

APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE DESCARGAS PARCIAIS COMO FERRAMENTA SÚPORTE A TOMADA DE DECISÕES TÉCNICAS E DE GESTÃO

Sérgio Luiz Ronsoni (4)

Sílvio Alberto Torlay (5)

Reinaldo Dalmolin (3)

Edimilson Pierini (1)

Rangel de Oliveira (2)

RESUMO

Após defeito num motor trifásico de indução, o fabricante emite relatório indicando falha iminente no estator e prazo para recuperação incompatível com a possibilidade real do negócio. Utilizando as técnicas de ensaios elétricos e manutenção preventiva, juntamente com a técnica de análise de descargas parciais, baseada em pulsos elétricos gerados por descargas que acontecem em isolamento elétrico com tensão maior que 3,5KV, se consegue prorrogar a vida útil da máquina e também todo o processo de acompanhamento, desenvolvendo um plano adequado a prazos e custos para recuperação deste motor, de forma a assegurar a confiabilidade do equipamento e possibilitar o cumprimento dos compromissos assumidos pelo negócio. Por tanto essa técnica mostra-se adequada para equipamentos críticos e mesmo sendo uma técnica já utilizada há décadas, nos últimos anos apresentou um grande progresso devido as novas tecnologias de softwares e hardwares que proporcionam grande precisão nas análises. Cabe ressaltar para essa técnica a importância do histórico, apresentando maior precisão no diagnóstico quanto maior o acompanhamento, já que as descargas parciais mostram o envelhecimento do material isolante e tem a intensidade de descargas maior quanto mais comprometido o isolante, ocorrendo de forma gradual. Assim quando existe um acréscimo acentuado percebe-se logo a existência de problemas e de acordo com as descargas é possível identificar a causa destas. Essa técnica foi decisiva para o correto encaminhamento das ações que culminaram nas corretas decisões neste processo, aproximando setores de manutenção e de gestão.

1. OBJETO

Manutenção preditiva através da técnica de análise de descargas parciais no estator de um motor elétrico crítico que, em caso de falha, ocasiona grande prejuízo financeiro.

Autores¹

¹ Edimilson Pierini (1): Petrobrás S.A UN-SIX , Técnico de Manutenção Pleno
Rangel de Oliveira (2): Petrobrás S.A UN-SIX , Técnico de Manutenção Júnior
Reinaldo Dalmolin (3): Petrobrás S.A UN-SIX , Supervisor de Manutenção Industrial
Sérgio Luiz Ronsoni (4): Petrobrás S.A UN-SIX , Técnico de Manutenção Sênior
Sílvio Alberto Torlay (5): Petrobrás S.A UN-SIX , Gerente de Manutenção Industrial

2. OBJETIVO

Mostrar a utilização da técnica de análise de descargas parciais em estator de motor elétrico, servindo como ferramenta de gestão para a tomada de decisão quanto a real necessidade e ao melhor momento da manutenção corretiva, envolvendo o setor de manutenção e os gestores do negócio.

3. INTRODUÇÃO.

A velocidade com que novas tecnologias têm surgido, assim como o conhecimento em geral, traz a necessidade de repensar a forma com que os problemas podem ser resolvidos, impactando diretamente no negócio. A especialidade de manutenção tem como razão de ser; resolver problemas e a forma com que isso vem evoluindo reflete a idéia de não mais aceitar simplesmente consertar equipamentos que quebram, mas sim identificar o melhor momento para intervenção, administrando defeitos e prevendo falhas, em sintonia com a produção, de forma planejada, visando disponibilidade e segurança. É com essa visão que a Análise de descargas parciais deve ser aplicada. Este trabalho faz um acompanhamento de caso de defeito elétrico em um motor trifásico de indução crítico, de julho de 2002 a março de 2008, onde a manutenção preditiva, utilizando a técnica de Descargas Parciais, corrobora para a tomada de decisão num contexto delicado quanto a prazos, custos, conflito de informações técnicas e possibilidades de falha, unindo corpo técnico e gestores do negócio para solucionar um grande problema da forma mais adequada possível.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 A TÉCNICA DE DESCARGAS PARCIAIS

A técnica de DP baseia-se na leitura de pulsos elétricos gerados por pequenas descargas que acontecem em isolamentos elétricos com tensão maior que 3,5KV. Essas descargas são “parciais” porque existe algum isolamento sólido, em série com o vazio, o qual previne contra uma ruptura completa ou curto-circuito. A centelha gera um rápido pulso elétrico que se propaga através dos enrolamentos do estator e pode ser detectado nos terminais da máquina por acopladores capacitivos, que analisados por especialista, o qual utiliza um software específico para comparar com um banco de dados com mais de 15000 leituras, fornecendo as condições do estator do motor com boa exatidão e alta probabilidade de acerto no diagnóstico.

4.2 A IMPORTÂNCIA DO EQUIPAMENTO MC-23001

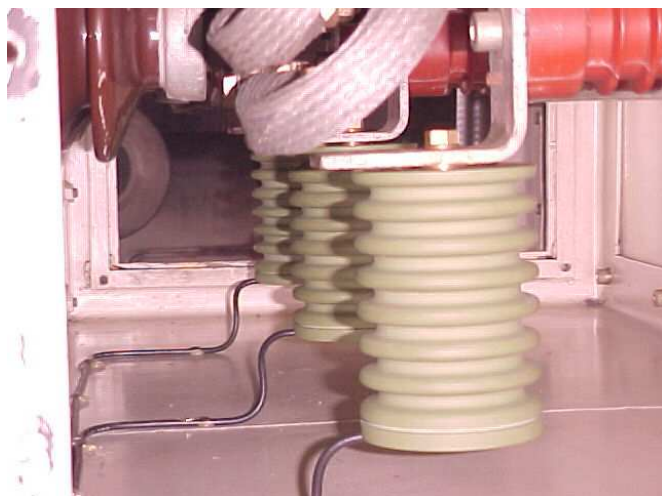
O processo em que está envolvido este motor é o processo PETROSIX[®] que retira óleo, gás, enxofre e nafta do xisto². O compressor C 23001 é essencial para o funcionamento deste processo, sendo o equipamento responsável pela circulação do gás de processo o qual é aquecido num forno e retorna à torre para retirada de hidrocarbonetos, portanto em caso de falha no motor MC-23001 todo o processo pára. Não existe motor reserva, nem sobressalente. O motor é capaz de entregar uma potência de 10000cv (7100kW), é constituído de rotor em gaiola de esquilo e alimentado em 13,2 kV com partida direta, auxiliado por banco de capacitores.

4.3 O HISTÓRICO DO MOTOR E APLICAÇÃO DE ANÁLISE DAS DESCARGAS PARCIAIS

Em maio de 2002 houve falta de água no trocador de calor, elevando a temperatura dos enrolamentos do estator. O sistema de proteção estava ajustado em 155°C e após o desligamento a inércia térmica fez com que a temperatura se elevasse a aproximadamente 180°C, o sistema de proteção não considerava a falta de água. Logo em seguida o fabricante foi chamado e o motor foi aberto para uma melhor avaliação. O relatório do fabricante registra que na abertura do motor foi observado



fumaça e excesso de óleo lubrificante no interior do motor. No estator foi encontrado coloração escura nas conexões das bobinas com bolhas de resina expelida e trincas na tinta semicondutora no final do pacote do núcleo lado acionador. No rotor foi encontrado coloração mais escura das barras também do lado acionador. Foi relatado também uma cunha com folga de fixação. As observações mostram



indícios de sobreaquecimento de partes do motor do lado acionador que foram mais afetadas. O fabricante condena o motor e sugere a rebobinagem imediata do motor, indicando grande possibilidade de falha. Ainda em junho de 2002 ocorreu um novo desarme por sobre-temperatura devido a obstrução do sistema de água de refrigeração, mas desta vez o desarme estava ajustado para 120 °C, não ocorrendo maiores

² O xisto é um folhelho pirobetuminoso, ou seja, uma rocha sedimentar que contém querogênio, um complexo orgânico que se decompõe termicamente, produzindo óleo e gás.

conseqüências para o motor. O motor voltou a operar normalmente. Foi solicitado uma reunião com o corpo técnico da SEDE da empresa, onde foi discutido a melhor forma de tratar o caso, surgindo a possibilidade de monitoramento do motor através da instalação de acopladores capacitivos para monitoração de descargas parciais, assim como medidas mitigadoras para uma possível falha através da aquisição de um conjunto de bobinas sobressalentes do motor.

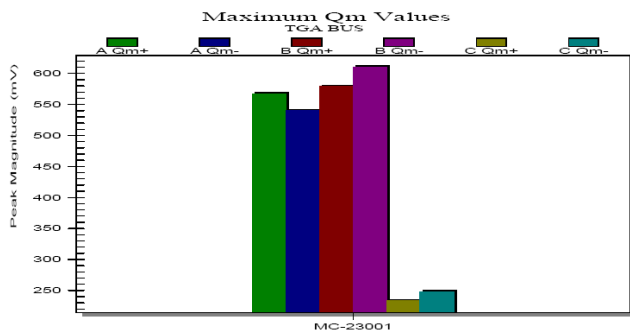
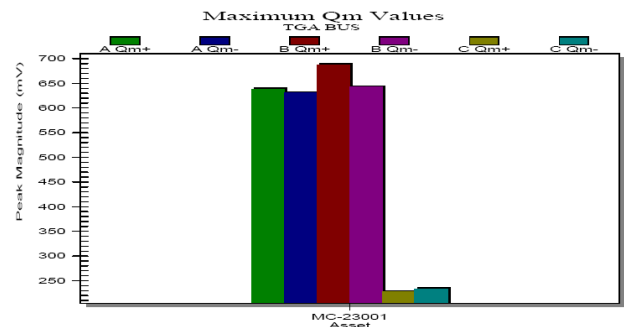
Os acopladores capacitivos foram instalados e realizadas monitorações com a empresa especializada nessa técnica. Os diagnósticos apontaram que não havia razão para restrição operacional do motor, nem a necessidade de rebobinar imediatamente. A segunda medição confirmou os resultados da primeira, com a percepção de descarga parciais acima do normal, porém inexistência de tendência de evolução. Como existia uma divergência entre o diagnóstico do fabricante e o diagnóstico da análise de descargas parciais, a pedido da Petrobras, o fabricante do motor reavaliou o primeiro relatório, emitindo um novo laudo onde confirmava a necessidade de parada para recuperação, apresentando uma proposta de reenrolamento para realização em 70 dias. Diante do prazo excessivamente longo para a realidade do negócio e diante também das divergências, decidiu-se não rebobinar o motor e solicitou-se uma proposta ao fabricante, para proceder a abertura e executar um conjunto de diagnósticos conforme escopo definido de uma série de ensaios, limpeza e possível recuperação de componentes do motor.

Devido ao alto custo proposto pela fabricante para o diagnóstico foi realizado licitação com empresas de reconhecimento internacional. A conclusão da manutenção preventiva considerando todos os ensaios realizados foi: *O motor apresenta-se liberado para um regime contínuo de operação, não apresentando nenhum sinal de anormalidade que possa vir comprometer a operação, desde que seja seguida rigorosamente as tendências*

das descargas parciais, sendo não apresentado sinais significativos nos ensaios pontuais e nas descargas ocorrem pontos com sinais acima do recomendado, não será motivo de intervir de imediato a máquina, pois defini a vida útil da máquina ainda dentro das expectativas projetadas a mesma. Essa conclusão vem comprovar o diagnóstico da análise de descargas parciais, possibilitando a confiabilidade necessária para que esta UN pudesse dar andamento nos planos de produção. As leituras das DP continuaram a ser realizadas em períodos de 6 meses e paralelamente estudos para mitigar eventual falha. Os diagnósticos de DP seguintes mostram um crescente nível de descargas alertando para necessidade de inspeção visual e ensaios elétricos diversos. Novamente foi realizado licitação e desta vez o fabricante, com o melhor preço, realizou os ensaios. As conclusões do fabricante vêm de dois departamentos correlatos porém com autonomias e liberdade para divergências, que indicaram: *1º. Os índices de DP realmente estão muito alto e requerem atenção. 2º. O estator do motor tem uma vida útil estimada de 4 anos.* Novamente os ensaios em campo, agora com o fabricante, vem confirmar o diagnóstico de DP. As leituras de DP continuaram a serem realizadas e após a confirmação de que estas continuam em uma curva ascendente, juntamente com o corpo técnico desta UN e da SEDE e os gestores do negócio envolvidos, após estudo de várias possibilidades, levando em conta custos e prazos, considerando a campanha de produção de 30 meses ininterruptos pretendida pelos gestores, decidiu-se por programar a rebobinagem do motor com substituição do núcleo para 2008. Com a devida programação, o esforço e a criatividade dos envolvidos o prazo estimado de 30 dias deve ficar dentro do intervalo de Parada programada entre campanhas.

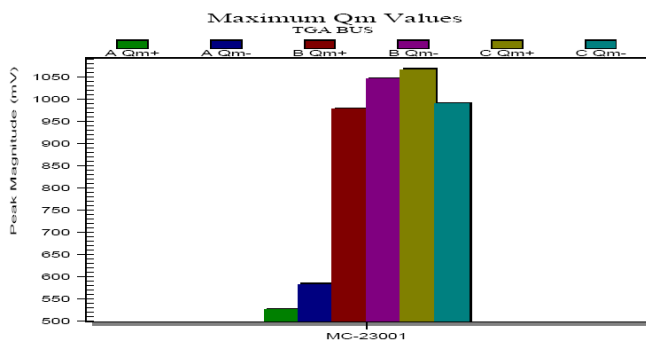
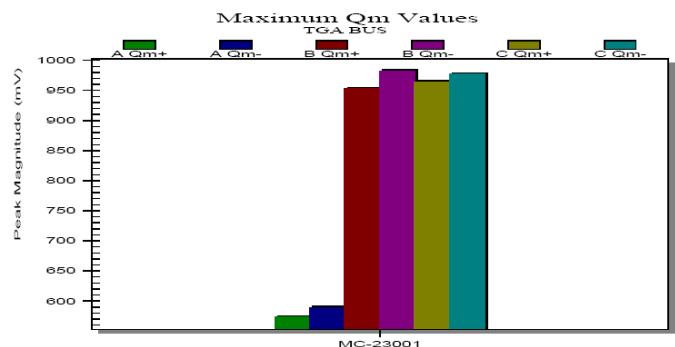
4.4 A ANÁLISE DE DESCARGAS PARCIAIS

A 1ª medição de DP mostra que as fases A e B com DP consideradas altas. (gráfico) Possivelmente a localização das descargas estavam entre o enrolamento e a caixa de ligação. O diagnóstico não faz restrição ao funcionamento do motor, mas quando possível, fazer ensaios com o motor desligado e inspeção visual. A deterioração por DP era baixa.



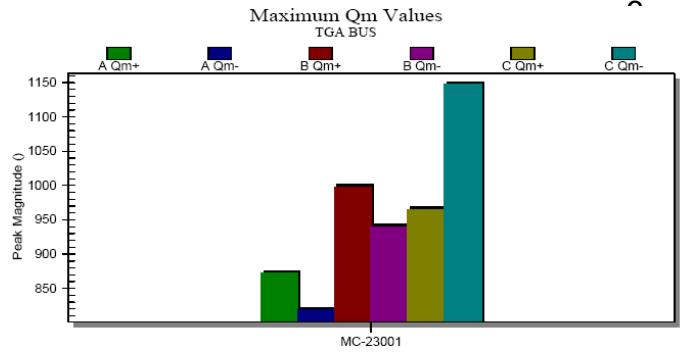
A 2ª DP foi realizada, não existiu aumento nas DP, não existindo a necessidade de qualquer restrição ao motor, recomendando mesma leitura daqui 6 meses. Em momento oportuno inspeção visual nas cabeças das bobinas e procurar algum sinal de mau contato nas conexões.

A 3ª leitura, mostra um aumento considerável entre as fases B e C. Quando comparada com outra máquinas similares, as DP são consideradas altas. Suspeita-se que seja externo ao enrolamento, possivelmente na caixa de ligação. Recomendam uma inspeção quando possível, para localizar o local das DP. Caso não fosse encontrado nada na caixa de ligação, verificar as cabeças de bobinas. Próximo teste em 3 meses.

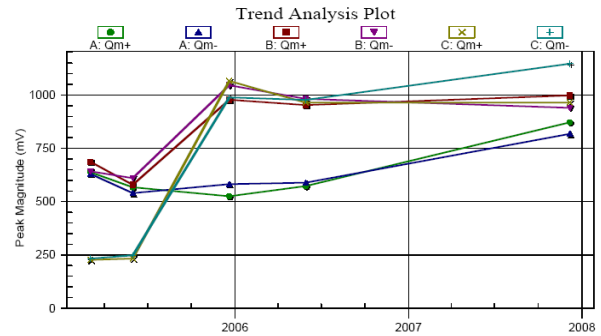


A 4ª leitura diz que as DP continuam alta, mas que não apresentou acréscimos quando comparada com a última leitura, porém causam preocupação e por isso é necessário uma inspeção na próxima Parada conveniente do motor.

A 5ª leitura mostra acréscimo nas DP para as fases A e C e mesmo sendo um pequeno acréscimo é preocupante por já estar em valores muito alto. Pedese para, na próxima parada da máquina, fazer inspeção visual para tentar identificar a causa de tão alta DP.

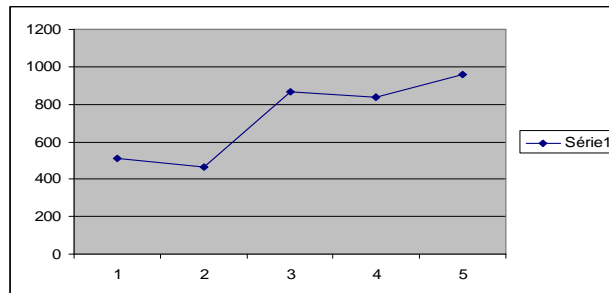


O gráfico das cinco leituras de DP mostra um aumento nas descargas que quando associadas aos outros ensaios elétricos de campo, levaram a tomadas de decisão e cuidados especiais para com o motor.



	Fase A		Fase B		Fase C		Média
1ª	638	630	687	642	227	233	510
2ª	567	540	579	610	233	248	463
3ª	525	582	978	1046	1066	989	864
4ª	573	589	953	982	964	977	840
5ª	872	818	998	940	965	1147	957

Embora o gráfico anterior mostre um gradativo aumento das descargas, quando analisado a média dos valores de todas as medições, o gráfico fica bem evidente e mostra claramente uma curva ascendente.



4.5 ENSAIOS DIVERSOS COM MOTOR DESLIGADO

- Medição dos *spectros* de corrente com 78% de carga aplicada no motor.
- Análise de vibração nas condições operacionais.
- Medição das resistências ôhmicas dos enrolamentos.
- Medição das resistências ôhmicas de isolamento.
- Determinação dos índices de absorção e polarização.
- Surge test.
- Medição das descargas parciais.
- Medição do fator de potência.
- Mapeamento do efeito corona do enrolamento estatórico.
- Medição do *Step Voltage*.
- Verificação das resistências ôhmica dos rtd's do estator.
- Verificação das resistências de aquecimento.

- Medição do dimensional nos mancais, caixas e labirintos
- Ultra-som nos munhões e mancais.
- Líquido penetrante nos munhões.
- Líquido penetrante fluorescente nas capas de retenção.
- Ultra-som nas capas de retenção.
- Líquido penetrante nas soldas entre as barras e anel de curto.
- Verificação das conexões dos cabos de alimentação
- Inspeção nos capacitores, pára-raios e TCs.
- Inspeção visual nas amarrações, calços e conexões dos enrolamentos.
- Verificação visual dos sinais de corona nas cabeças de bobinas.
- Inspeção nos componentes do motor.

4.6 SEQÜÊNCIA CRONOLÓGICA

02/07/2002.

Sobre aquecimento no motor devido à falta de água no trocador de calor do motor.

03/07/2002.

Fabricante do motor realiza inspeção no motor e indica a impossibilidade de partir o motor.

04/07/2002.

Sem outra alternativa, o motor é colocado em funcionamento.

11/07/2002.

Emitido laudo técnico recomendando a rebobinagem imediata do motor, com possibilidade de falha a qualquer momento.

27/01/2004.

Compra de conjunto de bobinas para o motor.

01/02/2004.

Início de estudo do caso.

outubro/2004.

Reunião com corpo técnico SEDE. Decidido por acompanhar por DP.

12/2004.

Novo laudo do fabricante referente a inspeção de 2002, onde reafirma a necessidade de rebobinagem.

15/2005.

Instalado os sensores para DP.

14/03/2005.

1ª leitura DP (DP são altas, mas não requer parada da máquina, nem mesmo limita o uso).

15/06/2005.

2ª leitura DP (DP estão estáveis).

10/09/2005.

Manutenção preventiva.

Análise de vibração, Espectro de corrente, LP nas capas do rotor, LP no eixo rotor, ultra-som nas capas do rotor, *surge test*, IA, IP, *Step Voltage*, DP off-line, FP.

Conclusão: A máquina está liberada para funcionamento.

24/01/2006.

3ª leitura DP (DP estão ainda mais alta, sugere inspeção em parada oportuna).

28/06/2006.

4ª leitura DP (DP continuam subindo, sugere inspeção em parada oportuna para identificar a fonte de tão alta descarga, principalmente nas fase B e C).

12/06/2006.

Manutenção preventiva. Estágio avançado de DP (descargas corona) no estator. IA e IP estão na faixa perigosa da norma NBR5383 e IEEE432000. Resistência ôhmica sem problema. Possível delaminação do isolamento. Vida útil de 4 anos.

Junho/2007 Corpo técnico juntamente com as gerências decidem por rebobinar o motor durante a Parada de 2008.

5. CONCLUSÃO

A manutenção preditiva utilizando a técnica de análise de DP, unida aos ensaios elétricos de campo, é eficaz e de grande importância para a tomada de decisões, principalmente para equipamentos críticos. Isso ficou comprovado com o caso em questão, pois num primeiro momento a informação disponível era que a falha do motor era iminente, com conseqüente investimento econômico, complicações diversas devido à inexistência de planejamento e possível comprometimento da qualidade dos serviços devido ao curto tempo disponível. Num segundo momento, após a análise de DP, o problema foi postergado, realizado longo estudo de caso, programado e solucionado de forma mais segura, com menor custo, maior confiabilidade, prolongando a vida útil do equipamento e amenizando o impacto na produção e no negócio.

6. RECOMENDAÇÕES

Para os equipamentos críticos, recomenda-se utilizar a monitoração de motores elétricos através da técnica de análise de descargas parciais. Quanto maior o histórico das informações de DP, maior a precisão do diagnóstico.