

CIRCUITO REGENERADOR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA A RECARGA DE BATERIAS DE UM FUTURO TRICICLO HÍBRIDO MOVIDO A TRAÇÃO HUMANA E ELÉTRICA

**Vinícius Muradás Lopes da Silva¹, José Luiz M. Muradás²,
Luis Filipe Wiltgen Barbosa³**

^{1,2,3} LRA/FEAU/UNIVAP– São José dos Campos – SP

¹vinicius_muradas@yahoo.com.br, ²muradas2@terra.com.br, ³wiltgen@univap.br

Resumo – Este artigo apresenta o estudo teórico para a aplicação prática de um sistema de tração auxiliar elétrica a um triciclo. Para tanto, aborda-se o dimensionamento dos parâmetros desejados, passando pela escolha dos motores, sistema de armazenamento de energia, bem como a modelagem do sistema de controle baseado no reaproveitamento de energia, foco principal deste trabalho.

Palavras-chave: Veículo elétrico, regeneração de energia, máquinas elétricas, dínamos.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

O presente estudo iniciou-se da paixão despertada pelas bicicletas e suas variações, sendo uma das mais simples e surpreendentes invenções, que atravessa gerações sem que, no entanto, tenha vindo a perder sua utilidade. Também pode-se levar em conta os tempos atuais, onde as preocupações com o meio ambiente nos levam a buscar alternativas no que tange a um uso mais racional dos recursos naturais (STONER, 1971).

A escolha da plataforma do veículo foi a de um triciclo comercial (Figura 1), pois facilita a montagem de motores diretamente no eixo traseiro, bem como pela estabilidade e espaço para acomodar um banco de baterias convencionais.



Fig. 1 – Plataforma de triciclo comercial adotada para o desenvolvimento do projeto.

Outro fator atrativo nesta plataforma de triciclo comercial é o fato de que a distância entre as rodas traseiras é propícia para o projeto que requer espaço para armazenamento de energia elétrica. Com apenas 740 mm entre as rodas traseiras (Figura 2), possui a largura menor que a metade de um carro de passeio comum do tipo popular no qual a largura é igual ou superior a 1.600 mm.

Outra possibilidade estudada, é a utilização deste tipo de veículo com três rodas em ciclovias, visto que a proposta é para uma tração auxiliar e com velocidade média compatível (30 km/h), sendo ideal para centros urbanos.

Este tipo de veículo híbrido pode usufruir de incentivo fiscal, dado que em vários estados brasileiros, veículos elétricos são isentos do IPVA (ABVE, 2007).



Fig. 2 – Dimensões do eixo traseiro do triciclo comercial.

Dentre outros fatores benéficos que podem ser destacados sobre os veículos elétricos são a inexistência de emissões de gases de combustão, um melhor aproveitamento da matriz energética brasileira (maior parte hidrelétrica), no que diz respeito aos horários fora de pico do sistema, que poderiam ser liberados para recarga de frotas desses veículos elétricos, maximizando o uso do sistema.

Não se pode deixar de mencionar a eficiência dos motores elétricos (~90%) (FITZGERALD, 1975), frente aos motores a combustão interna à gasolina (~30%). Sabe-se que motores a combustão perdem a maior parte da energia aplicada sob a forma de calor; o que coloca os sistemas elétricos como a melhor alternativa energética para os transportes.

Dentre os motores elétricos existentes atualmente, a escolha de um motor de corrente contínua se mostra interessante devido às características de uso no projeto dado a constante variação de velocidade e torque (SEN, 1997) e (KOSOW, 1964) e a possibilidade de reaproveitamento direto da energia elétrica.

O estado da arte atual baseia-se na conversão pura e simplesmente das bicicletas em praticamente motos elétricas, desprezando em grande parte dos projetos o potencial regenerativo do pedalar ou de trechos em declive, por exemplo. Com exceção de projetos das grandes montadoras, atualmente voltados a sistemas híbridos (motores de combustão acoplados a geradores) e com freios regenerativos.

Sobre o projeto em si, o mesmo baseia-se no aspecto construtivo dos motores de corrente contínua (em especial os com enrolamento série) (RICHARDSON, 1982) e os dínamos, podendo ser aproveitados tanto para geração de energia, quanto para aplicação desta para gerar movimento, sendo necessário para isto um sistema de controle que gerencie estes dois estados, o qual é o objeto e proposta deste estudo.

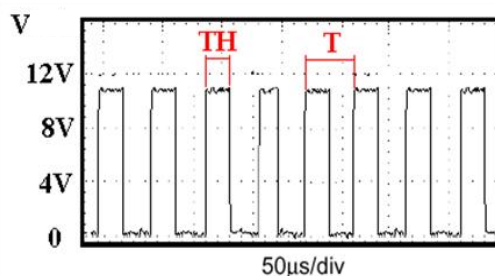
Princípio de Funcionamento

O princípio de funcionamento baseia-se em um sistema composto de um banco de baterias (seladas, tipo chumbo-ácidas), escolhidas dado seu menor valor e ciclo de vida razoável, porém existem tecnologias mais atuais livres de chumbo e com performance elevada nas curvas de carga e descarga como as Lítio-Ion, Níquel-Cadmio ou Níquel Metal-Hidreto (RIBAS, 2003), porém com

custo ainda muito alto. A energia armazenada nas baterias é fornecida ao motor através de um controle PWM (*Pulse Width Modulation*), que possibilita variar a característica torque *versus* velocidade do motor com boa precisão (Figura 3).

O sistema de reaproveitamento de energia consiste em geradores ou como são comumente chamados, dínamos (Figura 4). Este tipo de gerador é utilizado em bicicletas comuns para fornecer eletricidade para o acionamento dos faróis.

O motor de propulsão auxiliar atuará nos momentos em que não estiver consumindo energia elétrica deverá gerar uma parcela de energia que será reaproveitada para recarregar as baterias. O que deverá prover um aumento significativo na autonomia normal do veículo, comparando-se com o uso puramente de consumo das baterias (RASHID, 1999).



TH – tempo em nível alto
T – período do sinal

Figura 3 - Sinal PWM de controle para a regeneração elétrica.

O sistema deverá dispor também um recarregador portátil para ser ligado à rede elétrica quando o veículo estiver estacionado.

No que diz respeito à partida do veículo, a mesma não pode se dar através do controle eletrônico, sendo necessário um movimento de pedalar inicial, até que se atinja um valor mínimo de velocidade, para então ser liberada a possibilidade de acionamento elétrico do motor auxiliar (Figuras 5 e 6).

Este procedimento se propôs devido aos elevados picos de corrente elétrica necessários para se colocar um motor elétrico em movimento (torque inicial). Sem este procedimento seria necessário colocar um sistema de acionamento elétrico o que acarretaria um aumento do custo de implementação do projeto e possíveis danos às baterias.

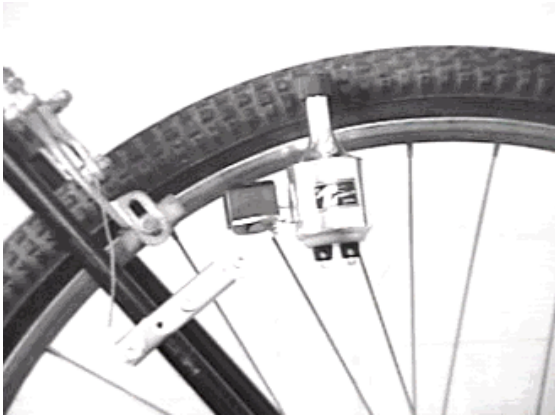


Figura 4 – Gerador (dínamo) instalado na roda de uma bicicleta.

Outro limite a ser controlado é o ângulo de inclinação frontal do triciclo híbrido, o qual será monitorado por um sensor do tipo inclinômetro. A partir de uma determinada inclinação em active, ou nula, o sistema permite o direcionamento de energia para o motor, sendo que em certo grau de declive se dará o oposto, o sistema não permitirá a aceleração, aproveitando assim o declive para recarregar das baterias.

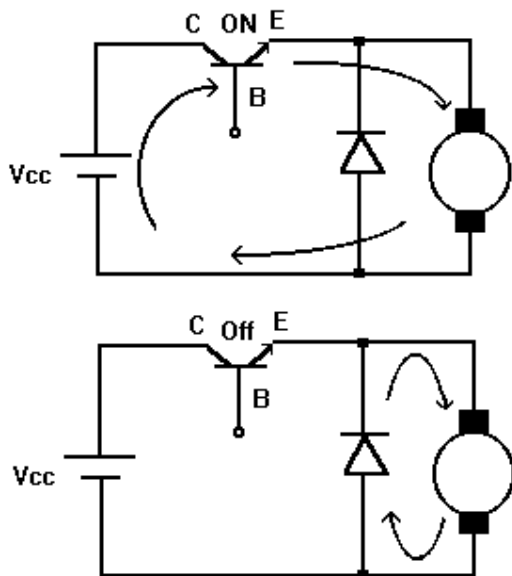


Figura 5 - Sentido da corrente elétrica com a utilização de um diodo de livre circulação controlado por um transistor de potência.

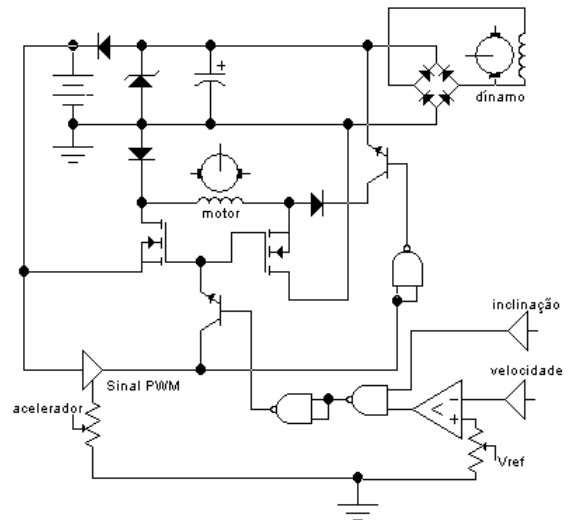


Figura 6 – Esquema simplificado do circuito de controle de alimentação do motor e de recuperação de energia.

Outros melhoramentos possíveis são a adaptação para mais um assento (carona) e conseqüente redimensionamento da potência do sistema e a incorporação de uma cobertura tipo elastano ou neoprene impermeável com visor frontal em acrílico sobre uma estrutura em alumínio reforçado, o que daria um melhor coeficiente aerodinâmico ao veículo, além de conforto térmico e maior proteção ao usuário, além do que, em caso de proteção estrutural sobre a cabeça, a desobrigação de uso do capacete (DETRAN, 2007).

Resultados

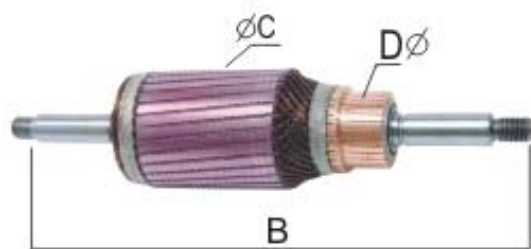
Nos testes preliminares, o motor escolhido dado suas características construtivas e elétricas, além do próprio custo acessível, foi o dínamo da Bosch (Figura 7) utilizado em veículos do tipo VW Fusca fabricados até 1982.

Estes geradores apresentam uma boa relação de torque, quando utilizados como motores e conectados em par para a aplicação proposta, sem se fazer necessário o uso de uma redução mecânica, o que introduziria um coeficiente de atrito a mais e consumo maior de energia elétrica.

Outra opção interessante seria o uso de uma máquina elétrica denominada *Dinamotor*, em especial as unidades RAT (*Ram Air Turbine*), usadas em aeronaves comerciais para prover alimentação elétrica aos circuitos em caso de pane do sistema principal, através de uma turbina acionada manualmente pelo piloto.

Para o controle PWM se fez necessário utilizar vários transistores de potência do tipo *MOSFETS*

em paralelo (RASHID, 1999) e (SIEMENS, 1997), a fim de atingir a potência exigida pelo sistema, principalmente em subidas.



B= 246,5 mm

C= 55,9 mm

D= 35,0 mm

Figura 7 – Induzido do dínamo tipo Bosch.

O aumento esperado da autonomia é de 30% em comparação com o sistema puramente consumidor (moto elétrica).

Discussão

Percebeu-se no estudo deste sistema de regeneração de energia elétrica para veículos elétricos, que o assunto veículo elétrico não é novo. Na verdade o primeiro veículo elétrico foi inventado em 1830. Quase toda a frota de táxis da cidade de Nova York era movida à bateria na virada do século 20, sem falar no *Peugeot* que Santos Dumont adaptou para uso elétrico em 1900.

Atualmente, a empresa Valeo lançou no mercado um sistema revolucionário chamado de *alternorranque*, um dispositivo que engloba em uma só máquina, o alternador e o motor de arranque, possibilitando nas grandes cidades a dispensa do ciclo da marcha lenta, possibilitando uma redução em torno de 10% nas emissões de poluentes nas grandes cidades.

A tecnologia de freios regenerativos já era largamente utilizada desde os tempos dos bondes elétricos, mas infelizmente o custo dos combustíveis fósseis era muito baixo. Assim sendo, apenas agora que os níveis atuais de emissão de dióxido de carbono estão destruindo o meio ambiente (efeito estufa), é que os veículos alternativos voltaram a ser estudados, e com eles toda a tecnologia de reaproveitamento elétrico.

No início do desenvolvimento da indústria automobilística, o petróleo tinha custo baixo em relação à eletricidade. Porém, com a crescente crise do petróleo (a partir da década de 1970) e aumento constante desta forma de energia, o ser

humano será impelido a voltar para as tecnologias e as idéias do passado, agora associadas a novas técnicas de controle eletrônico e materiais, possibilitando uma alternativa econômica e ecologicamente correta aos problemas atuais, gerando uma mudança de cultura.

Conclusão

O presente estudo vem a colaborar com o desenvolvimento de veículos elétricos, além de ajudar a divulgar as possibilidades e as vantagens dos veículos elétricos para a sociedade.

Por tratar-se de um meio de transporte não poluente, silencioso e acessível economicamente, tanto do ponto de vista de aquisição, quanto de consumo de energia, o projeto de construir em um futuro próximo este veículo híbrido, poderá fazer com que este se torne um produto comercial que poderá alavancar uma pequena empresa de veículos alternativos.

Referências

- STONER, C. H. **A Produção da Sua Própria Energia**. Edições Cetop, 1971.
- ABVE, Internet site address: <http://www.abve.org.br> acessado em 2/4/2007.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C. Jr.; KUSKO, A.. **Máquinas Elétricas**. Ed. McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- SEN, P. C. **Principles of Electric Machines and Power Electronics**. Ed. John Wiley & Sons, 2^o Ed., 1997.
- KOSOW, I. L. **Electric Machinery and Control**. Prentice-Hall, 1964.
- RICHARDSON, D. V. **Rotating Electric Machinery and Transformer Technology**. Reston Publishing Company, 2^o Ed., 1982.
- RIBAS, H. B. **Monitoramento de cargas e descargas em baterias usando sistema microprocessado**. Dissertação de mestrado em Ciência – ITA, 2003.
- RASHID, M. H. **Eletrônica de Potência**. Ed. Makron do Brasil. 1999.