



ISSN: 1984-3151

DEFINIÇÃO DO TESTE DE FATOR DE POTÊNCIA PARA QUALIFICAÇÃO DO ISOLAMENTO EM MOTORES DE TRAÇÃO DC DE LOCOMOTIVAS

DEFINITION OF POWER FACTOR TEST FOR QUALIFICATION IN ISOLATION OF DC TRACTION MOTORS LOCOMOTIVES

Fábio Henrique Simões¹; Gustavo Câmara Amaral²; Joana Darque da Silva Correa³

- 1 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. MRS Logística S.A. Belo Horizonte, MG. fabiohsimoes@yahoo.com.br
- 2 Engenheiro Eletricista. Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. COMAU. Belo Horizonte, MG. gusttavoamaral@hotmail.com
- 3 Mestre em Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2001. Professora do Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH. Belo Horizonte, MG. joana.correa@prof.unibh.br

Recebido em: 30/10/2011 - Aprovado em: 14/12/2011 - Disponibilizado em: 30/12/2011

RESUMO: Responsável por grande parte do transporte do minério de ferro do Brasil, a ferrovia tem grande importância no crescimento do país. Os trens têm sua tração concentradas nas locomotivas diesel / elétricas onde qualquer tipo de falha pode acarretar em atraso na entrega das principais matérias prima do país. O prejuízo causado pelas falhas nas locomotivas impulsionou a área de engenharia de manutenção da MRS Logística S/A, a trabalhar na redução destas falhas. Em um estudo foi verificado que o Motor de Tração DC possui grande índice de falhas nas locomotivas. O principal modo de falha é o isolamento elétrico para massa da armadura e da carcaça. Este trabalho apresenta um teste para melhoria na qualificação do isolamento para massa em Motor de Tração DC, utilizado em locomotiva diesel / elétrica. O novo parâmetro para a qualificação do isolamento elétrico tem como objeto de estudo o teste de ângulo de fase ou de fator de potência. Neste parâmetro, a condição do isolamento pode ser estimada tratando-o como o dielétrico em um capacitor. A mudança na capacitância ou no fator de potência é uma medida da condição do isolamento do motor de tração. O resultado deste estudo foi retirado em mais de 800 testes feitos em carcaças e armaduras em variadas condições de isolamento e, aplicando o conceito estatístico de média, para definição do valor ideal. Com esse novo parâmetro espera-se ter uma redução considerável das falhas ligadas ao isolamento elétrico e uma melhora na eficiência do transporte ferroviário Brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Motor de Tração. Fator de Potência. Capacitância.

ABSTRACT: Responsible for much of the transportation of iron ore from Brazil to the railway is of great importance in the growth of the country. Trains have concentrated on its traction locomotives diesel / electric where any type of failure can lead to delay in delivery of keyraw materials in the country. The injury caused by failures in locomotives drove the engineering maintenance of MRS Logística S / A, to work on reducing these gaps. In onestudy it was found that the DC Traction Motor has high rate of failures in locomotives. The main failure mode is the electrical isolation for mass armor and housing. In this paper we present a test for improvement in the qualification for the isolation mass in DC Traction Motor used in locomotive diesel / electric. The new standard for the qualification of electrical insulation will have as its object of study for the test phase angle or power factor. In this parameter, the condition of the insulation can be estimated by treating it as the dielectric in a capacitor. The change in capacitance or power factor is a measure of the condition of the traction motor insulation. The result of this study was taken in more than 800 tests done on carcasses and armor in a variety of isolation conditions and applying the statistical concept of average for the definition of the ideal

value. With this new parameter expected to have a considerable reduction of failures related to electrical insulation and an improvement in the efficiency of the Brazilian railway.

KEYWORDS: Traction motors. Power Factor. Capacitance.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o DNIT, a Revolução Industrial, que se processou na Europa e, principalmente na Inglaterra a partir do século XIX, surgiu quando os meios de produção, até então dispersos em pequenas manufaturas, foram concentrados em grandes fábricas, como decorrência do emprego da máquina na produção de mercadorias. O aumento do volume da produção de mercadorias e a necessidade de transportá-las, com rapidez, para os mercados consumidores, fizeram com que os empresários ingleses dessem apoio a George Stephenson (1781-1848), que apresentou sua primeira locomotiva em 1814. Foi o primeiro que obteve resultados concretos com a construção de locomotivas, dando início à era das ferrovias.

A primeira ferrovia do Brasil surgiu quando o grande empreendedor brasileiro, Irineu Evangelista de Souza, (1813-1889), mais tarde Barão de Mauá. Ele recebeu em 1852, a concessão do Governo Imperial para a construção e exploração de uma linha férrea, no Rio de Janeiro, entre o Porto de Estrela, situado ao fundo da Baía da Guanabara e a localidade de Raiz da Serra, em direção à cidade de Petrópolis. Entusiasta dos meios de transporte, especialmente das ferrovias, a ele se devem os primeiros trilhos lançados em terra brasileira e a primeira locomotiva denominada "Baroneza". A primeira seção, de 14,5 km e bitola de 1,68m, foi inaugurada por D. Pedro II, no dia 30 de abril de 1854. A estação de onde partiu a composição inaugural receberia mais tarde o nome de Barão de Mauá.

Em meados de 1939 chegaram às primeiras locomotivas diesel-elétrica no Brasil. Nessa evolução

da locomotiva a vapor para diesel-elétrica, o mercado ferroviário teve um ganho muito grande quanto à potência e manutenção.

Em uma locomotiva diesel-elétrica o motor primário diesel aciona um gerador elétrico, que irá transmitir a potência para os motores de tração. Não existe conexão mecânica entre o motor primário e as rodas de tração. Conceitualmente, este tipo de locomotiva é um veículo híbrido, que incorpora sua própria estação geradora, feita para operar em áreas em que a estrada de ferro não é eletrificada.

Importantes componentes da tração elétrica são o motor primário (motor diesel), gerador principal (ou gerador de tração, que atualmente é um alternador), motores de tração e o sistema de controle que consiste no governador do motor diesel, regulador de carga e o chaveamento (disjuntor) dos motores de tração. Em princípio, a eletricidade de saída do gerador é diretamente enviada do disjuntor para os motores de tração, que são mecanicamente acoplados às rodas, via engrenagens de redução. Originalmente os motores de tração e o gerador principal são máquinas CC (Corrente Contínua). Seguindo o desenvolvimento de retificadores de alta capacidade nos anos 60, o gerador CC foi substituído por um alternador, usando ponte de diodo para retificar a saída para CC. Isto aumentou a confiabilidade das locomotivas e minimizou os custos de manutenção pela eliminação do comutador e escovas. A eliminação das escovas e comutador, por sua vez, resolveu um tipo de evento particularmente destrutivo relacionado a faiscamento, que comumente causa falha imediata do gerador e, em alguns casos, início de incêndio na casa de máquinas.

Com a evolução das locomotivas o transporte ferroviário se tornou o principal transporte em grande escala. A eficiência do transporte ferroviário é infinitamente maior do que o transporte rodoviário, dando mais confiabilidade na chegada da carga no seu destino e retirando das nossas rodovias o transporte de materiais pesados.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Devido ao grande número de falhas ligadas ao isolamento dos Motores de Tração, surgem, entre os questionamentos, se existe algum tipo de teste que poderá prever esta falha ou se ela é decorrente do tempo de utilização do motor.

Levando para o lado do tempo de utilização não é interessante, pois não é possível diagnosticar uma falha precoce.

A melhor maneira de prevenção desta falha é a realização de um determinado teste de prevenção do problema. A dificuldade de implantação dos testes é que não existe nenhum tipo de parâmetro para qualificação dos testes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o teste de fator de potência para verificação da vida útil do isolamento para massa em motores de tração.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamento de dados da capacitância e do fator de potência do isolamento do Motor de Tração DC.

- Definir, através dos dados levantados, os parâmetros para qualificação do isolamento do Motor de Tração DC com base na capacitância e o fator de potência.

- Realizar a qualificação do isolamento com base no fator de potência.

1.3 JUSTIFICATIVA

A ferrovia passa por vários estados, por se tratar de um transporte em grande escala, traz muitos transtornos aos municípios a sua margem. Este estudo irá fazer com que o transporte ferroviário tenha o melhor desempenho, acarretando a diminuição do impedimento das passagens de nível, fazendo com que a sociedade não sofra com os congestionamentos.

As empresas ferroviárias têm como objetivo a melhoria dos seus transportes, ou seja, a diminuição de falhas em seus ativos. O estudo pode contribuir para essa finalidade, fazendo com que as empresas diminuam a parada de trens e aumentem o faturamento com melhor disponibilização de ativos.

Por se tratar de algo novo na comunidade científica, o desenvolvimento deste trabalho pode contribuir com uma novidade para a melhor qualificação do isolamento em Motores de Tração DC. Os pesquisadores vão participar de um desenvolvimento inovador, onde será possível a previsibilidade (tempo de vida útil) da falha em motores de tração DC.

2 TEORIAS ENVOLVIDAS NO DESENVOLVIMENTO

2.1 CONCEITO DE CAPACITÂNCIA

Segundo MORA (2010), a capacitância pode ser entendida como a propriedade de um capacitor ou de um sistema de condutores e dielétricos que permite

armazenar cargas separadas eletricamente, quando existem diferenças de potencial entre os condutores.

Para a mesma autora, capacitor é um dispositivo constituído por dois condutores, cada um tendo uma determinada superfície exposta ao outro, separados por um meio isolante. Uma diferença de potencial entre os dois condutores acarreta em armazenamento de cargas iguais em intensidade e de polaridades opostas. Os dois condutores são chamados eletrodos.

2.2 ISOLAMENTO ELÉTRICO

Segundo Rocha e Ayupe (2010), o isolamento elétrico pode ser modelado como um circuito com quatro ramos paralelos, por onde podem circular quatro correntes diferentes quando uma tensão é aplicada, conforme Figura 1. Estas correntes são as correntes de fuga pela superfície (leakage – I_L), de capacitância geométrica (I_C), de condutância (I_G) e de absorção ou polarização (I_A). Estas correntes somadas representam a corrente total que atravessa o isolamento (I_t), e estão representadas na Figura 2. A relação entre a tensão aplicada e a corrente total medida fornece a resistência do isolamento.

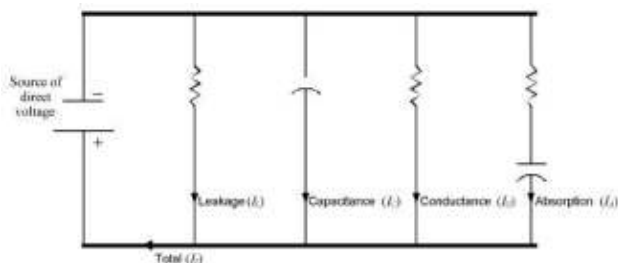


Figura 1 – Modelo de isolamento elétrico

Fonte: COSTA; CARDOSO; LYRA, 2008, p.5.

Os mesmos autores afirmam que no primeiro minuto, a corrente de capacitância torna-se nula, não afetando as medidas de resistência de isolamento. Entretanto, a corrente de polarização, modelada por um circuito

resistor-capacitor, demora um tempo maior para cessar, afetando a medição da resistência de isolamento.

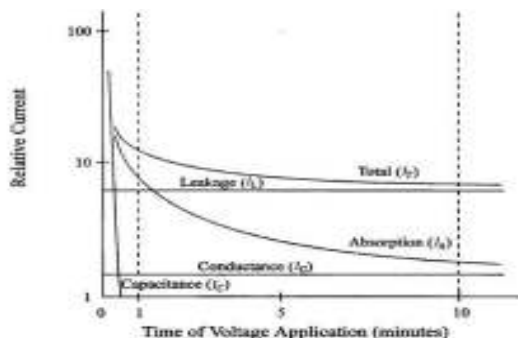


Figura 2 - Comportamento das correntes que circulam no isolamento x tempo

Fonte: COSTA; CARDOSO; LYRA, 2008, p.6.

2.3 FATOR DE POTÊNCIA

O Fator de Potência é um parâmetro de medição da defasagem entre a tensão e a corrente que circulam por uma rede. Ele é o cosseno do ângulo dessa defasagem. Se a defasagem for de um oitavo de ciclo, 45° , o fator de potência é de cosseno de 45° que é 0,71. A maior defasagem que se pode ter, tanto a corrente estando à frente da tensão quanto estando atrás, é de 90° , sendo assim o fator de potência sempre estará entre zero e um (BALTAZAR, 2010).

Segundo este autor existe basicamente três tipos de cargas que podem ser ligadas em uma rede elétrica: cargas resistivas (ex.: ferros de passar roupa, lâmpadas incandescentes, chuveiros), cargas indutivas (ex.: motores, transformadores) e cargas capacitivas (ex.: banco de capacitores, lâmpadas fluorescentes, computadores).

Conforme consta em Baltazar (2010), quando se liga em uma rede uma carga resistiva, a corrente que se circula por essa carga também é alternada e acompanha exatamente a tensão aplicada, como mostrado na figura 3. Quando se é pico na tensão é

pico na corrente e quando é vale na tensão é vale na corrente. Quando isso ocorre diz-se que a tensão e a corrente estão em fase, ou seja, sincronizadas. Logo a defasagem é de zero grau e cosseno de zero é um. Fator de Potência é um. Toda carga puramente resistiva possui Fator de Potência um.

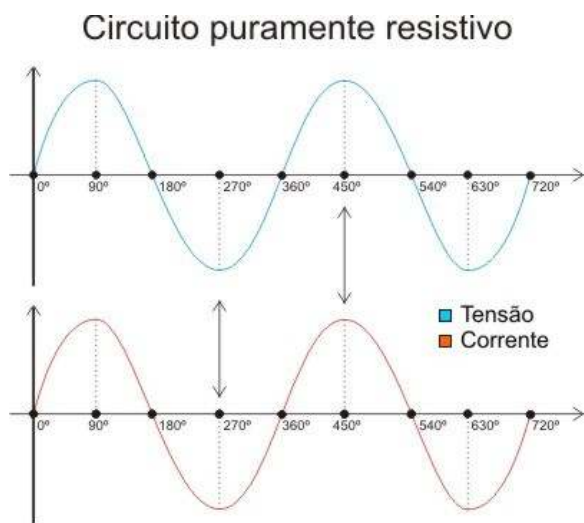


Figura 3 - Corrente e tensão sincronizada (em fase) vale com vale e pico com pico.

Fonte: BALTAZAR, 2010, p.1.

Já uma carga indutiva, ela provoca um atraso da corrente, ver figura 4. Ela faz com que, ao ser ligada, a corrente comece a circular apenas quando se completa $\frac{1}{4}$ de ciclo, 90° , da tensão. Isso ocorre devido a campos magnéticos criados pelos enrolamentos de fios (bobinas) existentes nas cargas indutivas. Nesse caso o cosseno de 90° é zero. Fator de potência é zero. Toda carga puramente indutiva possui Fator de Potência zero (BALTAZAR, 2010).

Em contrapartida, o mesmo autor afirma que uma carga capacitiva provoca um atraso na tensão. Ela faz com que, ao ser ligada, a tensão só começa a aparecer apenas quando se completa $\frac{1}{4}$ de ciclo, 90° , da corrente, evidenciado na figura 5. Isso ocorre devido a campos elétricos criados pelos capacitores existentes nessas cargas. Nesse caso o cosseno de

90° é zero. Fator de potência é zero. Toda carga puramente capacitiva possui Fator de Potência zero.

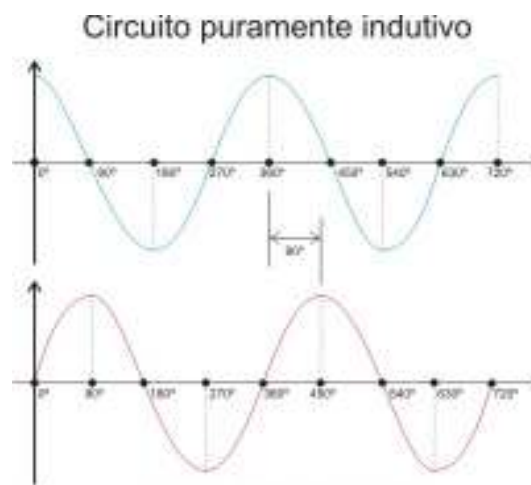


Figura 4 - Corrente e tensão fora de fase. A tensão está a 90° atrasada da corrente.

Fonte: BALTAZAR, 2010, p.1.

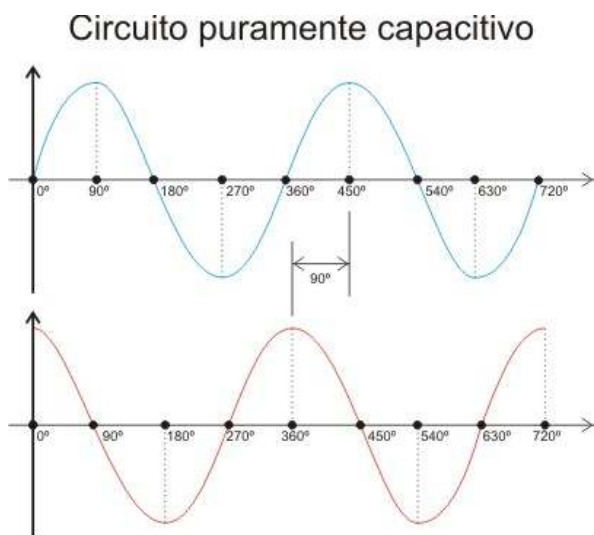


Figura 5 - Corrente e tensão fora de fase. A corrente está 90° atrasada da tensão.

Fonte: BALTAZAR, 2010, p.1.

Segundo Baltazar (2010), isso só acontece quando a carga é puramente resistiva ou puramente indutiva ou puramente capacitiva. Mas o mais comum é a mistura dessas cargas. Uma carga pode ter características resistivas e indutivas ao mesmo tempo, assim como

resistivas e capacitivas, mas nunca indutiva e capacitiva isso é impossível. Nesse caso, dependendo do grau dessas misturas, o ângulo da defasagem varia, podendo atingir qualquer valor entre zero grau e 90°.

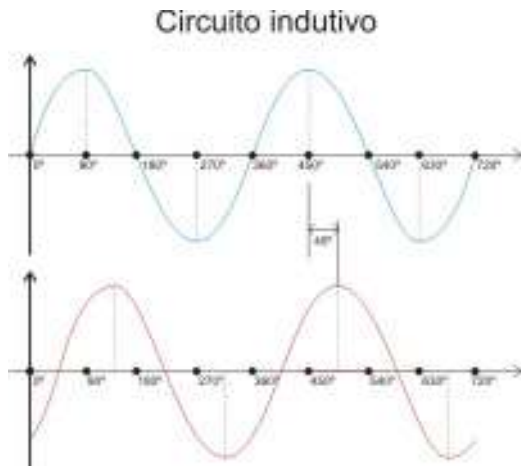


Figura 6 - Corrente e tensão fora de fase. A corrente está 45° atrasada da tensão. Fonte: BALTAZAR, 2010, p.1.

Segundo este autor, na figura 6, temos uma dessa mistura: metade indutiva e metade resistiva, provocando um atraso na corrente de 1/8 de ciclo, 45°. Logo o Fator de Potência é cosseno de 45° que é 0,71.

Mas por que um fator de potência baixo é ruim? A potência de um circuito elétrico é dada por $P = i \times U$, onde P é a potência, i é a corrente que circula e U é a tensão aplicada. É só multiplicar a corrente pela tensão que se tem a potência. Em uma carga resistiva isso é verdade, pois a tensão anda junto com a corrente. Em uma carga indutiva já não é assim. Quando a tensão está em zero volt, a corrente está no seu máximo e quando a tensão está em seu máximo, a corrente é zero ampères. O mesmo acontece para a carga capacitiva. Sendo assim a potência de uma carga puramente capacitiva ou puramente indutiva é sempre zero. Com isso se tem corrente passando na rede e nenhuma potência sendo fornecida. É por essa

razão que as concessionárias de energia exigem um fator de potência de no mínimo 0,92, caso contrário elas teriam que ter uma rede elétrica de capacidade muito grande, que suportaria correntes enormes, mas forneceriam pouca potência. Aumentando o Fator de Potência, pode-se até usar cabos mais finos, já que a corrente diminuiria e assim economizando muito dinheiro em cabos e transformadores. Essa potência é chamada potência ativa. É essa potência que realiza trabalho nas indústrias. Então, para se calcular essa potência ativa se introduziu mais um termo na fórmula da potência: o fator de potência (BALTAZAR, 2010).

$$P = i \times U \times \cos \theta \rightarrow \text{Potência ativa} \\ \text{(unidade Watts)}$$

Segundo Baltazar (2010), Para corrigir esse fator de potência baixo, basta instalar os dois tipos de carga ao mesmo tempo. Se você tem muita carga indutiva, instala-se carga capacitiva, se tem carga capacitiva, instala carga indutiva. Como um atrasa e o outro adianta, a soma dos dois é uma carga neutra, que nem atrasa nem adianta, ou seja, uma carga puramente resistiva. É como se fosse um cabo de guerra, mostrado na figura 7: uma pessoa de cada lado puxando o cabo.

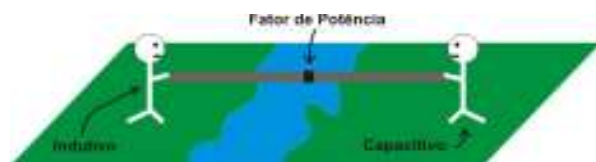


Figura 7 - Cabo de guerra. Fonte: BALTAZAR, 2010, p.1.

Se as duas pessoas tiverem a mesma força, a corda fica no meio (carga resistiva). Se a indutiva for mais forte que a capacitiva, o fator de potência diminui. Para se igualar as duas, se instala bancos de capacitores. Nessa analogia, é como se chamasse mais uma pessoa para ajudar a puxar a corda do lado

mais fraco para equilibrar com o lado mais forte (BALTAZAR, 2010).

2.4 ESTATÍSTICA

Ao longo do século XX, os métodos estatísticos foram desenvolvidos como uma mistura de ciência, tecnologia e lógica para a solução e investigação de problemas em várias áreas do conhecimento humano. Ela foi reconhecida como um campo da ciência neste período, mas sua história tem início bem anterior a 1900 (STIGLER, 1986).

Segundo Rao (1999), a estatística é uma ciência que estuda e pesquisa sobre: o levantamento de dados com a máxima quantidade de informação possível para um dado custo; o processamento de dados para a quantificação da quantidade de incerteza existente na resposta para um determinado problema; a tomada de decisões sob condições de incerteza, sob o menor risco possível. Finalmente, a estatística tem sido utilizada na pesquisa científica, para a otimização de recursos econômicos, para o aumento da qualidade e produtividade, na otimização em análise de decisões, em questões judiciais, previsões e em muitas outras áreas.

MENDES (2001) afirma que a média aritmética simples também é conhecida apenas por média. É a medida de posição mais utilizada e a mais intuitiva de todas. Ela está tão presente em nosso dia-a-dia que qualquer pessoa entende seu significado e a utiliza com frequência. A média de um conjunto de valores numéricos é calculada somando-se todos estes valores e dividindo-se o resultado pelo número de elementos somados, que é igual ao número de elementos do conjunto, ou seja, a média de n números é sua soma dividida por n . É um quociente geralmente representado pelo símbolo \bar{x} . Se tivermos uma série de n valores de uma variável x , a média aritmética simples será determinada pela expressão:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2.5 MÁQUINA ROTATIVA DE TRACÇÃO

Considerar uma máquina rotativa de tração seja Alternador, Gerador de corrente contínua ou Motor de tração, como simples máquinas de corrente Contínua industrial, constitui uma temeridade. Apesar de que as máquinas rotativas de tração são dimensionadas usando-se os mesmos recursos de projeto e construção de máquinas elétricas, isto é, sua construção e cuidados processuais são de máxima importância entre ter e não ter sucesso na sua construção ou reparação. (CAVAZZONI, 2008).

Segundo CAVAZZONI (2008) as máquinas rotativas de tração, foram criadas com a necessidade de se encaixar dentro de espaços limitados, tais como os gabaritos de estrada ou a área vazada de construção, baseadas no que se herdou das locomotivas a vapor. Da mesma forma os motores de tração, tiveram que ser desenvolvidos dentro dos espaços limitados pelas varias bitolas e a altura de um truque, por sua vez ao gabarito da estrada.

Este mesmo autor cita que essas condições foram determinantes em admitir, para se obter mais potência de um mesmo peso, que se considerasse sobre elevações de temperatura mais elevadas nas máquinas rotativas de tração, mesmo e até tendo-se ciência de uma vida útil menor para os enrolamentos.

Se esses fatos não fossem suficientes, têm as máquinas rotativas de tração e principalmente os motores de tração que suportar as mais variadas influencias de frequências mecânicas, provenientes de outras partes da locomotiva, bem como elevados níveis de impactos, fatos esses que de forma alguma ficam submetidos às maquinas comuns de corrente contínua industriais. (CAVAZZONI, 2008)

2.6 TESTE DO ÂNGULO DE FASE DO ISOLAMENTO OU FATOR DE POTÊNCIA

Segundo Rocha e Ayupe (2010), a medição atual da resistência elétrica do isolamento com o megôhmetro fornece a parcela resistiva do isolamento. Porém, a parcela capacitiva não é medida. O teste de fator de potência é utilizado para auxiliar no valor desta medida capacitiva, que indica a qualidade do isolamento, podendo ser vinculada ao “tempo de vida” que o isolamento do componente possui (fazendo análises de valores de resistência capacitiva x tempo de falha).

Rocha e Ayupe afirmam que, este teste permite analisar e avaliar o comportamento das condições físicas do enrolamento. Uma mudança na capacitância do isolamento pode ocorrer devido ao envelhecimento natural, envelhecimento térmico ou outros contaminantes tais como umidade ou poeira. A Figura 10 apresenta o modelo elétrico que apresenta a parcela capacitiva do isolamento.

Pequenas mudanças na capacitância do sistema de isolamento resultam em mudanças significativas do ângulo de fase. Como ferramenta de manutenção, a utilidade do teste do ângulo de fase do isolamento está no acompanhamento ao longo do tempo. Caso haja um aumento do fator de potência em relação ao nível normal, é provável que haja algum início de falha, como descrito anteriormente. (ROCHA; AYUPE, 2010).

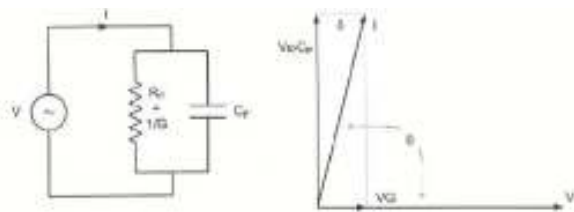


Figura 8 – Modelo elétrico do isolamento com a parcela capacitiva.

Fonte: ROCHA E AYUPE, 2010, p. 9.

Onde:

C_p é a capacitância paralela.

G é a condutância equivalente.

R_p é o resistor equivalente do circuito paralelo.

X_P é a reatância paralela.

ω é $2\pi f$ (para uma fonte senoidal).

θ é o ângulo de fase.

δ é o ângulo de perda.

3. METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza, segundo Gil (2002), como exploratória de tipo de estudo de caso e tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas tem como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem:

- Levantamento bibliográfico;
- Entrevista com pessoas que tiveram experiências pratica como o problema pesquisado;
- Análise de exemplos que “estimulem a compreensão” (SELTIZ, 1967, In: Gil, 2002)

O estudo de caso tem como característica um conjunto de etapas que podem ser seguidas na maioria das pesquisas definidas como estudos de caso:

- Formulação do problema;
- Definição da unidade-caso;
- Determinação do número de casos;
- Elaboração do protocolo;

- Coleta de dados;
- Avaliação e análise dos dados; e
- Preparação do relatório.

Os procedimentos metodológicos foram realizados através de levantamento de dados realizando a medição do valor da capacitância e do fator de potência em sub-componentes do Motor de Tração DC (carcaça e armadura), com a finalidade de simular o melhor e o pior ambiente de trabalho, ou seja, uma armadura ou carcaça com o isolamento novo, com isolamento na metade de sua vida útil e com isolamento em fim de vida útil.

Foram coletados dados de registro com o tempo de dois anos, pois é necessário para que seja levantado o parâmetro antes e depois de uma falha do Motor de Tração DC, esse dado é essencial para definição dos parâmetros de qualificação dos isolamentos.

Os parâmetros foram definidos a partir da base de dados levantada anteriormente utilizando os cálculos estáticos (média e desvio padrão), em cada condição de isolamento.

Neste estudo foi levantado o melhor valor da capacitância e do fator de potencia, para que o isolamento do Motor de Tração DC tenha uma durabilidade pré-estabelecida, no exemplo da empresa MRS Logística uma durabilidade de quatro anos.

Com os parâmetros definidos realizou-se a qualificação do isolamento com base nos valores de capacitância e do fator de potência, podendo com isso qualificar mais precisamente a vida útil do isolamento.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo esta localizada na região metropolitana de Belo Horizonte denominada MRS Logística que é uma concessionária que controla,

opera e monitora a Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal. A empresa atua no mercado de transporte ferroviário desde 1996, quando foi constituída assumindo a concessão no dia 1º de dezembro do mesmo ano, após a obtenção pór cessão dos direitos adquiridos pelo Consórcio MRS Logística. São 1.674 km de malha - trilhos que facilitam o processo de transporte e distribuição de cargas numa região que concentra aproximadamente 65% do produto interno bruto do Brasil. Pela malha da MRS também é possível alcançar os portos de Sepetiba e de Santos.

O foco das atividades da MRS está no transporte ferroviário de cargas gerais, como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, coque verde e contêineres.

Para garantir um transporte eficiente e seguro é fundamental trabalhar com um sistema de manutenção que atenda às necessidades operacionais, atualmente a MRS conta com o suporte das oficinas do Horto Florestal, Conselheiro Lafaiete, P1-7, Lapa, Jundiaí e Barra do Pirai.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS DA CAPACITÂNCIA E FATOR DE POTÊNCIA.

Conforme foi citado o motor de tração é responsável por toda a parte de tração da locomotiva, trata-se de um motor de tração síncrono onde o controle de sua velocidade é dado através do controle de corrente que passa pelo mesmo.



Figura 9 - Motor de Tração GM

Fonte: Foto dos autores

A falha deste componente pode acarretar em perda de potência e conseqüentemente perda de eficiência da locomotiva. Na MRS Logística foram levantados através da metodologia do FMEA (Análise do Tipo e Efeito de Falha) os modos de falhas possíveis, onde foram separados para estudo carcaça, armadura, porta-escovas, rolamentos e pinhão. O levantamento dos dados foi gerado através da frequência de cada modo de falha, em uma amostra de 576 motores.

Neste trabalho o foco é a previsão de falha do isolamento elétrico, em carcaça e armadura, referente a 33,51% das falhas levantadas anteriormente. Com essa nova metodologia esperasse ter uma redução nas falhas ligadas ao isolamento elétrico.

4.2 PARÂMETROS DE QUALIFICAÇÃO

A definição do parâmetro será feita através de uma gama de testes realizados nos componentes dos motores de tração, armadura e carcaça. Neste teste o equipamento utilizado será um equipamento que tem a capacidade de medir, o ângulo de fase e a capacitância dos equipamentos.

O modelo utilizado esta ilustrado na Figura 10, onde a utilização do equipamento é aplicada uma tensão

alternada nos equipamentos testados (este equipamento tem uma tensão mínima de aplicação de 2000VCA).



Figura 10 – Equipamento para realização do teste de parametrização.

Fonte: ROCHA; AYUPE, 2010, p. 10.

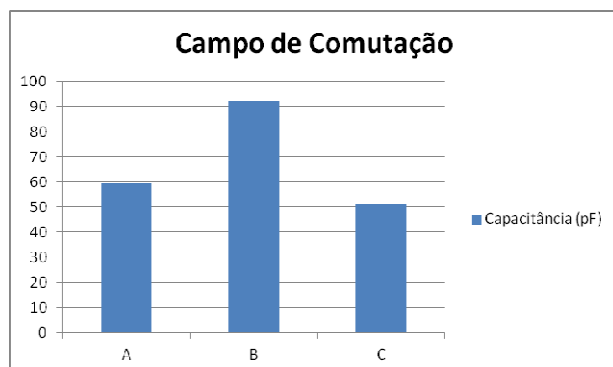
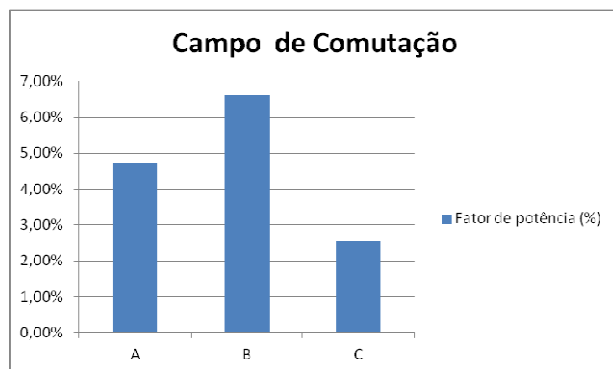
4.3 QUALIFICAÇÃO DO ISOLAMENTO

Durante dois anos estão sendo testados os componentes de motores de tração, carcaça e armadura. Estes são os mais afetados por falha de isolamento elétrico.

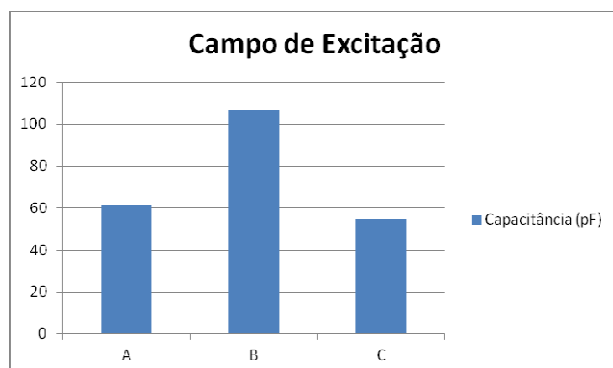
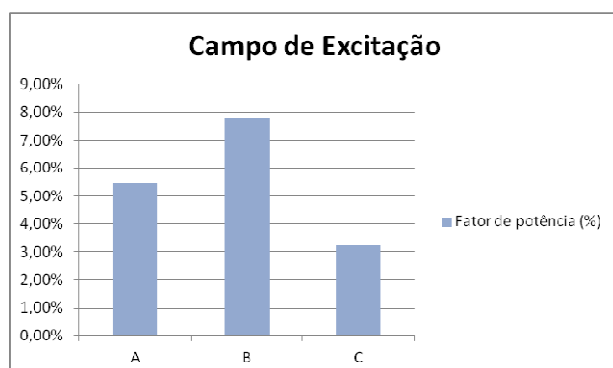
Nos motores testados serão encontrados dois modelos de isolamento com materiais diferentes, um utiliza fita elétrica, cadarço de fibra de vidro e mica de fibra de vidro (motores de locomotivas GE) e o outro modelo utiliza fita galvanizada (motores de locomotiva GM). Nos gráficos abaixo serão mostrados a média dos resultados dos testes.

Dados da carcaça:

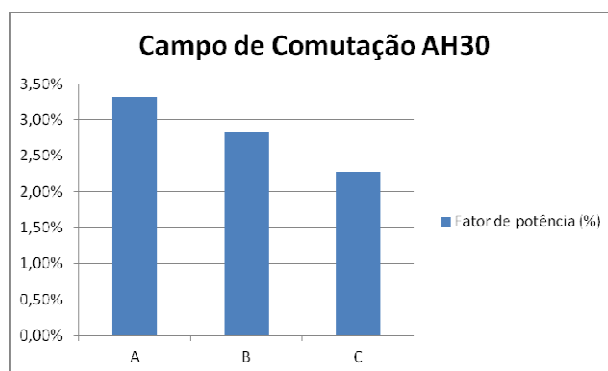
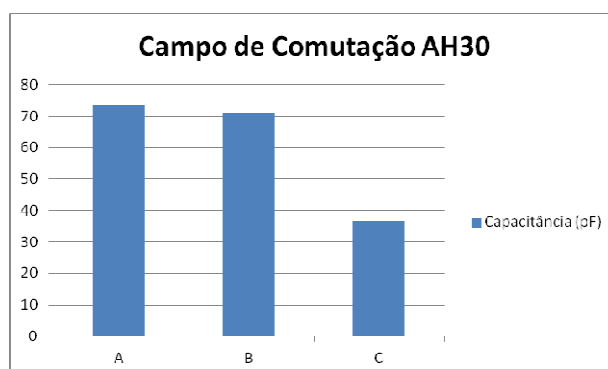
- Gráficos da média da capacitância e do fator de potência no campo de comutação em 600 carcaças.



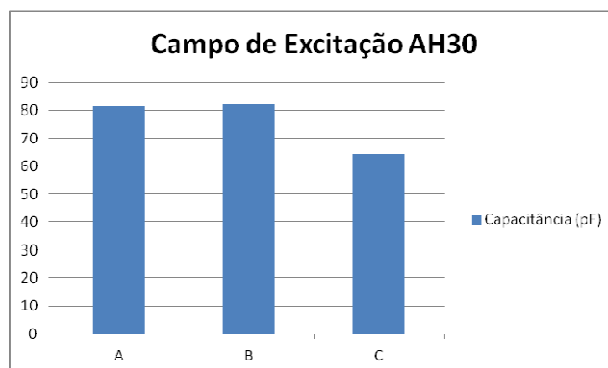
- Gráfico da média da capacitância e do fator de potência no campo de excitação em 985 carcaças.

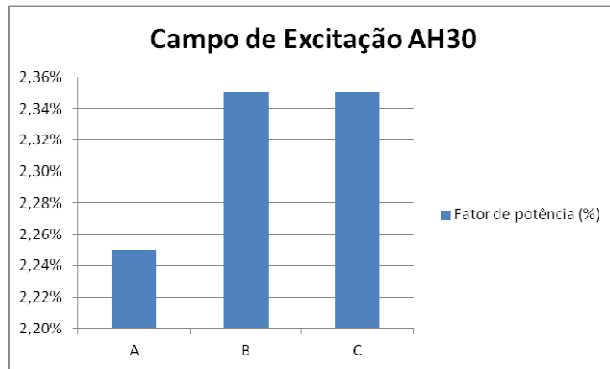


- Gráfico da média da capacitância e do fator de potência no campo de comutação em motores AH30, em 35 carcaças.



- Gráfico da média da capacitância e do fator de potência no campo de excitação em motores AH30, em 35 carcaças.





Nos gráficos acima são apresentados os resultados encontrados em carcaças, nas seguintes condições:

A – Equipamento somente lavado e secado em estufas;

B - Equipamento lavado, secado em estufas e impregnado a vácuo;

C - Equipamento totalmente recuperado (reenrolado);

O motor de tração GE modelo 752AH30 (AH30), é o motor mais novo da frota da MRS, com idade máxima de 6 anos de utilização. O motor AH30 é de melhor qualidade, pois foram expostos a contaminação, aquecimento e outros fatores que possam danificar o seu isolamento, com menor intensidade em relação aos motores de 30 a 40 anos de utilização. Os valores encontrados, na condição (A), e na condição (C) dos outros motores, pelo fato de serem os melhores valores encontrados, serão os valores de capacitância e do fator de potencia adotados como padrão.

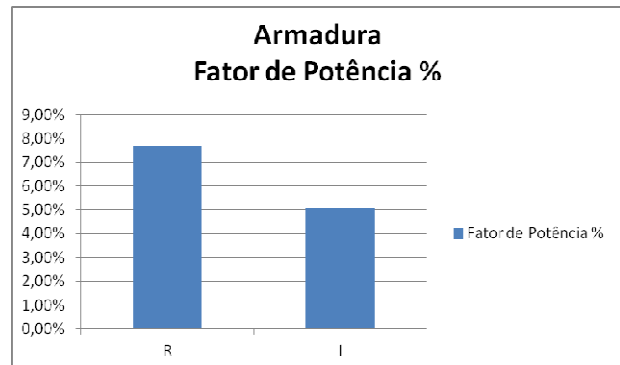
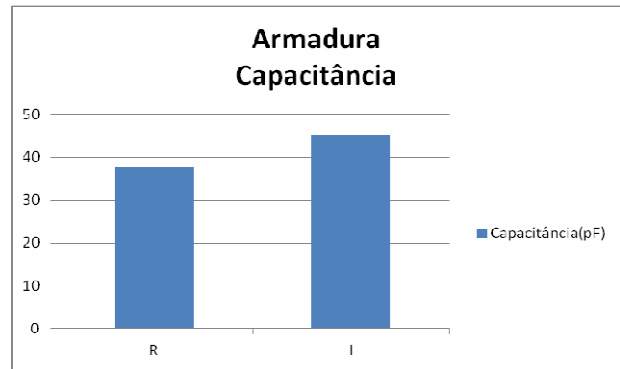
Os valores então definidos serão:

Fator de Potência: 2,5%

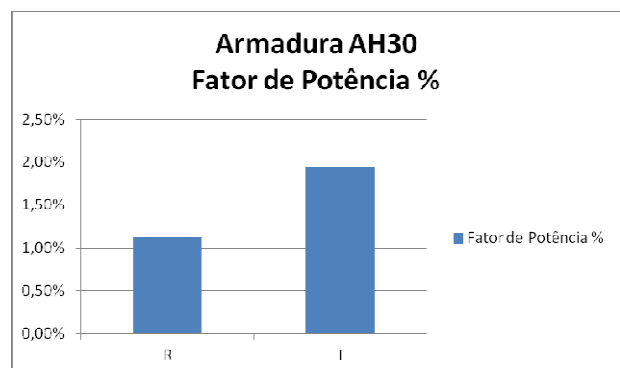
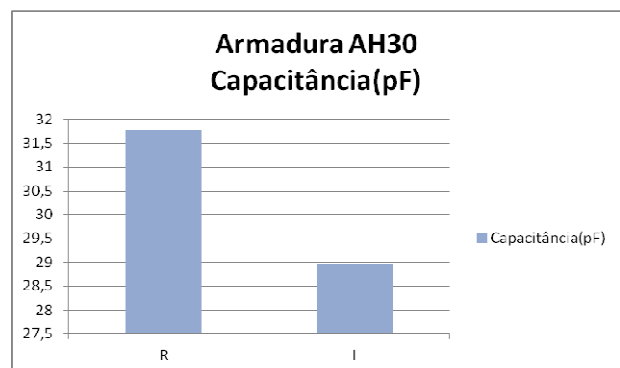
Capacitância: 55pF

Dados da armadura:

- Gráficos da média da capacitância e do fator de potência, em 596 armaduras.



- Gráficos da média da capacitância e do fator de potência em motores AH30, em 34 armaduras.



Nos gráficos acima são apresentados os resultados encontrados em armaduras, nas seguintes condições:

I - Equipamento lavado, secado em estufas e impregnado a vácuo;

R - Equipamento totalmente recuperado (reenrolado);

No mesmo raciocínio das carcaças os valores serão definidos com base no valor das armaduras inspecionadas dos motores AH30 e nas armaduras inspecionadas dos outros motores.

Os valores então definidos serão:

Fator de Potência: 3%

Capacitância: 40pF.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi tratada a solução para uma das mais complexas falhas envolvidas em Motores de Tração DC. O estudo dará a possibilidade de prevenção de falhas relacionadas ao isolamento elétrico destes motores.

Conforme visto neste artigo foi levantado uma base de dados sólida e eficaz, de onde foi gerada o através de metodologia de estatística (média), o número de tolerância da parte capacitiva e do fator de potencia em isolamento elétrico. Essa tolerância também levou em consideração o tempo de utilização dos motores na empresa MRS Logística S.A.

Os valores poderão ser agora adotados na recuperação dos subcomponentes dos motores de tração DC, carcaça e armadura. Irá proporcionar a qualificação de uma recuperação completa (reenrolamento) ou somente uma manutenção básica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos Coordenadores e Professores dos cursos das áreas de Ciências Exatas e Tecnologia do UniBH, à empresa MRS Logística S.A. pelo apoio na disponibilização de seus ativos para estudo e de seus dados de acompanhamento para nos auxiliar na definição do tema a ser estudado.

REFERÊNCIAS

BALTAZAR, J. *Definição de Fator de Potência*. Viçosa/MG: UFV, 2010. Disponível em: <http://www.eletrica.info/definicao-de-fator-de-potencia/>. Acesso em: 9 set. 2011.

CAVAZZONI, F. C. *Motor Elétrico de Tração de Corrente Contínua*. Contagem/MG: Manser Manutenção e Serviço Ltda, 2008.

COSTA, A. S. de L.; CARDOSO, B. de J.; LYRA R. de O. da C. *Estudo Técnico quanto à Manutenção / Operação de Geradores Elétricos de Corrente Contínua Utilizados em Locomotivas (Excitatriz e Gerador Auxiliar)*. Belo Horizonte/MG: UFMG, 2008. p. 50.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. p. 42.

DNIT. Título. Brasília/DF: DNIT, 2005. N. p.1 Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp> Acesso em: 1 set. 2011.

MENDES, G. *Estudo das médias*. Santos/SP: 2001. n. p.1 Disponível em: http://www.professorguilherme.net/aprenda_mat/fundamental/7ano/estudos_medias.htm. Acesso em: 25 set. 2011.

MORA, N. D. *Materias Dielétricos*. Foz do Iguaçu/PR: Unioeste, 2010. N. p. 600 Disponível em: <http://www.foz.unioeste.br/~lamat/downmateriais/materiaiscap18.pdf>. Acesso em: 1 out. 2011.

RAO, C.R. Statistics: A technology for the millennium Internal. Local: J. Math. & Statist. Sci, 1999.p. 5-25. v. 8. n. 1.

ROCHA, M. E.O.; AYUPE, C. S. *Teste de fator de potência para qualificação do isolamento em motores de tração dc de locomotivas*. Belo Horizonte/MG: Revista Ferroviária, 2010. Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com.br/nt2010/trabalhos/a/mstedmaxion/06.pdf>. Acesso em: 1 out. 2011.

SELLTIZ, C. *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: Herder, 1967. 63 p.

STIGLER, S. M. *The History of Statistics: The Measurement of Uncertainty Before 1900*. Cambridge/USA: Harvard University, 1986. p.23.