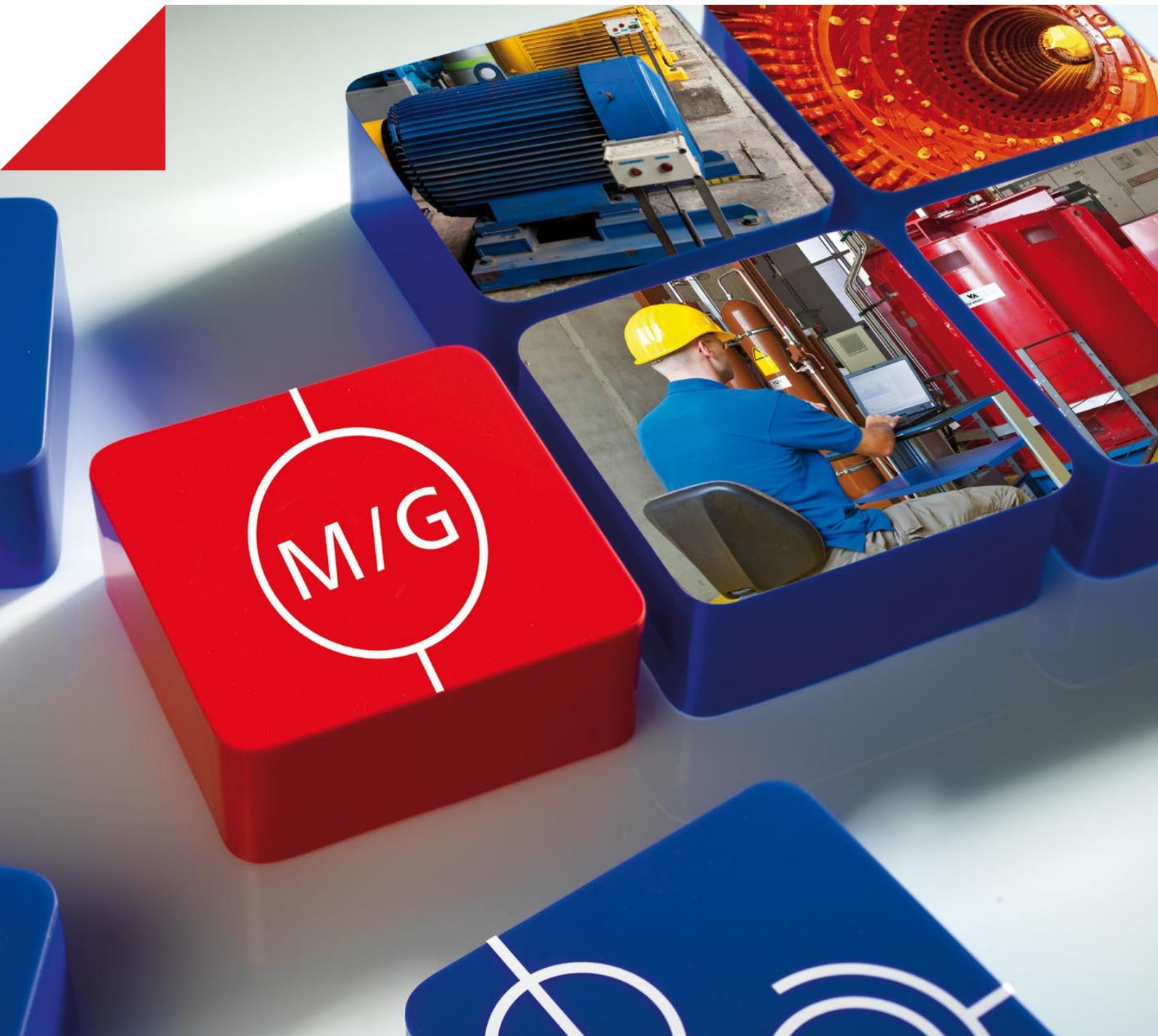


Testes de Diagnóstico e monitoramento de máquinas rotativas

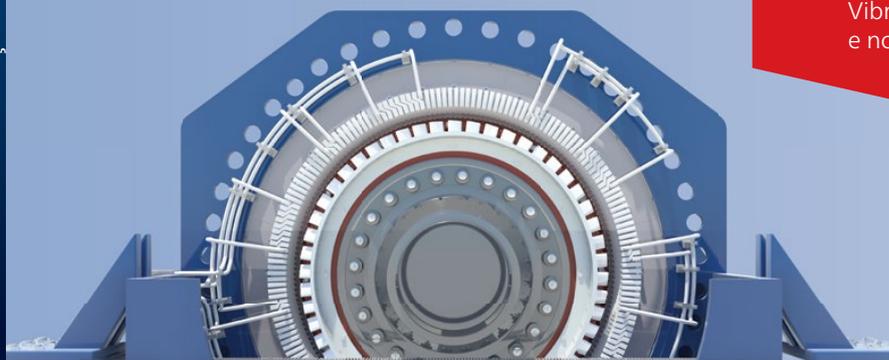


Saiba a condição da sua máquina para uma operação confiável

Redução do risco de falhas em máquinas rotativas

Máquinas rotativas, como motores e geradores, são componentes muito importantes em aplicações industriais e de geração de energia. Portanto, a confiabilidade e a disponibilidade da máquina são muito requisitadas. A falha prematura pode levar a perdas econômicas significativas devido a interrupções inesperadas e possíveis danos ao próprio ativo. Para planejar a manutenção de forma eficiente, é fundamental ter informações de condições precisas sobre quando os componentes precisam ser reparados ou substituídos.

Condição da máquina



Influências negativas na confiabilidade e vida útil da máquina

- > **Estresse térmico**
Temperaturas mais alta e mais baixa, sobrecarga, pontos críticos
- > **Tensão elétrica**
Picos, sobretensão, tensão nominal, descarga parcial (PD)
- > **Estresse ambiental**
Produtos químicos agressivos e reativos, partículas abrasivas, contaminação
- > **Estresse mecânico**
Vibração, oscilação em seções de ranhuras e no enrolamento da extremidade

Desenvolvimento

Fabricação

Comissionamento

Inicialização

Prevenção de falha ainda em estágio inicial

É possível realizar uma variedade de testes elétricos ao longo de todo o ciclo de vida das suas máquinas para aumentar sua confiabilidade, evitar falhas prematuras e estender a vida de serviço confiável. Testes de diagnóstico off-line fornecem uma prévia da condição atual e detectam possíveis defeitos. O monitoramento temporário e permanente permite realizar uma avaliação contínua da condição sob condições normais de operação.

Testes e medidas corretivas para garantir a confiabilidade da máquina e estender sua vida útil

- > Avaliações de condição regulares ou contínuas, usando vários métodos de diagnóstico elétrico
- > Inverter a posição do ponto estrela
- > Novo enrolamento parcial de peças desgastadas
- > Substituição de componentes danificados

Vida útil da máquina



Vida normal

Garantindo a operação confiável

Fim da vida

Extensão da vida útil

Peças da máquina rotativa e testes elétricos recomendados

Detecção de erros para evitar falhas

Os testes de diagnóstico elétrico podem dizer muito sobre a condição de um motor ou um gerador. Em geral, os testes elétricos são feitos após a máquina ter sido fabricada, instalada no campo ou durante as verificações de manutenção periódicas.

Os testes elétricos listados aqui são métodos de diagnóstico que possibilitam a realização de avaliação confiável do estado do isolamento e de outros componentes em máquinas rotativas.

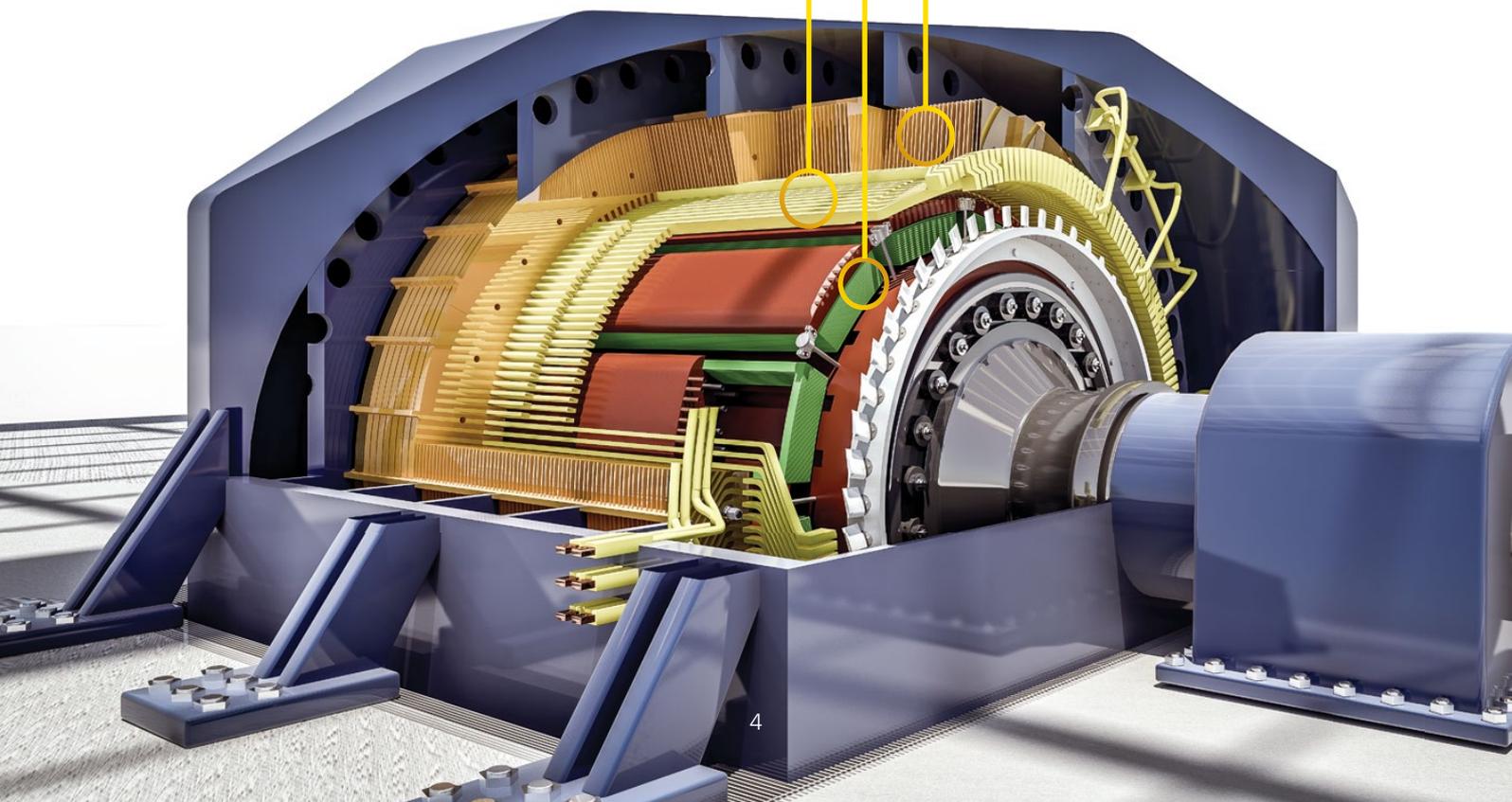
Os resultados dessas medições indicam quando a manutenção de peças afetadas deve ser realizada.

Peça da máquina testada

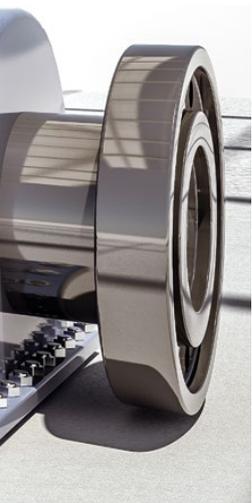
Enrolamento do estator

Enrolamento do rotor

Núcleo do estator



O que deve ser verificado	Testes elétricos recomendados										
Descargas parciais (PD)	■	■	■								
Contaminação	■	■	■		■					■	
Degradação do isolamento	■	■	■		■					■	
Tensão admissível				■							
Integridade do isolamento				■	■					■	
Problemas de conexão						■					
Falhas na espira interna									■		
Falhas na espira interna								■	■		
Alta resistência de contato							■				
Imperfeição do núcleo											■
	Medições de capacitância, fator de dissipação (tan δ)/fator de potência	Medição de descarga parcial (PD)	Monitoramento de PD on-line	Ensaio dielétrico	Resistência de isolamento, índice de polarização e medições da relação de absorção dielétrica	Medição da resistência do enrolamento CC	Medida de resistência de contato	Teste de queda de tensão CC nos polos	Análise de resposta de varredura em frequência	Análise da resposta dielétrica	Teste de imperfeição eletromagnética



A solução ideal para suas necessidades individuais de teste de máquina

Ferramentas de diagnóstico recomendadas

Para métodos de diagnóstico comuns em máquinas rotativas, oferecemos o testes equivalentes ou a solução de monitoramento. Juntas, essas soluções permitem que você realize uma avaliação completa do estado das máquinas elétricas, a fim de identificar rapidamente possíveis problemas e riscos de falha.

Teste elétrico	CPC 100	+ CP TD1 + CP CR500	TANDO 700	MPD 600
Medições de capacitância, fator de dissipação (tan δ)/fator de potência	■ ²	■ ²	■	
Medição de descarga parcial (PD)	■ ^{1,2}	■ ^{1,2}		■
Monitoramento de PD on-line				
Ensaio dielétrico	■ ^{1,2}	■ ^{1,2}		
Resistência de isolamento, índice de polarização e medições da relação de absorção dielétrica				
Medição da resistência do enrolamento CC	■			
Medida de resistência de contato	■			
Teste de queda de tensão CC nos polos	■			
Análise de resposta de varredura em frequência				
Análise da resposta dielétrica				
Teste de imperfeição eletromagnética	■			

¹ Usado como fonte de alta tensão

² Também possível com CPC 80 com CP TD1

Conjunto de teste universal para diagnóstico elétrico em ativos de alta tensão



Dispositivo de teste dielétrico com uma bobina de compensação



Medições de alta-precisão de capacitância e fator/fator de potência de dissipação para uso em laboratórios de teste



Equipamento de testes de alta tecnologia para análise das descargas parciais em ativos de alta tensão



OMS 605

MONGEMO

DIRANA

FRANEO 800

■

■

■

■

■

■

■

Sistema portátil para monitoramento de PD temporária online de geradores e motores

Sistema instalado permanentemente para monitoramento contínuo de PD online de geradores e motores

Dispositivo de teste leve para análise de resposta dielétrica em ativos de alta-tensão

Analizador de resposta de varredura em frequência



Medições de capacitância, fator de dissipação ($\tan \delta$)/fator de potência

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

Medições de capacitância (C) e fator de dissipação (DF/ $\tan \delta$) / fator de potência (PF) são realizadas para identificar defeitos, que afetam a condição do isolamento da máquina. Um isolamento saudável é essencial para uma operação segura.

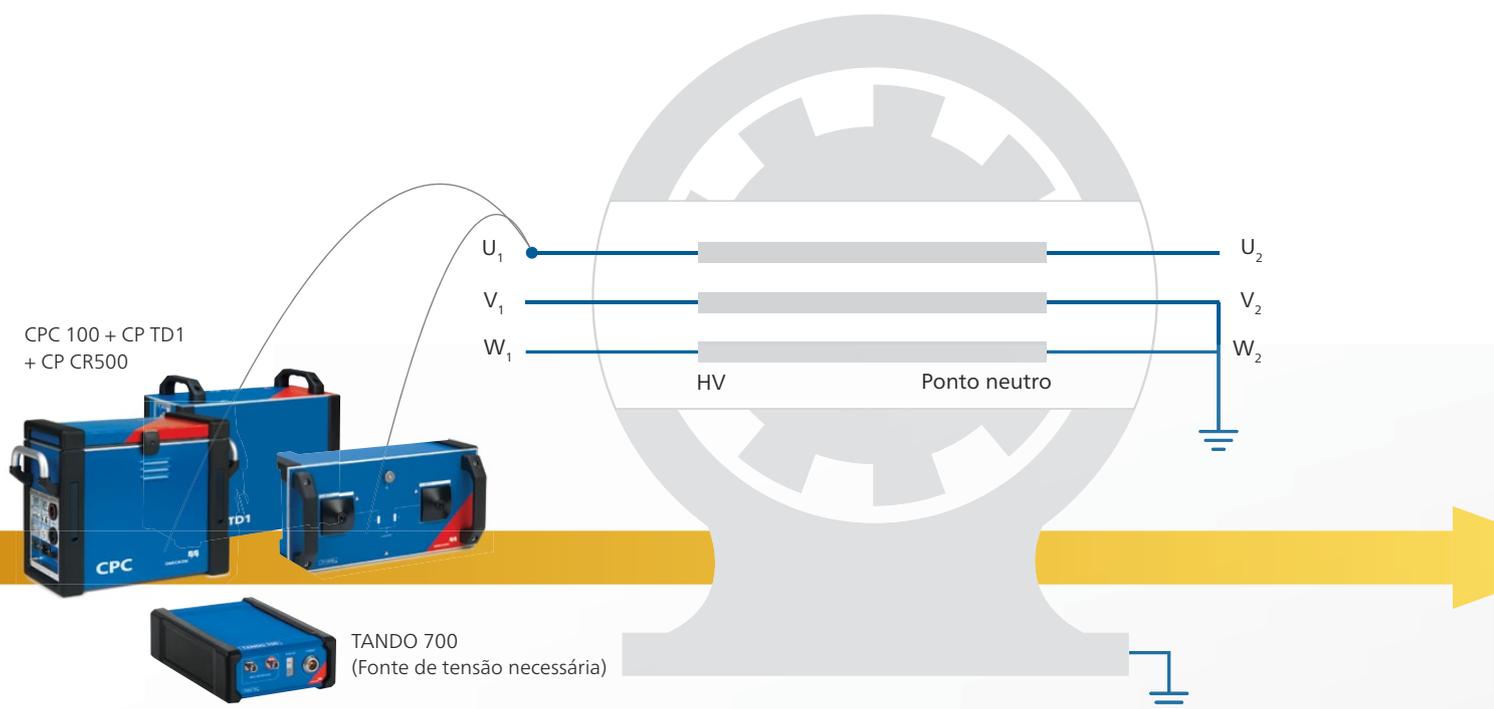
Variações em C e DF/PF ao longo do tempo costumam ser sinais de descargas parciais (PD) ou degradação no isolamento. Os dados de tendências ajudam a determinar a velocidade do envelhecimento do isolamento e a identificar mudanças críticas que podem exigir uma inspeção mais aprofundada.

Como funciona?

Em combinação com uma fonte de alta tensão, o instrumento de medição é conectado aos terminais da máquina para a execução de medições fase-terra ou uma medição trifásica combinada se o ponto estrela não estiver acessível. As medições fase-fase também são realizadas para verificar a capacitância de enrolamento da extremidade.

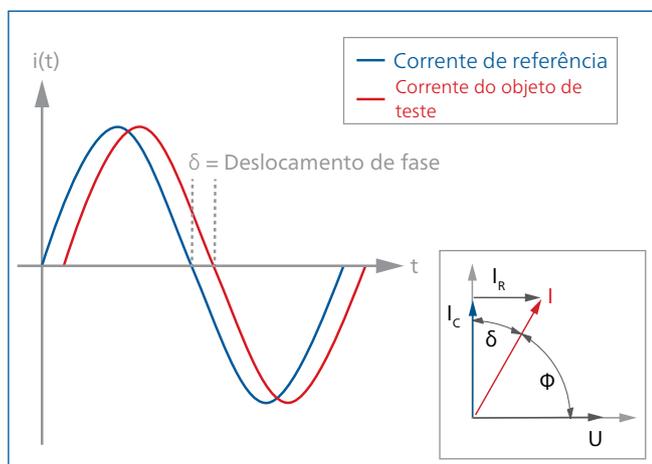
O DF/PF geralmente é medido por meio de um intervalo de tensão específico (U/U_n) durante um teste tip-up de fator de potência. Uma tensão inicial típica de partida com incremento de passos de $0,2 U_n$. Outros passos e pontos de início, como $0,1 U_n$, podem ser escolhidos. Uma comparação é feita fase-fase ou com as medições anteriores.

As medições C e DF/PF são definidas pelos padrões internacionais, como IEEE 286-2000 e IEC 60034-27-3.

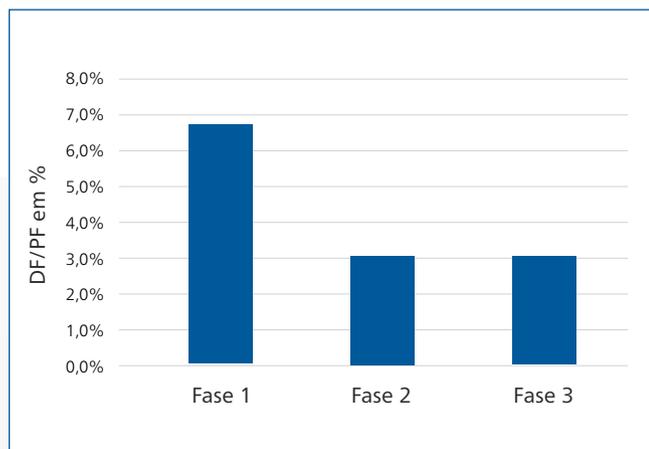


É bom saber...

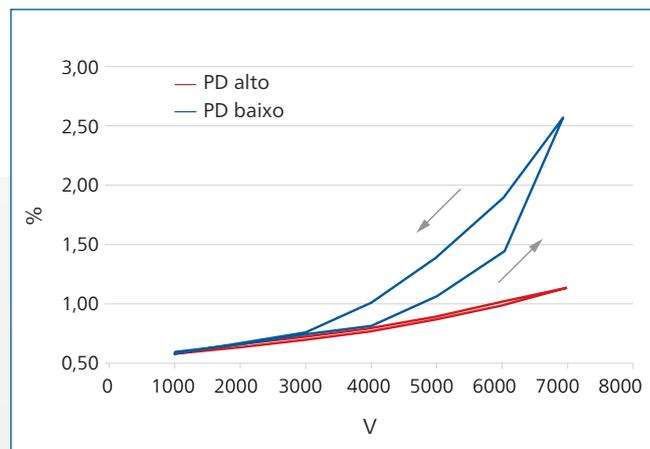
- > Um aumento progressivo de DF/PF na curva durante o teste tip-up de fator de potencia pode ser uma indicação de atividade de PD em andamento. Recomenda-se fazer a medição de PD para determinar o tipo de defeito e sua localização.
- > A OMICRON recomenda testar em uma rampa para cima e para baixo para dar uma indicação da atividade de PD (tensão de início e de extinção).
- > Os valores DF/PF podem ser comparados com os dados publicados pelo fabricante ou com testes anteriores para determinar as alterações da condição de isolamento.
- > Inspeções visuais também podem identificar os danos causados por defeitos.



Perdas dielétricas causam uma deslocamento de fase



DF/PF com erro na fase 1 quando comparado aos bons resultados das fases 2 e 3.



A linha azul representa uma máquina com alta atividade de PD (grande histerese). A linha vermelha representa uma máquina nova com baixa atividade de PD.

Por que usar CPC 100 + CP TD1 + CP CR500?

- > Fonte de teste de alta tensão portátil com capacidade de medição C e DF/PF de até 12 kV e 5 A
- > Circuito ressonante (CR500 CP e capacitância de teste) para o teste na frequência nominal
- > Medição rápida devido a procedimentos de teste automatizados e relatório
- > Análise detalhada devido a varreduras de tensão e frequência automatizadas

Por que usar o TANDO 700?

- > Medições de alta precisão para laboratórios de teste
- > Máxima segurança por meio de Isolamento elétrico completo entre as unidades de aquisição e a unidade de controle
- > Medição de objetos de teste aterrados e não aterrados também em potencial de alta tensão
- > Ampla faixa de entrada de medição de 5 μ A até 1 A e até 28 A com uso de shunts elétricos externos
- > Relatório personalizado com parâmetros de medição e tendências selecionáveis

Medição de descarga parcial

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

As descargas parciais (PD) ocorrem no sistema de isolamento de máquinas rotativas, no qual o estresse do campo elétrico local excede a força elétrica local. Ela provoca uma erosão progressiva de materiais isolantes que pode levar a falhas.

Comparada a outros testes dielétricos em máquinas rotativas, o caráter diferencial das medições de PD permite que pontos fracos do isolamento sejam claramente identificados.

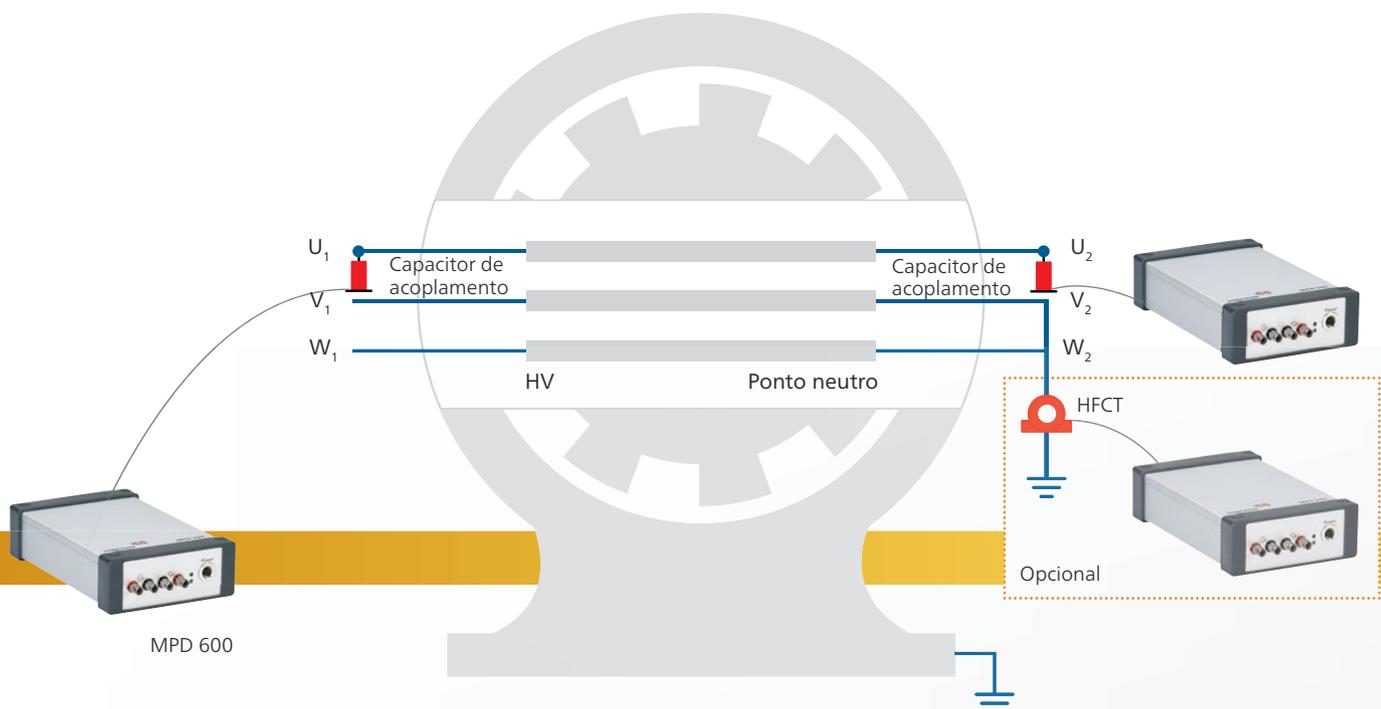
A PD em máquinas rotativas (por exemplo, descargas de ranhuras ou descargas nas cabeças de bobina) produz padrões reconhecíveis. Por meio da análise do padrão, podem ser identificadas causas principais específicas, como contaminação, micro bolhas (ou vazios), rachaduras ou deterioração geral de diferentes componentes de isolamento.

Como funciona?

As medições de PD off-line são realizadas quando a máquina está fora de serviço e energizada com uma fonte de alta tensão. Um capacitor de acoplamento é conectado aos terminais da máquina, que é conectada ao dispositivo de medição de PD.

Dependendo se o ponto estrela está acessível, uma medição monofásica pode ser feita. Caso contrário, uma medição trifásica combinada com técnicas de separação de fonte permite identificar a atividade de PD em uma fase específica.

Há uma série de padrões internacionais relevantes que especificam como fazer medições de PD em máquinas rotativas, como IEC 60034-27.



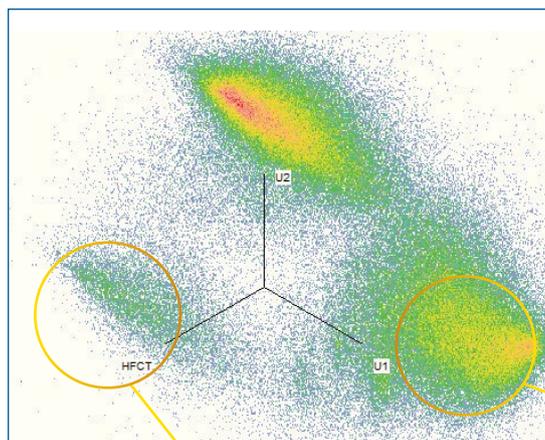
É bom saber...

- > Uma medição combinada no ponto estrela (quando acessível) e nos terminais permite uma análise mais detalhada.
- > Medições com filtros de baixa frequência possibilitam uma maior cobertura dos enrolamentos.
- > Ferramentas de diagnóstico avançadas, como 3PARD (diagrama de relação de amplitude em 3 fases) e 3FREQ (medições multifrequência síncronas), são usadas para separar ruídos e múltiplas fontes de PD para uma interpretação mais confiável.
- > A OMICRON sugere a utilização de um transformador de corrente de alta frequência (HFCT) nas fases aterradas, não medidas, a fim de medir os sinais de acoplamento cruzado e para habilitar a opção 3PARD.
- > As medições de PD podem ser feitas em combinação com as medições C e DF/PF para eficiência de correlação e melhor tempo.

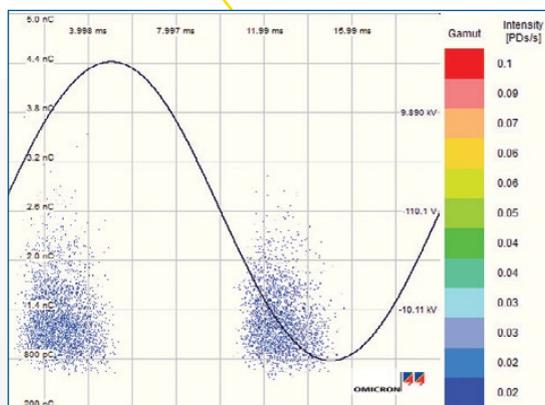
Por que usar o MPD 600?

- > A Transmissão de dados por fibra óptica fornece um isolamento galvânico total para uma operação segura e para melhorar significativamente a relação de sinal para ruído.
- > A filtragem digital completa resulta em um grau excepcionalmente elevado de reprodutibilidade para a realização de controle de qualidade de PD confiável, calibrado e rastreável.
- > Poderosas ferramentas disponíveis para a separação de diferentes fontes de PD, como 3PARD e 3FREQ, permitem um diagnóstico mais eficaz da atividade de PD.
- > Fluxos de dados de medição gravados podem ser selecionados individualmente para se concentrar em eventos de PD relevantes para produção de relatórios personalizados.

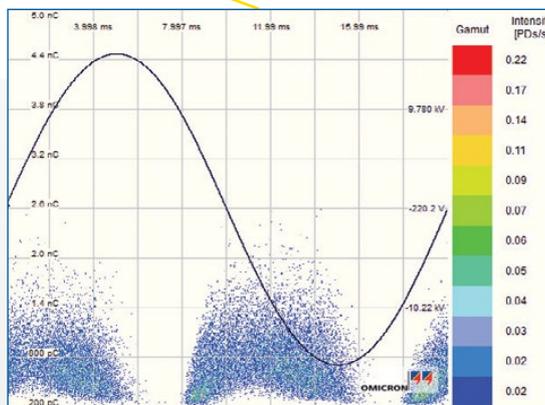
Separação de fonte com 3PARD



3PARD



Fonte de PD 1



Fonte de PD 2

Monitoramento de descarga parcial on-line

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

Em comparação com testes de diagnóstico off-line de rotina, o monitoramento online de descarga parcial (PD) fornece aos gerentes de ativos o estado de condição de isolamento continuamente enquanto os motores e os geradores estão em operação e sob a influência de forças de deterioração.

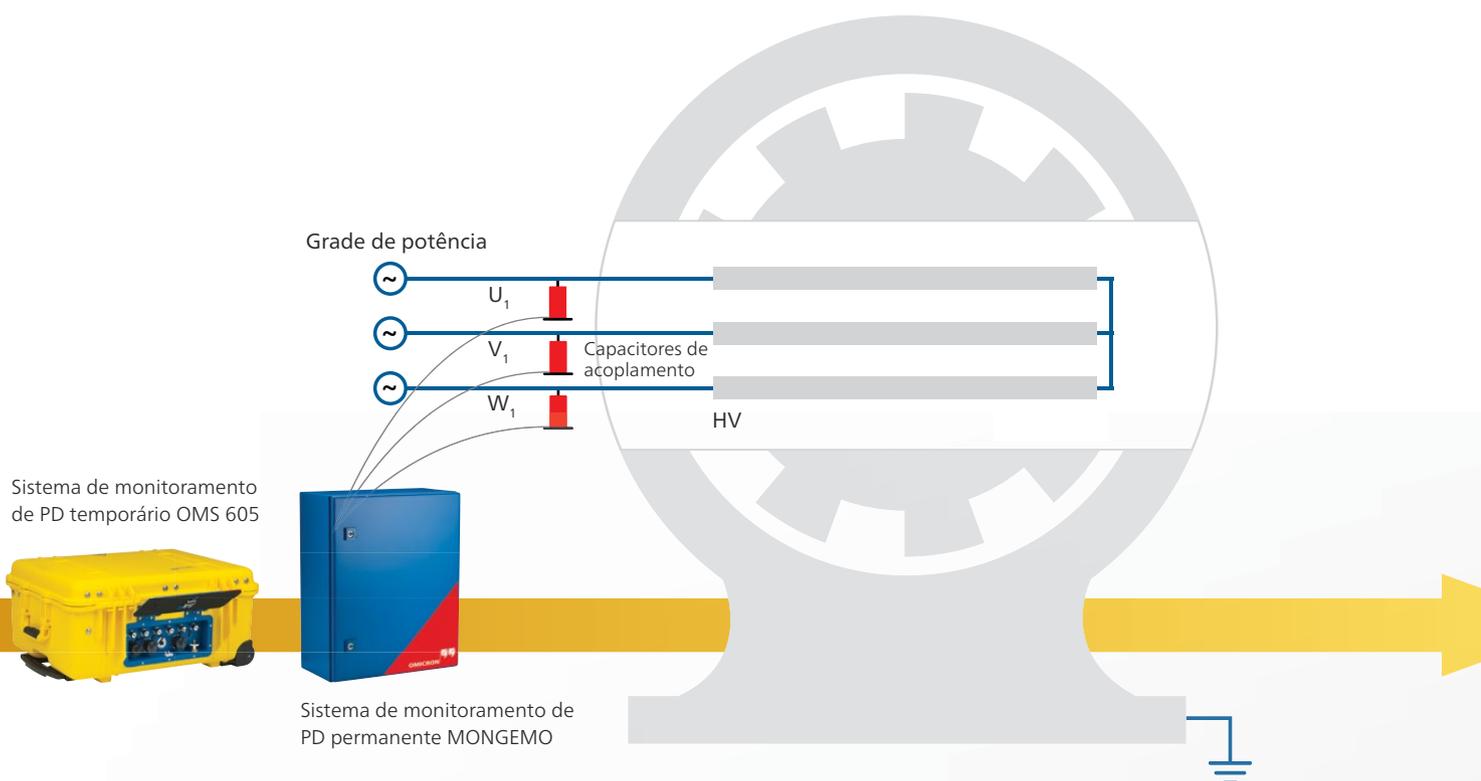
O monitoramento de PD temporária é usada para observar periodicamente mudanças na atividade de PD, enquanto o monitoramento de PD permanente avalia continuamente a atividade de PD ao longo de toda a vida útil de uma máquina. Com base nos dados coletados, os operadores da máquina podem decidir se e quando é necessário programar uma parada e realizar a manutenção.

Como funciona?

Capacitores de acoplamento são conectados a cada fase nos terminais quando a máquina está off-line. A unidade de aquisição de dados é, em seguida, conectada aos capacitores de acoplamento. Uma estação de trabalho móvel ou computador central é conectado via cabo de fibra óptica à unidade de aquisição para a configuração do sistema, administração e acesso a dados usando o software.

Uma comparação contínua dos valores de PD medidos em cada fase é feita com os limites definidos pelo usuário. Avisos e alarmes indicam quando esses limites foram excedidos.

IEC 60034-27-2 é um padrão internacional relevante que especifica como monitorar a PD em máquinas rotativas.



É bom saber...

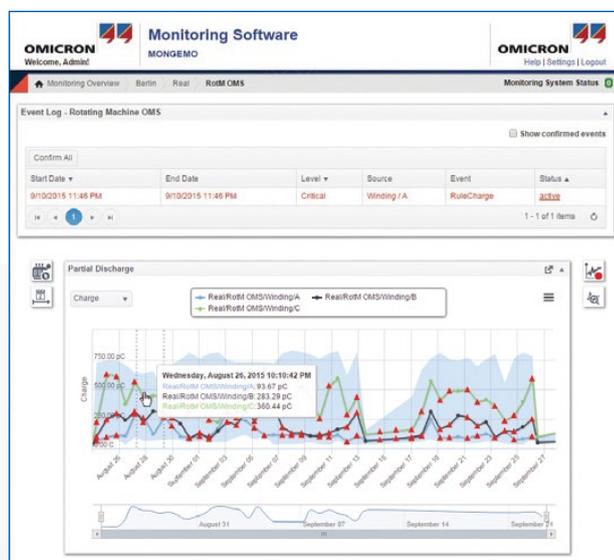
- > O monitoramento online de PD não expõe o isolamento a estresses de tensão mais elevados do que os encontrados em condições normais de operação.
- > Para testes e monitoramento de PD frequentes, recomenda-se que os capacitores de acoplamento estejam instalados permanentemente para evitar ter de desligar a máquina a cada vez. O uso de uma caixa de terminal permite realizar conexões plug-and-play convenientes às unidades de aquisição.
- > Ferramentas de diagnóstico avançadas, como 3PARD (diagrama de relação de amplitude em 3 fases) e 3FREQ (medições multifrequência síncronas), são usadas para separar ruídos e múltiplas fontes de PD para uma interpretação confiável.
- > Para máquinas mais antigas com crescentes níveis de PD, um sistema de monitoramento permanente e continuamente é recomendado para manter uma monitoramento constante sobre o estado da condição de isolamento.

Por que usar o OMS 605?

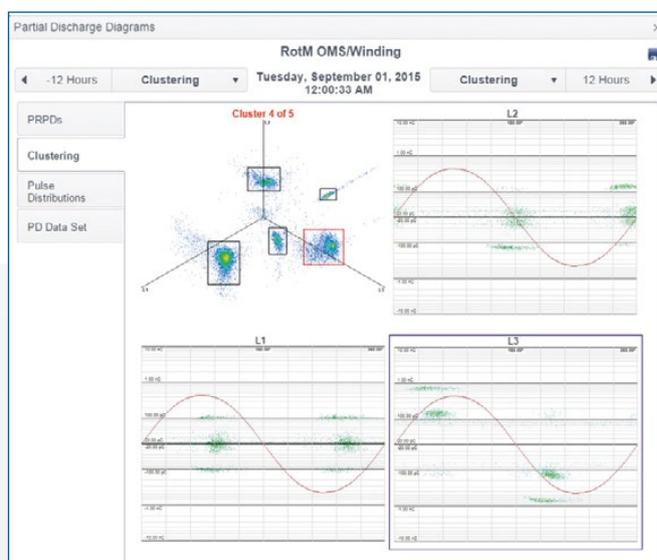
- > Sistema de monitoramento de PD online temporário portátil para uso de curto prazo em máquinas
- > Conexões plug-and-play para fácil configuração enquanto a máquina está on-line
- > Aquisição de dados de PD síncrona e multicanal para avaliação completa de PD
- > Supressão de ruído avançada e separação de origem de PD para avaliação conveniente

Por que usar o MONGEMO?

- > Sistema de monitoramento de PD online permanente para uso de longo prazo em uma ou diversas máquinas
- > Aquisição de dados de PD síncrona e multicanal para avaliação completa de PD
- > Supressão de ruído avançada e separação de cluster de PD automática para avaliação precisa
- > Gravação de dados brutos de PD em intervalos selecionados para pós-análise detalhada
- > Integração perfeita com dispositivos de monitoramento de terceiros e sistemas SCADA



Os dados de PD históricos e em tempo real são exibidos para cada fase.



Técnicas avançadas de separação de ruído e fonte de PD múltipla para avaliação confiável e precisa e identificação de defeitos.

Ensaio dielétrico

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

Para garantir uma operação confiável, o teste de tensão aplicada pode ser usado para detectar pontos fracos individuais no isolamento de motores e geradores.

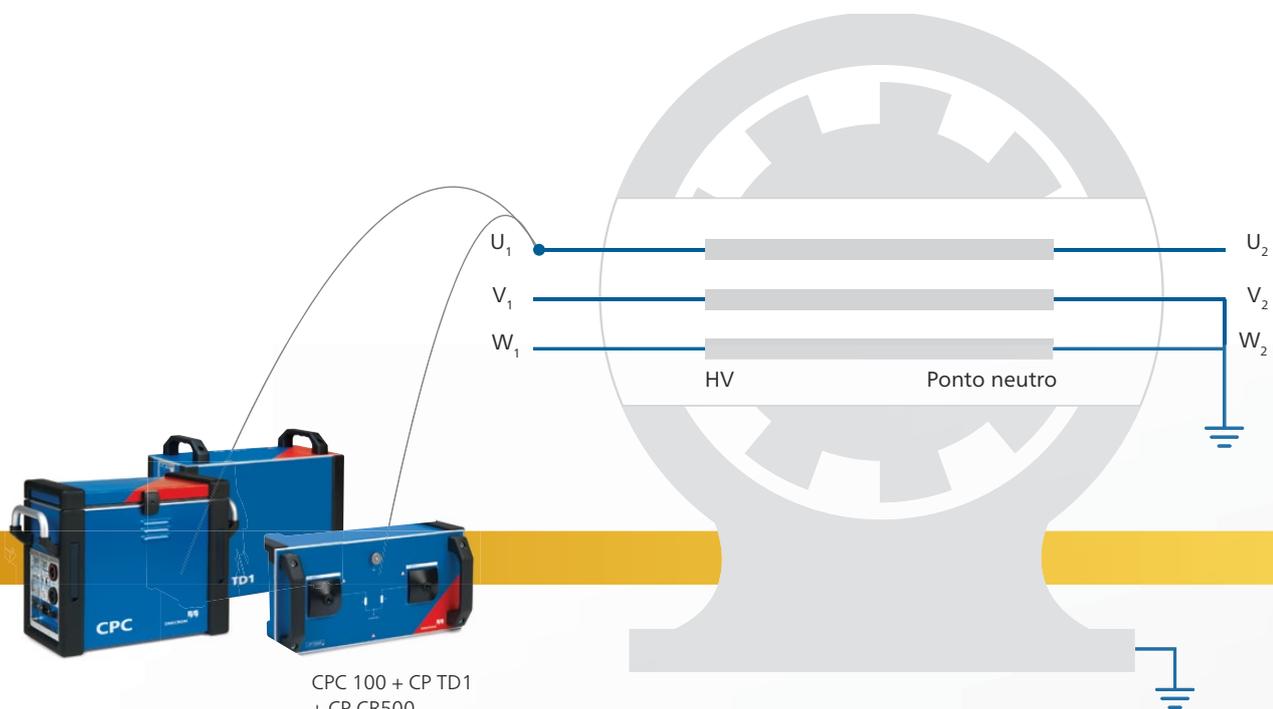
O teste de tensão aplicada é uma investigação do tipo SIM ou NÃO. A capacidade de resistência inerente do isolamento saudável está bem acima do valor habitual do teste de prova. A falha durante um teste indica que o isolamento era inadequado para o serviço.

Como funciona?

Uma fonte de teste de CA é aplicada para energizar os enrolamentos com um potencial muito mais elevado do que o classificado em etapas de elevação ou rampa ou incrementos estáveis.

O isolamento do enrolamento passa no teste quando certo nível de sobretensão é suportado sem um colapso.

O teste de tensão aplicada é definido pelo padrão IEC 60034-1. O teste é realizado apenas em máquinas novas com a tensão de teste total, de acordo com o padrão. Para máquinas em serviço, o teste é realizado em níveis de tensão reduzidos.

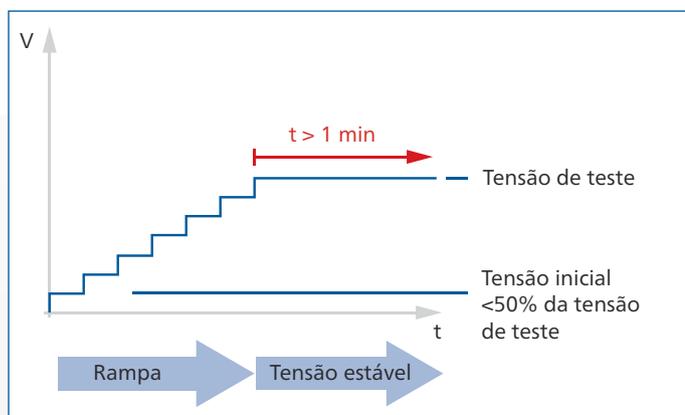


É bom saber...

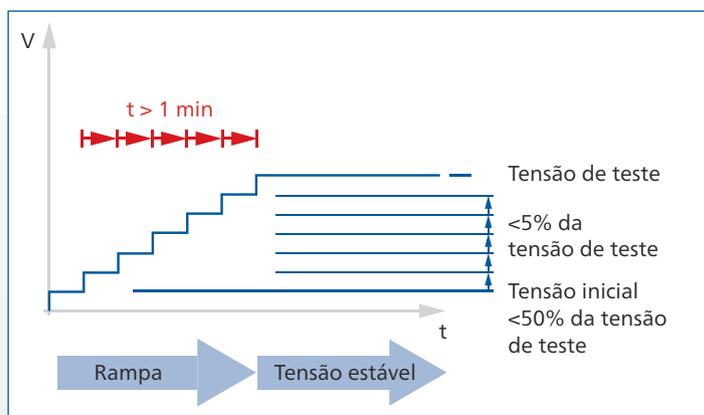
- > Se nenhuma fonte CA adequada estiver disponível para testes na frequência nominal, uma fonte CC pode ser usada para testes. Neste caso, a amplitude da tensão CC é maior do que o valor RMS CA de acordo com o padrão aplicável.
- > A seleção de potencial na parte superior do enrolamento e do mecanismo de repartição é diferente ao usar CC em vez de excitação de alta tensão CA.
- > Uma alimentação elétrica automática de alta tensão (isto é, equipamento de teste de tensão em rampa) pode ser usada para aumentar linearmente a tensão aplicada de zero até um valor máximo, a uma taxa de rampa constante, tipicamente de 1 a 2 kV por minuto.
- > Um bom procedimento é verificar o índice de polarização (PI) primeiro a fim de ver se já existem maiores caminhos de fuga.

Por que usar CPC 100 + CP TD1 + CP CR500?

- > Análise detalhada devido a varreduras de tensão e frequência automatizadas
- > Tensão máxima de teste de 12 kV
- > Medição rápida devido a procedimentos de teste automatizados e relatório
- > Sistemas móveis e modulares – componente mais pesado pesa 35 kg
- > Fonte HV portátil para teste em frequência nominal



A tensão é aumentada em uma rampa ou em passos até a tensão de teste desejada, mantida por pelo menos um minuto.



Se a tensão for aumentada em passos, o IEC recomenda que os conjuntos sejam inferiores a 5% da tensão de teste.

Resistência de isolamento, índice de polarização e medições da relação de absorção dielétrica

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

As medições de resistência de isolamento (IR), índice de polarização (PI) e relação de absorção dielétrica (DAR) são úteis para verificar se os enrolamentos da máquina possuem contaminação e deterioração de isolamento. Elas também são úteis para avaliar a integridade do isolamento para garantir um funcionamento seguro, bem como para verificar a existência de umidade nos enrolamentos do estator depois de um período longo de suspensão.

A resistência de isolamento é um parâmetro comum para a avaliação da integridade do isolamento. Similar à medição de DAR, uma medição de índice de polarização detecta possíveis caminhos de fuga e dá uma indicação geral aproximada sobre o estado do isolamento.

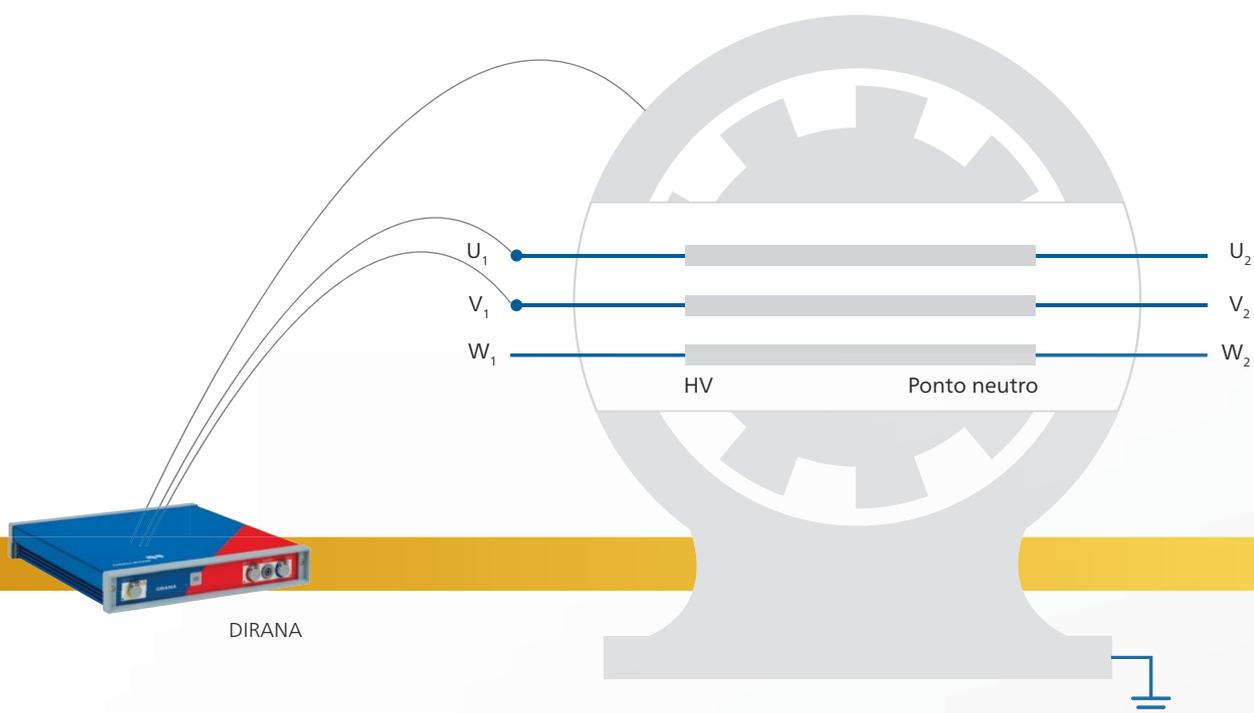
Como funciona?

Para a medição da resistência de isolamento, uma tensão CC constante é aplicada entre o condutor de cobre e o solo.

Para determinar o PI, a medição de IR é realizada durante 10 minutos. PI é a relação entre a leitura de 10 minutos dividida pela leitura de 1 minuto do valor de IR. DAR também é uma relação de dois valores de resistência ao longo do tempo. Aqui se usa frequentemente o valor de 60 segundos a 30 segundos.

Em comparação com outras fases ou medições anteriores, valores menores de IR e PI (ou DAR) indicam possíveis pontos fracos no isolamento de alta tensão.

O padrão IEEE 43-2000 define como essas medições devem ser realizadas e fornece limites para a avaliação dos resultados.

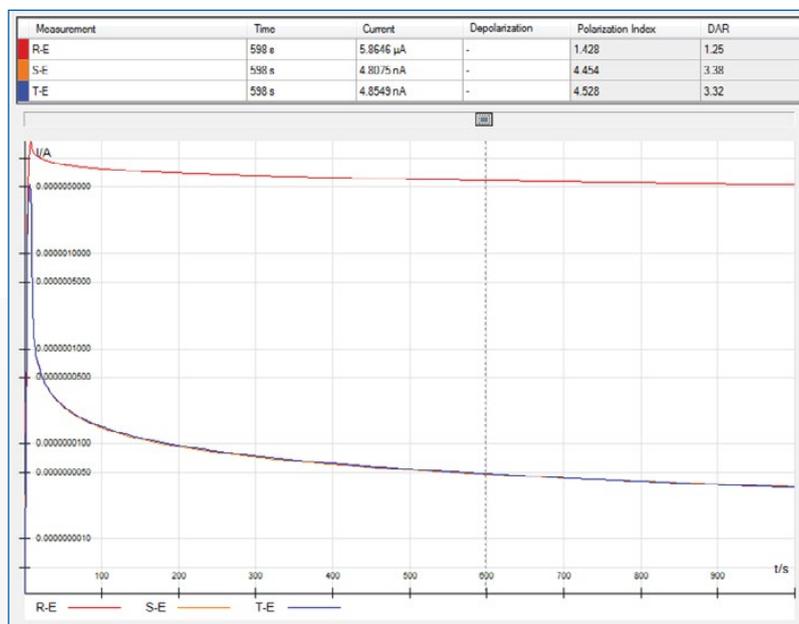


É bom saber...

- > Esta é uma medida integral que proporciona uma declaração geral sobre a condição de isolamento da máquina, mas substitui os testes CA de potencial elevado (isto é, C, DF/PF e PD).
- > Para garantir a operação confiável de uma máquina rotativa, o valor de PI deve ser maior que 2. Qualquer leitura menor que esse valor mínimo deve ser investigada.
- > A pré-polarização, que resulta, por exemplo, de medições de IR e PI anteriores, pode afetar os resultados. Para evitar isso, assegure um intervalo de tempo adequado (pelo menos tão longo quanto a própria medição) antes das medições subsequentes.
- > Ao medir a resposta dielétrica, IR, PI e DAR também são determinados.

Por que usar o DIRANA?

- > Medição automática de resposta dielétrica, resistência de isolamento e índice de polarização
- > Medições simultâneas em duas fases
- > Os diagramas de conexão ajudam a encontrar as configurações de medição ideais; mostram os cenários de medição corretos
- > A verificação de pré-polarização proporciona medições confiáveis
- > Alta precisão e segurança usando tensões baixas de teste



Resistência de IR com uma falha na fase U.

Medição da resistência do enrolamento CC

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- ✓ Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

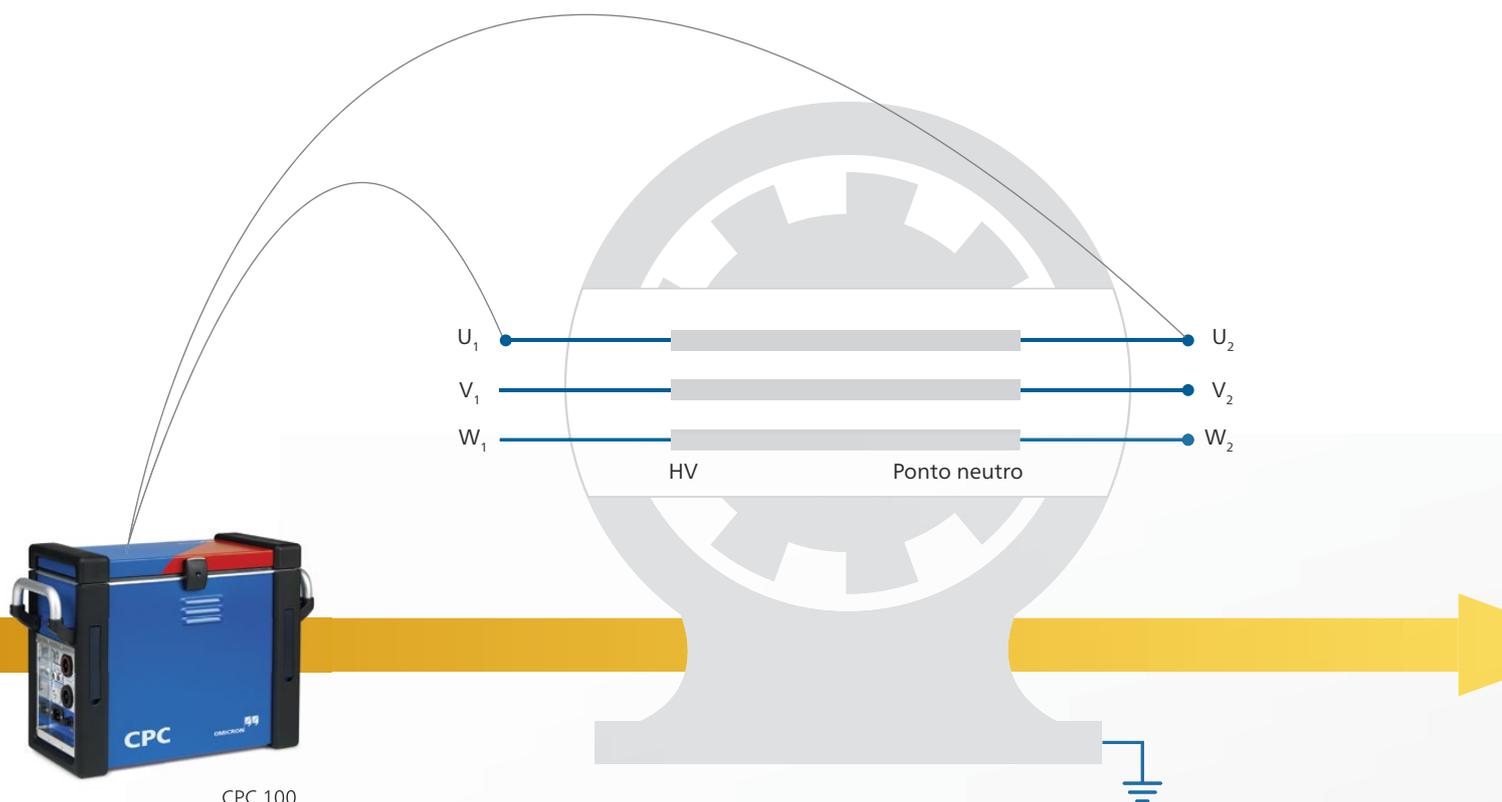
A medição da resistência CC é realizada para detectar possíveis problemas de contato nos enrolamentos do rotor e do estator de máquinas rotativas.

Problemas de conexão ocorrem entre as bobinas ou barras do enrolamento individuais. Eles desenvolvem pontos quentes locais, o que pode eventualmente levar o gerador a queimar de forma parcial ou total. As origens comuns dessas falhas incluem maus contatos de solda, que se tornam mais fracos com a operação.

Como funciona?

Para medir a resistência CC, o instrumento de medição é ligado às saídas da máquina. A corrente CC e a tensão CC são medidas simultaneamente para cada fase e a resistência é calculada.

Os dados mostram uma comparação entre as fases de medições anteriores e devem ser semelhantes para cada fase. Uma variação entre as fases indica um problema de contato potencial.



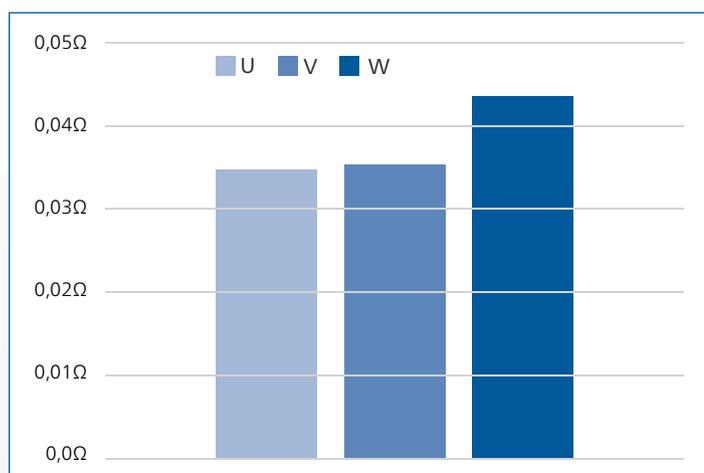
CPC 100

É bom saber...

- > Uma medição a quatro fios possibilita resultados mais confiáveis e minimiza a influência da configuração de teste.
- > Visto que a medição é um método de comparação, os valores da resistência têm de ser corrigidos quanto à temperatura, a fim de comparar os resultados.
- > Inspeções com uma câmera térmica podem ser usadas para confirmar os resultados. Uma corrente elevada é aplicada às conexões do enrolamento e uma inspeção visual com uma câmara de termografia revela onde os pontos quentes estão localizados.

Por que usar o CPC 100?

- > Dispositivo multifuncional aplicável para a maioria dos testes elétricos de rotina sobre máquinas elétricas rotativas
- > Até 400 A CC e 5 kVA para medições de resistência para a faixa de micro ohm.
- > Fácil de transportar (29 kg) para testes no local
- > Modelos de teste, procedimentos de testes gerados automaticamente e relatórios de testes



Medição da resistência do enrolamento com 100 A (fase W com contato de soldagem com defeito).



Mau contato de solda

Medida de resistência de contato

Qual peça pode ser testada?

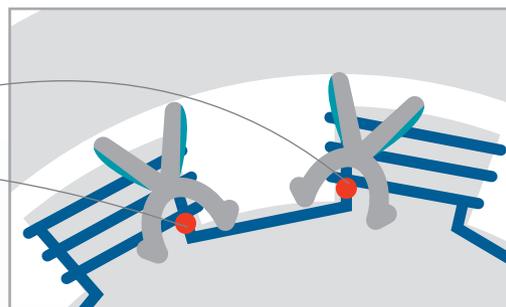
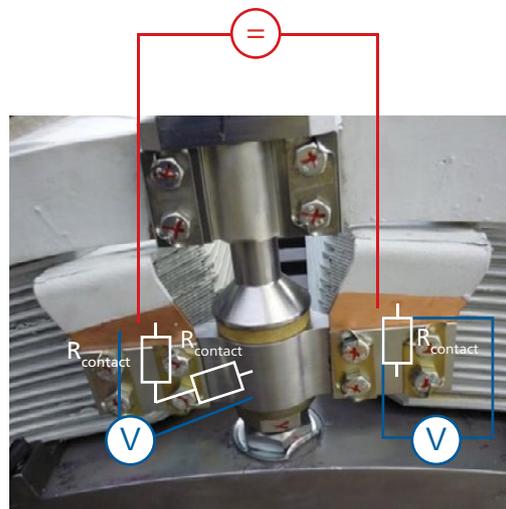
- Enrolamento do estator
- ✓ Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

A medição da resistência de contato é realizada para detectar conexões soltas, bem como superfícies de contato oxidadas ou danificadas em conectores de polo de máquina. Esses defeitos geram pontos quentes, que podem levar à desconexão dos polos.

Como funciona?

A medição de resistência de contato é executada nos conectores de polo do rotor. Uma corrente CC é injetada entre os conectores de polo. A corrente CC e a tensão CC são medidas simultaneamente para cada conector de polo. Essas medições são comparadas com as de outros polos e também a medições anteriores.



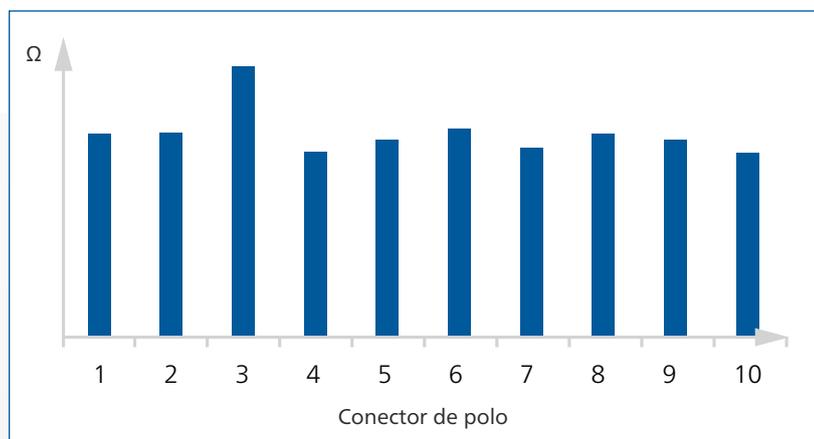
CPC 100

É bom saber...

- > Uma medição a quatro fios possibilita resultados mais confiáveis e minimiza a influência da configuração de teste.
- > Inspeções com uma câmara térmica podem ser usadas para confirmar os resultados. Uma corrente elevada é aplicada às conexões entre os polos do enrolamento e uma inspeção visual com uma câmara térmica revela onde os pontos quentes estão localizados.
- > Visto que a medição é um método de comparação, os valores da resistência têm de ser corrigidos quanto à temperatura, a fim de comparar os resultados.

Por que usar o CPC 100?

- > Dispositivo multifuncional aplicável para a maioria dos testes elétricos de rotina sobre máquinas elétricas rotativas
- > Até 400 A CC e 5 kVA para medições de resistência para a faixa de micro ohm.
- > Fácil de transportar (29 kg) para testes no local
- > Modelos de teste, procedimentos de testes gerados automaticamente e relatórios de testes



O teste mostra que o conector de polo 3 deve ser investigado.

Teste de queda de tensão CC nos polos

Qual peça pode ser testada?

- Enrolamento do estator
- ✓ Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

O estresse mecânico nos enrolamentos do rotor causa falhas entre espiras (curtos-circuitos), que podem levar a um desequilíbrio magnético. Isso causa vibrações de eixo mais altas e, como resultado, maiores estresse e danos aos mancais.

Semelhante à análise de resposta em frequência de varredura, o teste de teste de queda de tensão CC nos polos é realizado em enrolamentos do rotor monopolar para detectar falhas na espira interna.

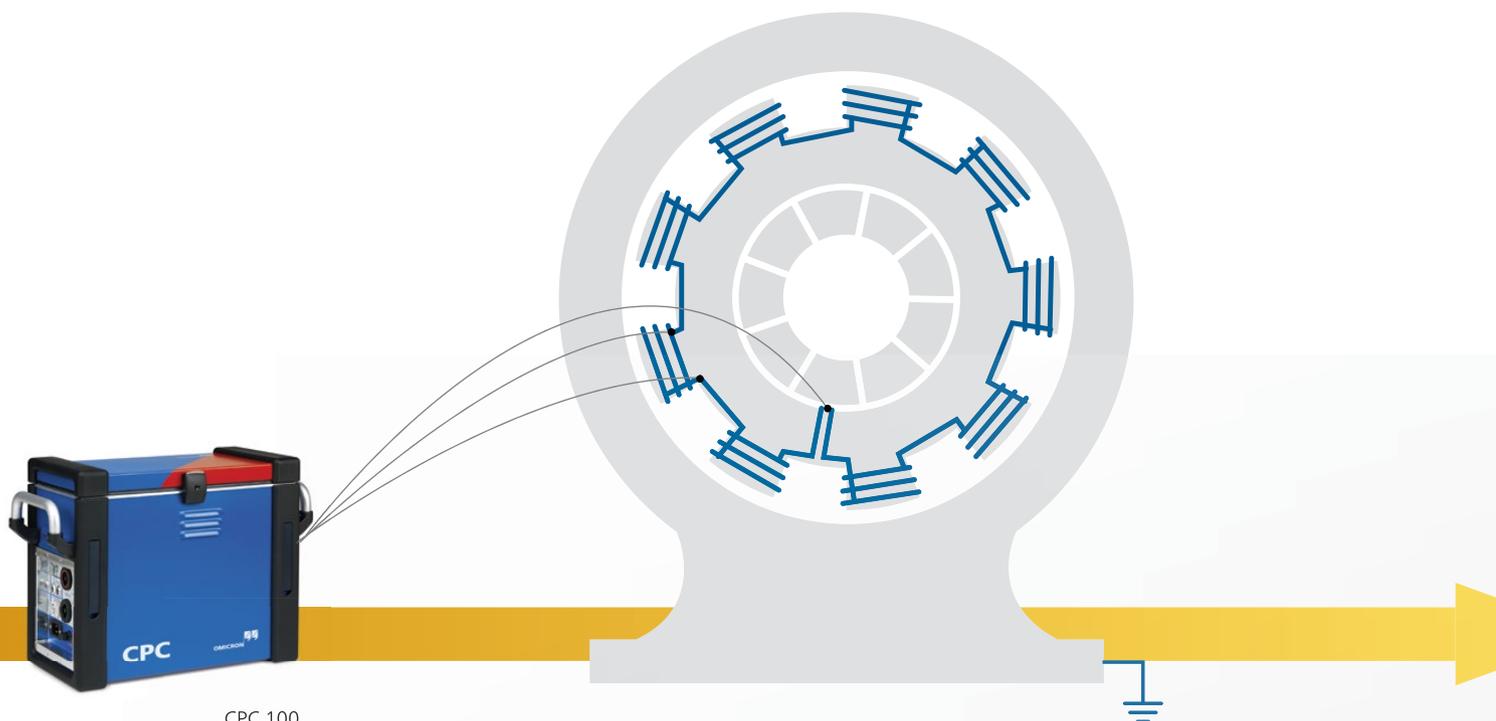
Este é um teste comparativo simples realizado durante os testes de aceitação de fábrica, inspeções de manutenção de rotina ou durante remodelações do enrolamento do polo da máquina rotativa.

Como funciona?

Um teste de teste de queda de tensão CC nos polos é executado quando o gerador está em espera. Uma corrente CA é injetada nos anéis coletores para energizar os enrolamentos do polo.

Ao medir a queda de tensão de cada polo entre os conectores de enrolamento de polo, a impedância pode ser determinada. Uma comparação entre os resultados da medição de cada um dos polos ou com as medições anteriores identifica possíveis falhas na espira interna no enrolamento do polo.

Um polo com uma falha na espira interna mostra uma queda significativa da tensão mais baixa (ou da impedância mais baixa) do que o valor médio dos polos saudáveis.



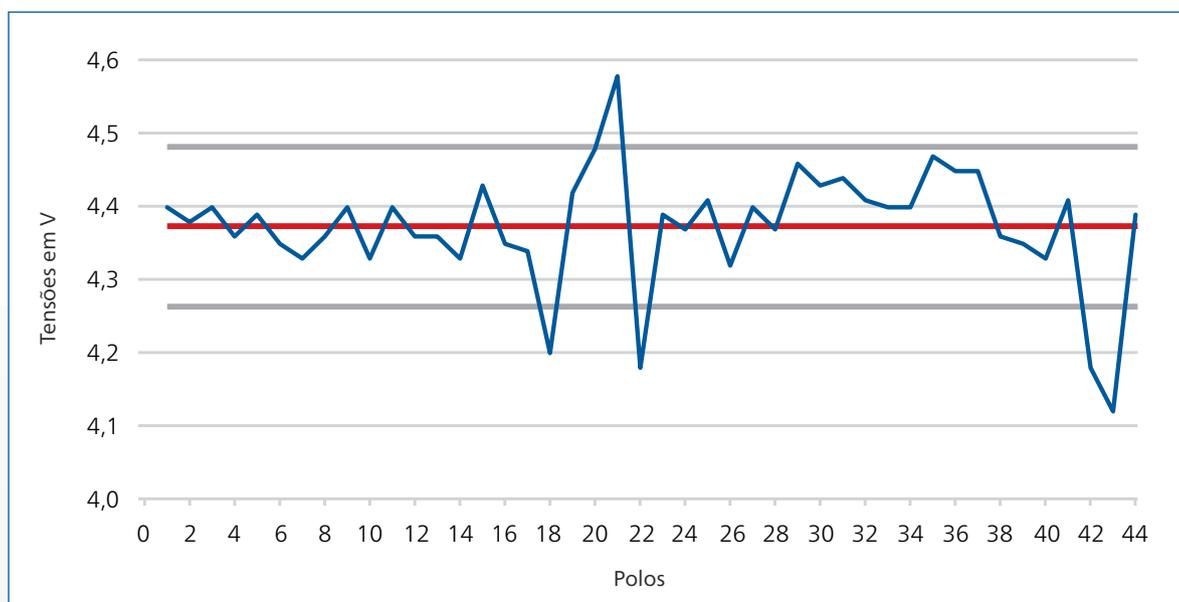
CPC 100

É bom saber...

- > As impedâncias de cada polo deverão ser comparadas entre si. Além disso, é possível fazer uma comparação com os resultados de medições anteriores. Com base na experiência da OMICRON, uma diferença de $\pm 2,5\%$ da média é uma indicação de falha e deve ser investigada.
- > Os valores podem mudar, especialmente para rotores removidos dependendo de sua posição. Isso também se aplica a máquinas nas quais a parte superior do estator é removida.
- > Falhas potenciais da espira interna resultantes de forças centrífugas não podem ser detectadas, visto que o enrolamento do rotor está em repouso durante o teste.

Por que usar o CPC 100?

- > Dispositivo multifuncional aplicável para a maioria dos testes elétricos de rotina sobre máquinas elétricas rotativas
- > Fácil de transportar (29 kg) para testes no local
- > Modelos de teste, procedimentos de testes gerados automaticamente e relatórios de testes



A linha vermelha indica o valor médio. Nem todos os valores de medição estão na faixa aceitável dentro de $\pm 2,5\%$ do valor médio. Isso indica suspeita de falhas interespira.

Análise de resposta em frequência de varredura

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- ✓ Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

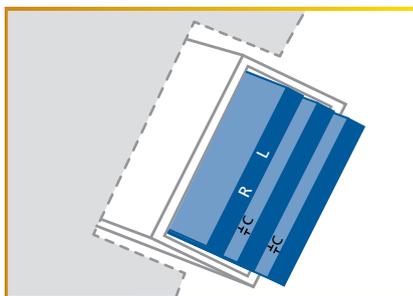
A análise de resposta em frequência de varredura (SFRA) é realizada para detectar falhas na espira interna causadas por estresse mecânico nos enrolamentos do polo das máquinas durante os testes de aceitação de fábrica ou durante os testes de manutenção de rotina. Também pode ser usada para detectar falhas da espira interna nos enrolamentos do estator.

Como funciona?

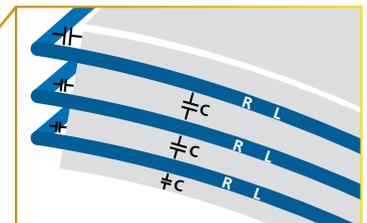
O circuito elétrico no estator, bem como o rotor, pode ser considerado uma rede elétrica complexa de capacitância, indutância e resistores com a sua própria resposta em frequência. Quaisquer defeitos nos enrolamentos resultam em uma mudança da rede e na resposta em frequência correspondente. Medir essa resposta em frequência permite detectar a falha.

Um sinal senoidal é aplicado na entrada da rede elétrica. Tanto a amplitude quanto a mudança de fase do sinal de saída são medidas.

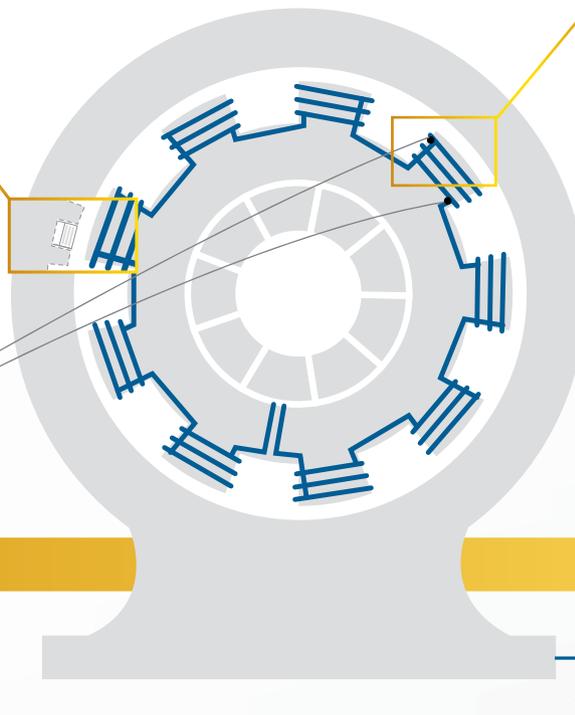
A resposta em frequência é determinada através da comparação da amplitude e da fase dos sinais de entrada e de saída. Os valores possuem desvios entre os diferentes polos ou entre as medições anteriores quando as falhas na espira interna alteram o comportamento da resposta em frequência.



A análise de resposta em frequência de varredura (SFRA) permite detectar falhas da espira interna nos enrolamentos do estator.



A SFRA também permite a realização de um diagnóstico confiável do enrolamento do rotor de máquinas rotativas.



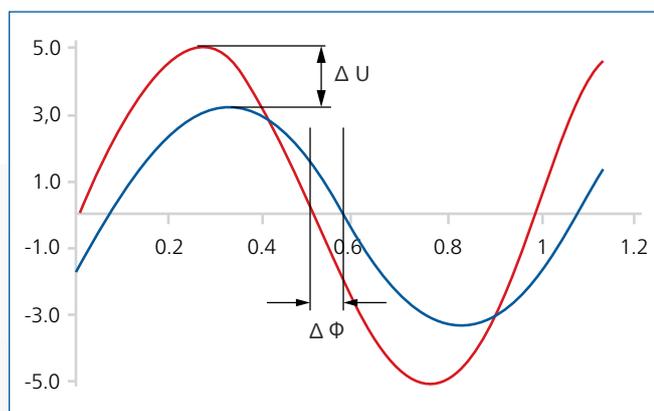
FRANEQ 800

É bom saber...

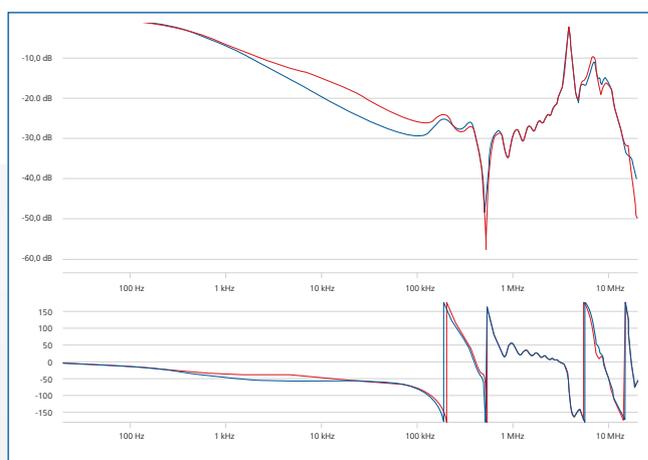
- > O método de SFRA foi desenvolvido para detectar deformações mecânicas dos enrolamentos do transformador e também é utilizado para detectar falhas na espira interna nos enrolamentos de máquinas rotativas.
- > Com o teste de sobretensão, uma injeção pode ser necessária em ambos os lados do enrolamento. Isso não é necessário para a medição SFRA.
- > Para medições nos polos: Visto que essa é uma medição comparativa, esteja atento que, se a parte superior da máquina estiver ausente, haverá uma diferença entre os polos superiores e inferiores em função da sua posição, bem como em medições anteriores.

Por que usar o FRANEO 800?

- > O maior intervalo dinâmico no setor de teste de SFRA (> 145 dB)
- > Maior precisão ($\pm 0,5$ dB até -100 dB)
- > A alta sensibilidade possibilita resultados confiáveis com máxima segurança em níveis de baixa tensão
- > Tensão de saída ajustável
- > Suporte de software para análise automática de resultados, comparações e relatório personalizado.



Princípio de medição



A linha azul faz referência ao polo saudável; a linha vermelha indica o polo com falha na espira interna, onde uma espira está superada.

Análise da resposta dielétrica

Qual peça pode ser testada?

- ✓ Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- Núcleo do estator

Por que medir?

A análise da resposta dielétrica de máquinas rotativas avalia a condição de isolamento da máquina, como contaminação, deterioração e integridade do isolamento. Também detecta umidade após longa paralisação da máquina.

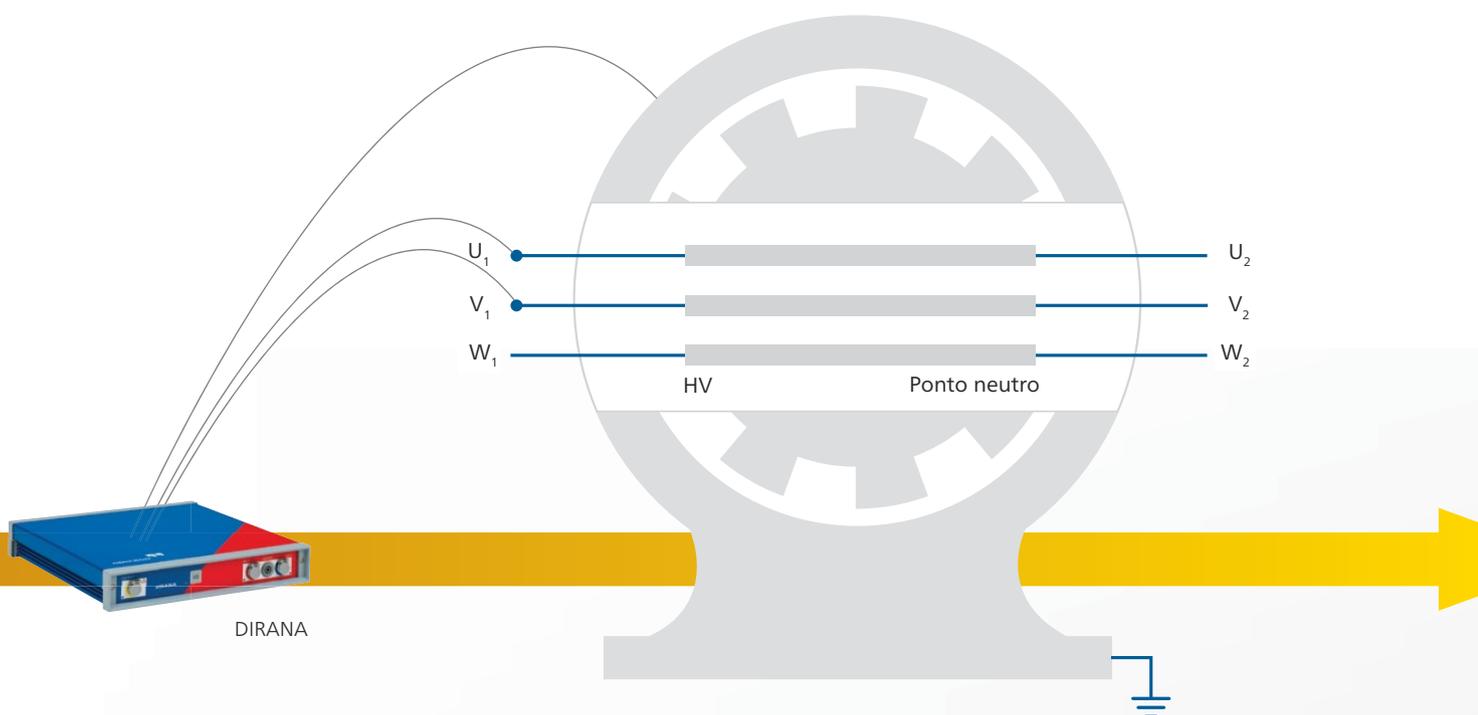
Descargas parciais (PD) costumam causar carbonização antes de ocorrer uma ruptura do isolamento principal. Essas áreas carbonizadas podem ser detectadas através de medições de resposta dielétrica.

Como funciona?

A análise da resposta dielétrica determina as propriedades dielétricas de um isolamento em uma faixa de frequência muito ampla (μHz a kHz). Isso a torna muito sensível para detectar uma variedade de defeitos de isolamento.

Em geral, o fase-solo do isolamento do estator é medido em máquinas rotativas. A tensão de saída é aplicada ao solo e um ou dois canais de entrada são conectados à(s) fase(s).

A avaliação da medição pode ser realizada utilizando valores absolutos, como fator de capacitância ou dissipação/fator de potência (DF/PF), etc., ou por meio da comparação das curvas de resposta dielétrica de diferentes fases.

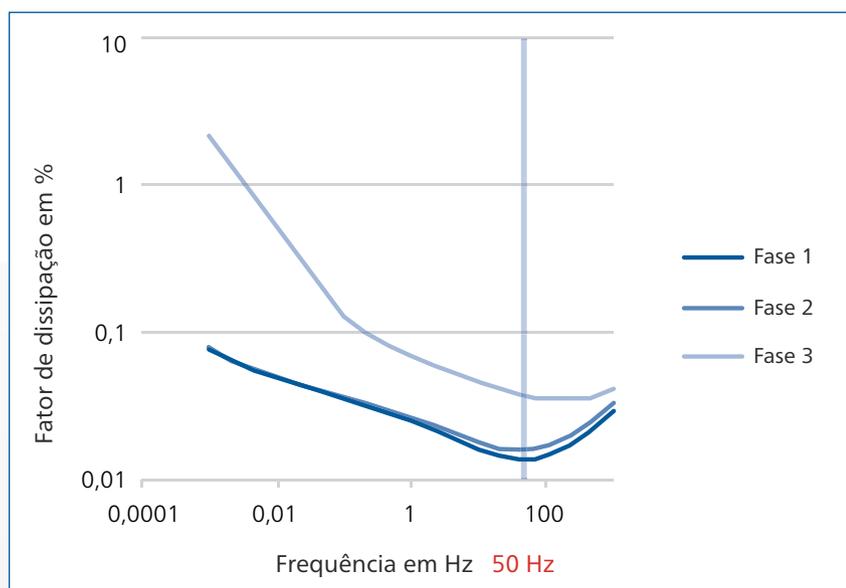


É bom saber...

- > Quando o ponto estrela puder ser aberto, as fases poderão ser medidas individualmente e será possível fazer uma comparação entre elas. Outra maneira de analisar a resposta dielétrica é comparar os resultados de medição com os resultados anteriores, se estiverem disponíveis.
- > A análise de resposta dielétrica é realizada com tensões relativamente baixas. Isso permite a realização de testes rápidos no local. Por outro lado, a análise de resposta dielétrica não substitui a medição de PD. Ela simplesmente detecta certos danos resultantes da PD, mas não consegue detectar a PD por conta própria.
- > Os caminhos de escoamento são mais fáceis de detectar em frequências mais baixas. Portanto, a análise de resposta dielétrica é mais sensível para detectar caminhos de escoamento em comparação com medições DF/PF na frequência de linha.
- > Ao medir a resposta dielétrica, também é determinado o índice de polarização (PI) e a resistência de isolamento (IR).
- > Antes de iniciar a medição, recomenda-se verificar o isolamento quanto a pré-polarização, pois isso pode influenciar os resultados da medição. A pré-polarização pode ser causada por testes de CC anteriores (como resistência de isolamento, etc.) ou por medições anteriores de PDC em outras fases.

Por que usar o DIRANA?

- > A resposta dielétrica é medida dentro de uma ampla faixa de frequência
- > Medição automática de resposta dielétrica, resistência de isolamento e índice de polarização
- > Medições simultâneas em duas fases
- > Os diagramas de conexão ajudam a encontrar as configurações de medição ideais; mostram os cenários de medição corretos
- > A verificação de pré-polarização proporciona medições confiáveis
- > Alta precisão e segurança usando tensões baixas de teste



Análise de resposta dielétrica com falha na fase 3.

Teste de imperfeição eletromagnética

Qual peça pode ser testada?

- Enrolamento do estator
- Enrolamento do rotor
- ✓ Núcleo do estator

Por que medir?

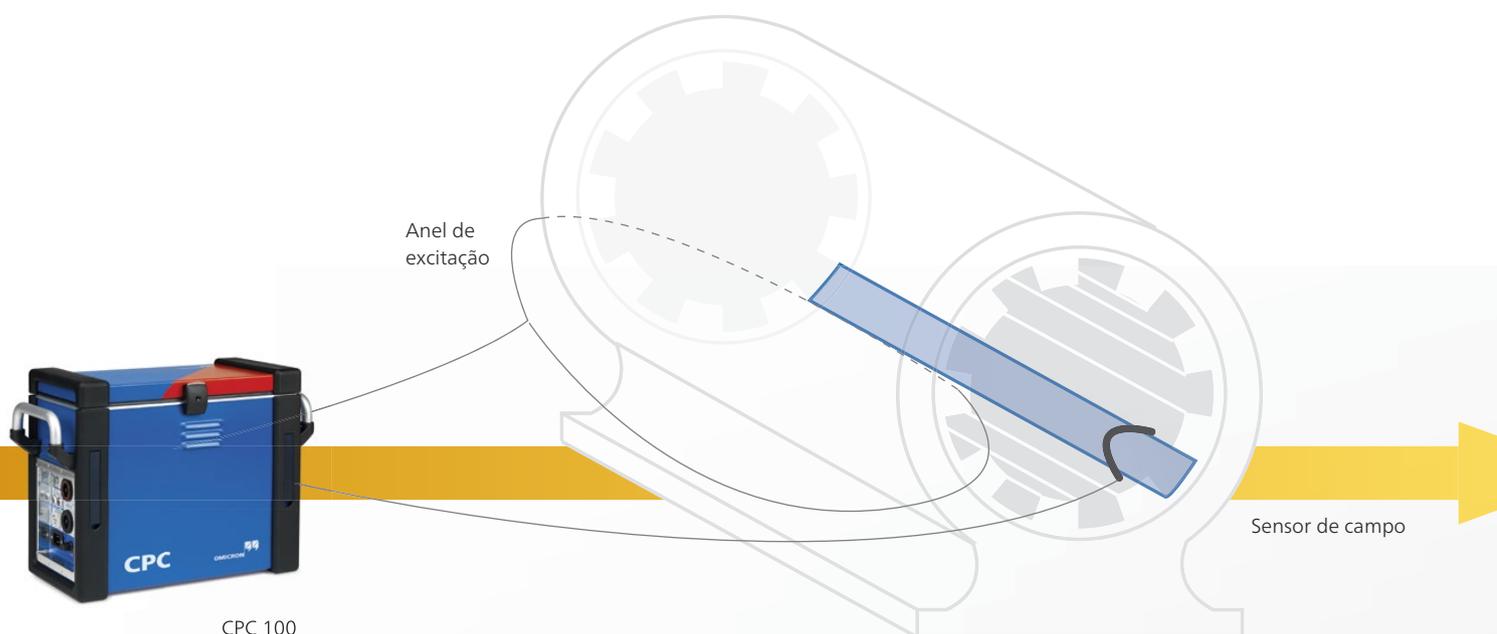
Os núcleos do estator são feitos de segmentos de aço laminado finos e empilhados, isolados uns contra os outros por uma camada de verniz para minimizar perdas. Se ocorrer o encurtamento da laminação, uma corrente do circuito criará pontos quentes locais, o que pode causar um derretimento parcial na máquina.

O teste de imperfeição eletromagnética é realizado para testar as imperfeições interlaminadas do núcleo do estator que causam aquecimento e danos durante a operação da máquina.

Como funciona?

O teste de imperfeição eletromagnética é realizado off-line durante paradas maiores para manutenção. Para executar esse teste, o rotor é puxado para fora completamente. O núcleo é energizado com uma pequena porcentagem de fluxo nominal e o fluxo disperso sobre a superfície é medido ao longo das ranhuras com o dispositivo de medição.

As diferenças nos resultados das medições podem indicar pontos quentes. Visto que a falha cria imperfeições no circuito magnético do núcleo, elas podem ser determinadas por um aumento do fluxo dispersão na amplitude e uma mudança de fase.



CPC 100

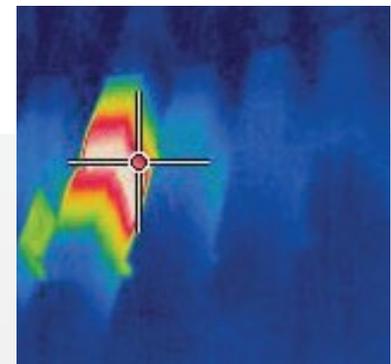
É bom saber...

- > Esse teste é recomendado para investigar o núcleo após problemas anteriores e como um teste de rotina para avaliar a integridade do isolamento entre as camadas do núcleo.
- > Em comparação com os testes convencionais de termografia, esse teste exige uma quantidade muito pequena de energia, o que o torna fácil de executar.
- > O teste de imperfeição eletromagnética oferece a possibilidade de visualizar falhas potenciais no núcleo na parede ou na base da ranhura.
- > Uma medição de referência pode ser feita para dar ao testador uma ideia da quantidade de fluxo injetado, a fim de reproduzir a medição no futuro.

Por que usar o CPC 100?

- > Dispositivo multifuncional aplicável para a maioria dos testes elétricos de rotina sobre máquinas elétricas rotativas
- > Até uma potência de saída de 5 kVA em uma frequência/intervalo de 15 Hz a 400 Hz
- > Fácil de transportar (29 kg) para testes no local
- > Modelos de teste, procedimentos de testes gerados automaticamente e relatórios de testes

Slot 1	Slot 2	Slot 3	Slot 4	Slot 5	Slot 6	Slot 7	Slot 8	Slot 1	Slot 2	Slot 3	Slot 4	Slot 5	Slot 6	Slot 7	Slot 8
0.00549	0.00558	0.00565	0.0059	0.0059	0.00576	0.00563	0.00534	-87.39	-88.9	-90.04	-90.18	-90.16	-89.69	-89.58	-91.04
0.00522	0.00539	0.00543	0.00556	0.00569	0.00573	0.00534	0.00533	-88.29	-89.55	-90.44	-90.85	-90.69	-90.23	-90.69	-90.63
0.00506	0.00521	0.00518	0.00536	0.00542	0.00547	0.00533	0.00538	89.31	89.93	90.59	90.62	90.2	90.29	90.5	90.85
0.00502	0.00519	0.00519	0.0053	0.00545	0.0054	0.00535	0.00519	-89.37	-90.01	-90.61	-90.7	-90.26	-90.37	-90.79	-90.98
0.00533	0.0053	0.00534	0.0054	0.00557	0.00543	0.0054	0.00518	-89.28	-89.76	-90.31	-90.47	-90.18	-90.11	-90.91	-90.98
0.00558	0.00549	0.00557	0.00577	0.00569	0.00546	0.00519	0.0051	-88.53	-89.54	-89.92	-89.95	-89.98	-90.02	-90.23	-91.48
0.00595	0.00577	0.00597	0.0065	0.00655	0.00535	0.00502	0.00491	-86.34	-87.59	-87.82	-87.37	-89.03	-90.31	-91.1	-91.79
0.00607	0.00574	0.00586	0.00621	0.0126	0.00508	0.00414	0.00432	-84.87	-85.7	-86.07	-82.12	-78.08	-91.13	-98.04	-95.89
0.00338	0.00368	0.00358	0.00449	0.02328	0.00652	0.00552	0.00518	-102.52	-100.32	-101.41	-97.22	-71.15	-85.35	-88.57	-90.37
0.00451	0.00494	0.00504	0.00564	0.00926	0.0062	0.00548	0.00539	91.4	88.93	88.52	87.04	82.92	86.27	88.79	89.63
0.00511	0.00517	0.0052	0.00544	0.00594	0.0054	0.00526	0.00515	-89.07	-89.18	-88.35	-88.14	-88.94	-89.29	-89.35	-90.42
0.0054	0.0053	0.00521	0.00515	0.00504	0.00502	0.00495	0.00498	-89.05	-89.72	-89.8	-89.83	-89.77	-90.31	-90.33	-90.39
0.00549	0.00537	0.00526	0.0052	0.00512	0.0049	0.00498	0.005	88.94	90.15	90.63	89.95	88.91	90.45	90.66	90.42
0.0055	0.00545	0.00533	0.00526	0.00512	0.00513	0.00503	0.00508	-89.54	-90.87	-90.41	-90.22	-89.92	-90.56	-90.73	-90.36
0.00512	0.0051	0.00501	0.00508	0.00526	0.00514	0.00518	0.00504	-89.6	-89.63	-90.34	-90.13	-89.65	-89.74	-89.99	-90.06
0.00504	0.00509	0.00509	0.00511	0.0052	0.00514	0.00507	0.00496	90.23	90.42	90.71	90.05	89.07	89.28	89.6	89.87
0.00514	0.00522	0.00521	0.00525	0.00523	0.00519	0.00508	0.00507	-90.72	-90.9	-91.07	-90.45	-89.44	-89.75	-90.11	-89.24
0.00529	0.00531	0.00525	0.00529	0.00516	0.0051	0.00515	0.00507	-90.17	-90.82	-90.49	-90.52	-90.45	-90.42	-89.57	-90.17
0.00523	0.00531	0.00528	0.00519	0.00509	0.00513	0.00514	0.00503	-90.56	-90.75	-90.71	-90.85	-90.82	-90.28	-89.81	-90.88
0.00527	0.00537	0.00524	0.00515	0.00517	0.00535	0.00523	0.00514	-90.29	-90.77	-90.64	-90.5	-90.43	-90.08	-90.03	-90.58
0.00507	0.00506	0.00502	0.00505	0.00521	0.00514	0.00513	0.00502	-90.53	-90.58	-90.44	-90.57	-90.07	-90.25	-90.18	-90.32
0.00498	0.00503	0.00505	0.00502	0.0051	0.00528	0.00509	0.00502	-90.74	-90.55	-90.3	-90.48	-90.22	-89.82	-89.88	-90.27
0.00503	0.00504	0.00504	0.00506	0.00519	0.00502	0.00518	0.00508	-90.75	-90.5	-90.38	-90.54	-90.36	-89.86	-89.81	-90.2
0.00528	0.00511	0.00501	0.00496	0.00494	0.005	0.0049	0.00486	-90.47	-90.61	-90.75	-90.61	-89.68	-90.18	-89.43	-90.18
0.00533	0.00522	0.00515	0.00506	0.00505	0.00519	0.00502	0.00495	-90.56	-90.46	-90.62	-90.06	-89.54	-89.96	-90.08	-90.24
0.00536	0.00532	0.00523	0.00523	0.00514	0.00531	0.00517	0.00506	90.4	90.34	90.29	89.93	89.52	89.99	90.21	90.1
0.00498	0.005	0.005	0.0051	0.00534	0.00539	0.00511	0.00496	-90.68	-90.5	-90.35	-90.35	-90.24	-89.98	-90.26	-90.94
0.00497	0.00503	0.00504	0.00509	0.00526	0.00536	0.00505	0.00497	-90.81	-90.88	-90.76	-90.6	-90.45	-90.15	-90.16	-90.47
0.00512	0.0052	0.0053	0.00524	0.00529	0.00532	0.00511	0.00507	90.65	90.66	90.95	90.6	89.92	90.06	90.47	90.66
0.00526	0.00521	0.00515	0.00513	0.00525	0.0053	0.00504	0.00504	-90.23	-90.43	-90.75	-90.74	-90.4	-90.14	-90.18	-90.61
0.00525	0.00519	0.00517	0.00511	0.00512	0.00528	0.0051	0.00503	-90.11	-90.22	-90.76	-90.76	-90.42	-90.13	-90.2	-90.38
								90	89.89	90.53	90.84	90.87	90.65	90.28	90.47



Uma inspeção com uma câmera térmica confirma pontos quentes locais.

A imperfeição é visível na amplitude e na fase dos valores.

Uma conexão sólida e segura

Bem-vindo à equipe

Na OMICRON, você sempre pode contar com uma equipe experiente que oferece suporte de maneira ativa e com uma infraestrutura confiável. Nós sempre ouvimos com atenção para entender suas necessidades, de modo que possamos oferecer as melhores soluções possíveis. Nos esforçamos para criar parcerias duradouras e garantir que continue confiando em seu produto por muito tempo após adquiri-lo. Para isso, nos concentramos na qualidade, na transferência de conhecimento e no suporte exclusivo ao cliente.

Don, Wenyu e Christoph podem contar mais sobre os serviços disponibilizados e por que vale a pena fazer parte da nossa equipe.



Don Platts
Especialista em aplicação

Soluções nas quais você pode confiar...

...desenvolvidas com experiência, paixão e uma abordagem inovadora que nós usamos para continuar estabelecendo padrões inovadores dentro do nosso setor.

Investimos mais de 15% do nosso faturamento total em pesquisa e desenvolvimento para continuar garantindo o uso confiável de tecnologia de ponta no futuro.

Nosso conceito abrangente de assistência ao produto também assegura que o seu investimento em nossas soluções, como atualizações de software gratuitas, seja compensado em longo prazo.





Wenyu Guo
OMICRON Academy



Compartilhamos o nosso conhecimento...

...mantendo um diálogo contínuo com usuários e especialistas. Alguns exemplos disso são nossos eventos e conferências para clientes que ocorrem no mundo todo, além da nossa colaboração com vários comitês de normalização.

Nós também disponibilizamos nosso conhecimento na seção de clientes do nosso site, no formato de relatórios de aplicação, artigos especializados e artigos no fórum de discussão. Com a OMICRON Academy, nós também oferecemos um amplo espectro de possibilidades de capacitações, além de ajudá-lo com o treinamento inicial e webinars gratuitos.



Christoph Engelen
Suporte técnico

24/7 support

Quando é necessária uma rápida assistência...

...nosso excelente nível de suporte é sempre reconhecido. Você encontrará técnicos altamente qualificados e comprometidos em nosso departamento de suporte ao cliente que funciona 24 horas por dia, 7 dias por semana, além de ser um serviço completamente gratuito. Nós lidamos com serviços de reparo e recursos de serviço de maneira justa e não burocrática.

Nós podemos ajudá-lo a minimizar o tempo de inatividade emprestando um equipamento para você de em um de nossos centros de serviço na sua área. Uma oferta abrangente completa de serviços de consultoria, teste e diagnóstico de nossa linha.

A OMICRON é uma empresa internacional que serve a indústria de energia elétrica com testes inovadores e soluções de diagnóstico. A aplicação de produtos OMICRON permite aos usuários avaliar a condição do equipamento primário e secundário em seus sistemas com total confiança. Os serviços oferecidos nas áreas de consultoria, comissionamento, teste, diagnóstico e treinamento tornam completa a gama de produtos.

Em mais de 140 países, nossos clientes confiam na capacidade da empresa para proporcionar tecnologia de ponta de excelente qualidade. Centrais de atendimento em todos os continentes fornecem uma base abrangente de conhecimento e extraordinário atendimento ao cliente. Tudo isso, juntamente com a nossa forte rede de parceiros de vendas, foi o que tornou a nossa empresa líder de mercado no setor de energia elétrica.

Para mais informações, documentação adicional e informações detalhadas para contato dos nossos escritórios no mundo todo, visite o nosso site.