

Estruturas de Conversores Aplicados a Sistemas de Tração em Carros Elétricos com Vistas à Redução de Custos

EDMILA DE M. GOMES (IFPB, Campus João Pessoa), EDGARD L. L. FABRICIO (IFPB, Campus João Pessoa), ALVARO DE M. MACIEL (IFPB, Campus João Pessoa)

E-mails: edmila.gomes@academico.ifpb.edu.br, edgard.fabricio@ifpb.edu.br, alvaro.maciell@ifpb.edu.br.

Área de conhecimento: (Tabela CNPq): 3.04.00.00-7 - Engenharia Elétrica.

Palavras-Chave: controlador de tensão; conversores; meio ambiente.

1 Introdução

A procura por carros elétricos ou híbridos vem crescendo e chamando a atenção das indústrias automobilísticas. Embora seja a melhor opção como forma de não agredir o meio ambiente e terem como uma das suas várias vantagens serem mais silenciosos, estes tipos de carros possuem um grande obstáculo que é o custo financeiro para sua execução, pois necessitam de um grande número de componentes, que possuem um valor elevado e acabam prejudicando a sua saída no mercado.

Tendo isso em vista, este projeto tem como foco realizar uma pesquisa bibliográfica sobre as diversas técnicas propostas para a redução dos componentes dos conversores utilizados no acionamentos de máquinas à ímã e de fluxo axial e dessa forma escolher a melhor técnica de modo a possibilitar os estudos e melhorias de sistemas desse tipo, sem que os critérios da confiabilidade, robustez e estabilidade sejam reduzidos.

2 Materiais e Métodos

Os carros elétricos puros e híbridos são uma tendência forte no mercado pois reduzem drasticamente os danos ambientais quando comparados com os carros à combustão. Os motores são uma parte fundamental para este tipo de automóvel e dentre os motores que vem chamando atenção das industrias, podemos citar as maquinas síncronas á ímã permanente devido a sua excelente densidade de potência e alto rendimento. Outro fator relevante para a procura por estruturas que englobem motores elétricos mais eficientes é a possibilidade real de diminuir custos, aumentar a eficiência e o desempenho dos carros elétricos puros e híbridos.

Após realizar uma revisão bibliográfica, foi encontrado um modelo cuja estrutura é passível de ser simulada. A Figura 1 a seguir representa o modelo a ser implementado, em que uma bateria com 500V irá fornecer a energia necessária para o controle de tensão que fará o tratamento desta e enviará os pulsos que irão controlar os IGBT's para o chaveamento, a fim de se obter uma tensão de saída constante. Após o controle do barramento, o sinal passará pelo controle do inversor de modo a se obter uma corrente trifásica que irá acionar o motor síncrono a ímã permanente.

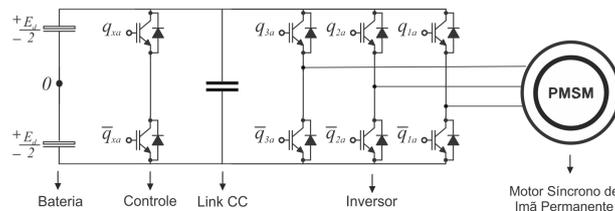


Figura 1: Modelo proposto.

Para o controle da tensão foi necessário utilizar controladores proporcionais integrais (PI) que calculam e transmitem a saída de controle a cada tempo de amostragem T para o elemento de controle final. A saída de controle é diretamente influenciada por dois parâmetros: o K_p e o K_i . Onde o ganho proporcional (K_p)

possui o efeito de reduzir o tempo de resposta, assim como o erro de estado estacionário. Já o ganho integral (K_i) elimina o erro de estado estacionário, mas tem como característica tornar a resposta do sistema mais lenta, além de aumentar o overshoot. A figura abaixo ilustra o modelo do diagrama de controle proposto para o controle da tensão do barramento. O controle do motor, não mostrado, é similar ao controle V/Hz.

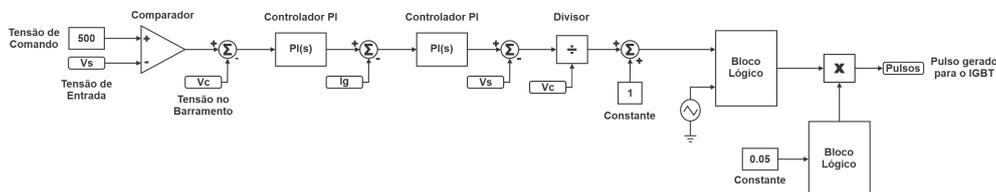


Figura 2: Diagrama de Controle.

2.1 Equacionamento para o Controle do Inversor

Após a realização do controle no barramento partimos para a próxima etapa que consiste no controle do inversor que irá possuir três tensões de polo e terá como função o fornecimento das correntes que serão impostas à máquina. Já para o inversor fizemos uso da estratégia PWM.

Como necessitamos de três tensões de polo para o inversor, mas a tensão que temos na entrada é uma tensão contínua, precisamos de uma equação que nos permita obter tensões de referência na forma alternada, que pode ser escrita da seguinte forma:

$$v_{10}^* = v_p \sin(2\pi f) \quad (1)$$

$$v_{20}^* = v_p \sin\left(2\pi f - \frac{2\pi}{3}\right) \quad (2)$$

$$v_{30}^* = -(v_{10}^* + v_{20}^*) \quad (3)$$

Posteriormente incluímos uma variável auxiliar para fornecer os valores de referência das três tensões de polo do inversor.

$$v_x^* = \mu v_{xmax} + (1 - \mu)v_{xmin}, \quad (4)$$

em que, os valores máximos e mínimos são obtidos por meio dos valores de referência do link CC.

Após o cálculo da variável auxiliar, adicionamos ela à tensão obtida por meio das equações (1)-(3). Desse modo obtemos a expressão:

$$v_{sk} = v_{k0}^* + v_x^* \quad (5)$$

sendo $k = 1, 2, 3$.

Os valores obtidos servirão como referência para o chaveamento que, fornecerá a corrente para a máquina síncrona.

3 Resultados e Discussão

O foco principal desse experimento foi analisar os meios para que seja possível obter um controle que a saída do sistema seja próxima ou igual ao que as indústrias necessitam. Para tanto, foram utilizadas lógicas de controle para os estados de chaveamento em que pudéssemos obter o controle no barramento que será utilizado nas máquinas síncronas a ímã permanente.

As simulações realizadas para esta etapa visaram obter um controle no barramento por meio de um conversor e pelo controle de tensão. Os gráficos abaixo mostram os resultados obtidos ao acionar uma Máquina Síncrona à Ímã Permanente na saída do inversor.



Figura 3: Resultados obtidos na simulação.

Em qualquer veículo elétrico o motor deve ser acionado de acordo com a velocidade recomendada e, como pudemos ver na Figura 4, obtivemos uma velocidade angular no motor fixada em 1200rpm, que seguiu exatamente o valor esperado. Para realização da simulação foram utilizados os seguintes parâmetros: $V = 500V$, $R = 0.5\Omega$, $L = 50mH$, $C = 1186\mu F$. Já para o acionamento do motor foram utilizados os seguintes parâmetros: $R_s = 0.129\Omega$, $L_d = 1.453mH$, $L_q = 1.607mH$, $p = 4polos$, $j = 0.003334kg.m^2$.

4 Considerações Finais

Pudemos observar ao longo das topologias analisadas e da simulação realizada que os estudos envolvendo essa estrutura garantem um futuro promissor no que se diz respeito aos carros elétricos, tendo em vista que é um ramo que está crescendo cada vez mais e lógicas desse tipo são capazes de reduzir os custos financeiros para a sua implementação, os objetivos propostos inicialmente foram alcançados, o controle foi estabelecido e a máquina síncrona atendeu às expectativas esperadas. Como forma de possíveis estudos futuros podemos citar uma análise maior e mais detalhada de outros tipos de estruturas de conversores que também possam ser viáveis, assim como a implementação de um modelo físico dos resultados experimentais colhidos neste documento para que seja posto em prática o que foi obtido ao longo desta pesquisa.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e forças para chegar até o final deste projeto, ao professor Álvaro Maciel e aos meus colegas de laboratório que sempre me apoiaram.

Referências

SALEQUE, Ahmed Mortuza et al. Variable speed pmsm drive with dc link voltage controller for light weight electric vehicle. In 2017 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE), pages 145-151, Feb 2017.

SUN, Weichen et al. Implementation of a multilevel cascaded h-bridge drive for an ironless axial flux permanent magnet motor for electric vehicle applications. In 2017 19th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'17 ECCE Europe), pages P.1-P.9, Sep. 2017.

FERNANDA, Drumm et al. Air Pollution from the burning of fuels derived from petroleum in Motor Vehicles. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117010537>>. Acesso em: 23 Fevereiro. 2021.

OLIVEIRA, Diogo. Elétricos têm venda recorde no Brasil. Jornal do Carro, 11 nov. 2020. Disponível em: <<https://jornaldocarro.estadao.com.br/>>. Acesso em: 21 Fevereiro. 2021

VONBUN, Christian. Impactos Ambientais E Econômicos Dos Veículos Elétricos E Híbridos Plug-In: Uma Revisão Da Literatura. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/porta1>>. Acesso em: 21 Fevereiro. 2021.