

Controlador Backstepping Aplicado ao Controle de Tensão de Saída de um Gerador de Relutância Variável em Ampla Faixa de Operação

Marcelo Back de Araújo, Filipe Pinarello Scalcon, Hilton Abílio Gründling e Rodrigo Padilha Vieira
Grupo de Eletrônica de Potência e Controle - GEPOC
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Av. Roraima, 1000, Camobi, Santa Maria - RS
Email: marceloback775@gmail.com, filipescalcon1@gmail.com

Resumo—Este trabalho propõe um sistema de controle *backstepping* aplicado ao controle de tensão de saída de um gerador de relutância variável (GRV). A técnica proposta é capaz de operar em ampla faixa de velocidade, tanto com acionamento via histerese quanto acionamento via pulso único. É apresentado o sistema de acionamento para o GRV, bem como o princípio de conversão de energia. O projeto do controlador é desenvolvido, tanto em tempo contínuo como em tempo discreto. Resultados experimentais para acionamento via histerese e acionamento via pulso único são apresentados, demonstrando a eficiência da técnica de controle proposta e sua capacidade de rejeição de transitórios de carga.

Index Terms—Gerador de Relutância Variável, Controle *Backstepping*, Controle de Tensão, Histerese, Pulso Único.

I. INTRODUÇÃO

O gerador de relutância variável apresenta estrutura simples e robusta, baixo custo, tolerância inerente à faltas e ausência de enrolamentos no rotor. Somando-se a isso, o GRV é capaz de operar em uma ampla faixa de velocidades, diminuindo o tamanho e peso do sistema, uma vez que caixas de engrenagens e transmissões não são necessárias. Estas características tornam a máquina de relutância atrativa para aplicações em veículos elétricos, aplicações aeronáuticas, navais e geração eólica [1]–[6].

O GRV, entretanto, apresenta estrutura com dupla saliência, bem como comumente opera na região de saturação magnética, o que faz com que a máquina apresente características altamente não-lineares. Somando-se a isso, o GRV apresenta significativas oscilações de torque e de tensão de saída, o que motivou alguns estudos recentes, buscando solucionar alguns destes problemas [7]–[9].

Em [10]–[13] são estudadas diferentes técnicas de controle para a tensão de saída do GRV. Um controlador do tipo *Model Predictive Control* (MPC) é apresentado em [10], onde para o controle de corrente é utilizada uma estratégia de *profiling* (desenho de perfil). Somando-se a isso, o trabalho ainda propõe uma estimação de força contraeletromotriz (FCEM) em tempo real, permitindo melhores resultados no desenho do perfil ideal para a corrente do gerador.

Em [13] é proposto um controlador por modos deslizantes para controle da tensão de saída do GRV. O projeto é baseado no circuito de saída, considerando o gerador uma fonte de corrente controlada. Este trabalho foca apenas na operação com regulador via histerese, mantendo assim a velocidade limitada valores inferiores a 100 rad/s .

Outra técnica de controle não linear é o algoritmo *backstepping*, que foi desenvolvido no final da década de 80, com o intuito de realizar o controle de sistemas que possuem *strict-feedback*, e tem como base uma técnica recursiva para construção da lei de controle a partir de realimentação utilizando a função *Lyapunov*. O *backstepping* tem como principal vantagem a utilização de não-linearidades úteis do sistema em favor do sistema de controle, tornando-o mais robusto [14]–[16].

Este trabalho apresenta uma estratégia de controle *backstepping* aplicada a regulação da tensão de saída de um GRV acionado por um conversor *Asymmetric Half-Bridge* (AHB) auto-excitado. A estratégia de controle utilizada é capaz de gerar tanto a referência de corrente, para o acionamento via histerese, como o ângulo θ_{off} , para o acionamento via pulso único. A natureza não-linear do controlador é ideal para aplicação com o GVR, uma vez que confere robustez ao sistema, que possui dinâmicas de dupla saliência e indutância variável, por exemplo. São apresentados resultados experimentais a fim de demonstrar a funcionalidade do controlador em ampla faixa de velocidade de operação.

II. GERADOR DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL

A máquina de relutância variável opera com corrente contínua pulsada, fazendo necessário o uso de um conversor estático para seu acionamento. Seu modo de operação (motor ou gerador) é definido pelos ângulos de comutação (θ_{on} e θ_{off}), e altamente dependente da posição rotórica [13]. Serão detalhados nesta seção do trabalho o sistema necessário para acionamento do GRV e seu princípio de funcionamento.

A. Sistema de Acionamento do GRV

Para a máquina de relutância de variável operar como gerador, deve-se excitar as fases quando a indutância de

cada fase está diminuindo, ou seja, quando a relutância está aumentando. Isso deve ser feito pois a máquina tem uma tendência de buscar alinhamento quando energizada, buscando diminuir a relutância da fase energizada. Supondo que o rotor está em movimento por ação de uma fonte primária, quando as fases são energizadas contra sua tendência natural, o torque eletromagnético é responsável pela geração de uma força contra eletromotriz (FCEM). Assim, energia mecânica é convertida em energia elétrica, caracterizando geração [4], [17].

A topologia de conversor mais utilizada para acionamento da máquina de relutância variável é o conversor *half-bridge* assimétrico (AHB), uma vez que esta topologia é capaz de acionar a máquina como motor ou gerador. Na Figura 1, é apresentado este conversor em sua topologia para acionamento como gerador auto-excitado.

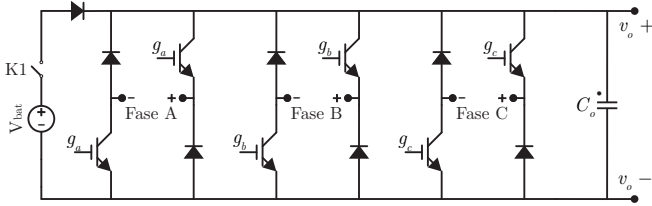


Figura 1. Conversor AHB na configuração auto-excitado por bateria.

B. Operação do GRV

A fim de definir o modo de operação, deve-se conhecer os ângulos de θ_{on} e θ_{off} , onde as chaves serão colocadas em condução e retiradas de condução, respectivamente. Estes ângulos são baseados no perfil de indutância da máquina. Considerando a máquina trifásica 12x8 utilizada neste trabalho, têm-se o período da indutância de 45° , e uma defasagem de 15° entre fases. Para que a máquina seja acionada como gerador, deve-se excitar a fase próximo do ponto de maior alinhamento, ou maior indutância (0°) e abrir as chaves próximo ao ponto de desalinhamento, ou menor indutância ($22,5^\circ$). Na Figura 2 têm-se o período da indutância de uma fase, bem como a região para operação como gerador destacada.

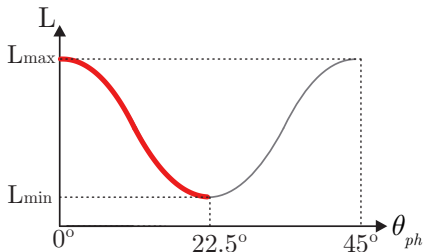


Figura 2. Perfil de indutância para uma fase do GRV, com região de operação destacada.

Para acionamento como gerador, pode-se dividir a operação em duas etapas distintas: a etapa de excitação e a etapa de geração. A etapa de excitação ocorre quando as chaves estão em condução e os diodos estão bloqueados. O capacitor C_o

transfere energia para a máquina, fazendo com que a corrente de uma dada fase cresça. Na fase seguinte, de geração, as chaves são então bloqueadas, e a corrente segue a circular, porém, agora pelos diodos. Isto ocorre devido à FCEM induzida na fase excitada após o fechamento das fases. A energia que passa a ser transferida para a saída do conversor na fase de geração é composta pela energia acumulada na excitação mais a energia mecânica transformada em energia elétrica. Esse processo pode ser visualizado na Figura 3.

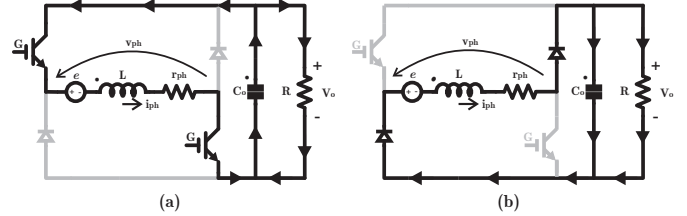


Figura 3. Etapas de operação do GRV (a) Excitação (b) Geração.

III. ESTRATÉGIA DE CONTROLE

O gerador de relutância variável tem como característica de funcionamento uma saída como fonte de corrente controlada, ou seja, a partir da excitação das fases, uma corrente é obtida em sua saída e injetada no sistema. A fim de garantir uma tensão de saída regulada, o controle do gerador auto-excitado, baseado na magnetização das fases, se faz necessário a fim de garantir rastreamento da tensão de referência [11], [13].

A. Algoritmo Backstepping - Acionamento via Histerese

Para o projeto do controlador *backstepping*, o sistema apresentado na Figura 1 será considerado como uma fonte de corrente controlada ligada em paralelo a um circuito RC, como visto na Figura 4. Isso é possível, uma vez que o GRV em malha fechada torna-se uma fonte de corrente controlada, permitindo maior facilidade no projeto do controlador da malha externa.

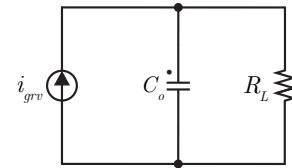


Figura 4. Circuito RC com fonte de corrente controlada.

A tensão sobre o capacitor é dada pela equação (1).

$$\frac{dV_o}{dt} = -\frac{1}{R_o C_o} V_o + \frac{1}{C_o} i_{grv} \quad (1)$$

onde V_o é a tensão sobre o capacitor, C_o é o valor do capacitor de saída e R_o é o valor da resistência equivalente.

Utilizando-se da hipótese simplificadora, pode-se considerar que controlando a carga que será armazenada no capacitor, controla-se a tensão de saída do gerador. Assim, para controlar a tensão de saída do GRV, um modelo baseado no algoritmo

backstepping será utilizado. A equação (1) pode ser reescrita como (2).

$$\dot{x} = -\frac{1}{R_o C_o}x + \frac{1}{C_o}u \quad (2)$$

Define-se uma função candidata a *Lyapunov* como sendo (3).

$$V_1 = \frac{1}{2}\xi^2 \quad (3)$$

onde

$$\dot{\xi} = x^* - x. \quad (4)$$

Derivando-se (3) e substituindo (4), têm-se (5).

$$\dot{V}_1 = \xi(x^* - x) \quad (5)$$

Adicionando-se uma constante, c_1 , sem que a igualdade seja alterada, obtêm-se (6).

$$\dot{V}_1 = \xi(x^* - x + c_1\xi) - c_1\xi^2 \quad (6)$$

Caso o termo $(x^* - x + c_1\xi)$ da equação (6) seja nulo, a função será negativa e, portanto, estável. Para isso, determina-se uma segunda função, (7), com o objetivo de estabilizar (6).

$$Z = x^* - x + c_1\xi \quad (7)$$

Assim, define-se uma segunda função candidata a *Lyapunov*, como visto em (8).

$$V_2 = \frac{1}{2}Z^2 \quad (8)$$

Derivando (8) e substituindo (7), têm-se (9).

$$\dot{V}_2 = Z(\dot{x}^* - \dot{x} + c_1\dot{\xi}) \quad (9)$$

Novamente, adiciona-se uma segunda constante, c_2 , sem alterar a igualdade, permitindo obter-se (10).

$$\dot{V}_2 = Z(\dot{x}^* - \dot{x} + c_1\dot{\xi} + c_2Z) - c_2Z^2 \quad (10)$$

Para estabilizar esta função, deve-se fazer com que o termo $(\dot{x}^* - \dot{x} + c_1\dot{\xi} + c_2Z)$ seja nulo. Substituindo (2) e (7) em (10), pode-se determinar a lei de controle u ,

$$u = C_o \left(\dot{x}^* + (x^* - x)(c_1 + c_2) + \int (x^* - x)c_1c_2 + \frac{x}{R_o C_o} \right). \quad (11)$$

Assim, garantindo-se que as constantes c_1 e c_2 sejam maiores que zero, o sistema será estável.

B. Algoritmo Backstepping - Integração condicional

Dadas as não linearidades do sistema, notou-se que o gerador apresenta certa inércia para atingir a referência de tensão. Este fato se justifica principalmente pela inércia magnética e pelas características não-lineares da máquina, o que leva a um controle não satisfatório.

No intuito de tentar compensar tal efeito, adicionou-se um inibidor de integração, γ , na equação (11), que pode ser reescrita como (12).

$$u = C_o \left(\dot{x}^* + (x^* - x)(c_1 + c_2) + \int \gamma(x^* - x)c_1c_2 + \frac{x}{R_o C_o} \right) \quad (12)$$

Tal inibidor foi implementado tendo em vista que a integração do erro em conjunto com o atraso do gerador para atingir a corrente necessária, faz com que o sinal de controle gerado pela integral chegue em valores bastante elevados, levando o controlador a não atuar devidamente. O termo γ pode ser definido como,

$$\gamma = \begin{cases} 1, & \text{se } e_v < \pm 0,3 \\ 0, & \text{se } e_v \geq \pm 0,3 \end{cases} \quad (13)$$

onde,

$$e_v = \frac{V_o}{V^*} \quad (14)$$

onde V_o é a tensão sobre o capacitor e V^* é a tensão de referência.

Desta forma, se o erro percentual da tensão de saída em relação a referência for menor que 30%, o integrador irá atuar. Caso o erro seja maior, o termo γ irá inibir a ação integral no controle. O fator 0,3 foi determinado empiricamente, podendo assumir outros valores.

C. Algoritmo Backstepping - Tempo discreto

Para a implementação utilizando DSP, fez-se necessário a discretização da lei de controle. Utilizando o princípio da superposição, a lei de controle foi decomposta em duas partes, como visto em (15),

$$u = I_{V_o} + I_{V_{ref}} \quad (15)$$

onde,

$$I_{V_o}[k+1] = I_{V_o}[k] + C_o \left(\frac{1}{R_o C_o} - (c_1 + c_2) \right) x[k+1] + \left(-T\gamma c_1 c_2 - (-c_1 - c_2) \frac{1}{R_o C_o} \right) x[k] \quad (16)$$

e

$$I_{V_{ref}}[k+2] = I_{V_{ref}}[k+1](e^{-\omega_c T} + 1) - I_{V_{ref}}[k]e^{-\omega_c T} + C_o(x^*[k+2](c_1 + c_2 + 1) + x^*[k+1]((-e^{-\omega_c T} - 1)(c_1 + c_2) + Tc_1c_2\gamma - 2)) + x^*[k]((c_1 + c_2)e^{-\omega_c T} - Tc_1c_2\gamma e^{-\omega_c T} + 1). \quad (17)$$

Caso a variável γ assuma valor nulo, a equação (16) torna-se (18) e a equação (17) torna-se (19).

$$I_{V_o} = C_o \left(-(c_1 + c_2) + \frac{1}{R_o C_o} \right) \quad (18)$$

$$I_{V_{ref}}[k+1] = I_{V_{ref}}[k] \times e^{-\omega_c T} + C_o \left(x^*[k+1](c_1 + c_2 + 1) \right) + x[k] \left(e^{-\omega_c T} (-c_1 - c_2) - 1 \right) \quad (19)$$

D. Algoritmo Backstepping - Acionamento via Pulso Único

O controlador via pulso único também apresenta sua entrada como o erro de tensão, entretanto, sua saída determina o ângulo θ_{off} . A base conceitual do controlador *backstepping* desenvolvido, no entanto, é dependente da saída de corrente do gerador de relutância variável. Assim, a estratégia de controle desenvolvida para utilização com acionamento via histerese será também utilizada no acionamento via pulso único. Isto é possível uma vez que no GRV a corrente apresenta uma relação de proporcionalidade com o ângulo $\theta_d = \theta_{on} - \theta_{off}$, mesmo que uma proporcionalidade não linear, como visto em (20).

$$\theta_d \propto I_{ref} \quad (20)$$

Desta forma, o sinal de controle u , visto em (15), torna-se θ_{off} no acionamento via pulso único.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A fim de avaliar a estratégia de controle, foram obtidos resultados experimentais. A bancada de testes utilizada é composta por um gerador de relutância variável 12x8 e um conversor AHB. A plataforma de controle utilizada também é composta por um DSP TMS320F28335 *Texas Instruments*. A frequência de chaveamento (f_{sw}) foi definida em 30kHz e o período de amostragem (t_s) é de 33,333 μs . Um motor de indução com controle de velocidade foi utilizado como máquina primária.

Tabela I
PARÂMETROS DA MÁQUINA DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL.

Parâmetro	Símbolo	Especificação
Tensão	V_{cc}	400 V
Corrente Nominal	I_n	5 A
Potência Nominal	P	2 kW
Velocidade Nominal	ω_n	1500 RPM
Fases	n_f	3

Para demonstrar a ampla faixa de velocidade de operação da estratégia de controle e do GRV, foram obtidos resultados experimentais com o regulador via histerese e com o acionamento via pulso único. A estrutura de controle para operação via histerese e para acionamento via pulso único pode ser vista na Figura 5.

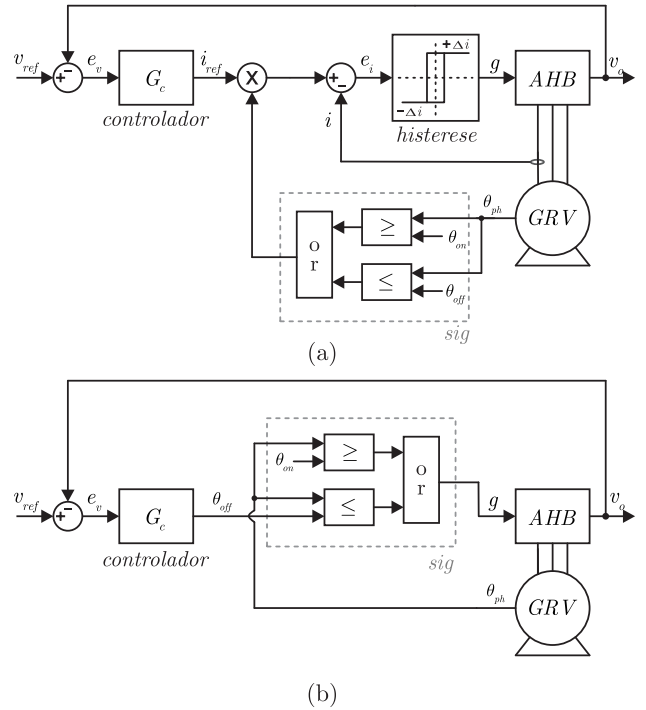


Figura 5. Diagrama de blocos da estrutura de controle utilizada (a) Acionamento via regulador de histerese (b) Acionamento via pulso único.

A. Acionamento via Histerese

O controlador foi testado para uma tensão de referência de 150 V, com partida em rampa, buscando evitar um pico de corrente elevado. Com o gerador em regime, um degrau de carga foi aplicado, onde a carga foi alterada de 62,5 W para 125 W, buscando avaliar a capacidade de rejeição de distúrbio do controlador. Durante o teste foi mantida uma velocidade rotórica de 500 RPM. As respostas de tensão e correntes do gerador podem ser vistas na Figura 6. Na Figura 7 são apresentadas as formas de onda de corrente para o gerador, após o degrau de carga.

Nota-se que o controlador *backstepping* é capaz de rastrear a tensão de referência de maneira satisfatória. Verifica-se a capacidade do sistema de rejeição a distúrbio, onde o controlador rapidamente eleva as correntes a fim de compensar uma elevação da carga. Pode-se avaliar ainda o funcionamento do controlador de corrente, uma vez que as formas de onda de corrente apresentadas na Figura 7 apresentam o formato característico resultante da histerese.

B. Acionamento via pulso único

O controlador também foi testado com acionamento via pulso único. Para tanto, foi utilizando θ_{on} fixo em 43° e θ_{off} passa a ser o valor obtido do controlador *backstepping*. O controlador foi testado para uma tensão de referência de 300 V, com partida em rampa. Com o gerador em regime, novamente, um degrau de carga foi aplicado, onde a carga foi alterada de 250 W para 500 W. Durante o teste, uma velocidade rotórica de 1400 RPM foi mantida. As respostas

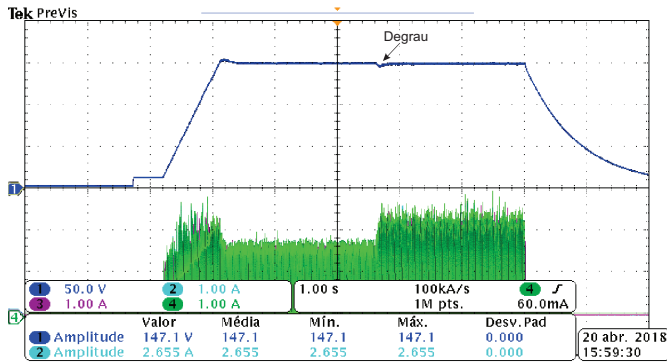


Figura 6. Resposta de tensão e corrente ao degrau de carga de 62,5 W para 125 W operando com acionamento via histerese. $\omega_n = 500 \text{ RPM}$.

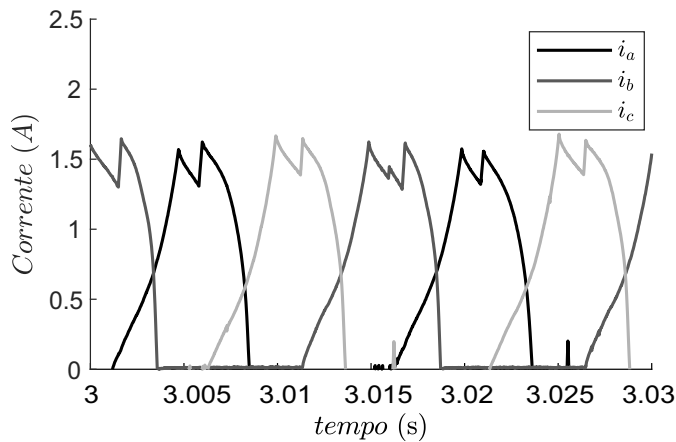


Figura 7. Resposta de corrente ao degrau de carga operando com acionamento via histerese. $\omega_n = 500 \text{ RPM}$.

de tensão e correntes do gerador podem ser vistas na Figura 8. Na Figura 9 são apresentadas as formas de onda de tensão e ângulo θ_{off} no instante do degrau de carga. Na Figura 10 são apresentadas as formas de onda de corrente para o gerador, após o degrau de carga.

Assim como no caso anterior, o controlador *backstepping* é capaz de atingir a tensão de referência de maneira satisfatória quando operando com acionamento via pulso único. Verifica-se a capacidade do sistema de rejeição a distúrbio, onde o controlador é capaz de manter a tensão na saída mesmo após o degrau de carga. Na Figura 9, nota-se como no instante do degrau de carga o controlador rapidamente altera o ângulo θ_{off} , a fim de elevar as correntes do gerador e compensar uma elevação da carga. As formas de onda de corrente mostradas na Figura 10 são coerentes com o acionamento via pulso único, uma vez que apresentam um comportamento de elevação até o ponto onde o ângulo θ_{off} é atingido.

O comportamento inicial do sistema, apresentando uma partida abrupta, pode ser explicado com base na estratégia de acionamento. A relação entre a variação de θ_d e a corrente em cada fase não é linear, assim, enquanto este valor é pequeno as correntes do gerador são pequenas. Assim que θ_d passa a ser suficientemente grande as correntes do gerador crescem

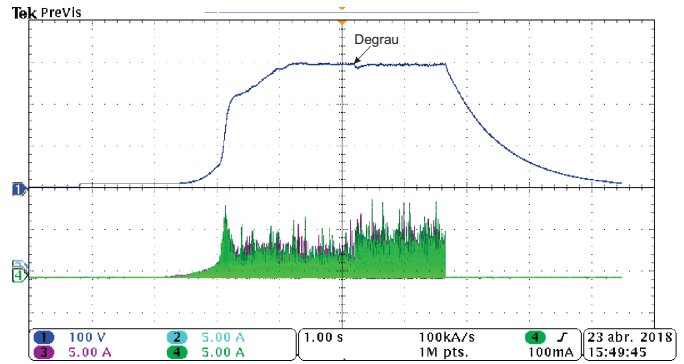


Figura 8. Resposta de tensão e corrente ao degrau de carga de 250 W para 500 W operando com acionamento via pulso único. $\omega_n = 1400 \text{ RPM}$.

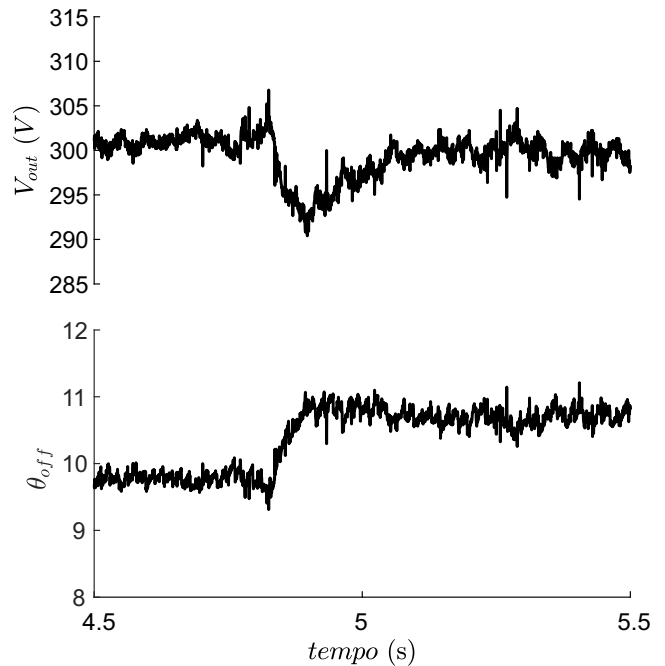


Figura 9. Resposta de tensão e ângulo θ_{off} ao degrau de carga de operando com acionamento via pulso único. $\omega_n = 1400 \text{ RPM}$.

significativamente e, por consequência, a tensão do gerador se eleva rapidamente.

V. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma estratégia de controle *backstepping* aplicada a regulação da tensão de saída de um GRV, para uma ampla faixa de velocidade de operação, sendo apresentados resultados para operação com acionamento via histerese e com acionamento via pulso único. O controle proposto é capaz de rastrear a tensão de referência e é robusto à variação de carga, rapidamente corrigindo a tensão de saída. O controlador é capaz de operar em ambos métodos de acionamento, permitindo a regulação tanto em baixas velocidades com a histerese como em elevada velocidade com o pulso único. Os resultados experimentais demonstram a efetividade do sistema proposto.

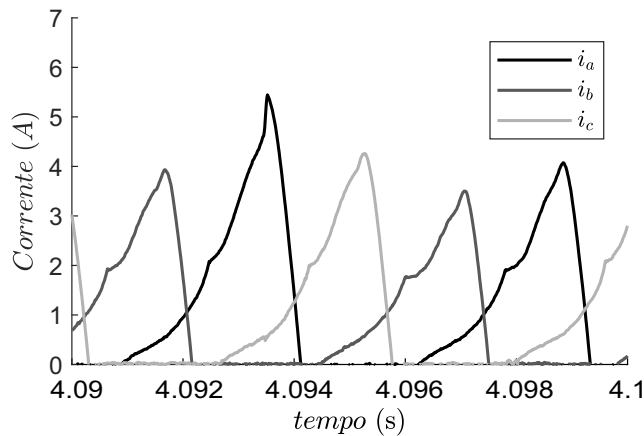


Figura 10. Resposta de corrente ao degrau de carga de operando com acionamento via pulso único. $\omega_n = 1400 \text{ RPM}$.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Projeto 424997/2016-9), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS), ao INCT-GD e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEE – UFSM) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] S. R. MacMinn and W. D. Jones, "A very high speed switched-reluctance starter-generator for aircraft engine applications," in *Proceedings of the IEEE National Aerospace and Electronics Conference*, May 1989, pp. 1758–1764 vol.4.
- [2] S. R. MacMinn and J. W. Sember, "Control of a switched-reluctance aircraft engine starter-generator over a very wide speed range," in *Proceedings of the 24th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*, Aug 1989, pp. 631–638 vol.1.
- [3] C. A. Ferreira, S. R. Jones, W. S. Heglund, and W. D. Jones, "Detailed design of a 30-kw switched reluctance starter/generator system for a gas turbine engine application," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 31, no. 3, pp. 553–561, May 1995.
- [4] D. A. Torrey, "Switched reluctance generators and their control," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 49, no. 1, pp. 3–14, Feb 2002.
- [5] R. Cardenas, R. Pena, M. Perez, J. Clare, G. Asher, and P. Wheeler, "Control of a switched reluctance generator for variable-speed wind energy applications," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 20, no. 4, pp. 781–791, Dec 2005.
- [6] I. Kioskeridis and C. Mademlis, "Optimal efficiency control of switched reluctance generators," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 21, no. 4, pp. 1062–1071, July 2006.
- [7] F. R. Salmasi and B. Fahimi, "Modeling switched-reluctance machines by decomposition of double magnetic saliencies," *IEEE Transactions on Magnetics*, vol. 40, no. 3, pp. 1556–1561, May 2004.
- [8] R. Gobbi and K. Ramar, "Optimisation techniques for a hysteresis current controller to minimise torque ripple in switched reluctance motors," *IET Electric Power Applications*, vol. 3, no. 5, pp. 453–460, September 2009.
- [9] E. S. L. Oliveira, M. L. Aguiar, and I. N. da Silva, "Strategy to control the terminal voltage of a srg based on the excitation voltage," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 4, pp. 975–981, April 2015.
- [10] M. Kiani, "Model predictive control of stator currents in switched reluctance generators," in *2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, June 2014, pp. 842–846.

- [11] T. A. S. Barros and E. R. Filho, "Direct power control for switched reluctance generator in wind energy," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 1, pp. 123–128, Jan 2015.
- [12] S. Yan, Q. Wang, H. Chen, and D. Yu, "Switched reluctance generator control for wind power system," in *2016 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)*, Dec 2016, pp. 1–6.
- [13] C. R. D. Osorio, R. P. Vieira, and H. A. Grundling, "Sliding mode technique applied to output voltage control of the switched reluctance generator," in *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Oct 2016, pp. 2935–2940.
- [14] R. Mellish, "Backstepping control design for the coordinated motion of vehicles in a flowfield," Ph.D. dissertation, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, 2011.
- [15] L. Neckel, "Estudo de algoritmos backstepping para o controle de correntes e estimação da velocidade rotórica em motores de indução trifásicos," Master's thesis, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- [16] H. Khalil, *Nonlinear Systems*. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- [17] W. Wang, Y. Huo, S. Yan, and Y. Dou, "The impact of excitation voltage fluctuation on phase current of switched reluctance generator," in *2017 IEEE Southern Power Electronics Conference (SPEC)*, Dec 2017, pp. 1–6.