
Dispositivo de Manobra Controlada Procedimento de Comissionamento

Aplicação para manobras de reatores – RPH + Disjuntor

O objetivo deste documento é detalhar passo a passo os procedimentos dos testes a quente no caso de comissionamento de RPH2 / RPH3 aplicados à manobra de reatores shunt.

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 reatores 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 TCs nas três fases do bay. Para o caso de RPH3, o secundário do TC deve ser conectado às entradas de correntes do RPH3, 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 de tensão e de corrente (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 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

Com a tensão de referência e sinais de TC é complicado determinar o tempo real de abertura ou fechamento, portanto, deve-se utilizar como ponto de referência o pulso de comando do RPH para as bobinas (na fase de referência) para a ABERTURA / FECHAMENTO.

Abaixo, é indicada a configuração geral para se obter o registro dos sinais durante TESTES A QUENTE (PULSO DE COMANDO DA FASE DE TENSÃO DE REFERÊNCIA e SINAL DE CORRENTE DAS 3 FASES). Para tal um osciloscópio de 4 canais deve estar disponível:

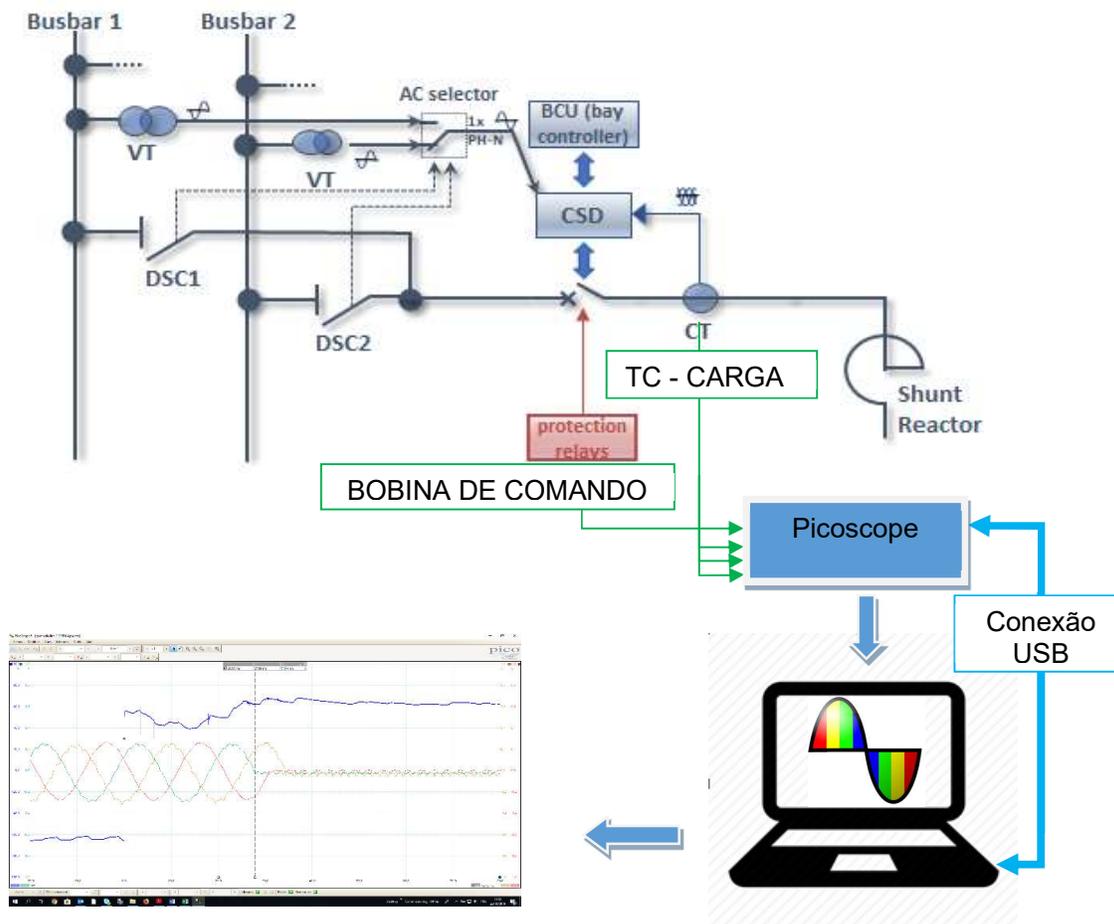


Figura 1 - Configuração para registro de ondas senoidais no ensaio a quente

Conexão:

- Conectar uma ponta de prova de tensão na saída do RPH referente ao comando de ABERTURA ou FECHAMENTO da fase de referência;
- Conectar 3 pontas de prova de corrente (ex: picoscópio TA018) aos secundários dos TCs das 3 fases.

Recomendações de ajustes do Picoscope (aplicáveis a outros osciloscópios):

- Ajustar disparo (trigger) do osciloscópio para 60% do valor máximo do pulso de comando das bobinas (por exemplo: para tensão de comando de 125Vcc o disparo deve ser ajustado por volta de 75V).
- Ajustar o osciloscópio para uma janela de 100ms, para capturar todo o evento de ABERTURA, (20% antes do trigger, 80% depois) & 150 ms para capturar todo o evento de FECHAMENTO.

2.2 Critério de aceitação

2.2.1 Para operações de abertura

Os critérios gerais de aceitação para operações de abertura na aplicação de reator shunt são a ausência de reignição em uma ou várias fases (ou seja: a interrupção da corrente ocorre no momento esperado).

Para determinar isso, precisa-se de uma referência (comando de abertura para bobinas) e precisa-se comparar o tempo de abertura esperado com o tempo real de abertura medido através do registro do osciloscópio.

2.2.2 Para operações de fechamento

Para os critérios de desempenho da corrente de inrush do reator shunt, é necessário calcular qual é o valor de pico da corrente durante a manobra, utilizando a fórmula abaixo:

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

Por exemplo, no caso de um reator de derivação de 3 x 60 Mvar 345 kV, temos:

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

O objetivo no fechamento do reator de derivação é minimizar os transitórios CC que podem introduzir perturbações nos equipamentos próximos. Deseja-se que os valores da corrente de fechamento (inrush) estejam o mais próximo possível dos valores de pico nominais da corrente.

2.3 Procedimento para o teste a quente

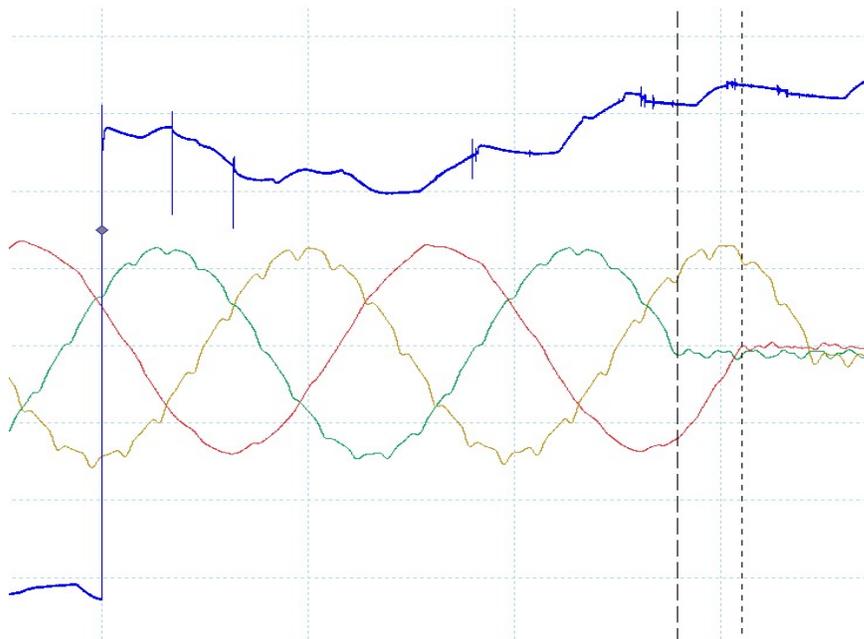
Após completar a configuração e conhecer os critérios de aceitação, pode-se iniciar as manobras de energização / desenergização no reator e aplicar a estratégia para alcançar desempenho aceitável:

2.3.1 Abertura

I. Primeira abertura com RPH

Verifique se o osciloscópio registrou corretamente a ABERTURA, verifique se todas as fases abriram na sequência esperada, dependendo da aplicação (reator shunt aterrado ou não aterrado, 3 ou 5 pernas).

Por exemplo, em uma rede de 60 Hz, em um reator de derivação de 5 pernas aterrado, verifique se cada fase abriu na ordem correta com um desvio de tempo de 2,86ms (60 °) entre cada fase.



Se uma das fases não ABRIU quando esperado, verifique se:

- há troca na fiação do circuito ABERTURA
- há troca na conexão do TC.
- a tensão de referência não vem da fase esperada (desvio de 120 ° - perigoso)

Se uma das fases estiver abrindo 8,6ms após o esperado ([tempo de ABERTURA previsto + tempo de arco]), isso significa que há **reignição**. Todas as configurações e conexões de cabos **devem ser revisadas** (incluindo sinais de entrada do TC / TP).

Se ABRIR na ordem correta em [Tempo de ABERTURA medido] = [Tempo de ABERTURA previsto + tempo de arco] após a comando de ABERTURA para bobinas, então é uma ABERTURA correta (sem reignição).

II. Outras operações de abertura

Várias operações de ABERTURA (pelo menos 5) devem ser feitas para validar a correção e a estabilidade do sistema e sua configuração.

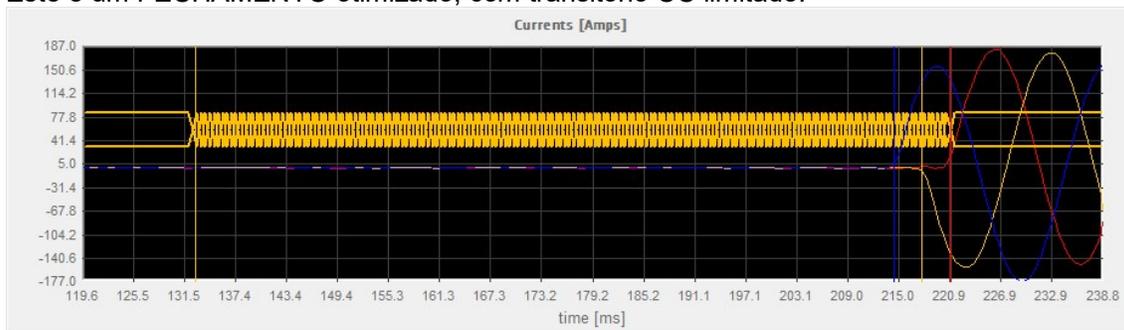
2.3.2 Fechamento

I. Primeiro FECHAMENTO com RPH

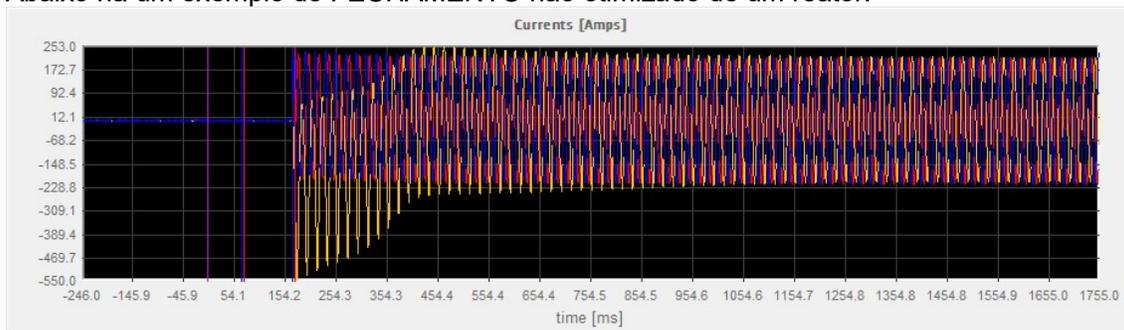
Nos testes a quente de FECHAMENTO do reator de derivação espera-se que a corrente comece a fluir em [tempo de FECHAMENTO previsto - tempo de pré-arco] ms após o pulso de comando de FECHAMENTO para as bobinas.

Abaixo, a fase de referência é L2 (amarela) e [o tempo previsto de FECHAMENTO - tempo de pré-arco] está próximo do momento em que a corrente começa a fluir. Para outras fases, há deslocamento de 120 °.

Este é um FECHAMENTO otimizado, com transitório CC limitado.



Abaixo há um exemplo de FECHAMENTO não otimizado de um reator:



Nesse tipo de situação, a fase amarela não fechou no instante esperado. A corrente apareceu mais cedo ou mais tarde do que o esperado:

Isso pode ser devido a:

- Erro mecânico
- Tempos de fechamento incorretos
- Queda de tensão na alimentação CC quando o pulso de comando é enviado
- Parametrização incorreta

Para a otimização do fechamento, é necessário:

- Verificar a configuração, o cabeamento e se os sinais são os esperados (TC, TP)
- Se os sinais estiverem corretos, ajuste o tempo de pré-arco para que o disjuntor feche quando esperado.

Situação	Ajuste do tempo de pré-arco
Disjuntor fecha depois do momento esperado (muito lento)	Reduzir o tempo de pré-arco ⇔ enviar a ordem de fechamento mais cedo
Disjuntor fecha antes do momento esperado (muito rápido)	Aumentar o tempo de pré-arco ⇔ enviar a ordem de fechamento mais tarde.

Como calcular ΔT

Para determinar qual a correção necessária, é necessário **comparar** o momento que a corrente deveria fluir com o momento em que a corrente começou a fluir. Essa diferença é o **ΔT** .

Assim:

- Instante em que a corrente deve fluir \leftrightarrow saída do pulso de comando de FECHAMENTO + Previsão - Tempo de pré-arco
- Instante em que a corrente começou a fluir \leftrightarrow saída do pulso de comando de FECHAMENTO + corrente não zero no registro do osciloscópio.

Como alterar o tempo e pré-arco quando há o ΔT

Parte do erro pode ser devido a **tempos de fechamento nominais incorretos**, parte pode ocorrer devido à **dispersão mecânica** do disjuntor. Não é recomendável modificar os tempos de pré-arco com o valor ΔT diretamente.

Se a dispersão do disjuntor for $\pm 0,5$ ms, se faz necessário subtrair esse valor de ΔT para ter o tempo de pré-arco modificado correto.

No exemplo anterior, se $\Delta T = 1$ ms, dispersão = 0,5 ms e o tempo de pré-arco inicial é de 2,5 ms (por exemplo):

$$t_{prearc L2} = 2.5 - (\Delta T - \text{dispersão}) = 2ms$$

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

II. Fechar o disjuntor outra vez

Após a modificação do tempo de pré-arco (se necessário), verifique o nível de correntes de fechamento (inrush) em cada fase, registre-as e compare-as com as do fechamento anterior. Os valores devem ser mais baixos.

III. Verifique o registro do osciloscópio

Calcule **ΔT** conforme o procedimento acima e **verifique se seu valor está dentro da faixa de dispersão** (<0,5 ms como no nosso exemplo anterior).

Se **$\Delta T > 0,5$ ms**, repita as etapas anteriores e calcule os novos tempos de pré-arco.

Se **$\Delta T < 0,5$ ms**, mas as correntes de inrush CC não forem satisfatórias (acima de 1,5 P.U.) pode ser devido a um erro na abertura, verifique os arquivos de abertura. Também pode ser devido à dispersão no fechamento ser muito elevada.

3 CONCLUSÃO

Quando a performance de 4 ou 5 ABERTURAS e FECHAMENTOS estiverem satisfazendo os critérios de aceitação, considera-se que o RPH esteja totalmente comissionado.