

Sistema de ignição automotiva: Construção de kit didático e levantamento das características de circuito equivalente RL

Matheus Schneider¹, Fabio Delatore²
Engenharia Elétrica, Centro Universitário FEI
uniemschneider@fei.edu.br, fdelatore@fei.edu.br

Resumo: O principal objetivo deste projeto é elaborar um kit didático capaz de ser utilizado em sala de aula que reproduza um sistema de ignição. Este kit permitirá aos alunos visualizar aplicações práticas de circuitos RL em sistemas de ignição, assim como possibilitará a compreensão da relação diretamente proporcional entre o intervalo de tempo em que há tensão sendo fornecida para a bobina primária do transformador e a intensidade da faísca gerada pela vela de ignição.

1. Introdução

Esta pesquisa consiste em elaborar um kit didático que, a partir de um circuito equivalente, possua as mesmas características eletrônicas de um sistema de ignição real, com o propósito final de ser utilizado como suporte por docentes que ministram aulas de disciplinas do curso de Mecânica Automobilística, trazendo experiências capazes de melhorar o aprendizado por meio da fácil visualização para a sala de aula.

Para gerar uma faísca na vela de ignição é necessário que esta esteja conectada ao secundário de um transformador elevador com alta relação de espiras, ao fornecer uma pequena tensão para a bobina primária será observada uma tensão de milhares de volts na vela, que conseqüentemente irá produzir a centelha. O propósito dessa montagem é permitir ao aluno visualizar que ao fornecer tensão por um intervalo de tempo maior ou menor, a intensidade da centelha produzida será afetada proporcionalmente.

2. Metodologia

Ao analisarmos o primário do transformador, podemos reduzi-lo a um circuito RL composto pela resistência de seus terminais (R_p) e por sua indutância (L_p). Conhecemos o comportamento da corrente em um circuito RL, se considerarmos que existe um transistor T1 realizando o chaveamento do fornecimento da tensão ao terminal primário, a corrente no terminal primário (I_p) poderá ser escrita em função do tempo de acordo com a Equação (1), onde V_b é a tensão da bateria que alimenta o circuito e V_{ce} a tensão de coletor-emissor do transistor. A Figura 1 ilustra o possível circuito interno do transformador.

$$I_p(t) = \frac{V_b - V_{ce}}{R_p} \cdot \left[1 - \exp\left\{-\frac{R_p}{L_p} \cdot t\right\}\right] \quad (1)$$

Essa equação resultará em uma curva do tipo apresentada na Figura 2, percebe-se que com o passar do tempo a corrente no terminal primário aumenta, dessa forma, a energia armazenada pelo indutor aumenta proporcionalmente e, ao interromper o fornecimento de tensão, a vela produzirá uma centelha mais intensa. O

intervalo de tempo entre o fornecimento de tensão e sua interrupção é chamado de *dwell time* ou tempo de carga da bobina.

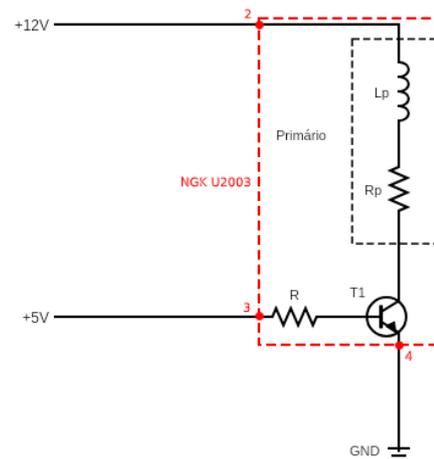


Figura 1 – Circuito interno do transformador.

3 - Gráfico

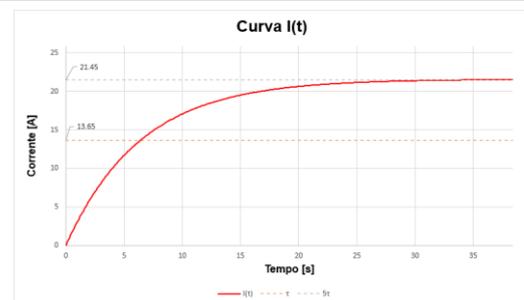


Figura 2 – Curva $I_p(t)$ em circuito RL.

O propósito final é permitir ao aluno visualizar esta curva em laboratórios práticos e comparar com os resultados teóricos esperados, assim como observar os efeitos de um *dwell time* maior na intensidade da faísca gerada.

Começamos a etapa de construção do kit a partir da escolha do transformador de ignição NGK U2003. Este possui 4 terminais primários de conexão, sendo dividido em dois enrolamentos secundários independentes, ou seja, que podem ser acionados de maneira individual a partir dos terminais primários T1 e T2.^[1]

Este fora então fixado em uma base de acrílico junto com a vela de ignição, sendo que os 4 terminais primários (V_{cc} , GND, T1 e T2) foram conectados à bornes banana e o GND da vela foi conectado ao borne correspondente ao GND do transformador. Um cabo de vela também fora necessário para conectar a vela a um dos terminais secundários do transformador, a Figura 3 ilustra a montagem final.



Figura 3 – Transformador e bobina de ignição fixados numa base de acrílico.

Tendo início a etapa de testes, conseguimos validar a identificação dos terminais primários ao constatarmos faíscas sendo geradas na vela de ignição, tivemos um imprevisto ao constatarmos a presença de corrente de fuga em um terminal secundário aberto, porém este contratempo fora facilmente resolvido ao isolar tal terminal.

Outro problema que pudemos observar foi que não conseguimos armazenar grandes quantidades de energia em forma de campo magnético e, consequentemente, causar um centelhamento mais forte. Como tentativa de solução, adicionamos um circuito de pull-down mas a vela continuou sendo acionada de forma intermitente, mesmo mantendo o sinal no terminal estável em +5V. Concluímos então que o transformador utilizado possui algum tipo de circuito segurança que impede o fornecimento de tensão à bobina primária por um intervalo longo de tempo, provavelmente para preservar e prolongar a vida útil do sistema.

3. Resultados e conclusões

A etapa prática teve de ser interrompida devido a pandemia de COVID-19, ficamos então com um problema: determinar uma forma de burlar o circuito que estava causando a vela a operar de forma intermitente.

No momento onde o armazenamento de energia é máximo, caso a bobina continue recebendo tensão, a energia excedente será convertida em calor, podendo ocasionar falhas de ignição, sobreaquecimento da bobina ou até mesmo sua queima, caso a quantidade de energia armazenada seja pequena demais, o pulso de alta tensão não será forte o suficiente para gerar uma centelha.^[2]

Em outras palavras, o *dwel time* é importantíssimo para o bom funcionamento de sistemas de ignição, sendo assim, não é difícil imaginar que o transformador de ignição possua um circuito que proteja a bobina, cortando a alimentação da fonte quando o indutor atinge seu armazenamento máximo de energia. Existem métodos teóricos e práticos capazes de determinar o *dwel time*, o único problema é que ambos exigem conhecimento da resistência e indutância do primário, o que implica em acesso físico aos terminais do transformador.

Devido a impossibilidade de acesso aos laboratórios imposta pela quarentena, não conseguimos finalizar o protótipo a tempo e desenvolvemos o projeto apenas no âmbito teórico. Utilizando a Equação (1), fora desenvolvido uma planilha no Excel capaz de gerar um gráfico de corrente no primário em função do tempo $I_p(t)$ a partir de valores digitados pelo usuário.

A Figura 4 ilustra o procedimento onde o usuário deve digitar valores de tensão da bateria que alimenta o circuito (V_b) e tensão de coletor-emissor (V_{ce}) do transistor responsável pelo chaveamento do indutor primário, também é necessário digitar a resistência (R_p) e a indutância (L_p) do primário do transformador. A planilha gera então um pequeno texto apresentando alguns resultados calculados, tais como máxima corrente do circuito e tempo de carga máximo da bobina, é apresentado também o gráfico da curva $I_p(t)$ conforme mostrado na Figura 2.

FEI Levantamento de curva $I(t)$ em circuito RL			
Autor: Matheus Schneider			
1 - Entrada de dados			
V_b [V]	V_{ce} [V]	R_p [Ω]	L_p [mH]
12	1.2	0.5	3.2
2 - Conclusão			
A corrente máxima que este circuito atinge é igual a 21.6A. O circuito leva 32s para atingir tal valor, sendo que, aos 6.4s, o circuito atinge 63.2% de sua corrente máxima, ou seja, 13.65A.			

Figura 4 – Entrada de dados e apresentação de resultados.

O próximo passo será aguardar a retomada das atividades presenciais para podermos estudar o transformador utilizado e encontrar uma maneira de fazê-lo trabalhar com um *dwel time* maior, após isso, determinar os parâmetros do transistor responsável pelo chaveamento do terminal primário e também a resistência e indutância do próprio terminal, para então comprovar que o modelo teórico desenvolvido corresponde aos fenômenos físicos observados em um sistema de ignição real.

4. Referências

- [1] NGK. **Tabela de Aplicação**. Disponível em: <http://www.ngkntk.com.br/automotivo/wp-content/uploads/2016/07/Miolo_Vela-Cabo-e-Bobina_2016_1.pdf>. Acesso em 23 de setembro de 2020.
- [2] PRO TUNE ELECTRONICS. **Saiba mais sobre Dwell Time**. Disponível em: <<http://www.protuneelectronics.com/index.php/detalhe-dicas/3/saiba-mais-sobre-#:~:text=Dwell%20time%20C3%A9%20o%20tempo,de%20combust%C3%A3o%2C%20precisa%20ser%20carregada>>. Acesso em 23 de setembro de 2020.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI por todo o apoio nesta jornada, empréstimo de equipamentos e disponibilização de salas de laboratório.

¹ Aluno de Iniciação do Centro Universitário FEI. Programa PRO-BID017/019 com vigência de 08/19 a 07/20.

² Prof. Orientador do Centro Universitário FEI.