
Dispositivo de Manobra Controlada Procedimento de Comissionamento

Aplicação para manobras de transformadores de potência – RPH + Disjuntor

O objetivo deste documento é detalhar o procedimento passo a passo dos testes a quente no caso de comissionamento RPH2 / RPH3 aplicados à manobra de transformadores de potência.

O comissionamento completo é composto por 4 passos. Os três primeiros passos são detalhados nos manuais de serviço RPH2 ou RPH3. O teste a quente é o 4º passo que é descrito neste documento.

É obrigatório que os dispositivos de manobra controlada utilizados nos disjuntores da GE para a aplicação de manobras de transformadores de potência sejam comissionados de acordo com os 4 passos.

Itens necessários para os testes a quente do disjuntor com RPH:

- Primeiras 3 etapas de comissionamento RPH concluídas com sucesso.
- Disponibilidade de TP nas três fases em qualquer dos enrolamentos (HV, MV ou LV) do transformador de potência. Para o caso de RPH3, o secundário do TP deve ser conectado às entradas de tensão da carga, para o RPH2, ele deve estar disponível na sala de controle, próximo o suficiente do cubículo RPH2 P&C.
- Disponibilidade de um osciloscópio de 4 canais (ou mais) com pontas de prova para tensão (recomendado: Picoscope 4424 ou equivalente)
- Calculadora científica ou equivalente para fazer o cálculo do tempo pré-arco

1 PROCEDIMENTO DE COMISSIONAMENTO DE RPH

Basicamente, a tarefa de comissionamento do RPH é dividida em QUATRO PASSOS CONSECUTIVOS, conforme detalhado abaixo, que podem ser agendados continuamente ou não (dependendo das restrições do contrato e do proprietário da subestação):

- **PASSO 1: “Medição dos tempos do disjuntor”:**
Medição dos tempos reais do disjuntor (usando um analisador de disjuntor, por exemplo, Megger TM1600 ou dispositivo equivalente). Isso requer acesso às partes de alta tensão do disjuntor, o que implica em aterramento e isolamento do disjuntor por seccionadores e também na disponibilidade no local de caminhão munck + motorista, plataforma ou escada.
- **PASSO 2: “Montagem”:**
Instalação do RPH2 (ou RPH3) no painel de P&C, conexão segura passo a passo aos cabos pré-instalados, verificação correta da atribuição das entradas / saídas do RPH e fases reais da alta tensão do sistema (L1 / L2 / L3...). Aplique o procedimento de rotação de fase, se necessário, para o RPH (contato auxiliar + saída RPH + tempos do disjuntor). Configuração de software, verificação de integridade do circuito de derivação (quando aplicável), verificação de consistência de registros, condições de acionamento de alarmes, etc. Coleta de dados no nível SE + verificação (razão TC & TP, acoplamento correto TC&TP, conexões TP do lado da fonte e TP do lado da carga - quando aplicável, etc.). Montagem e teste de sensores externos. Coleta de dados relacionados a proteção e controle: configuração de tempo limite de proteção contra falha do disjuntor, estratégia e horários de religamento automático, lógicas de intertravamento da unidade de controle do bay “BCU”, filosofia de conexão para relés de proteção (1 contato por polo ou 1 contato por 3 polos), isolamento entre baterias de fonte CC...
- **PASSO 3: “Testes a frio”:**
Operar o disjuntor via RPH enquanto ele ainda está fisicamente isolado da rede (seccionadores abertos), usando uma tensão de referência falsa (ou uma tensão real emitida pelos enrolamentos secundários do TP do lado da fonte, se disponível). Verificação da consistência dos registros do RPH, ausência de alarmes, correspondência aceitável entre os tempos mecânicos do disjuntor, conforme o esperado e como medido. Teste da operação correta do circuito de desvio (by-pass), se houver (desvio manual e desvio automático). Teste do recurso de monitoramento de continuidade de bobinas (para RPH3). Redefinição e inicialização do algoritmo de controle adaptativo, quando aplicável, e verificação da inexistência de divergência algorítmica em mais de 10 operações consecutivas.
- **PASSO 4: “Testes a quente”:**
Detalhados a seguir neste documento.

2 PROCEDIMENTO DE TESTE A QUENTE DO RPH

2.1 Configuração para o teste a quente

A seguir, é descrita a configuração geral para a obtenção do registro de ondas senoidais durante os TESTES A QUENTE (TENSÃO REF – uma fase e TENSÃO CARGA – três fases):

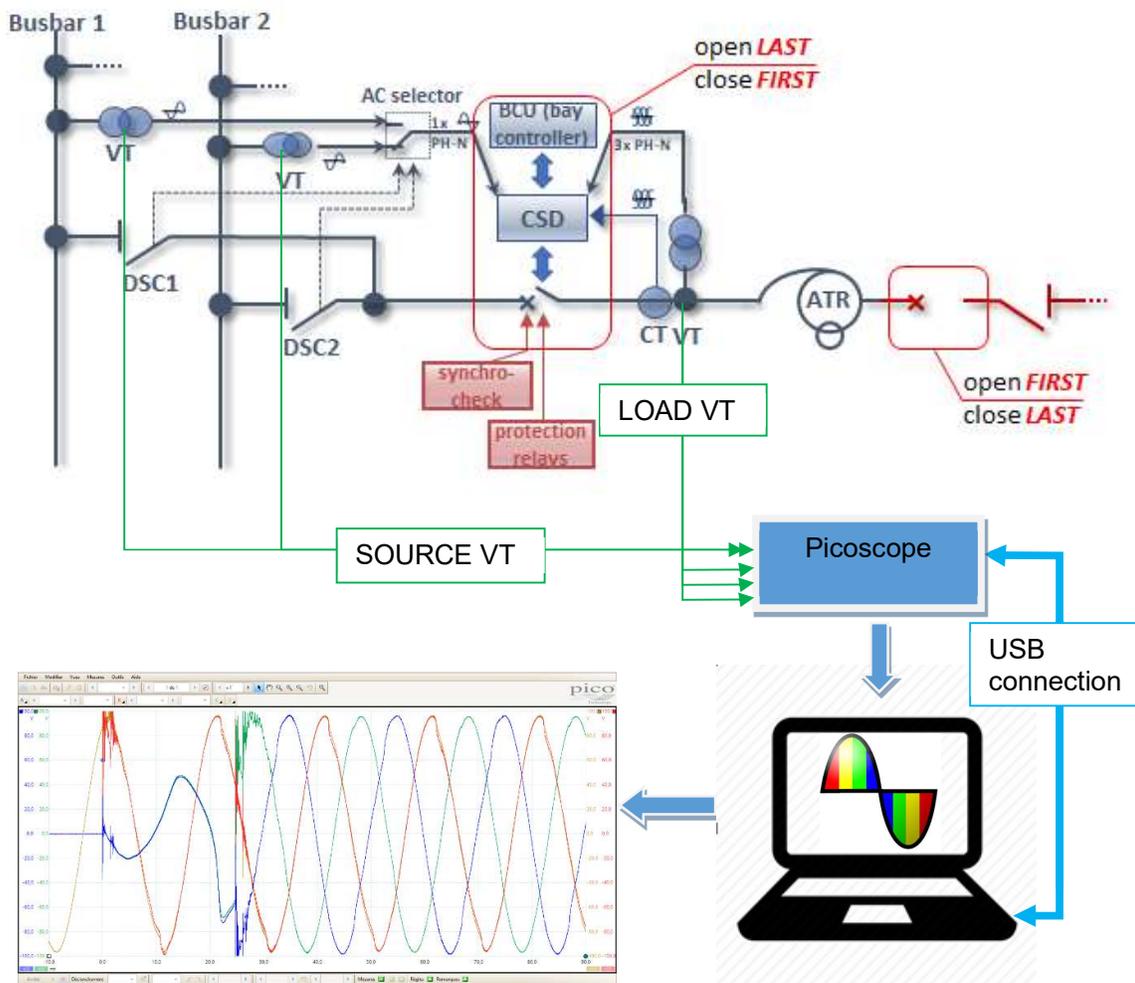


Figure 1 - Configuração para registro de ondas senoidais de tensão

Recomendações de opções de Picoscope (aplicáveis a outros osciloscópios):

- Disparo a 30% da tensão de pico nominal da primeira fase a fechar (pico da tensão do secundário do TP do lado da carga= 115V => **por volta de 40V**)
- Janela de registro de 100ms para capturar todo o fechamento (20% antes do gatilho, 80% depois)

2.2 Critério de aceitação

Para a verificação do desempenho de transformador de potência e banco de capacitores quanto ao critério de performance da corrente de inrush é necessário calcular qual é o valor de pico da corrente durante a manobra, utilizando a fórmula abaixo:

$$1 \text{ P.U.} = \frac{\sqrt{2} * \text{Potência da Carga (em kVA)}}{\sqrt{3} * \text{Tensão da Carga (em kV)}}$$

Por exemplo, no caso da carga ser um transformador de potência 3 x 60 MVAR em 345 kV:

$$1 \text{ P.U.} = \frac{\sqrt{2} * 180\,000}{\sqrt{3} * 345} = 426 \text{ A}$$

No caso da primeira energização do transformador de potência, espera-se que o primeiro fechamento a corrente seja próxima a 1 P.U.

O objetivo final é de ter energizações do transformador de potência com consistentes medições de corrente significativamente abaixo de 1 P.U.

2.3 Procedimento para o teste a quente

Após a conclusão da configuração para o teste e de definir o critério de aceitação em termos de correntes de energização, pode-se iniciar a energização e a desenergização do transformador de potência e aplicar a estratégia para obtenção de desempenhos aceitáveis e repetíveis:

I. 1º fechamento com RPH

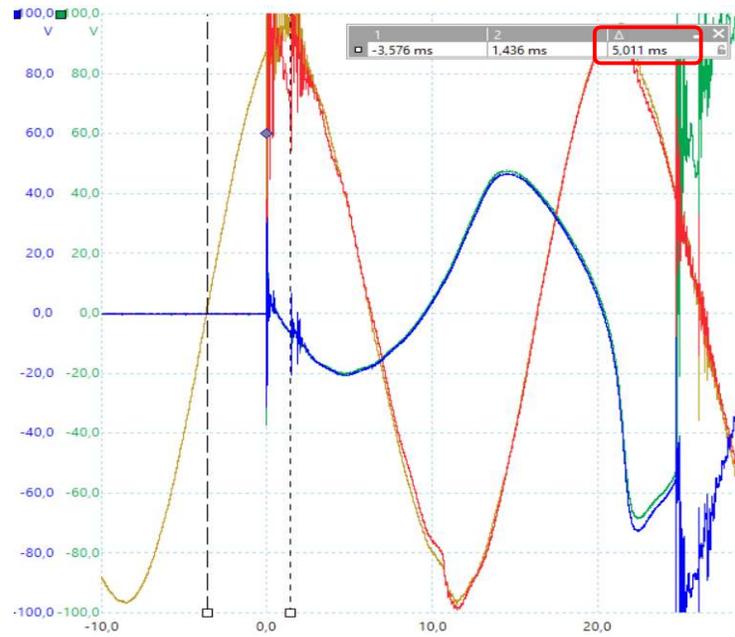
Verifique se o osciloscópio registrou corretamente o fechamento e registrou o nível de corrente de inrush em cada fase.

II. Cálculo do ΔT

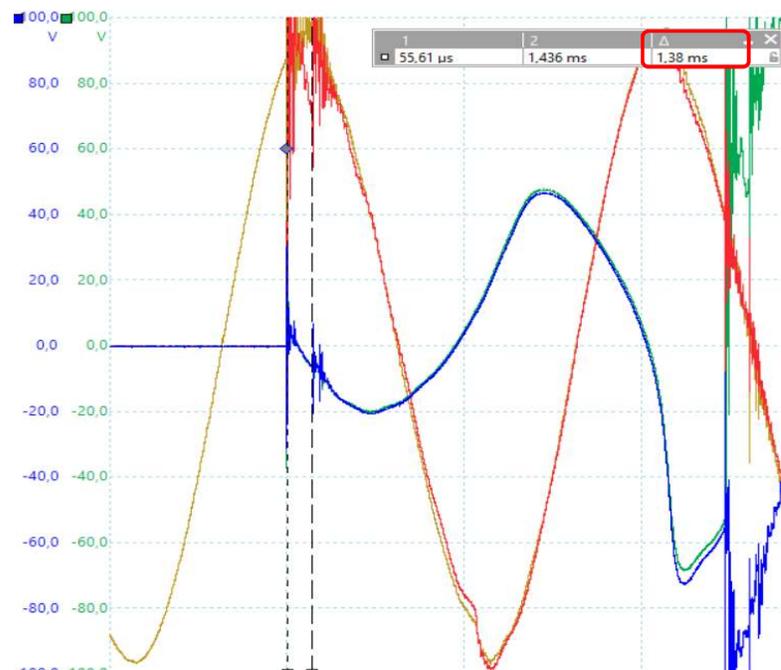
Se a corrente de inrush após o fechamento for superior a 0,3 P.U. Calcule o ΔT , caso contrário, não altere nada e faça outro fechamento.

Como calcular o ΔT

Primeiro, marque com um cursor o máximo da tensão de referência no registro do osciloscópio (4,17 ms após o zero em 60 Hz).



- Depois marque o momento em que a tensão apareceu na primeira fase para fechar (L2, por exemplo, em vermelho na imagem acima).



- **Neste exemplo, $\Delta T = 1,38ms$**
 Isso significa que o disjuntor na prática está fechando antes do momento esperado na onda senoidal da tensão de referência. O disjuntor é mais rápido para fechar do que o esperado.

Para a realização deste ajuste fino, altera-se o tempo de pré-arco teórico em vez de alterar o tempo de fechamento nominal (que correspondem a medições reais do disjuntor).

III. Ajuste do tempo de pré-arco a partir do valor do ΔT

Como ajustar os tempos de pré-arco quando se tem ΔT

Parte do “erro” pode ser devido à medição não muito precisa dos tempos de fechamento do disjuntor através do oscilógrafo e parte pode ser devido à dispersão mecânica do disjuntor. Não é recomendado fazer o ajuste do tempo de pré-arco diretamente com o valor do ΔT , assim, se a dispersão mecânica do disjuntor for $\pm 0.5\text{ms}$, se faz necessário subtrair esse valor do valor de ΔT para se obter o correto valor para o ajuste do tempo de pré-arco.

No exemplo prévio, se $\Delta T = 1,38\text{ms}$, a dispersão mecânica do disjuntor = 0.5ms e o valor teórico do tempo de pré-arco for, por exemplo, $2,53\text{ms}$, então:

$$t_{\text{pré-arco } L2} = 2,53 - (\Delta T - \text{dispersão}) = 1,65\text{ms}$$

Da mesma forma, se o disjuntor for mais lento que o esperado (L2 fecha após o pico de tensão de referência), se fará necessário adicionar valor ΔT aos tempos de pré-arco.

Nota: Caso exista acoplamento magnético (núcleo magnético compartilhado) ou elétrico (conexão delta) entre as fases do transformador de potência, precisamos levar isso em consideração ao alterar as fases restantes antes do tempo de arco. De fato, para as fases seguintes, o fechamento ocorrerá no máximo da tensão fase-fase, portanto, o disjuntor estará submetido à diferente tensão, o que resultará em tempo de pré-arco é diferente para estas duas fases.

$$t_{\text{prearc } L1,L3} = \frac{\sqrt{3}}{2} * t_{\text{prearc } L2} = 1,43\text{ms}$$

Depois que os novos valores dos tempos de pré-arco (ajustados) forem calculados para cada fase, estes valores deverão ser inseridos no RPH.

IV. Fechar novamente o disjuntor

Verifique o nível de correntes de inrush em cada fase, registre-o e compare-o com os do fechamento anterior. Os valores devem estar reduzidos.

V. Verificação do registro do osciloscópio

Calcular ΔT de acordo com o procedimento e verificar se o valor está dentro do intervalo de dispersão ($<0,5\text{ms}$ no nosso exemplo anterior).

Se $\Delta T > 0,5\text{ms}$, repetir as etapas anteriores e calcular os novos tempos de pré-arco.

Se $\Delta T < 0,5\text{ms}$ mas as correntes de inrush ainda não estão satisfatórias (superior a 1 P.U.) isso pode ser devido à erro na abertura, assim verifique os registros de abertura. Isso pode também pode ser devido ao fechamento da dispersão ser muito alto.

3 CONCLUSÃO

Quando o a performance de 2 ou 3 fechamentos forem satisfatórios e as correntes de inrush estiverem abaixo dos critérios de aceitação calculados anteriormente, considera-se que o RPH seja totalmente comissionado.

Os testes a quente nas aplicações de manobra de transformadores de potência são um compromisso entre a severidade dos critérios de aceitação e o número permitidas de operações (o que não são muito, na maioria das vezes). Cabe ao cliente/usuário decidir o que priorizar entre a máxima redução das correntes de inrush e o menor número de operações de fechamento/energização do tranformador de potência para a realização de testes a quente..