Výchozím modelem je model větru, který je výsledkem výzkumu v RISØ National Laboratory a který je blíže představen v [1]. Model je založený na Kaimalově spektru a vychází z průměrné rychlosti větru v oblasti rotoru. Dále je nutné zmínit, že model respektuje vliv stínu, který je tvořený stožárem, respektive turbulentním prouděním [1][2].

Použitý model je standardní součástí modelu Wind Turbine Blockset programu Matlab/Simulink. Pro účely optimalizace je však využito původního modelu, ze kterého se později zmíněný model vyvinul. Blokové schéma modelu větru je naznačeno na obrázku 1 [1][2].

První část modelu (začínající generátorem bílého šumu *White noise*) slouží k modelování časově proměnné rychlosti větru, jejíž střední hodnota je hodnota zadaná v bloku v_mean . Signál vystupující z generátoru bílého šumu (náhodně generované hodnoty mají normální neboli Gaussovo rozložení) je pomocí Kaimalova filtru obohacen o turbulentní proudění a po průchodu filtrem nulté harmonické přičten k zadané střední hodnotě. Výstupem je potom žádaný časově proměnný průběh [1].

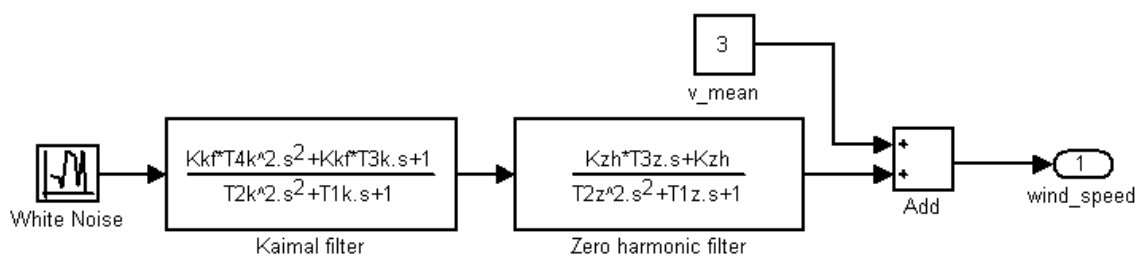
Zbylá část modelu je určena k simulaci momentových rázů při průchodu listu vrtule kolem stožáru. Zdroji těchto složek signálu jsou opět generátory bílého šumu spolu s Kaimalovými filtry. Tyto složky signálu jsou však následně filtrovány filtry třetí harmonické, přičemž řád příslušné harmonické je dán vždy počtem listů vrtule [1].



Obrázek 1: Blokové schéma modelu větru zpracovaného v Matlab/Simulink (modifikováno z [1][2]).

3. MODIFIKACE MODELU VĚTRU

Při modifikaci původního modelu se vychází z předpokladu, který respektuje skutečnost, že při otáčení Savoniova-Darrieova rotoru nedochází k významnějším momentovým rázům, a to v souvislosti s pozicí jeho prvků vůči ose otáčení. Blokové schéma původního modelu je možné upravit do podoby, která je uvedena na obrázku 2.



Obrázek 2: Blokové schéma modelu větru pro větrnou elektrárnu se Savoniovým-Darrieovým rotorem.

Porovnání okamžitých rychlostí obou modelů větrů je realizováno na základě vztahu (1)

$$\delta = \frac{|v_m - v_v|}{v_v}, \quad (1)$$

kde v_v představuje okamžitou hodnotu rychlosti větru na výstupu z výchozího modelu a v_m představuje okamžitou hodnotu rychlosti větru na výstupu z modifikovaného modelu. Simulací realizovanou s krokem 0,05 s, bylo zjištěno, že maximální odchylka okamžitých hodnot rychlostí stanovená dle (1) nepřevyšuje ve zkoumaném jednohodinovém intervalu hodnotu 6 %.

Střední hodnota rychlosti větru je dána povětrnostními podmínkami v oblasti, kde se simulovaná elektrárna nachází. Obecně lze tuto hodnotu stanovit buď na základě dat získaných z dat Českého hydrometeorologického ústavu, nebo realizováním dlouhodobého měření přímo v místě instalace reálné větrné elektrárny. Realizace měření představuje přesnější metodu, která je však na druhou stranu časově a technicky náročnější.

4. NÁVRH MODELU VĚTRU

Vstupními parametry pro návrh modelu větru jsou: poloměr rotoru R (m), průměrná rychlost větru v_m ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), délkové měřítko L (m), intenzita turbulencí σ (%) [3]:

4.1. KAIMALŮV FILTR

Koeficienty přenosové funkce Kaimalova filtru, který slouží k simulaci turbulentního proudění, je určen dle rovnic (2) a (3) [3]

$$T_t = \frac{\sigma}{100} \cdot \sqrt{\frac{L \cdot v_m}{2}} \quad (2)$$

$$K_{KF} = 0,9846 \cdot T_t \quad T_{1k} = \frac{3,7593 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot v_m} \quad T_{2k} = \frac{1,3463 \cdot L^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot v_m^2} \quad T_{3k} = \frac{1,3866 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot v_m} \quad T_{4k} = \frac{0,01848 \cdot L^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot v_m^2} \quad (3)$$

4.2. FILTR NULTÉ HARMONICKÉ

Koeficienty přenosové funkce filtru nulté harmonické jsou dány dle (4) [3]

$$K_{ZH} = 0,9904 \quad T_{1z} = 7,3517 \cdot \frac{R}{v_m} \quad T_{2z} = 7,6823 \cdot \left(\frac{R}{v_m}\right)^2 \quad T_{3z} = 4,8332 \cdot \frac{R}{v_m} \quad (4)$$

5. ZÁVĚR

Cílem bylo vytvořit optimalizovaný model větru. Ten představuje modifikovaný model větru vztahové větrné elektrárny, který slouží jako generátor vstupních dat pro simulaci malé větrné elektrárny se Savoniovým-Darrieovým rotorem. Z principu funkce odporové větrné elektrárny lze respektovat, že se zde výrazně neuplatňují momentové rázy rotoru, a proto je možné zanedbat části modelu, které reprezentují momentové rázy při průchodu listu vrtule kolem stožáru elektrárny. Simulací bylo zjištěno, že maximální odchylka okamžitých hodnot rychlosti větru na výstupech z obou modelů nepřevyšuje hodnotu 6 %. Vzhledem k dosaženým výsledkům se jeví jako vhodné, aby pro odporové větrné elektrárny byl primárně využíván modifikovaný model větru.

REFERENCE

- [1] HANSEN, A., D., SØRENSEN, P., BLAABJERG, F. *Wind Turbine Blockset in Matlab General Overview* [online]. Institute of Energy Technology, Aalborg University, Denmark March 2004 Dostupné z: <http://dualibra.com/wp-content/uploads/2012/12/Wind%20Turbine%20Blockset%20in%20Matlab%20Simulink.pdf>
- [2] MAREK, J. *Model větrné elektrárny*. Brno: UNIS a.s., 2009 [online] Dostupné z: http://dsp.vscht.cz/konference_matlab/MATLAB09/prispevky/067_marek.pdf
- [3] AGAP, A., DRAGAN, C. M. *Multiterminal DC Connection for Offshore Wind Farms* [online]. Institute of Energy Technology, Aalborg University, Denmark. 2009 Dostupné z: http://projekter.aau.dk/projekter/files/17642427/MTDC_Connection_for_Offshore_WF.pdf