

# Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	1
2	CONTROLE CPBM APLICADO POTÊNCIAS ATIVAS E REATIVAS DO GIDA . .	2
	REFERÊNCIAS . . . . .	3

# 1 Introdução

As preocupações devido às emissões de CO<sub>2</sub> tornaram a utilização de fontes de energias renováveis interessantes. Dentre elas, a energia baseada no vento se mostrou bastante promissora, pois o Brasil tem um dos maiores potenciais eólicos do mundo (AMARANTE et al., 2001).

Com o aumento da participação da matriz eólica surgem novos desafios. A velocidade do vento é uma grandeza com grande variação instantânea, podendo variar bastante em questão de horas ou, até mesmo minutos. Essa variação, se não for contornada, pode trazer problemas de qualidade de energia, como a variação da frequência da rede devido a variação do vento, principalmente em redes mais fracas e dependentes da energia eólica. Além disso, há a presença de harmônicos devido ao movimento caótico do vento e ao efeito de sombra, ou seja, a perda de potência no momento em que uma das pás passa pela torre (PINTO, 2013).

Uma das soluções para melhorar a qualidade de energia de fontes eólicas é uso da eletrônica de potência em conjunto com topologias alternativas de geradores, como o GIDA (Gerador de indução duplamente alimentado). A escolha do GIDA ocorre devido ao seu conversor processar até 30% da potência nominal do gerador, enquanto em outros geradores com conversor acoplado esse valor chega a 100%. Isto possibilita a redução do custo do conversor (DATTA; RANGANATHAN, 2002; SIMÕES; FARRET, 2004). Nessa configuração tanto o estator quanto o rotor estão conectados à rede. Sendo o primeiro conectado diretamente (Figura 1-A) e o rotor é conectado através de uma derivação (Figura 1-C), no qual existe um conversor CA/CA bidirecional *back-to-back* (VOLTOLINI, 2007).

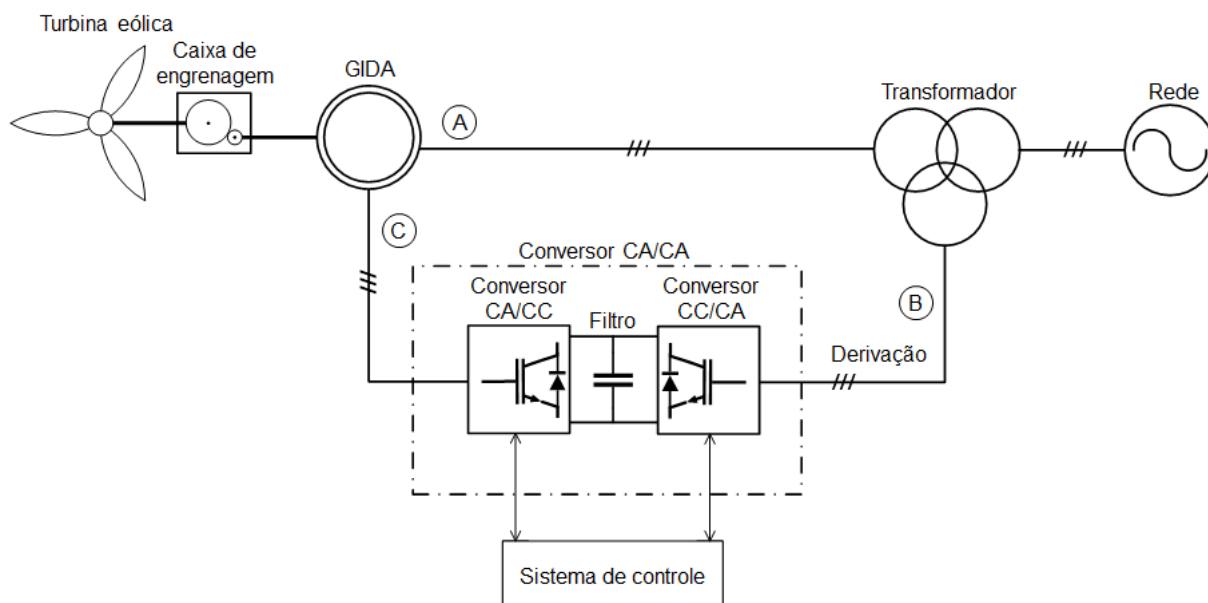


Figura 1 – Esquema do GIDA conectado à rede para geração de energia eólica (Próprio autor).

O conversor *back-to-back* é dividido em dois estágios. O primeiro converte a tensão alternada do lado voltado para a rede (Figura 1-B) em tensão contínua, que é feita através do processo de retificação e com a ajuda de um filtro capacitivo, localizado logo após a saída deste estágio. Já o segundo estágio converte a tensão contínua novamente em tensão alternada, dessa vez aplicada ao rotor (Figura 1-C). Esse processo é feito através da modulação por largura de pulso (PWM). Ambos os estágios são constituídos por pontes de *Insulated Gate Bipolar Transistor* (IGBT), que são chaves semicondutoras para médias tensões. Dependendo de como as pontes de IGBT são chaveadas é possível regular a saída do conversor para tensões e frequências específicas (FILHO, 2010).

As técnicas de controle vetorial por orientação do fluxo do estator, ou de rotor, ou tensão de estator, permitem controlar separadamente as potências ativas e reativas do GIDA, além das grandezas de tensão e frequência. Essas técnicas consistem em controlar as componentes de eixo direto e em quadratura das correntes do rotor (SOUSA, 2011). Inicialmente, utilizavam-se controladores proporcionais-integrais (PI) para este fim (FILHO, 2010). Mais recentemente, com o avanço dos sistemas computacionais e das técnicas de controle digital, surgiram novas alternativas como o *deadbeat* (ALTUNA, 2002; MAHMOUD et al., 2005), controle preditivo de matriz dinâmica de controle (DMC) (HARNEFORS; NEE, 1998), controle preditivo baseado em modelo (CPBM) (FILHO, 2010; FILHO; FILHO, 2012) e controle preditivo generalizado (GPC) (KENNEL; LINDER; LINKE, 2001). Todas elas apresentam excelente desempenho, porém a maioria dos trabalhos encontrados na literatura se limitam apenas a simulação.

Devido ao estator do GIDA estar conectado diretamente à rede elétrica a ocorrência de afundamentos de tensão pode danificar os conversores que estão conectados aos enrolamentos do rotor. Inicialmente, a proteção empregada era um banco de resistores que eram ativados quando a falta era detectada (MORREN; HAAN, 2005; RAN et al., 2006). Com a evolução das técnicas de controle e modelagem matemática propostas como a apresentada em Lima et al. (2010) e Lima et al. (2009) possibilitaram ao GIDA operar durante o afundamento de tensão com seu conversor operando.

Sendo assim, este projeto de pesquisa tem o objetivo de preencher a lacuna existente na implementação do CPBM aplicado ao controle das potências do GIDA apresentado no trabalho de Filho (2010). Possivelmente, também serão realizados testes do GIDA operando afundamentos de tensão. O sistema de controle será implementado no Laboratório de Eletrônica de Potência e Smart Grids da UFABC.

## 2 Controle CPBM aplicado potências ativas e reativas do GIDA

## Referências

- ALTUNA, J. A. T. *Análise dinâmica de controladores de corrente para máquinas de indução trifásicas alimentadas por inversor PWM*. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, Setembro 2002.
- AMARANTE, O. A. C. do et al. In: CEPEL. *Atlas do potencial eólico brasileiro*. Brasil, 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf)>. Acesso em: 21 de novembro de 2016.
- DATTA, R.; RANGANATHAN, V. Variable-speed wind power generation using a doubly fed wound rotor induction machine: A comparison with alternative schemes. *IEEE Trans. on Energy Conversion*, n. 17, p. 414–421, 2002.
- FILHO, A. J. S. *Controle de potências ativa e reativa de geradores de indução trifásicos de rotor bobinado para a aplicação em geração eólica com a utilização de controladores baseados no modelo matemático dinâmico do gerador*. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, Novembro 2010.
- FILHO, A. J. S.; FILHO, E. R. Model-based predictive control applied to the doubly-fed induction generator direct power control. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, v. 3, n. 3, p. 398–406, 2012.
- HARNEFORS, L.; NEE, H.-P. Model-based current control of ac machines. using the internal model control method. *IEEE Transactions on Industry Applications*, n. 37, p. 133–141, 1998.
- KENNEL, R.; LINDER, A.; LINKE, M. Generalized predictive control (gpc)-ready for use in drive applications? *IEEE 32nd Annual Power Electronics Specialists Conference*, p. 1839–1844, 2001.
- LIMA, F. K. A. et al. Controle de gerador de indução duplamente alimentado diante de afundamentos de tensão. *Eletrônica de Potência*, v. 13, n. 3, p. 189–199, Agosto 2009.
- LIMA, F. K. A. et al. Rotor voltage dynamics in the doubly fed induction generator during grid faults. *IEEE Transactions on Power Electronics*, v. 25, n. 1, p. 118–130, Janeiro 2010.
- MAHMOUD, S. et al. A simple high performance current control scheme for induction motor drives. *31th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics Society*, p. 1762–1767, 2005.
- MORREN, J.; HAAN, S. W. H. de. Ride-through of wind turbines with doubly-fed induction generator during a voltage dip. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, v. 20, n. 2, p. 435–441, Setembro 2005.
- PINTO, M. de O. *Fundamentos da energia eólica*. Rio de Janeiro: LTC, 2013. ISBN 9788521621607.
- RAN, L. et al. Control of a doubly fed induction generator in a wind turbine during grid fault ride-through. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, v. 21, n. 3, p. 652–662, Setembro 2006.
- SIMÕES, M. G.; FARRET, F. A. *Renewable energy systems with induction generators*. [S.l.]: CRC Press, 2004. ISBN 9780849320316.
- SOUSA, M. H. de. *Determinação de parâmetros de máquinas síncronas pelo ensaio de resposta a frequência: Proposta de metodologia com inversor de frequência*. Tese (Graduação) — Universidade de São Paulo, 2011.
- VOLTOLINI, H. *Modelagem e controle de geradores duplamente alimentados com aplicação em sistemas eólicos*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Março 2007.