

VOLANTE COM 24 POLOS MAGNÉTICOS DE SAMÁRIO COBALTO

Me. João Carlos Botelho Carrero

Resumo

Para gerar energia elétrica necessária para o funcionamento de uma Motocicleta é muito utilizado um sistema formado por três partes: Volante Magnético de Imã Permanente, Estator Trifásico e, Regulador/Retificador de Voltagem. O volante fica solidário ao girabrequim, o estator é fixado à tampa lateral esquerda do motor e o regulador/retificador fica no quadro da motocicleta e é ligado ao chicote elétrico, levando energia a bateria e demais componentes elétricos e eletrônicos da motocicleta.

O dimensionamento deste sistema é muito delicado, uma vez que não pode ser desligado. Se a energia não for consumida, o sistema aquece. O sistema utilizado em automóveis e veículos de transporte é constituído por um Alternador que gera energia elétrica sob demanda, ou seja, quando não tem consumo de energia, o eletroímã é desligado. Não é gerado energia.

Nas motocicletas, o sistema gera energia o tempo todo. Quando o sistema não tem consumo, a energia tem que ser dissipada numa Resistência de Derivação, chamada de “Shunt”. Este shunt faz parte do circuito blindado do regulador/retificador de voltagem.

Com o tempo de uso (a motocicleta utilizada para os ensaios é uma Triumph Tiger 955i ano/modelo 2004 estator de 350 W), os ímãs permanentes de Ferrite acabam perdendo parcialmente a sua magnetização. Com isto a voltagem induzida no estator (força eletromotriz) fica abaixo do valor padrão de 23 VCA em marcha lenta. Para suprir a potência elétrica da motocicleta, a corrente elétrica fica maior, acima do valor que o estator trifásico suporta, levando à queima do estator. O estator trifásico original desta motocicleta é enrolado em máquina com fio 17 AWG e 36 espiras em cada bobina. Mas no estator enrolado à mão desta motocicleta foi utilizado o fio 18 AWG e 32 espiras em cada bobina. São 18 bobinas divididas em seis bobinas para cada uma das três fases que são ligadas em Triângulo para gerar o sinal trifásico (tensão elétrica alternada).

A queima do estator é uma falha recorrente em motocicletas muito rodadas. Todavia, a raiz do problema está localizada na perda parcial da magnetização dos Imãs Permanentes utilizados no Volante Magnético ou “flywheel”.

A reposição do volante magnético destas motocicletas tem custos extremamente elevados e, por vezes difíceis de encontrar (para a Tiger 955i o valor é de cerca de US\$ 1.000,00).

Com esta necessidade e forte motivação financeira, foi realizada a presente investigação científica e proposição de uma solução de cunho tecnológico.



Figura 1: volante magnético original da Motocicleta Triumph Tiger 955i ano/modelo 2004

A primeira tentativa foi substituição dos ímãs de ferrite originais por novos ímãs de ferrite, como o original com 12 polos magnéticos alternados e orientados radialmente. Estes ímãs foram fabricados sob medida pela Levada Motoparts de São Paulo, SP. Porém, este magneto não gerou energia a taxa (potência) necessária. A tensão elétrica gerada por eles foi de apenas 15 VCA, abaixo do valor mínimo recomendado de 23 VCA, em marcha lenta. A 5000 rpm deveria ser de 70 VCA, mas chegou a 55 VCA. Portanto, os ímãs nacionais não atenderam a necessidade da motocicleta.

Foi construído um segundo magneto mantendo os 12 polos, mas trocando os ímãs de ferrite por ímãs de terras raras (Neodímio Ferro Boro e Samário Cobalto) Foi feita uma negociação com um fornecedor chinês para a fabricação dos ímãs em formato e tamanho sob medida para o volante, mas os custos sobem exponencialmente. Em função disto, foram utilizados ímãs em formatos e tamanhos encontrados comercialmente no Aliexpress.

Calculadas as equivalências em termos de Remanência, Força Coercitiva e Produto Energético Máximo, com base na literatura, chegou-se a seguinte receita: 144 pastilhas cilíndricas com 10mm de diâmetro e espessura 2mm (628mm^3) de Samário-Cobalto temperatura de trabalho de até 350°C em conjunto com 24 blocos retangulares com comprimento 35mm, largura 13,65mm e 3mm de espessura (1433mm^3) de Neodímio-Ferro-Boro grau 40 e temperatura de trabalho de até 120°C . Porém, a temperatura normal de funcionamento da motocicleta afetou de veras a magnetização destes ímãs.

A tensão elétrica alternada gerada em marcha lenta pelos ímãs de terra rara com 12 polos magnéticos com o estator de 18 polos foi de 23 volt, em torno do valor mínimo padrão. A 5000 rpm, a tensão elétrica gerada chegou a 70 volt. Porém, quando o motor da motocicleta ficava aquecido, à temperatura do óleo em torno de 108°C , a tensão gerada cai de 23 VCA para cerca de 18 VCA medidas diretamente nas saídas trifásicas do estator. Já a tensão contínua retificada medida nos polos da bateria, também em marcha lenta, ficou em 12,4

VCC. Esta voltagem demonstra que a bateria está sendo descarregada ao invés de carregada. Portanto, este magneto não ficou adequada a esta motocicleta.

Deste modo, uma terceira solução foi proposta: substituir os ímãs de ferrite por ímãs de Samário Cobalto cuja temperatura de trabalho é de até 350°C. E, realmente, observou-se que estes ímãs mantêm a magnetização com o motor trabalhando, sem problemas. Os formatos e tamanhos utilizados foram encontrados comercialmente no Aliexpress, o que torna os custos bem acessíveis.

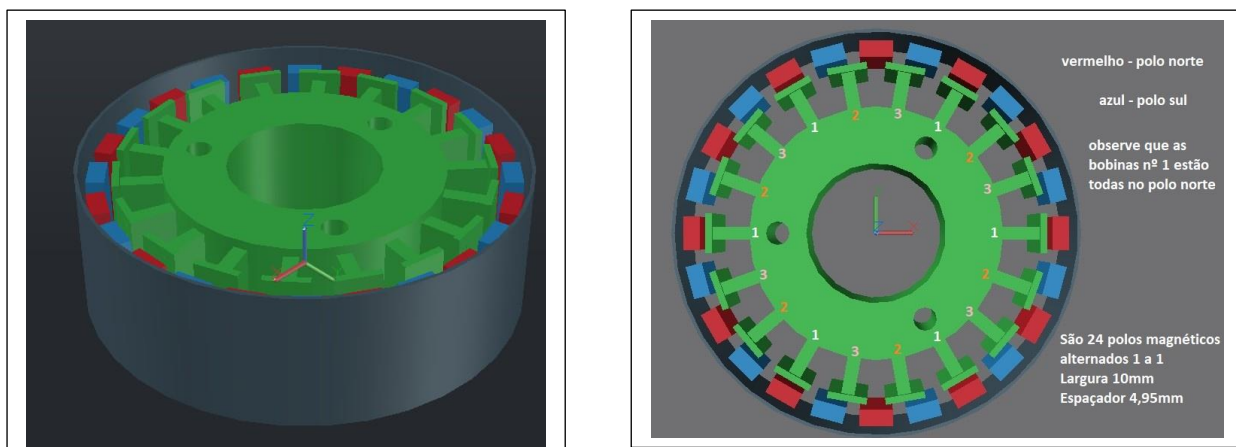


Figura 2: volante magnético e núcleo do estator - projeto no Auto CAD com 24 polos magnéticos

Calculadas as equivalências em termos de Remanência, Força Coercitiva e Produto Energético Máximo, com base na literatura, chegou-se a seguinte receita: 108 pastilhas cilíndricas diâmetro 10mm espessura 2mm e 72 pastilhas cilíndricas diâmetro 10mm espessura 1mm e 24 blocos retangulares comprimento 30mm largura 10mm e espessura 5mm de Samário-Cobalto. Foi necessário fabricar artesanalmente 24 espaçadores de ferro com 38mm de comprimento, 4mm de espessura e 7,5mm de altura. Estes espaçadores foram montados intercalados aos ímãs de Samário Cobalto, sem os quais não seria possível manter os ímãs coesos dentro do volante. Também foi necessário desbastar internamente o volante, aumentando o seu diâmetro interno em 0,5mm numa faixa de 30mm largura. Os ímãs foram alojados no volante perfazendo 24 polos magnéticos dispostos radialmente alternados ao invés de 12 polos. Com isto a frequência da tensão elétrica alternada gerada pelo estator é alterada (dobrada) o que tornou necessário a troca do regulador/retificador de voltagem para adequar-se a esta frequência mais alta. Foi adquirido um regulador/retificador de voltagem da motocicleta Triumph Triple 1050 ano 2010 que tem magneto de 24 polos de terras raras e consumo de energia muito semelhante ao da Tiger 955i (dois faróis halógenos, duas lanternas, motor tri cilíndrico).



Figura 3: magneto com ímãs de samário cobalto com 24 polos e o estator trifásico construídos.

A tensão elétrica alternada (AC) gerada em marcha lenta pelo magneto de Samário Cobalto 24 polos magnéticos com o estator trifásico de 18 bobinas foi de 35 VCA, valor bem acima do valor mínimo padrão (23 VCA).

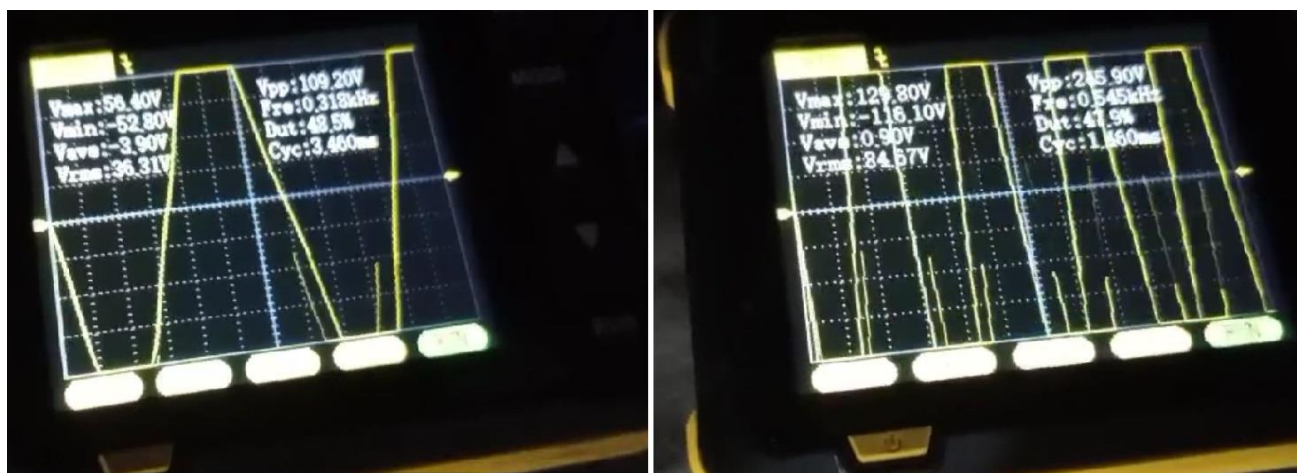


Figura 4: Na tela do osciloscópio a tensão elétrica gerada no Estator Trifásico: A esquerda, em marcha lenta (RMS) 36,31VCA. A direita, a 5000rpm (RMS) 84,67VCA Acelerando o motor em torno de 5000 rpm, a tensão elétrica gerada ultrapassa os 80 VCA.

Durante os testes, a motocicleta foi mantida funcionando por até 3,0 horas seguidas em trânsito urbano intenso de São Paulo, SP. A tensão gerada retificada medida na bateria mantém-se constante, sempre em torno de 13,5 volt. Portanto, não há variação na tensão DC retificada que fornece energia para o funcionamento da motocicleta devido à temperatura do motor.

Conclui-se que o magneto com 24 polos e ímãs de Samário Cobalto logrou pleno êxito.

Além disto, o custo final ficou em cerca de 1/4 de peça nova de reposição.



Figura 5: Tensão elétrica medida na bateria em marcha lenta: A esquerda no osciloscópio. A direita no painel

Disponível em: www.iscic.webnode.com

REFERÊNCIAS:

- 1 - PINTO, B. R. Pesquisa, **Projeto e Construção de um Sistema de Ignição por Magneto de Baixa Tensão**. 2016. 44f. Trabalho de Graduação - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, UNESP, Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a7d1aa61-6a01-4c0a-8f69-f44294ee25d8/content> Acesso em 31/jul/2024
- 2 - BRAGA, N. C., **Calculando Shunts (M279)** Instituto NCB – Mecatrônica de Forma Descomplicada - website disponível em <https://www.newtoncbraga.com.br/matematica-na-eletronica/10906-calculando-shunts-m279.html> Acesso em 01/ago/2024
- 3 - CULLITY, B. D.; GRAHAM, C.D. **Introduction to Magnetic Materials**, 2nd edition, Wiley - IEEE Press – 2011 – ISBN 9781118211496
- 4 - CORSICO, F. H. e ARAUJO, T. C. **CONTROLE DA FREQUÊNCIA ELÉTRICA NO GERADOR DE INDUÇÃO COM DUPLA ALIMENTAÇÃO** – TCC – UFP – 2013, disponível em <https://www.eletrica.ufpr.br/p/arquivostccs/286.pdf> Acesso em 01/ago/2024