

Modelagem Simplificada de uma Turbina Eólica para Estudos Dinâmicos em um Sistema Elétrico de Potência¹

Lucas Sinatra da Silva Camargo², Fernando Buzzulini Prioste³

¹Vinculado ao projeto “Modelagem e Controle Aplicados a Sistemas Elétricos de Potência”

²Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica – CCT – Bolsista PROBIC/UDESC.

³Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – fernando.prioste@udesc.br

Este trabalho de pesquisa tem como objetivos efetuar a modelagem dinâmica de uma turbina eólica, inseri-lo em um programa de simulação de Sistemas Elétricos de Potência (SEP) e realizar análises de simulações. Para tal, o modelo dinâmico da turbina eólica escolhido para estudo consiste em um modelo de duas massas acopladas por um eixo não ideal, ou seja, o mesmo está sujeito a efeitos torcionais. Na maioria dos estudos dinâmicos realizados em SEP, é costume considerar as máquinas primárias e os geradores como sendo uma única massa concentrada. Este tipo de modelagem pode ocasionar em resultados não condizentes com a realidade, mascarando comportamentos dinâmicos que podem afetar não só a estabilidade transitória do sistema, mas também ocasionar problemas de qualidade de energia elétrica bem como a redução de vida útil de partes mecânicas da turbina eólica devido à fadiga.

Assim, este trabalho apresentará como as partes mecânicas de uma turbina eólica e gerador podem ser representadas e como se pode chegar em um modelo mecânico reduzido equivalente composto apenas por duas massas. Conforme pode se observar na Figura 1-a, uma turbina eólica pode ser representada por um modelo de seis massas (inércias - J), correspondentes às três inércias das pás, a inércia do *Hub*, a inércia da caixa de engrenagens e a inércia do gerador. Além disso, tem-se também as constantes de elasticidade (K) e de amortecimento (d ou B) que estão presentes no modelo. O processo de simplificação estudado consiste então em, a partir da configuração da Figura 1-a, chegar ao modelo apresentado na Figura 1-c passando pelo modelo intermediário da Figura 1-b.

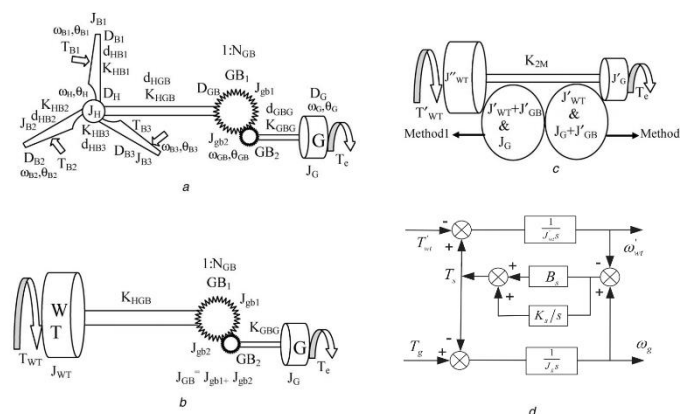


Figura 1. Processo de simplificação do eixo e esquema de blocos teórico. (a) Seis Massas – (b) Três massas – (c) Duas Massas – (d) Diagrama de blocos do modelo

A partir das leis de Newton aplicadas ao sistema da Figura 1-c, pode-se chegar ao modelo dinâmico (1) na forma de espaço de estados, representado na forma de diagrama de blocos da Figura 1-d.

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_s \\ \dot{\omega}'_{wt} \\ \dot{\omega}_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 1 \\ \frac{K_s}{J'_{wt}} & -\frac{B_s}{J'_{wt}} & \frac{B_s}{J'_{wt}} \\ -\frac{K_s}{J_g} & \frac{B_s}{J_g} & -\frac{B_s}{J_g} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta_s \\ \omega'_{wt} \\ \omega_g \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} T'_{wt} \quad (1)$$

O modelo matemático obtido pode ser usado para análise de autovalores e cálculo da frequência de torção do eixo, a partir do uso de parâmetros típicos de turbinas eólicas. Também é possível realizar a comparação de resultados do modelo dinâmico obtido com um modelo criado no *Simulink*, Figura 2, que consiste no modelo análogo ao da Figura 1-b.

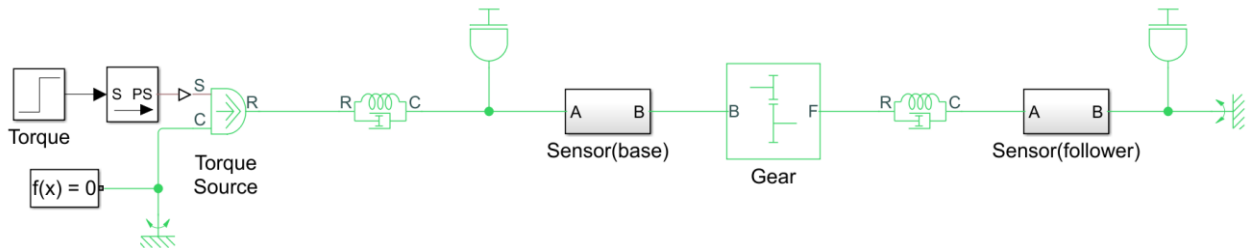


Figura 2. Modelo equivalente de uma turbina eólica representado por duas massas, eixos e sistema de engrenagens.

A fim de analisar os efeitos da modelagem da turbina eólica considerando a torção do eixo de acoplamento turbina-gerador, espera-se ainda inserir tal modelo em um SEP similar ao apresentado na Figura 3.

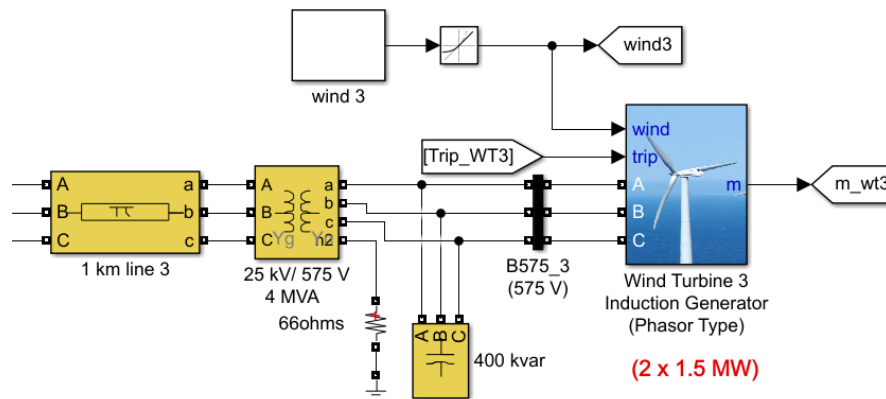


Figura 3. Sistema elétrico de potência com geração eólica.

Figura 3. Modelo de um Sistema Elétrico de Potência com geração eólica.

Palavras-chave: Sistemas Elétricos de Potência. Turbinas eólicas. Modelagem matemática.