



ANÁLISE DE FALHA NO RELÉ DE ACIONAMENTO DO FREIO ELETROMAGNÉTICO DE UMA DESBOBINADEIRA

Bruna Karine dos Santos (FAHOR) bs001340@fahor.com.br

Cleber Santos de Moura (FAHOR) cm001343@fahor.com.br

Enoque Pinto de Oliveira Júnior (FAHOR) ej001426@fahor.com.br

Carla Beatriz Spohr (FAHOR) spohrcarlab@fahor.com.br

Resumo

Este trabalho apresenta em seu conteúdo um entendimento básico sobre as leis que regem e que explicam a corrente elétrica; lei de Faraday e lei de Lenz. Também será abordado o conceito sobre os semicondutores, suas funções e aplicações, que para o estudo em questão se faz necessário sua utilização a fim de atingir o funcionamento ideal de um freio eletromagnético objeto de estudo, e por fim apresenta resultado e conclusão do estudo de caso sobre um defeito no sistema de freio do motor elétrico de uma máquina desbobinadeira.

Palavras-chave: Eletromagnetismo, Freio Eletromagnético, Motor elétrico.

1. Introdução

O objetivo deste artigo é abordar os aspectos conceituais, e metodológicos com vistas ao estudo de caso, realizado em um sistema de freio eletromagnético de um motor elétrico, instalado em uma máquina desbobinadeira de uma empresa do setor metal mecânico do município de Horizontina /RS.

Para que uma máquina opere com funcionamento perfeito, é necessário que todos os seus componentes estejam em estado ideal de operação. Cabe ressaltar que mesmo com todas as operações funcionando com sucesso, ainda assim poderão ocorrer falhas em um de seus componentes. A fim de detectar um mau funcionamento no sistema de freios de um motor elétrico de uma máquina desbobinadeira, foi estudado principalmente o seu circuito elétrico para solução do problema.

Justifica-se o presente trabalho, pois além de contribuir com a formação do profissional de engenharia mecânica serão utilizados os conceitos básicos sobre corrente elétrica, ente outros no intuito de poder solucionar o seguinte problema: falhas no relé de acionamento de freio eletromagnético de um motor elétrico.

2. Revisão da Literatura

2.1 Lei da Indução de Faraday

Segundo Silva Filho (2011), a corrente elétrica pode ser produzida a partir do magnetismo, pois se um condutor é submetido a um campo magnético variável, entre as extremidades existe uma diferença de potencial que é conhecida como força eletromotriz induzida. Por exemplo, quando um condutor é aproximado ou afastado de um ímã em repouso e também se o condutor for mantido estacionário e o ímã se aproximar ou se afastar dele, então surge um movimento entre o condutor e o campo magnético. Isto produz um deslocamento de cargas elétricas no condutor, sendo assim em um dos terminais terá excesso de elétrons e no outro, deficiência, portanto caracteriza-se, uma diferença de potencial. Esse fenômeno é conhecido como indução eletromagnética, e foi descoberta por Michael Faraday, em 1831.

Halliday, Resnick, Walker (2011), diz que, um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente, a ligação entre o campo magnético e um campo elétrico produzido (induzido) é chamada de lei de indução de Faraday.

Conforme Halliday, Resnick, Walker (2011), o primeiro experimento (figura 1), mostra uma espira de material condutor ligado a um amperímetro, pelo fato de não existir uma fonte de tensão no circuito, não há corrente. Entretanto, quando se aproxima da espira um ímã em forma de barra de amperímetro indica a passagem de uma corrente, a corrente desaparece quando o ímã pára, e quando se afasta o ímã da espira, a corrente torna a aparecer, porém no sentido contrário. Chegaram-se as seguintes conclusões:

1. A corrente é observada apenas se existe um movimento relativo entre a espira e o ímã; a corrente desaparece no mesmo instante em que o movimento relativo deixa de existir;
2. Quanto mais rápido o movimento, maior a corrente;
3. Quando se aproxima da espira o polo norte do ímã a corrente tem sentido horário, quando se afasta o polo norte a corrente tem o sentido anti-horário. Nesse caso, quando aproxima da espira do polo sul a corrente tem o sentido anti-horário, e quando afasta a espira do polo sul a corrente tem o sentido horário.

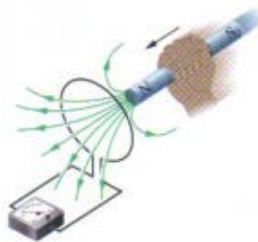


Figura 1 - Um amperímetro revela a existência de uma corrente na espira quando o ímã está em movimento em relação à espira. Fonte: Halliday, Resnick, Walker (2011).

Halliday, Resnick, Walker (2011), afirma que o segundo experimento usou-se o arranjo da figura 2, com duas espiras condutoras próximas, mas sem se tocarem, quando a chave S é fechada, fazendo passar uma corrente na espira da direita, o amperímetro registra por um instante uma corrente na espira da esquerda. Quando a chave é aberta, o instrumento também registra corrente, porém do no sentido oposto.



Figura 2 - Um amperímetro revela a existência de uma corrente no circuito da esquerda quando a chave S é fechada e quando a chave S é aberta a posição relativa das espiras permanece a mesma. Fonte: Halliday, Resnick, Walker (2011),

Ao referir-se a lei de indução de Faraday, Halliday, Resnick, Walker (2011), diz que uma força eletromotriz e uma corrente podem ser induzidas em uma espira, como nos dois experimentos, fazendo variar a quantidade de campo magnético que atravessa a espira, se percebe que a quantidade de campo magnético pode ser visualizada em linhas de campo magnético que atravessam a espira. A lei da indução de Faraday diz que “Uma força eletromotriz é induzida na espira da esquerda das figuras 1 e 2 quando o número de linhas de campo magnético que atravessam a espira varia”.

Outro aspecto levantado por Halliday, Resnick, Walker (2011), é em relação ao número de linhas de campo que atravessam a espira não importa; os valores da força eletromotriz e da corrente induzida são determinados pela taxa de variação desse número. A lei de Faraday não explica por que uma corrente e uma força eletromotriz são induzidas nos dois experimentos, mas ajuda a visualizar o fenômeno da indução.

Halliday, Resnick, Walker (2011), considera que para aplicar a lei de Faraday é necessário calcular a quantidade de campo magnético que atravessa a espira, a quantidade de campo elétrico que atravessa uma superfície é definida pelo fluxo elétrico:

$$\Phi_B = \int B \cdot dA \text{ (Fluxo magnético através da área A).} \quad (\text{Eq. 1}).$$

A Eq.1 pode se tornar:

$$\Phi_B = B \cdot A \quad (B \perp \text{área } A, B \text{ uniforme}). \quad (\text{Eq. 2}).$$

De acordo com as equações 1 e 2, a unidade de fluxo magnético é tesla-metro quadrado, que é denominado Wever (Wb): 1 weber = 1 Wb = 1 T. m².

Usando a definição de fluxo magnético, a lei de Faraday pode ser enunciada de modo mais rigoroso “O módulo da força eletromotriz E induzida

em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira”.

A força eletromotriz induzida ε se opõe a variação do fluxo, de modo que a lei de Faraday pode ser descrita (Onde o sinal negativo da lei de Faraday está ligado à polaridade da tensão induzida).

$$\varepsilon = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Força eletromotriz para uma espira}) \quad (\text{Eq.3})$$

Se o fluxo magnético de uma bobina de N espiras sofre uma variação, uma força eletromotriz é induzida em cada espira e a força eletromotriz total é a soma dessas forças. Se as espiras das bobinas estão bem próximas, o mesmo fluxo magnético Φ_B atravessa todas as espiras, e a força eletromotriz total induzida na bobina é dada por:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (\text{Força eletromotriz para “N” espiras}) \quad (\text{Eq.4})$$

2.2 Lei de Lenz

A pós Faraday ter determinado a força eletromotriz gerada por um campo magnético variável, Heinrich Friedrich Lenz determinou o sentido da corrente induzida em uma espira por um campo magnético variável, dando origem à lei de Lenz. Tipler (2000) indaga que, o sinal negativo da lei de Faraday tem a ver com a polaridade da tensão induzida.

O sentido da corrente elétrica induzida originada pela variação do fluxo magnético, em um circuito fechado é denominado pela lei de Lenz sendo que seus efeitos tendem sempre a se opor à variação do fluxo que lhe deu origem (BONJORNO et al, 2005).

Segundo Silva Filho (2011), a Lei de Lenz, diz que “O sentido da uma força eletromotriz induzida é tal que ela se opõe, pelos seus efeitos, à causa que a produz”. Se a indução eletromagnética resultar em uma corrente elétrica induzida em um circuito fechado, a Lei estabelece que, “sentido da corrente induzida é tal que, por seus efeitos, ela se opõe à causa que lhe deu origem”.

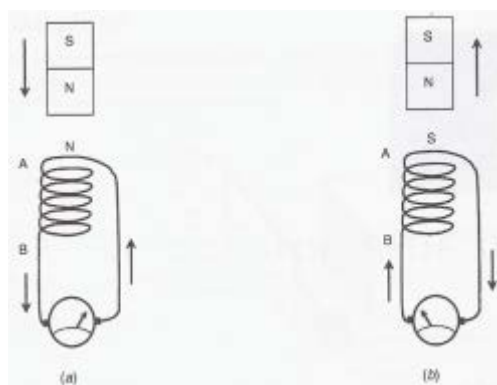


Figura 3 - Montagem experimental para mostrar a Lei de Lenz. Fonte: Silva Filho (2011).

Conforme Silva Filho (2011), a figura 3 representa um solenóide de extremidade A e B sendo ligado a um amperímetro de zero central. Enquanto o pólo norte do ímã se aproxima do solenóide, a corrente induzida tem um sentido tal que dá origem a um pólo norte. Esse pólo se opõe a aproximação do ímã, sendo que a variação de fluxo magnético gerou a força eletromotriz induzida. Quando o ímã se afasta, a corrente induzida origina em A um pólo sul, que se opõe ao afastamento do ímã.

Faraday conseguiu perceber através de seus experimentos que a corrente induzida que aparecia no circuito mudava de sentido constantemente, ou seja, em um dado momento ela estava em um sentido em outro ela estava em sentido contrário ao primeiro. Apesar de perceber esse acontecimento, Faraday não conseguiu chegar a uma lei que indicasse como determinar o sentido da corrente induzida. Foi somente no ano de 1834, poucos anos após a publicação dos trabalhos de Faraday, que o físico Russo Heinrich F.E. Lenz apresentou uma regra, atualmente conhecida como Lei de Lenz, que permite indicar o sentido da corrente induzida (SILVA, [s.d.]).

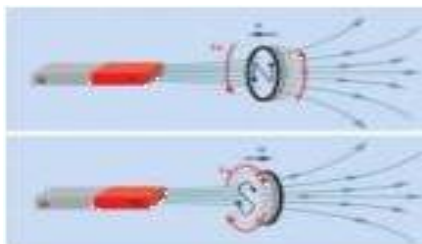


Figura 4 - Aproximação e afastamento de um ímã próximo a uma espira. Fonte: Silva ([s.d.]).

Analisando a figura 4 percebe-se que quando um ímã se aproxima de uma espira, surge uma corrente induzida sobre ele, e essa corrente tende a se opor à aproximação do ímã. Logo, a face da bobina que está voltada para o ímã torna-se um pólo norte. E por consequência, se aplicada à regra da mão, direita ou regra de Àmpere é possível determinar o sentido da corrente elétrica produzida sobre a face da bobina que nesse caso irá rejeitar a aproximação do ímã. Quando se aplica essa regra verifica-se que o campo magnético tem sentido oposto ao campo magnético do ímã. Se for feito exatamente o contrário, ao afastarmos o ímã da bobina percebe-se que a corrente induzida surge em sentido contrário à situação anterior e ao utilizar novamente a regra de Àmpere é possível perceber que o campo magnético criado pela corrente induzida tem o mesmo sentido do campo magnético do ímã segundo (BONJORNO et al, 2005).

2.3 Energia armazenada em um campo magnético

Para Halliday, Resnick, Walker (2011), ao afastarem-se duas partículas carregadas com cargas elétricas, existe um aumento da energia potencial e recuperando-se esta energia ao aproximarem-se as partículas novamente.

Fazendo uma analogia das partículas de um campo elétrico pode-se afirmar que existe uma energia armazenada em um campo magnético criado

por uma corrente. Para definir a energia armazenada em um campo magnético usa-se a equação diferencial Eq.5 e Eq.6.

$$\varepsilon = L \frac{di}{dt} + iR \quad (\text{Eq.5})$$

$$Ue = \frac{1}{2} L i^2 \quad (\text{Eq.6})$$

2.4 Semicondutores

De acordo com Boylestad (2004), “os semicondutores constituem determinado grupo de elementos químicos cujas características elétricas são intermediárias entre as dos condutores e as dos isolantes”.

Para Guater, Newton e Doca (2001), os circuitos retificadores destinam-se a conversão de tensão alternada em contínua. Este componente eletrônico é um semicondutor cujo símbolo é mostrado na figura 5. Quando polarizado com o pólo positivo de um gerador a (P) e o pólo negativo do gerador a (N) ele conduz energia elétrica ao inverter a polarização o mesmo passa ser um isolante.



Figura 5 - Simbologia do diodo. Fonte: Guater, Newton e Doca (2001).

Conforme Halliday, Resnick, Walker (2011), os semicondutores são à base da revolução micro eletrônica. O silício puro possui alta resistividade, entretanto, sua resistividade pode ser reduzida e controlada pela adição de átomos de “impurezas” um processo conhecido como dopagem, desta forma os semicondutores tem as mesmas características dos isolantes exceto pela energia para liberar um elétron que é mais baixa. Com a dopagem pode ser controlada as características dos condutores. Os semicondutores são a base da evolução eletrônico sendo o silício um dos materiais para fabricação de semicondutores, e com processo de dopagem é possível o controle de suas propriedades elétricas.

Para Muller (1984), o diodo semicondutor permite a passagem em um dos dois sentidos possíveis, para diodo de silício sua condução ocorre quando o polo positivo da fonte é conectado a (P) figura 5 e se sua tensão for maior que 0,7 V, pois esta é a tensão de ruptura da barreira da junção (PN), invertendo a polarização da fonte o diodo é um isolante. Sua simbologia esta representada na figura 5 sendo o lado triângulo chamado de ânodo, e o lado oposto de catodo. O diodo permite passagem de corrente em um sentido, desde que sua tensão sege no mínimo 0,7V.

2.5 Relé auxiliares

Os relés auxiliares são fabricados para comutação de circuitos auxiliares para comando, sinalização e intertravamento elétrico. Seu acionamento pode ser por corrente contínua ou alternada, sua fabricação é compacta. A figura 6 mostra o desenho representativo dos contatos elétricos em um projeto elétrico (MAGALHÃES, 2006).

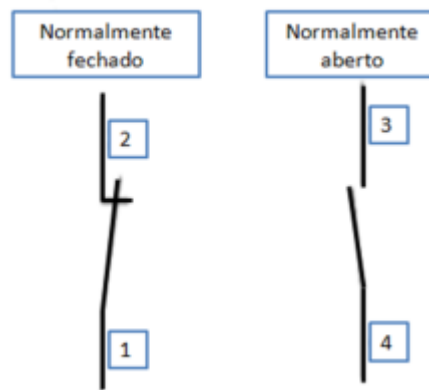


Figura 6. Representa os contatos do relé auxiliar para manobra do freio. Fonte: Magalhães (2006).

3. Métodos e Técnicas

Foram medidas as tensões do circuito e resistência da bobina com um multímetro, Fluke 117 que tem a opção de medir picos de tensão e tensão RMS e resistência elétrica,

Coletou-se na placa de identificação do motor elétrico a potência de acionamento do freio, torque, corrente e tensão de acionamento do freio eletromecânico.

4. Resultados e discussões

No estudo de caso de uma máquina desbobinadeira, verificou-se que está ocorrendo frequentes falhas no freio do motor elétrico. Considerando a condição normal de trabalho o freio do equipamento está aberto quando a máquina está trabalhando em modo automático, e freado com a condição de funcionamento em manual, e que a abertura do freio é feito por uma bobina, que gera um eletroímã temporário. A bobina é acionada por um relé auxiliar e este relé auxiliar está com o seu funcionamento instável, danificando o freio do motor elétrico conforme a figura 7.

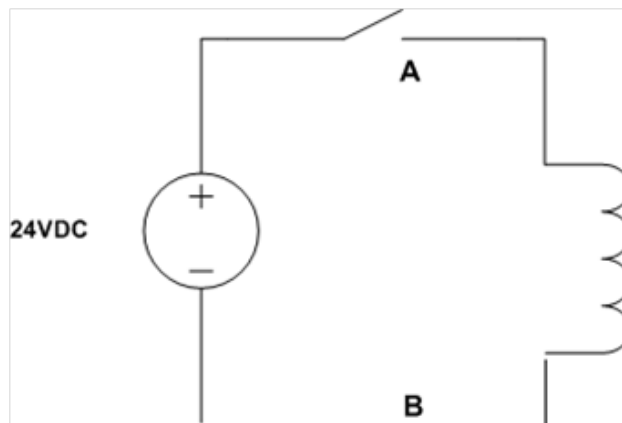


Figura 7 - Circuito de comando representa contato do rele bobina e fonte.

Na figura 7, quando o contato do relé esta fechado mede-se com um multímetro a tensão de 24vdc. Entre os pontos A e B, e a bobina forma um eletroímã temporário para abertura do freio eletromagnético. Ao abrir este o contato elétrico do relé e com o multímetro conectado os pontos A e B a tensão medida tem seu valor em -1720 Vdc.



Figura 8 - Motor de 7.7 KW.

A figura 8 está representando o motor que possui o freio eletromagnético do estudo de caso da máquina desbobinadeira.

No estudo mediu-se com o multímetro a corrente, tensão, resistência do freio eletromagnético, de acordo com a tabela 1.

Corrente (A)	Tensão (Vcc)	Resistência (Ω)	Torque (N.m)	Potência (W)
1,1	24	19	40	26,4

Tabela 1 - Valores do estudo de caso

E com os valores encontrados na tabela 1, calculou-se a potência, de acordo com a expressão de Silva Filho (2011):

$$P = U \cdot I$$

$$P = 24V \cdot 1,1A$$

$$P = 26,4 W$$

O relé de acionamento da bobina está com seu funcionamento instável e com frequentes falhas, devido à força eletromotriz induzida pela bobina do freio eletromagnético quando o circuito de alimentação é aberto, por que o fluxo magnético que circula no freio tende a se manter constante e para isto ele se opõe ao fluxo que o gerou induzindo na bobina uma tensão, força contra eletromotriz, para medir seu valor, usou-se o instrumento denominado multímetro, com suas pontes conectadas aos pontos A e B, da Figura 7, registrando-se a sobre tensão mais alta do circuito para a verificação, conforme a figura 9.

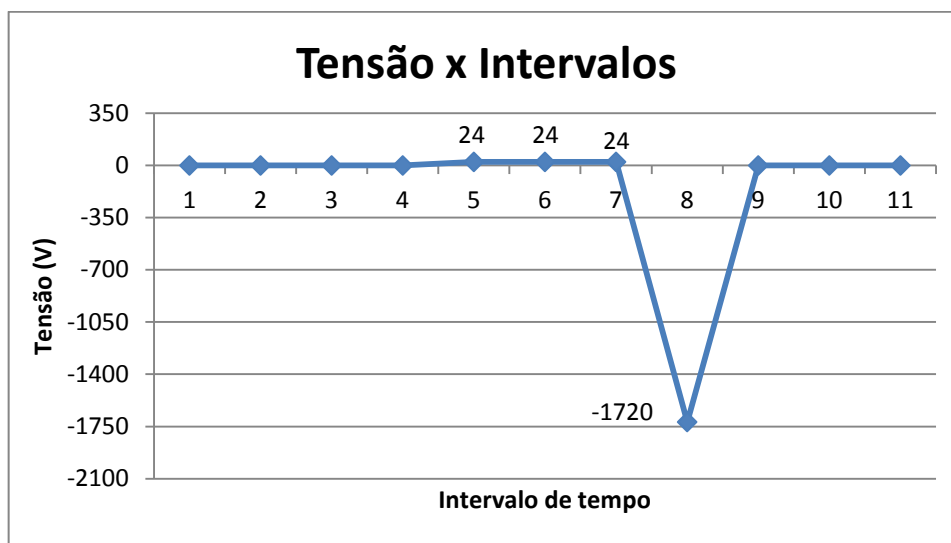


Figura 9 - Tensão medida em intervalos de tempo.

No gráfico observa-se que os valores registrados pelo multímetro são de -1720 Vdc sendo que a tensão passa de 24 Vdc para -1720 Vdc em mili segundos. Pela lei de Faraday a força contraeletromotriz é derivada do campo magnético pelo tempo e o tempo é baixo o valor da tensão será alta e com a polaridade invertida a fonte que o gerou (TIPLER, 2000).



Figura 10 - Relé de acionamento do freio.

Na figura 10 demonstra a régua de relé, sendo que o relé 4324 é o que está ocorrendo às falhas. O valor da força contraeletromotriz é de -1720 Vdc e tem sua polaridade oposta ao da fonte do circuito representada na figura 7.

Para a redução das falhas no relé é necessário reduzir a força contraeletromotriz sobre os contatos no relé gerada pela bobina, então se usou um diodo ligado em paralelo com a bobina com a polaridade inversa a fonte, conforme a figura 11. O diodo conduz corrente elétrica quando ligado o negativo da fonte ao seu cátodo e o positivo da fonte no seu ânodo. Assim no momento de abertura do relé a força contra eletromotriz polariza o diodo da forma que o mesmo conduz corrente elétrica, gerando um curto circuito e mantendo a tensão entre os pontos A e B em aproximadamente 0,7Vdc.

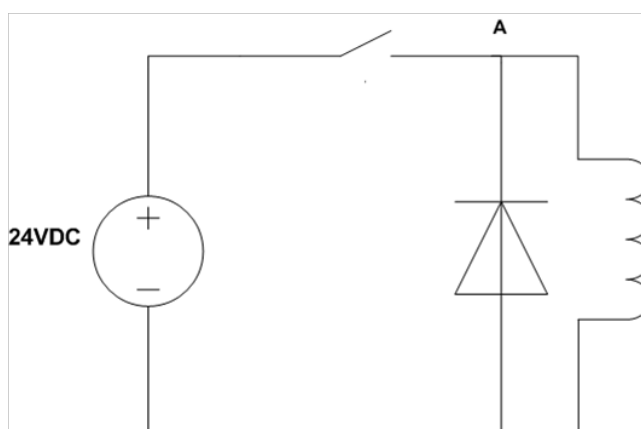


Figura 11 - Circuito com o diodo.

A figura 11 mostra o circuito de acionamento do freio eletromagnético, ligado com o diodo.



Figura 12 – Banco de diodos.

Figura 12 mostra o banco de diodos instalado no painel elétrico da máquina, o qual está destacado o diodo, cujo foi feita a ligação em paralelo com a bobina do freio eletromagnético.

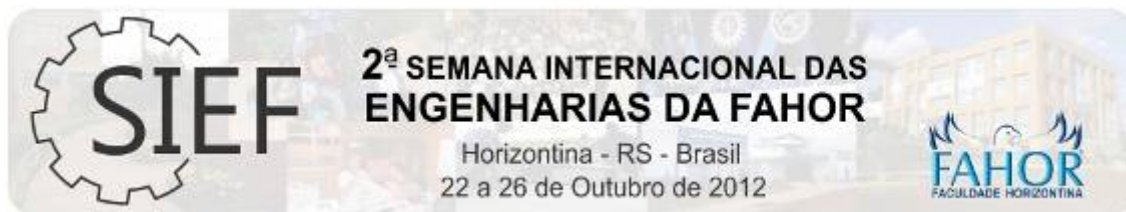


5. Conclusões

Com a revisão bibliográfica, conseguiu-se explicar as grandezas que surgem na bobina do freio eletromagnético. A Lei de Faraday explicou-se o aparecimento de corrente elétrica quando um condutor está submetido a um campo magnético variável, enquanto a lei de Lenz define o sentido da corrente induzida na bobina, pelo campo magnético.

Analisando os dados do problema, força contra eletromotriz induzida medida de -1720vdc , em circuito de corrente contínua com a polaridade oposta a fonte no momento de abertura, dos contatos do rele, causando avarias no rele. É preciso instalar um diodo ligado com a polaridade inversa a da fonte, então ele absorverá esta energia do campo magnético no momento que está sendo aberto o contato do relé.

Com este trabalho atingiu os objetivos de reduzir as falhas do freio eletromagnético do motor da desbobinadeira identificando-se a causa e implantando a solução proposta pelo grupo de inserir um diodo no circuito da máquina, portanto melhorando a produtividade da máquina.



Referências

BONJORNO, José Roberto et al. **Física: Historia e Cotidiano**. Volume Único. São Paulo: FTD, 2005.

BOYLESTAD, Robert L. **Introdução à análise de circuitos**. 10. Ed. São Paulo: Pearsom Prentice Hall, 2004.

GUATER José Biscoloa; NEWTON Villas Bôas; DOCA, Ricardo Helou. **Tópicos de Física 3**. 15. Ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; KRANE, Kenneths S. **Eletromagnetismo**. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC Livros técnicos e científicos Editora S.A. 2011.

MAGALHÃES, Francisco G. **Comandos elétricos**. Disponível em: <www.eletricabasica.kit.net/contatores.htm>. Acesso em: 06 Ago. 2012.

MULLER, Wolfgang et al. **Eletrotécnica de Potência Curso superior**. 1. Ed. Barcelona: Reverte, 1984.

SILVA FILHO, Matheus Teodoro da. **Fundamentos da eletricidade**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

SILVA, Marco Aurélio da. **A lei de Lenz**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/fisica/a-lei-lenz.htm>>. Acesso em: 01 Set. 2012.

TAUCHEN, Joel. **Como classificar as pesquisas com base em seus objetivos**. Disponível em: <http://www.joel.pro.br/aulas/metodologia/classificacao_pesquisas.htm>. Acesso em: 18 Ago. 2012.

TIPLER, Paul A. **Física para Cientistas e Engenheiros 2: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.