

Sistema Regenerativo de Energia Elétrica

Regenerative Electricity System

Abdinel Rodrigues da Silva¹, Vinícius de Melo Puglia², Marcio Belloni³, Renato de Brito Sanchez*

Resumo: O trabalho desenvolve uma metodologia de pesquisa e análise para um sistema de frenagem regenerativa por meio de motores de corrente contínua, a busca por desenvolvimento sustentável é cada vez maior, a partir disso foi discutido estudos teóricos sobre o assunto abordado, parâmetros eletrônicos e elétricos para o acionamento. Por meio do MATLAB® foi feito um modelo matemático, simulando e analisando os resultados gerado aplicação da tecnologia de frenagem. A forma de se utilizar a energia de maneira econômica sempre foi almejado, o sistema regenerativo de energia que utiliza a frenagem tem sido extremamente valorizado por unir a economia e a sustentabilidade. Em um mundo com grande número de aplicações industriais controladas eletricamente, esse sistema se mostra muito promissor.

Palavras-Chave: Frenagem regenerativa. Eficiência energética. KERS.

Abstract: The work develops a research and analysis methodology for a regenerative braking system by means of direct current motors, the search for sustainable development is increasing, from that theoretical studies on the subject addressed, electronic and electrical parameters for the drive. Through MATLAB® a mathematical model was made, simulating and analyzing the results generated by the application of braking technology. The way to use energy in an economical way has always been desired, the regenerative energy system that uses braking has been extremely valued for uniting economy and sustainability. In a world with a large number of electrically controlled industrial applications, this system is very promising.

Keywords: Regenerative braking. Energy efficiency. KERS.

I. INTRODUÇÃO

A energia tem papel essencial nas nossas vidas, desde que ela foi descoberta tem auxiliado para o desenvolvimento humano. Somada aos transportes, água e saneamento forma-se a base de desenvolvimento vigente. Por isso o estudo de temas

energéticos é necessário, de forma integrada e considerando questões tecnológicas, econômicas sociais, políticas e ambientais para que se busque o desenvolvimento sustentável (REIS, 2003).

Em veículos, no ponto de vista tecnológico, a autonomia é uma das maiores preocupações dos usuários de veículos elétricos. Um dos maiores requisitos é o cumprimento de uma autonomia de cerca de 80,5 km para satisfazer as necessidades básicas diárias de 80% dos motoristas norte-americanos. (CASTRO e FERREIRA, 2013)

Um sistema de regeneração de energia cinética é uma tecnologia em que a energia cinética gerada na frenagem que seria desperdiçada e é recolhida, e em seguida é transformada em outras formas de energia, normalmente energia elétrica e reutilizada. Com o acionamento de freios a energia do torque resultada que seria desperdiçada, pode ser transformada em energia e armazenada em capacitores (ABVE, 2010).

O trabalho de pesquisa a seguir foi realizado para analisar o sistema regenerativo, uma solução que surge da necessidade de economizar e reutilizar energia, não apenas isso, mas também pela busca do desenvolvimento sustentável.

Os recursos naturais vêm sendo utilizados de maneira irresponsável pela população, o que trará problemas em vários setores. Por esse motivo essa ideia vem para utilizar a energia elétrica de forma econômica. Essa fonte alternativa irá preservar as fontes primárias de energia, foi então que se verificou a possibilidade de usar a energia acumulada através da frenagem regenerativa.

Essa necessidade de economia fará com que as indústrias possam recuperar a energia, não importe de qual setor que ela seja, vemos essa tecnologia ser implementada em elevadores, no meio automobilístico, onde a energia cinética gerada pela desaceleração, e depois redistribuí para uso por outros usuários de energia em vez de ser perdida na forma de calor.

Desta forma este trabalho é propõe um método de otimizar o aproveitamento de energia por meio de um sistema de frenagem regenerativa com motores de corrente contínua, em que foram realizados testes e simulações por meio do MATLAB® / Simulink.

Esse sistema atende pela sigla “KERS” (Kinect Energy Recovery Systems) que é sistema de recuperação de energia cinética. A ideia do sistema regenerativo de energia é revolucionar os conceitos, valorizar o seu patrimônio e gerar economia de energia não antes visto. Em resumo, é um sistema que irá reaproveitar a energia devolvida, somando economia com sustentabilidade. Fazendo do Sistema

¹Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica. Centro Universitário ENIAC. E-mail: 279362014@eniac.edu.br.

²Bacharel em Engenharia Elétrica. Centro Universitário ENIAC, Núcleo de Pesquisa. ENIAC. E-mail: vinicius_puglia@hotmail.com.

³Especialista em Engenharia. Centro Universitário ENIAC, Núcleo de Pesquisa ENIAC. E-mail: marcio.belloni@eniac.edu.br.

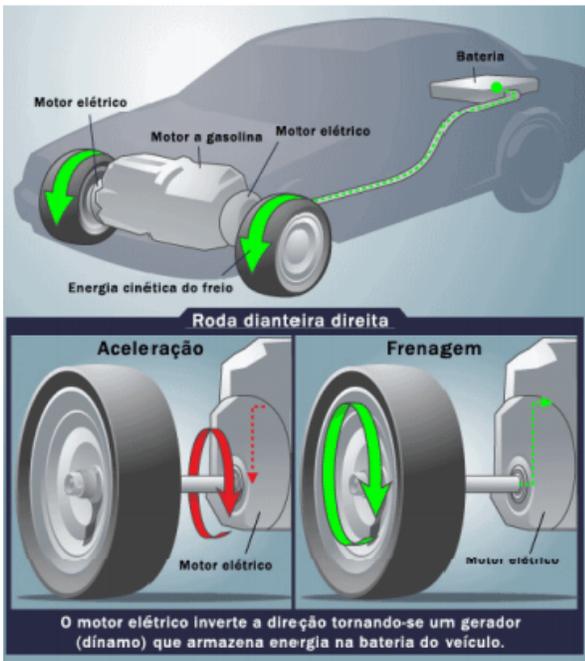
⁴Mestre em Engenharia, Centro Universitário ENIAC, Núcleo de Pesquisa ENIAC; Universidade de Mogi das Cruzes, Núcleo de Pesquisas Tecnológicas. E-mail: renatobritosanchez@gmail.com. *Para quem o contato deve ser realizado.

Regenerativo uma escolha ideal para indústrias, empresas e outras vertentes que utilizam energia elétrica.

O Sistema KERS, foi um sistema que reaproveita de energia mecânica, gerada na frenagem de um carro, por exemplo de fórmula 1, que seria desperdiçada em forma de calor, para gerar energia elétrica, que é transformada em potência e é usada na aceleração dos carros nas ultrapassagens. O sistema KERS funciona como um freio motor, no momento da desaceleração o sistema KERS atua como um gerador elétrico e um torque é criado, auxiliando na frenagem.

Na frenagem, quando parte da energia cinética é convertida, armazenada e reutilizada, é dito que essa frenagem é regenerativa. Na frenagem regenerativa, ao acionar o freio, o motor elétrico de tração passa a atuar como um gerador. Essa energia gerada pode ser armazenada em baterias e em capacitores. A vantagem em que estes podem ser carregados mais rapidamente que as baterias (SANTOS, 2009).

Figura 1 - Acionamento elétrico.



Fonte: CIBULKA, 2006.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Após definir o objetivo do trabalho, foi desenvolvido um estudo sobre o tema abordado nessa proposta, um sistema regenerativo, uma forma de gerar energia através da frenagem. Com o conhecimento necessário adquirido por meio do estudo bibliográfico, a ideia de mostrar como essa tecnologia funciona surgiu. Como proposta foi desenvolvido uma placa eletrônica junto a um circuito elétrico e dois motores de corrente contínua, um led é uma bateria, esse sistema é capaz de simular o aproveitamento de energia elétrica por meio da frenagem regenerativa convertendo energia cinética em

energia elétrica através do contato da engrenagem do motor 1 e gerando energia do no motor 2. Foram realizadas as simulações necessárias para o entendimento dos procedimentos a serem realizados, em uma bancada de eletrônica antes de ser colocados em prática, garantindo o desenvolvimento da experiência em analisar os resultados no MATLAB® aproveitamento da energia armazenada pelo uso de freios regenerativos.

Para desenvolver a proposta de um sistema regenerativo foi criado um circuito que colocasse na prática tudo o que foi discutido anteriormente.

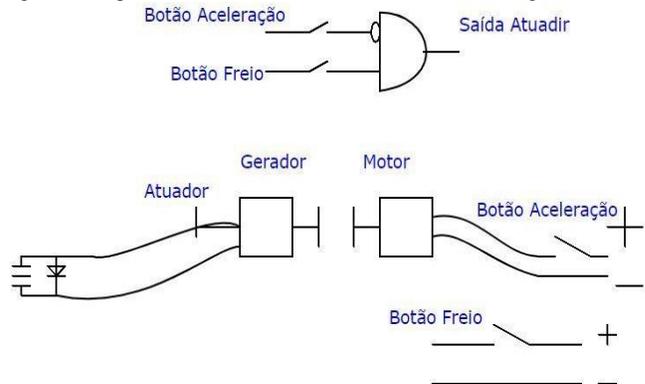
Foi proposto um circuito, que conta com:

- 1 Fonte de 12v
- 1 Ci 7404 (Porta Lógica “not”)
- 1 Ci 7408 (Porta Lógica “and”)
- 1 Led
- 1 Bateria 9v
- 2 Motores DC 12v 12kRPM
- 1 Mini Solenoide 12v
- 1 Relay 5v

O circuito eletrônico contará com todos esses componentes citados acima, onde 2 motores de corrente contínua fiquem de frente um para o outro. Quando é ativado o botão de aceleração no circuito o primeiro motor é ligado, quando o botão de aceleração é solto e é pressionado o de freio é acionado um circuito eletrônico que entra em ação com um atuador, que empurra o segundo motor para ter contato com a engrenagem do primeiro, O segundo motor não será alimentado, funcionará como um gerador.

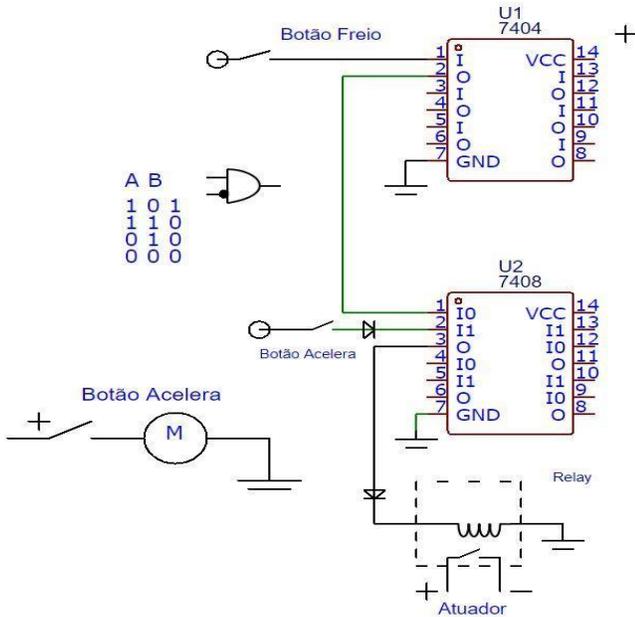
Quando houver aceleração no primeiro motor fará com que o segundo motor gire, gerando assim energia. Dessa forma é simulado o sistema regenerativo, onde haverá a conversão de energia cinética do motor em transmissão com a engrenagem para energia elétrica.

Figura 2 - Esquema demonstrando funcionamento do sistema gerador/motor.



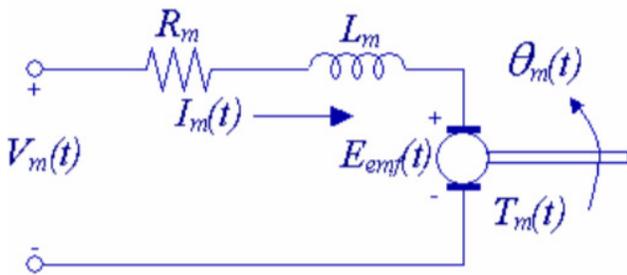
Fonte: Autor, 2019.

Figura 3 - Esquema elétrico do circuito de eletrônica digital.



Fonte: Autor, 2019.

Figura 4 - Modelo dinâmico da armadura do motor DC



Fonte: Autor, 2019.

A. EQUAÇÕES ALGÉBRICAS E DIFERENCIAIS

Aplicando a lei de Kirchhoff na armadura do circuito obtemos corrente na armadura, tensão na armadura, força eletromotriz.

- Lei de Kirchhoff; $V_m - R_m I_m - L_m \frac{dI_m}{dt} - E_{emf} = 0$
- Corrente na armadura; $I_m = + \frac{V_m - E_{emf}}{R_m}$
- Tensão na armadura; $V_m(s) = (R_m + L_m(s)) I_m(s) + E_{emf}$
- Força eletromotriz; $E_{emf} = K_m \Omega_m$

B. FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA

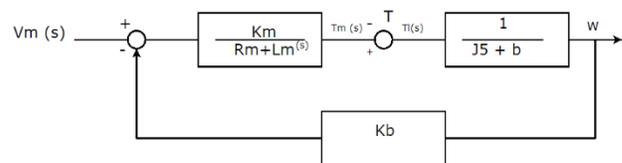
$$G(s) = \frac{\Omega(s)}{V_m(s)} = \frac{K_m}{s[(Js + b)(Lm + Rm) + Kb K_m]} = \frac{K_m}{s(s^2 \tau^2 \Omega(s) + \Omega^2)}$$

$$G(s) \frac{\Omega(s)}{V_m(s)} = \frac{K_m}{s[(Rm(Js + b)(Lm + Rm) + Kb \cdot K_m)]} = \frac{K_m / (Rm + kb \cdot km)}{s(\tau_1 + 1)}$$

Onde:

$$\tau_1 = \frac{Rm J}{Rm + kb \cdot km}$$

Figura 5 - Diagrama de blocos do Motor DC



Fonte: Autor, 2019.

III. RESULTADOS

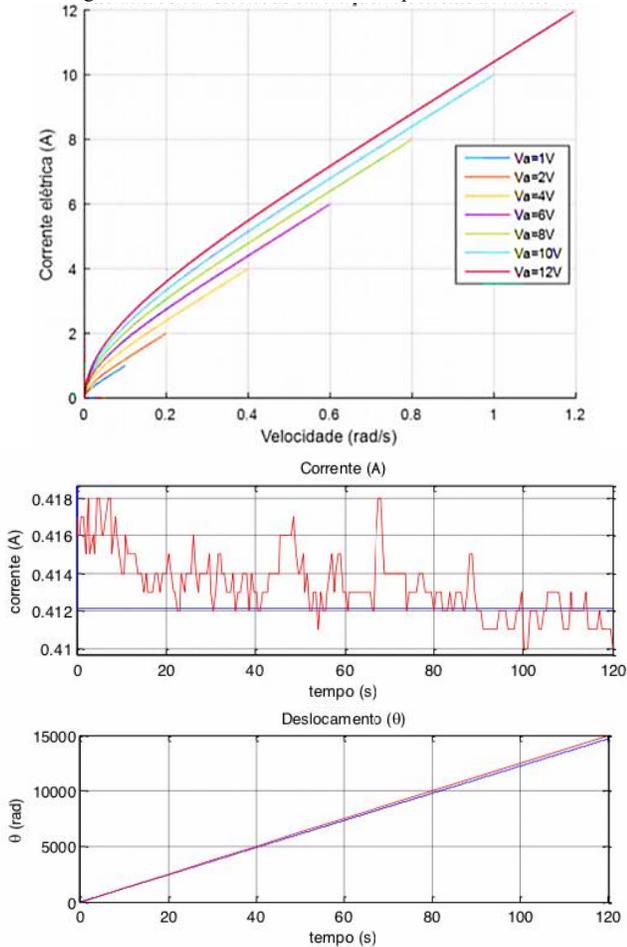
O intuito foi de obter os resultados por meio dos cálculos e simulações, que pudesse demonstrar a eficácia e as vantagens de se utilizar essa tecnologia de frenagem regenerativa. Com o intuito de tornar o exemplo mais didático, optamos pela simulação através de ferramentas como MATLAB®/Simulink, programação para a simulação do sistema que representa a dinâmica de um motor DC controlado por armadura foi baseada na representação de seu modelo matemático em espaço de estados permitindo utilizar funções existentes na biblioteca do programa MATLAB®. (CHAPMAN, 2016)

A ideia para a prática desse projeto seria colocar no eixo do motor dois acrílicos com uma borracha acoplada para dar o contato entre uma e outra, porque é por meio desse contato que a aceleração do primeiro motor faz com que o segundo motor gire, gerando assim energia.

A frenagem regenerativa contribui para aumentar a gama de veículos elétricos. Ela ajuda a economizar combustível em veículos híbridos e a reduzir as emissões de CO₂ e poluentes. Principalmente em situações de tráfego urbano que envolvem acelerações e frenagens frequentes. Além disso, o uso do gerador para frenagem também reduz o desgaste dos freios e o acúmulo de pós de frenagem (CIBULKA, 2006).

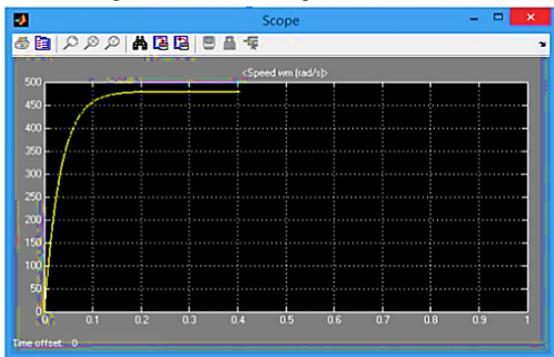
Esse sistema também pode ser usado em elevadores, assim economizando energia elétrica sem precedentes, potencializando a sustentabilidade dos sistemas elétricos.

Figura 6 - Curvas características de resposta do Motor CC



Fonte: Autor, 2019.

Figura 7 - Gráfico de resposta do MATLAB



Fonte: Autor, 2019.

IV. CONCLUSÃO

A realização desse trabalho de pesquisa e modelagem exigiu uma grande quantidade de pesquisa e conhecimentos técnicos para poder embasar a solução proposta, que era a de economia e reutilização de energia elétrica, por meio do sistema regenerativo, com apoio técnico e teórico do meu orientador foi possível prosseguir com o artigo.

A busca por essas soluções é muito importante para garantirmos um futuro mais sustentável, estes foram um dos motivos no qual nos incentivou por esse tema. A partir das

informações obtidas foi desenvolvido um circuito que poderia de fato, gerar energia.

Depois das simulações e modelagens o resultado do experimento foi satisfatório, pois foi possível verificar que o sistema regenerativo em ação. No entanto, é importante frisar que, devem-se buscar sempre melhorias nos sistemas e nas tecnologias, para que seja possível aumentar a viabilidade dos mesmos. Estudar sistemas de energia que sejam economicamente viáveis buscando sempre um melhor rendimento. Sendo assim, os objetivos pré-estabelecidos para esse trabalho foram alcançados.

V. REFERÊNCIAS

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico. Rio de Janeiro: Disponível em: <http://www.abve.org.br>

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de. BARROS, Daniel Chiari. VEIGA, Suzana Gonzaga da. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. Documento eletrônico. Rio de Janeiro, 2013. Fonte: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1511>. Acesso em 20/07/20.

CHAPMAN, Stephen J. Programação em MATLAB para engenheiros. Ed. Cengage Learning. São Paulo, 2016.

CIBULKA, J. Kinetic energy recovery system: Disponível em: http://files.spogel.com/miniprojects-in-mech/p-0089--Kinetic_Energy_Recovery_System.pdf

REIS, Lineu Belico dos, 1946-. Geração de energia elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade. São Paulo, Ed Manoele, 2003.

SANTOS, Aliandro Henrique Costa. Uma Contribuição ao Estudo dos Freios de Atrito para Aplicação em Frenagem Regenerativa, Campinas, 2009: Disponível em: <http://btdt.ibict.br/vufind/>