

Por Fábio Henrique Dér Carrião\*



## Capítulo II

# Testes em campo de disjuntores

### 1 - INTRODUÇÃO

Os disjuntores, por serem os equipamentos que efetivamente realizam a abertura e fechamento dos circuitos, são os elementos básicos de proteção do sistema, juntamente com os relés, transformadores de corrente e de potencial e banco de baterias. Esporadicamente, estes equipamentos são solicitados a interromper correntes de curto circuito elevadas onde são envolvidos esforços térmicos e eletromagnéticos elevados. Devido a essas possíveis condições operacionais devem ser previstos procedimentos de manutenção cuidadosos com estes equipamentos. A frequência de cada inspeção e/ou procedimento (periodicidade) depende de uma série de fatores, tais como: tipo de instalação, número de operações, posição estratégica na instalação etc. No entanto, é recomendável se proceder com uma inspeção a cada ano ao menos. Após a interrupção de grandes correntes de curto circuito, recomenda-se medir a resistência de contato antes da recolocação em serviço no mínimo. Somando-se a isso, deve-se sempre seguir as recomendações de cada fabricante com relação aos seus equipamentos.

Em caso de grandes períodos de in-operação, por falta de solicitação, é necessário que, ao menos a cada seis meses, sejam realizados testes de abertura e fechamento. Isso ajudará a manter as partes em condições de operação.

### 2 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA: INSPEÇÕES E ENSAIOS

#### 2.1 - Inspeções periódicas

Periodicamente, devem ser realizadas algumas inspeções no disjuntor:

- Em casos de disjuntor a óleo, deve ser verificado o nível de óleo dos polos. Também deve ser levada em consideração na verificação do nível a temperatura do equipamento. Em temperaturas mais baixas, o óleo poderá ficar abaixo da marca de nível mínimo e com temperaturas muito altas poderá ficar acima, o que normalmente não trará maiores consequências;
- Deve ser verificada a densidade do gás nos polos em disjuntores a SF6;
- A verificação do sistema de proteção com injeção de corrente nos transformadores de corrente para atuar a proteção e desligar o disjuntor deve ser realizada nas manutenções anuais do equipamentos. O tempo de atuação da proteção deve ser comparado com os tempos previstos no estudo de seletividade do sistema;
- Simulação do bloqueio do religamento do disjuntor pela atuação da proteção (anualmente);
- A inspeção visual visa verificar a existência de vazamentos (gaxetas ressecadas, buchas rachadas);
- A lubrificação do mecanismo deve ser feita de acordo com as recomendações do fabricante do disjuntor;
- Verificação do sistema hidráulico e pneumático de acionamento;
- Verificação do relé de pressão de gás nos polos, com simulação do bloqueio de operação do disjuntor e sinalização pela atuação do relé.

#### 2.2 - Ensaios

Além das inspeções, também devem entrar no programa de manutenção do disjuntor testes e ensaios, sendo que os

seguintes testes são os mais recomendados:

- medição da resistência ôhmica dos contatos;
- medição dos tempos de abertura e fechamento e verificação da simultaneidade dos contatos;
- medição do fator de potência do isolamento;
- medição da resistência ôhmica de isolamento das hastes de acionamento, câmaras e isoladores, contra a terra.

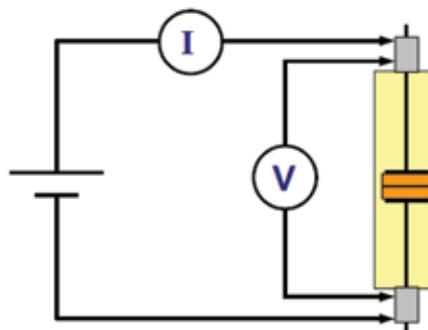
A seguir são descritos os procedimentos adotados em cada ensaio.

#### a) *Medição da resistência ôhmica dos contatos*

Os disjuntores possuem dois jogos de contato, o auxiliar e o principal, a rugosidade e a qualidade dos contatos é medida pela queda de tensão entre as superfícies. Existem valores normativos para os limites de queda de tensão a serem considerados para os disjuntores de acordo com sua corrente nominal.

Para se medir a resistência dos contatos do disjuntor em ohms tradicionalmente se utiliza um Microhmímetro (Ducter) com escala adequada.

Na figura a seguir é mostrada a conexão padrão do equipamento de testes, nesse caso, o Microhmímetro ou Ducter.



Retirado de curso de ensaios elétricos de equipamentos e usinas - Lactec

Para se avaliar os resultados deve ser feito o cálculo do valor da queda de tensão, já que os valores são medidos em ohms, e serem comparados com a tabela abaixo.

CORRENTE NOMINAL	QUEDA DE TENSÃO (mV)
800 A	18
1250 A	28
1600 A	36
2000 A	45
2500 A	56

Valores máximos de queda de tensão nos contatos

Outro critério importante a ser considerado é o valor de resistência informado pelo próprio fabricante do equipamento.

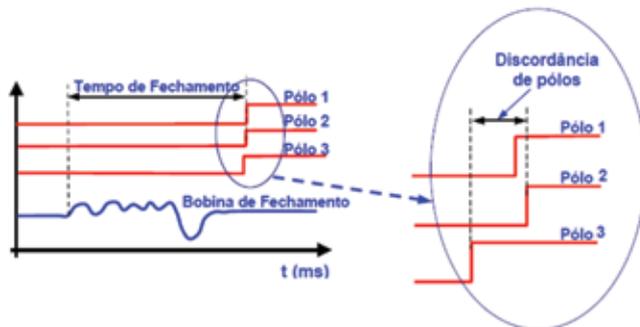
### b) Medição dos tempos de operação – Oscilografia

A medida dos tempos de abertura e fechamento dos contatos principais é importante, quando comparados aos tempos originais de fábrica, pois fornecem uma visão do estado das molas, juntas, ajustes do núcleo das bobinas, válvulas, lubrificação etc.

O tempo de abertura é medido a partir do início da operação de abertura e o instante da separação dos contatos. O tempo de fechamento é medido a partir do início da operação de fechamento e o instante em que os contatos se tocam em todos os polos.

A simultaneidade de abertura e fechamento dos contatos é indicada pela discordância nos polos, ou seja, a diferença de tempo entre o polo mais rápido e o mais lento tanto na abertura quanto no fechamento.

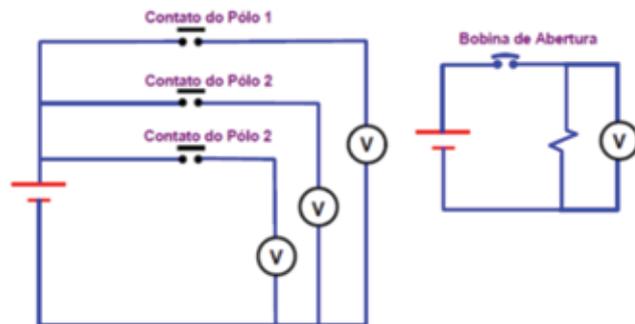
Estes tempos podem ser representados graficamente conforme:



Retirado de curso de ensaios elétricos de equipamentos e usinas – Lactec

O método tradicionalmente aplicado para a medição desses tempos é o do registro oscilográfico em papel fotossensível ou através de equipamentos digitais que realizam registros similares dos tempos.

Na figura a seguir é mostrado um esquema resumido com a conexão padrão de um equipamento de testes para a realização da oscilografia.



Retirado de curso de ensaios elétricos de equipamentos e usinas - Lactec

Para se avaliar os resultados, os tempos devem ser comparados com os dados pelo fabricante do disjuntor. De forma geral, não é recomendado que a discordância entre os polos seja maior do que 10% do tempo total.

### c) Medição do fator de potência do isolamento

Os disjuntores são equipamentos compostos de diversos materiais isolantes, tais como óleo mineral, gás SF6, peças de fibra de vidro impregnadas com resinas sintéticas, buchas de porcelana etc., com características dielétricas diferentes, porém, formando um conjunto único. A variação de cada isolante influencia diretamente no resultado final do teste.

Uma das formas de se avaliar o isolamento do disjuntor é proceder com o ensaio de fator de potência do isolamento, normalmente aplicável a disjuntores a partir de 69 kV. A medição do Fator de Potência do Isolamento dos disjuntores é realizada por equipamento específico para este fim (Medidor de Fator de Potência).

Para se realizar a medição antes deve ser realizada limpeza nas buchas com um pano seco ou com substâncias de limpeza não contaminantes deve-se também desconectar todos os cabos do disjuntor. As conexões podem ser realizadas conforme tabela abaixo.

As partes medidas representam:

- Ccs: Capacitância da Câmara Superior;
- Cci: Capacitância da Câmara Inferior;
- Rcs: Resistência da Câmara Superior;
- Rci: Resistência da Câmara Inferior;
- Rh: Resistência da Haste de Acionamento.

Para se avaliar os resultados deve ser feita a correção dos valores obtidos para a temperatura de referência de 20°C pela fórmula:

$$FP_c = FP_m \times F$$

Onde:

$FP_c$  = fator de potência corrigido

$FP_m$  = fator de potência medido

F = fator de correção, de acordo com a temperatura ambiente no local do teste

TESTE NÚMERO	PARTE MEDIDA	CONEXÃO DOS CABOS			CHAVE
		ALTA	BAIXA	TERRA	
1	Ccs+Rcs	ENTRADA	SAÍDA	CARÇAÇA	UST
2	Cci+Rci+Rh	SAÍDA	CARÇAÇA	CARÇAÇA	GROUND

Conexões Ensaio de Fator de Potência em Disjuntor

A tabela de correção de acordo com a temperatura é mostrada a seguir:

°C	FATOR
5	1.41
10	1.25
15	1.11
20	1.00
25	0.90
30	0.80
35	0.71
40	0.65

**Norma ABNT NBR IEC 60060 2013**

Os valores devem ser comparados com os testes de fábrica do disjuntor ou, em caso da ausência dos mesmos, com histórico de medições anteriores realizadas no equipamento. Para disjuntores com este tipo de isolante, o valor do fator de potência é bastante alterado em caso de condições desfavoráveis no óleo. Para disjuntores a SF6 qualquer anormalidade encontrada deve ser atribuída a umidade interna, sujeira na superfície externa ou defeitos na porcelana ou suportes de fibra.

**d) Medição da resistência ôhmica do isolamento**

A medição da resistência ôhmica do isolamento dos disjuntores é realizada através do uso de um Megôhmetro e também tem como finalidade avaliar o estado do isolamento do equipamento.

A desconexão dos cabos do disjuntor e a limpeza externa do mesmo também deve ser realizada antes da realização deste teste. A tensão de ensaio pode ser verificada a seguir:

Tensão do Disjuntor	Tensão de Teste (Vcc)
Até 220 V	500
220 a 4160 V	1000
4.16 a 69 kV	2500
Acima de 69 kV	5000

**Tensão de ensaio para disjuntores**

As conexões podem ser realizadas conforme tabela a seguir.

TESTE NÚMERO	PARTE MEDIDA	CONEXÃO DOS CABOS		
		LINE	EARTH	GUARD
1	Rcs	ENTRADA	SAÍDA	CARCAÇA
2	Rci+Rh	SAÍDA	TERRA	ENTRADA

**Conexões ensaio de resistência de isolamento em disjuntor**

\*Fábio Henrique Dér Carrião é engenheiro de Energia e Automação Elétrica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Profissional com 13 anos de experiência no setor, sendo responsável pela gestão de equipes de engenharia, comissionamento e montagem em projetos de subestações de alta, média e baixa tensão. Atuando em indústrias de diversos segmentos, usinas de geração e concessionárias de energia.

As partes medidas representam:

- Rcs: Resistência da Câmara Superior
- Rci: Resistência da Câmara Inferior
- Rh: Resistência da Haste de Acionamento

Para se avaliar os resultados pode ser feita a correção dos valores obtidos para a temperatura de referência de 75°C pela fórmula:

$$R_{75} = R_{med} / 2^a$$

Onde:

$R_{75}$  = resistência ôhmica de isolamento corrigida para 75°C

$R_{med}$  = resistência ôhmica de isolamento medida no ensaio

$a = 75 - t/10$

$t$  = temperatura ambiente no momento do ensaio

Os resultados devem ser comparados com histórico do equipamento. De forma geral, valores acima de 2000 MΩ podem ser considerados aceitáveis.

**e) Outros testes de verificações**

No plano de manutenção do disjuntor também podem constar outros testes e verificações:

- teste tensão aplicada (Hipot);
- testes específicos para disjuntores a vácuo;
- medição da rigidez dielétrica do óleo;
- substituição do óleo isolante e das vedações em disjuntores de média tensão;
- medição da resistência dinâmica de contato.

**Fontes**

*Manutenção Industrial 2a Edição – Angel Vázquez Moran  
Electrical Power Equipment Maintenance and Testing Second Edition – Paul Gill*

**CONTÍNUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO**

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)

Dúvidas, sugestões e outros comentários podem ser encaminhados para [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)