

Estudo, Modelagem e Simulação de Aerogeradores de Velocidade Variável

UERGS – Porto Alegre

Eric Robalinho (eric-robalinho@uergs.edu.br)

Luiz Fernando Gonçalves (luiz-goncalves@uergs.edu.br)



SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
XXX SIC

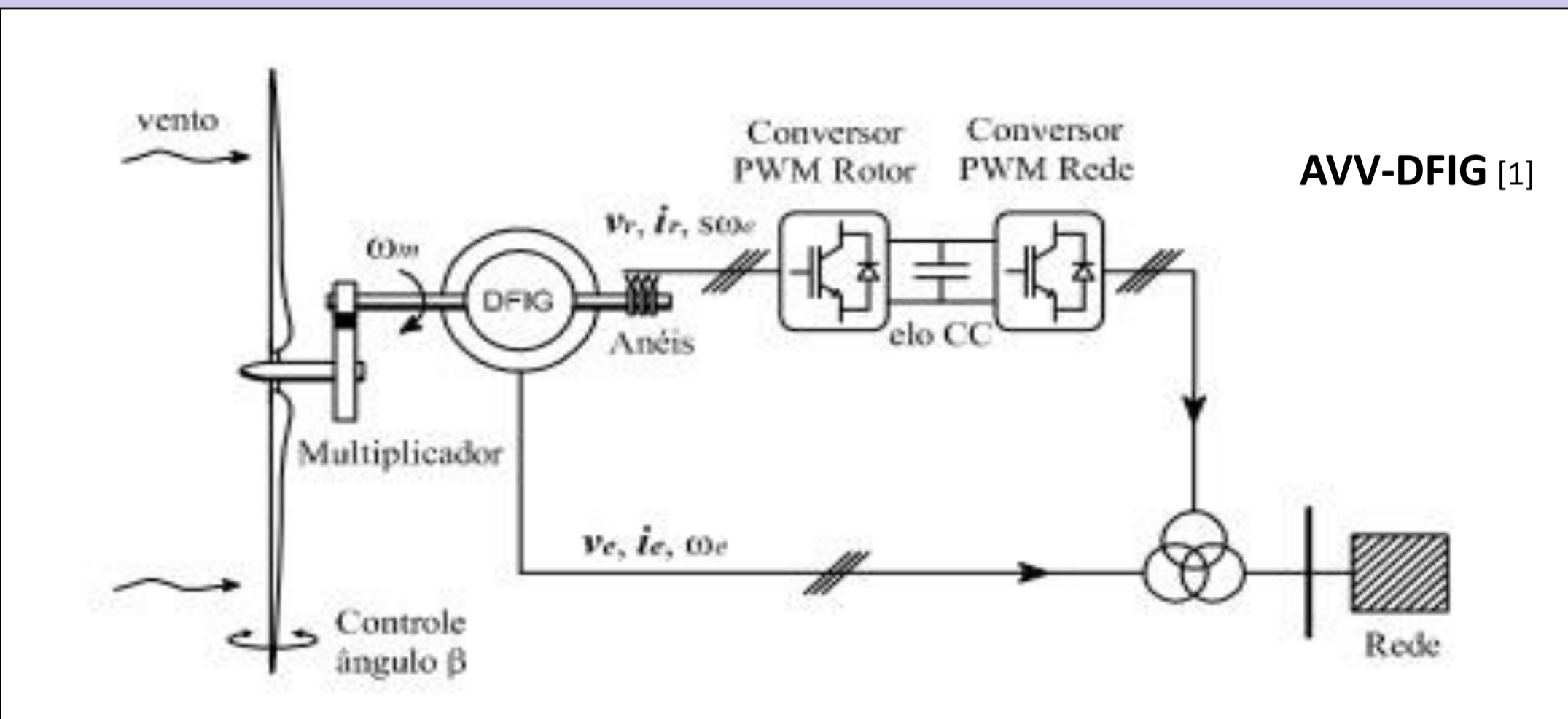


Introdução

Os aerogeradores podem ser divididos em aerogeradores de velocidade fixa e de velocidade variável. Nos aerogeradores de velocidade variável (AVV) é possível ajustar a velocidade de rotação da turbina. Existem dois modos de se conectar um gerador assíncrono (ou de indução) à rede elétrica: via conexão direta ou por meio de uma conversão.

Na conexão direta é possível escolher entre utilizar um gerador duplamente alimentado (DFIG, do inglês *Doubly Fed Induction Generator*), ou efetuar o controle do escorregamento do gerador.

Estudos mais abrangentes são necessários para identificar as interações entre o parque eólico e o sistema elétrico de potência, por exemplo.



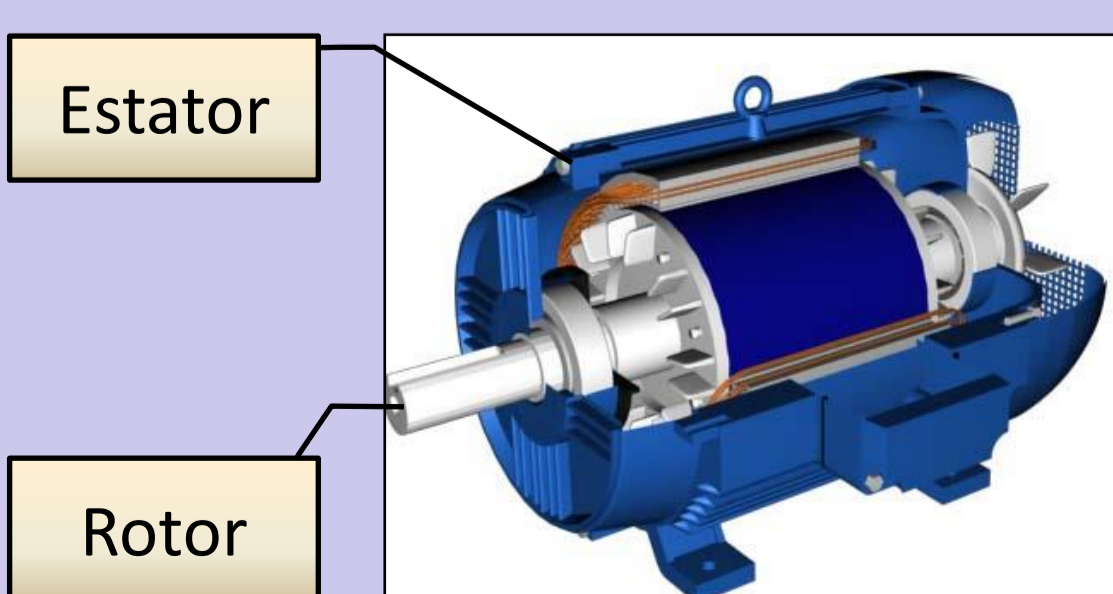
O objetivo geral deste trabalho é o estudo dos diferentes modelos da velocidade do vento, de turbinas eólicas, de sistemas mecânicos e de geradores de indução, usados em aerogeradores de velocidade variável. Essa modelagem será utilizada para simular o comportamento do AVV-DFIG em diferentes situações de operação. Dentre os objetivos específicos destacam-se o desenvolvimento de janelas de simulação e a realização de diferentes tipos de simulações.

Máquinas Assíncronas

As máquinas assíncronas podem ser usadas, assim como a maioria das máquinas elétricas, tanto como gerador (fornecendo energia elétrica em seus terminais de saída), bem como motor (fornecendo torque em seu eixo). O termo assíncrono vem da diferença de velocidade entre o campo magnético girante do estator e o rotor. As turbinas eólicas são máquinas que geram potência mecânica a partir da quantidade de vento incidente.

Geradores de Indução

O princípio básico de funcionamento do gerador de indução é a força eletromotriz (tensão) produzida pela variação (e pela interação) entre dois campos eletromagnéticos produzidos nas duas principais partes da máquina elétrica: o estator e o rotor.



No processo de modelagem dos geradores trifásicos de indução obtém-se as equações elétricas e mecânicas. Destas equações, diferentes modelos são obtidos, a partir da consideração ou não de determinados parâmetros.

Modelagem do Gerador Assíncrono

$$\begin{aligned} \dot{e}'_d &= \omega_s \left[\frac{1}{T_r} \left(e'_d - \frac{X_m^2}{X_r} i_{qe} \right) - s e'_d + \frac{X_m}{X_r} v_{qr} \right] \\ \dot{e}'_q &= \omega_s \left[\frac{1}{T_r} \left(e'_q + \frac{X_m^2}{X_r} i_{de} \right) + s e'_q - \frac{X_m}{X_r} v_{dr} \right] \\ \dot{s} &= -\frac{1}{2H} (T_m - T_e) \end{aligned}$$

Equações diferenciais

+

$$\begin{aligned} i_{de} &= \frac{1}{R_e^2 + X^2} [R_e (e'_d - v_{de}) + X' (e'_q - v_{qe})] \\ i_{qe} &= \frac{1}{R_e^2 + X^2} [R_e (e'_q - v_{qe}) - X' (e'_d - v_{de})] \\ i_{dr} &= \frac{e'_q}{X_m} - \frac{X_m}{X_r} i_{de} \\ i_{qr} &= \frac{e'_d}{X_m} - \frac{X_m}{X_r} i_{qe} \end{aligned}$$

Equações algébricas

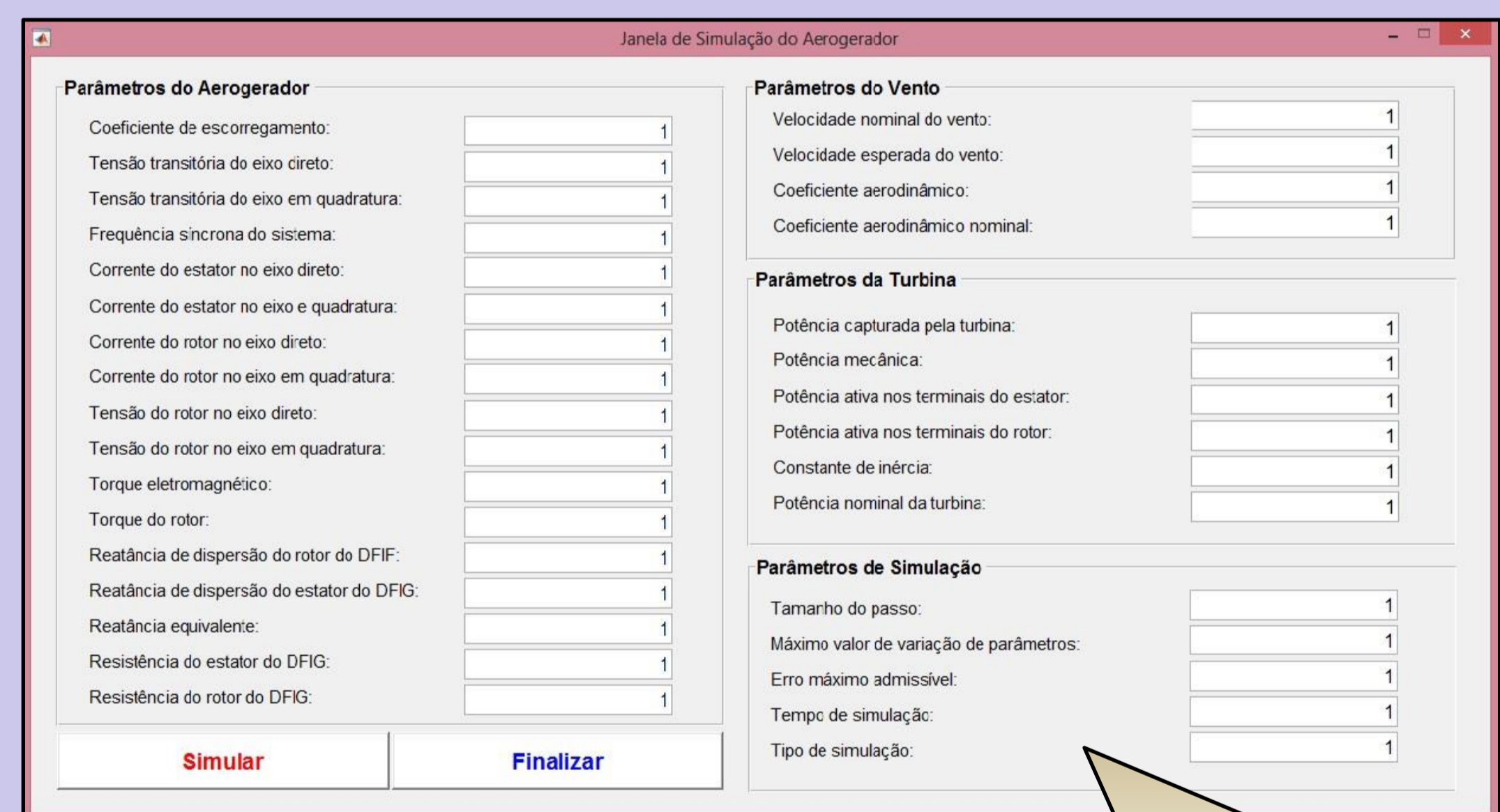
+

$$\begin{aligned} v_{de} &= e'_d - R_e i_{de} + X' i_{qe} \\ v_{qe} &= e'_q - R_e i_{qe} - X' i_{de} \\ T_e &= i_{de} e'_d + i_{qe} e'_q \\ P_e &= v_{de} i_{de} \\ P_r &= v_{dr} i_{dr} + v_{qr} i_{qr} \end{aligned}$$

Equações auxiliares

Resolvidas pelos métodos de Newton-Raphson e Euler modificado

Resultados



É possível alterar os parâmetros do aerogerador, do vento, da turbina e da rotina de simulação, para realizar diferentes tipos de simulações.

Conclusões

Este trabalho buscou contribuir com o estudo, a modelagem e a simulação numérica dos principais componentes de um aerogerador. Realizou-se a implementação e os testes das rotinas de programação, e a montagem de uma janela de simulação voltada a análise de diferentes condições de operação do aerogerador.

Referências

- [1] TARNOWSKI, G. C. **Metodologia de regulação da potência ativa para operação de sistemas de geração eólica com aerogeradores de velocidade variável**. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- [2] ARRILLAGA, J.; ARNOLD, C.P. **Computer Analysis of Power Systems**. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- [3] CARRASCO, J. M.; FRANQUELO, L. G.; BIALASIEWICZ, J. T.; GALVAN, E.; PORTILLO, R. C.; PRATS, M. M.; LEÓN, J. I.; MORENO, N. **Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: a survey**. IEEE Transactions on Industrial Electronics, v.53, n.4, Aug. 2006. DOI: 10.1.1.116.5024