

Supervisão e comando de sistemas elétricos

Prof. Milana Lima dos Santos

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP

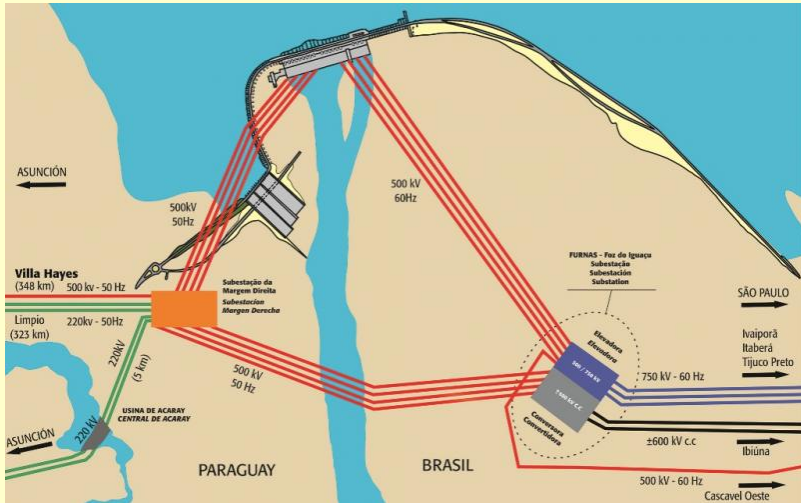
9 de novembro de 2018

Fotos da Subestação da Margem Direita, sistema Itaipu (Paraguai) (1/3)



Fonte: jie.itaipu.gov.br/conte%C3%BAdo/nova-subesta%C3%A7%C3%A3o-da-margem-direita-sem-vista-do-alto

Subestação da Margem Direita, do sistema Itaipu (Paraguai)



Fonte: www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af_df/sistema_transmissaog.jpg

Fotos da Subestação da Margem Direita, sistema Itaipu (Paraguai) (2/3)



Fonte: jie.itaipu.gov.br/conte%C3%BAdo/nova-subesta%C3%A7%C3%A3o-da-margem-direita-sem-vista-do-alto
EPUSP Prof. Milana Lima dos Santos

Fotos da Subestação da Margem Direita, sistema Itaipu (Paraguai) (3/3)



Fonte: jie.itaipu.gov.br/conte%C3%BAdo/nova-subesta%C3%A7%C3%A3o-da-margem-direita-sem-vista-do-alto
EPUSP Prof. Milana Lima dos Santos

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

Definição: *"... a collection of equipment that will provide an operator at a remote location with sufficient information to determine the status of a particular equipment or a process and cause actions to take place regarding that equipment or process without being physically present."*

(THOMAS, MCDONALD; 2015, Power System SCADA and Smart Grids)

Funções básicas

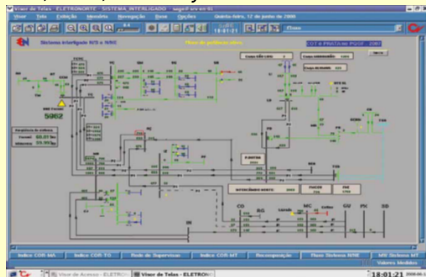
- Aquisição de dados
- Comando (controle) remoto
- Armazenamento e análise de dados remotos
- Integração de informações com demais setores da organização

IHM (Interface Humano Máquina)

"the space where the interaction between the humans and the system happens"

"easy and self-exploratory, efficient, enjoyable, and user-friendly"

(THOMAS, MCDONALD; 2015, *Power System SCADA and Smart Grids*)



IHM (Interface Humano Máquina)

- Possibilidade de múltiplos monitores
- Opção de zoom/decluttering
- Alarmes sonoros
- Diagrama unifilar
 - Sinalização de cores (aberto/fechado, alarmes)
 - Cores para diferentes níveis de tensão
 - Identificação operacional dos equipamentos
 - Navegação entre telas distintas



ONS no Rio de Janeiro - Centro Regional de Operação Sudeste - COSR-SE

Painel de Controle de Subestação (eletromecânico)



Créditos: Carlos Eduardo Borges e Marcelo Scabora,
"Painel Móvel de Proteção para Linhas de
Transmissão", Sendi 2016
<http://www.gimi.com.br/produtos/paineis-especiais-painel-de-automacao-de-subestacao/>



IHM (Interface Humano Máquina)

- Lista de eventos
 - SOE (Sequence Of Events)
 - Registro temporal e contínuo de eventos
 - Histórico da operação
 - Inclui acesso de usuários e execução de comandos
 - Utilizada na análise de ocorrências
 - Precursor: registro em impressora
- Alarmes
 - Indicação de situações anormais
 - Valores analógicos ou entradas binárias
- Curva de tendências
 - Exibição temporária de valores analógicos selecionados
- Supervisão do próprio SCADA (Arquitetura)
 - Comunicação com IEDs e outros componentes do sistema
- Acesso a arquivos de oscilografias dos IEDs

Exemplo de edição de tela IHM SCADA

The image shows the E3 Studio interface for editing a SCADA HMI screen. The main workspace displays a process diagram with two tanks and a central unit labeled "SE 5142". The left sidebar shows a project tree with various objects like "Linha4", "Retangulo1", and "SpinButton1". The bottom-left pane shows the properties of the selected "Comando D11" object, including its name, path, and visible state. The bottom-right pane shows a script for the "Click" event of "ComandoButton2".

Properties of Comando D11:

Propriedade	Valor
DocString	
Enabled	True
Height	582,083333333333
Layer	-1
Name	Testo8
PathContainer	Unifilar
PathName	Unifilar:Testo8
PathVolume	\\peo-2509-2017-Eipse\\eipse-2017.ptg
TabStop	False
Tab	
Visible	True
Width	2196,04166666667
X	15610,4166666667
Y	6799,79166666667

Script for ComandoButton2_Click:

```

1  'Clique um comentário na linha 2 do script para descomentá-lo
2
3  Sub CommandButton2_Click()
4
5  If Application.GetObject("Driver, [00101997IndiferVal]").Value=0 Then
6    Set aux=Application.GetObject("Toliver, SPC3058")
7    aux.Item("Operacion").Value="OPERAZEM"
8    aux.Item("Value").Value=1
9    aux.Write(1)
10
11 ElseIf Application.GetObject("Driver, [00101997IndiferVal]").Value=1 Then
12   Set aux=Application.GetObject("Driver, SPC3058")
13   aux.Item("Operacion").Value="OPERAZEM"
14   aux.Item("Value").Value=1
15   aux.Write(1)
16 End If
17
18 Screen.Close(Code)
19 End Sub
    
```

Níveis de acesso

- RBAC: Role Based Access Control, parte 8 da norma IEC 62351
- Papéis pré-definidos
 - 0 (VIEWER)
 - 1 (OPERATOR): visualiza objetos e valores e executa ações de controle
 - 2 (ENGINEER): visualiza objetos e valores, tem acesso a DataSets e Files e pode configurar o server de forma local ou remota
 - 3 (INSTALLER): visualiza objetos e valores, escreve arquivos e e pode configurar o server de forma local ou remota
 - 4 (SECADM=security administrator): associa papéis a cada 'subject' (sujeito) e faz eventuais associações role-to-right, indica tempos de validades
 - 5 (SECAUD=security auditor)
 - 6 (RBACMNT=RBAC management)

Listas de eventos (SOE)

Data/hora	Descrição	Complemento
03/11/2017 07:41:05.200	Usuário IHM1 (Carlos Lima)	Login
03/11/2017 07:42:13.432	Usuário IHM2 (Luana Pereira)	Login
03/11/2017 10:30:07.743	Temperatura óleo TR1	Limite superior
03/11/2017 10:30:25.623	Temperatura óleo TR1	Alarme Reconhecido (IHM1)
03/11/2017 10:47:00.168	Temperatura óleo TR1	Normal
03/11/2017 14:03:34.534	Comando abrir Disj 52-1	Selecionado (IHM1)
03/11/2017 14:03:41.005	Comando abrir Disj 52-1	Executado (IHM1)
03/11/2017 14:03:41.865	Posição disj 52-1	Aberto
03/11/2017 15:10:23.645	Comando comutador TR-1	Manual (IHM2)
03/11/2017 15:11:08.709	Comando descer tape	Executado (IHM2)
03/11/2017 15:13:12.254	Comando descer tape	Executado (IHM2)
03/11/2017 15:21:45.112	Temperatura óleo TR1	Limite superior
03/11/2017 15:22:10.723	Temperatura óleo TR1	Normal
03/11/2017 15:22:44.328	Temperatura óleo TR1	Alarme reconhecido (IHM2)
03/11/2017 16:00:33.264	Usuário IHM1 (Carlos Lima)	Logout
03/11/2017 16:01:17.222	Usuário IHM2 (Luana Pereira)	Logout

Lista de alarmes

Data/hora	Descrição	Complemento
03/11/2017 10:30:07.743	Temperatura óleo TR1	Limite superior

Operador reconhece

Data/hora	Descrição	Complemento
03/11/2017 10:30:25.623	Temperatura óleo TR1	Alarme Reconhecido (IHM1)

Temperatura se normaliza

Data/hora	Descrição	Complemento
—	—	—

Data/hora	Descrição	Complemento
03/11/2017 15:21:45.112	Temperatura óleo TR1	Limite superior

Temperatura se normaliza

Data/hora	Descrição	Complemento
03/11/2017 15:22:10.723	Temperatura óleo TR1	Normal

Operador reconhece

Data/hora	Descrição	Complemento
—	—	—

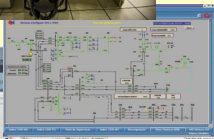
Redundância SCADA

- **Hot Standby:** softwares instalados e em execução. Dados de tempo real espelhados, apenas não estabelecem comunicação com IEDs
- Cold Standby: micro reserva
- Warm Standby: softwares instalados, mas não em execução; dados atualizados
- Load Balancing: ambos em funcionamento e comunicação
- Previsão de IEC 61850-90-20: "Guideline to redundancy systems", proposta em set/2016; espera-se que seja abordada a redundância funcional

Níveis de comando de sistemas elétricos



SCADA remoto,
centros de operação
regional



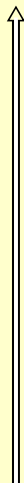
SCADA local



Painel de controle / mímico do IED

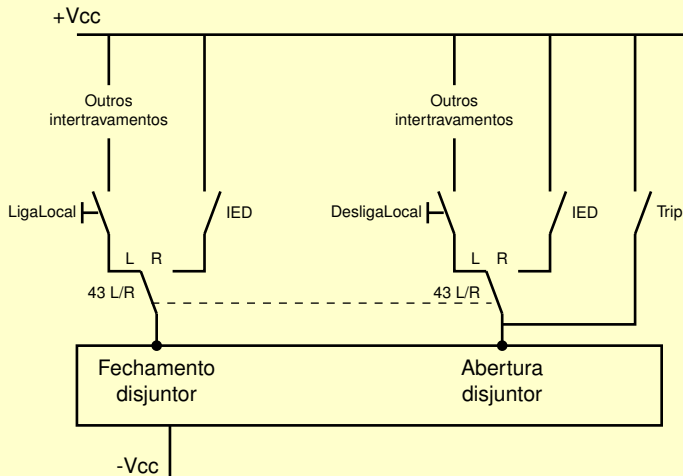


Equipamento de pátio
(localíssimo)



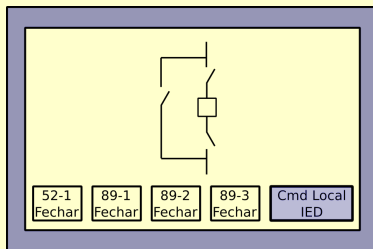
- O nível superior só comanda (ou encaminha o comando recebido) se o nível inferior a ele estiver em posição “remoto”

Local/Remoto Disjuntor

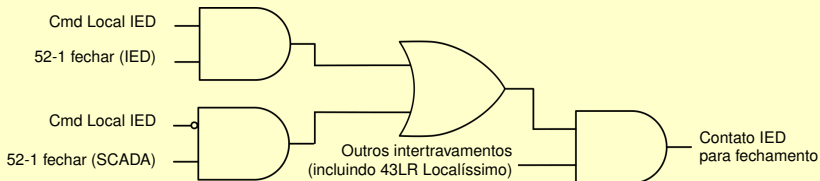


Local/Remoto IED

IHM do IED

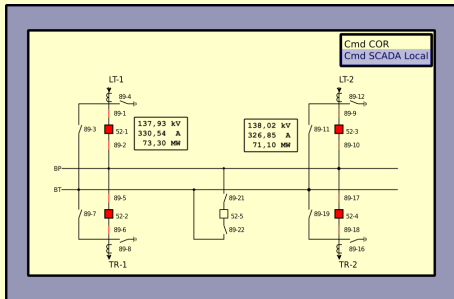


Lógica do IED



Local/Remoto IED

IHM SCADA



```
%Recebe cmd fech 52-1 SCADA Remoto
if CmdSCADALocal
    %não faz nada
else fech_disj52_1_SCADA
end
```

- Comando superior é encaminhado para IED via comando SCADA
- Entra na lógica do IED como um comando SCADA Local
- Recebimento do comando superior é registrado

Disjuntores de alta tensão

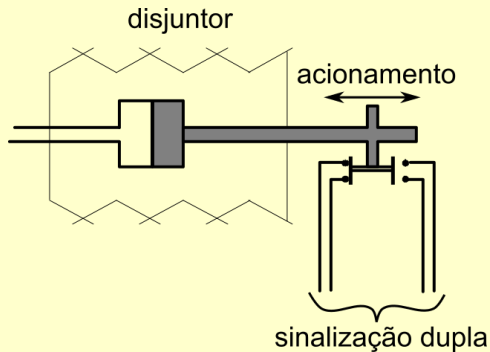
- Interrupção de correntes (normais, de falta, capacitivas e de magnetização):

“...devem ser mecanicamente capazes de abrir em tempos tão curtos quanto dois ciclos, após terem permanecido na posição fechada por vários meses”

(Equipamentos de Alta Tensão, org. Frontin, 2013)

- Fechar circuitos elétricos
- Dados para automação:
 - Posição
 - Comando
 - Bobina de fechamento
 - Bobinas de abertura
 - Chave Local/Remoto (“localíssimo”)
 - Supervisão dos sistemas mecânicos para abertura e fechamento
 - Supervisão dos mecanismos de extinção de arco
 - Falha de disjuntor

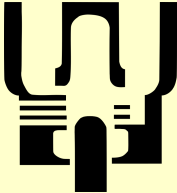
Sinalização de posição de disjuntor



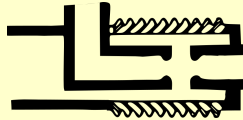
00 = erro;
01=aberto;
10=fechado;
11=erro

Exemplos de tipos construtivos de disjuntor

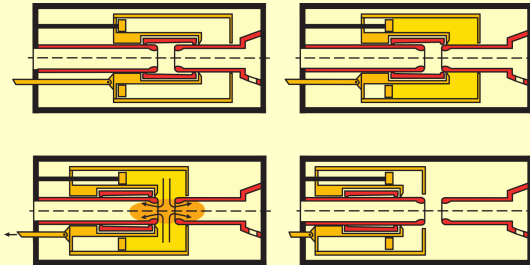
A óleo



Ar comprimido



SF_6



Seccionadoras

- Funções:

“... garantir uma distância segura de isolamento após a abertura do equipamento de bloqueio da corrente principal, geralmente um disjuntor, propiciando que equipamentos ou linhas de transmissão, por exemplo, possam ser seguramente isolados.”(Equipamentos de Alta Tensão, org. Frontin, 2013)

- Bypass (contornar disjuntores e capacitores série)
- Isolar equipamentos para manutenção
- Transferência de barras dentro de uma subestação
- Aterramento (separadamente ou por meio de uma lâmina acoplada a uma outra seccionadora)

Usualmente, chaves de aterramento não são comandadas remotamente, apenas apresentam sinalização no SCADA

- Dados básicos

- Posição (0: transição, 1: aberto, 2: fechado, 3: erro)
- Comandos de fechamento/abertura
- Chave Local/Remoto (“localíssimo”)

Sinalização de posição de seccionadora



Sinalização dupla:

- 00: transição (alarme após um tempo);
- 01: aberto;
- 10: fechado;
- 11: erro;



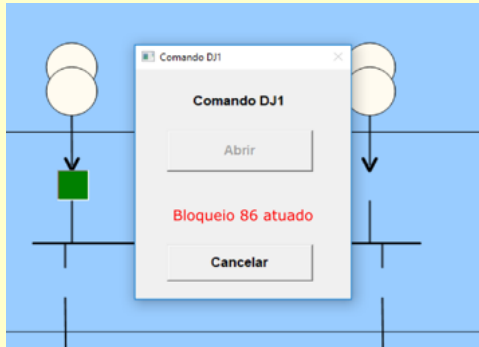
Aquisição da posição por meio de cames

Monitoramento:

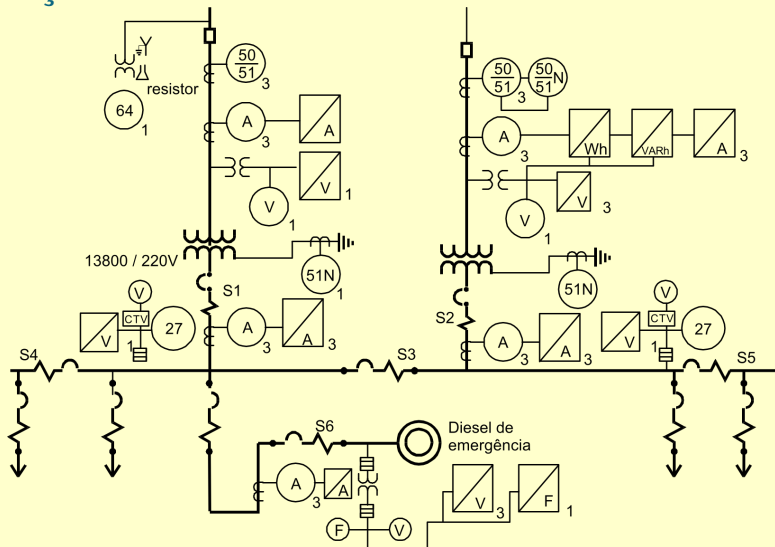
- sensores de aproximação
- imagens
- monitoramento da corrente

Comando Select-Before-Operate

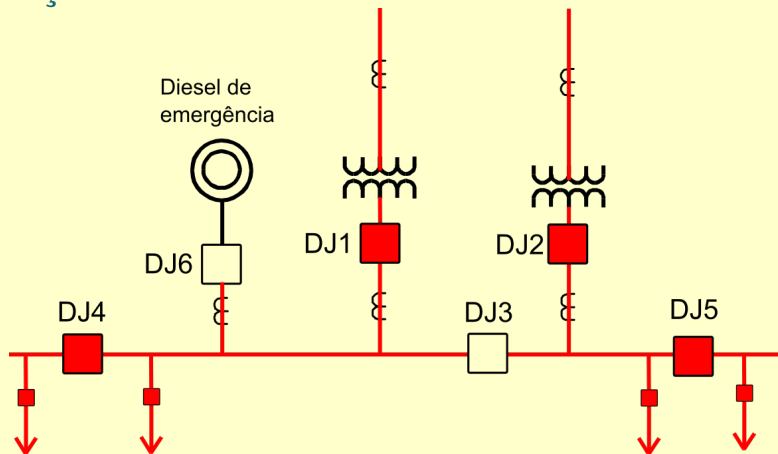
- Objeto de controle é selecionado (reservado) e operado em seguida
- Se a operação não ocorre após um tempo de timeout, a seleção é cancelada
- Diálogo de comando (IHM) realiza a seleção e somente envia o comando "Operate" após a confirmação do usuário
- Evita a operação concorrente de um objeto por mais de um mestre



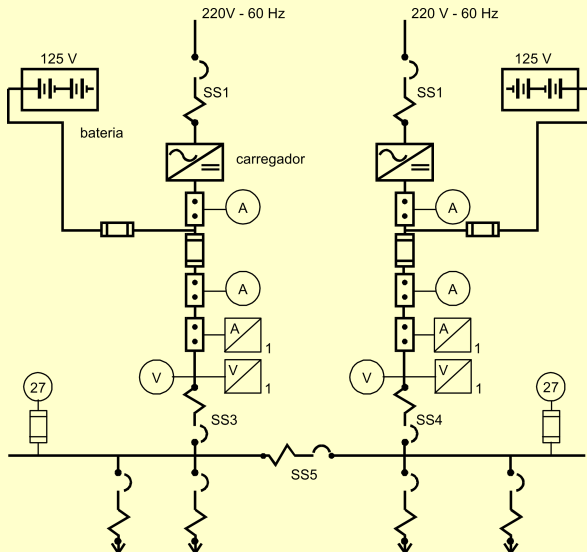
Serviço Auxiliar CA



Serviço Auxiliar CA



Serviço Auxiliar CC



Supervisão e comando de comutador de tape de transformador

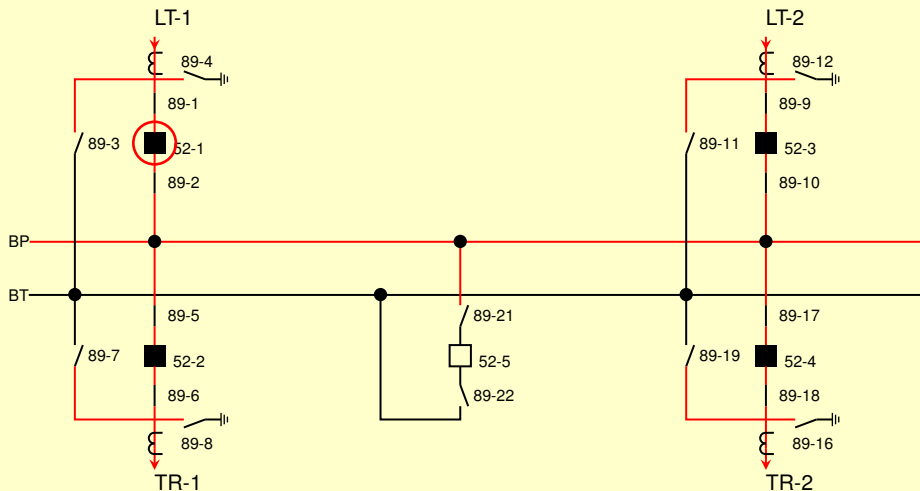
- Tape atual
- Alarme tape máximo / tape mínimo
- Comando subir/descer tape
 - Pode elevar ou diminuir a tensão, de acordo com a localização do comutador (enrolamento primário ou secundário)
 - Movimentação lenta
- Seleção local / remoto
- Seleção automático (relé regulador de tensão)

Outros comandos / sinalização

- Relé de Bloqueio 86
- Religamento monopolar/tripolar ativado
- Priorização de cargas para corte de carga

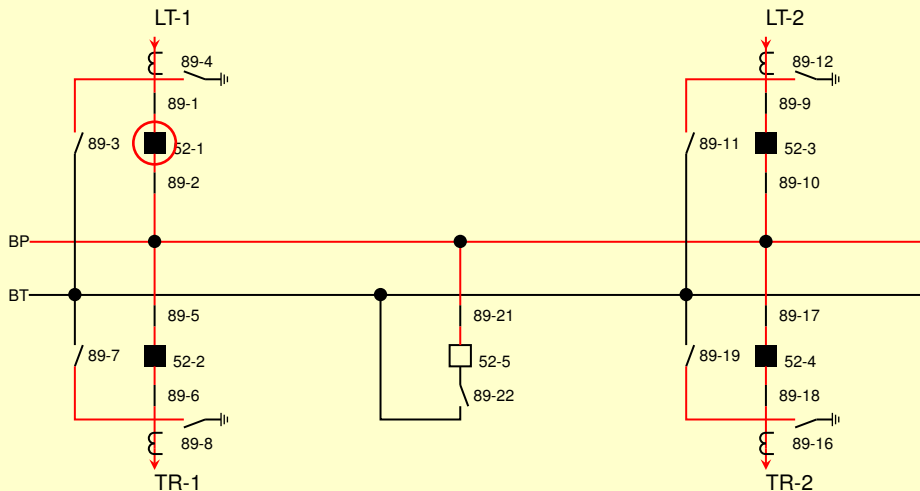
Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Situação inicial



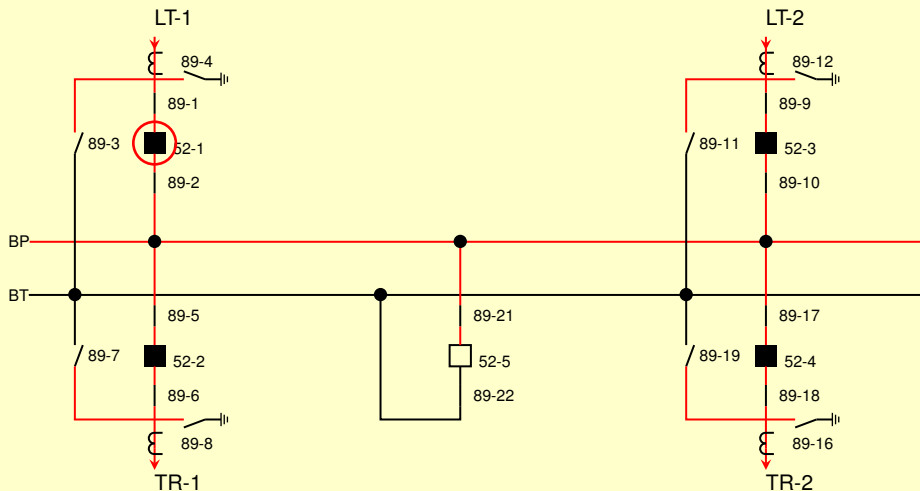
Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Fechamento do bay de transferência (1)



Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

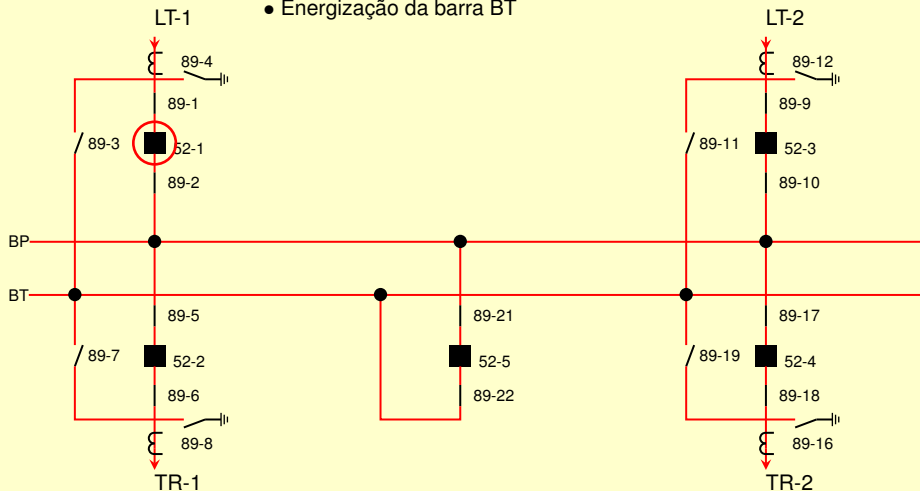
Fechamento do bay de transferência (2)



Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Fechamento do bay de transferência (3)

- Energização da barra BT

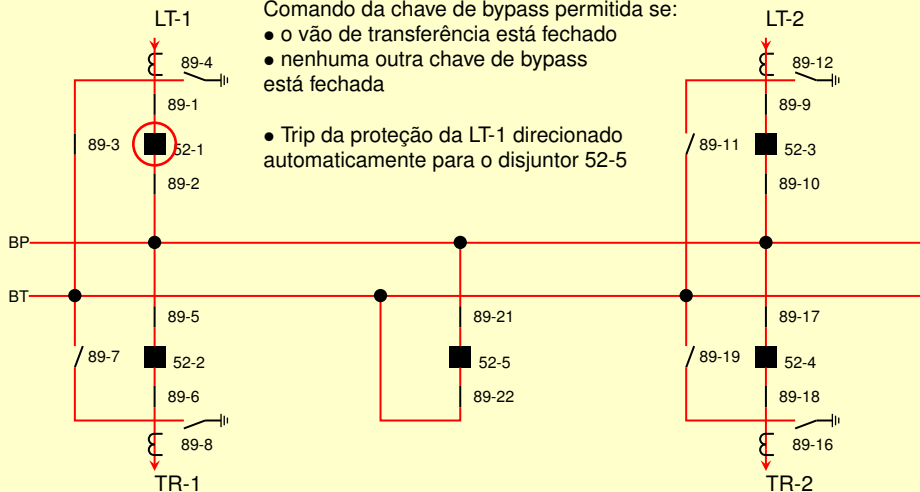


Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Fechamento da chave de bypass

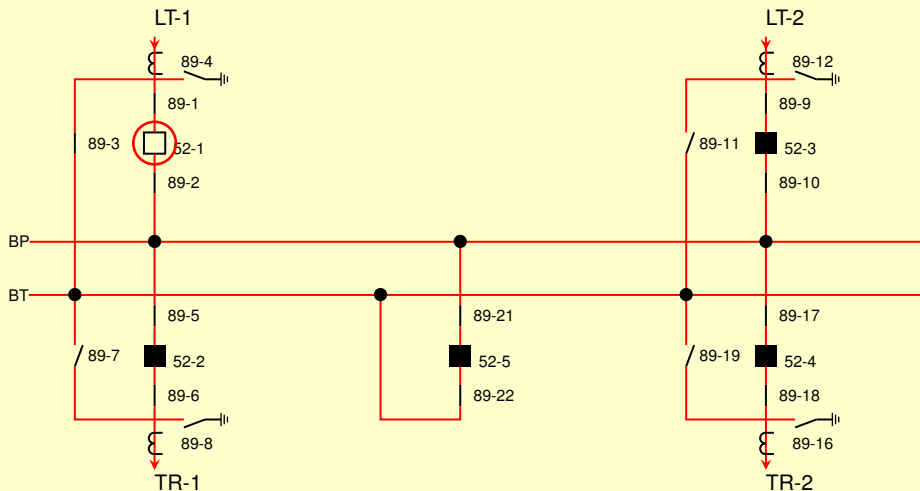
Comando da chave de bypass permitida se:

- o vão de transferência está fechado
- nenhuma outra chave de bypass está fechada
- Trip da proteção da LT-1 direcionado automaticamente para o disjuntor 52-5



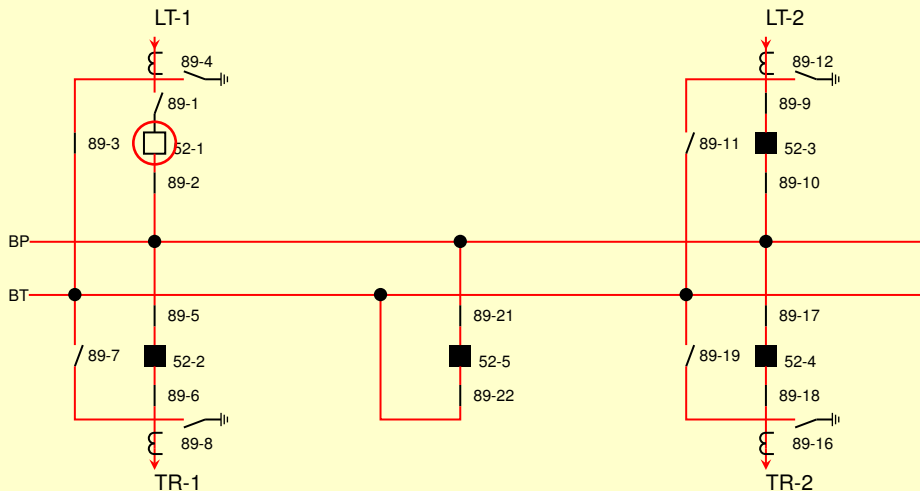
Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Abertura do disjuntor 52-1



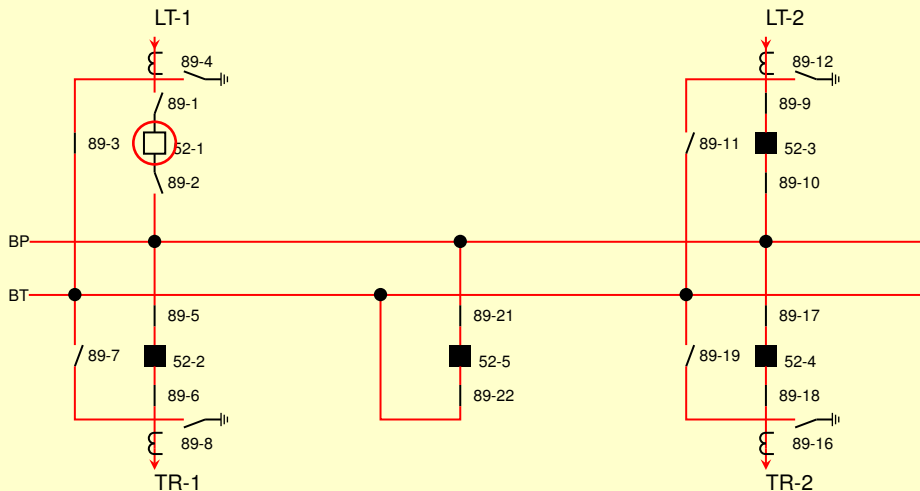
Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Isolamento do disjuntor 52-1 (1)



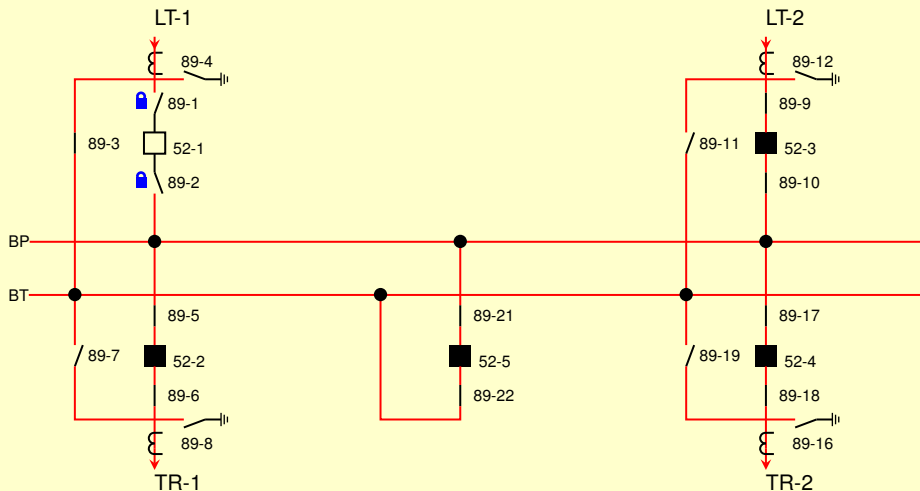
Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

Isolamento do disjuntor 52-1 (2)

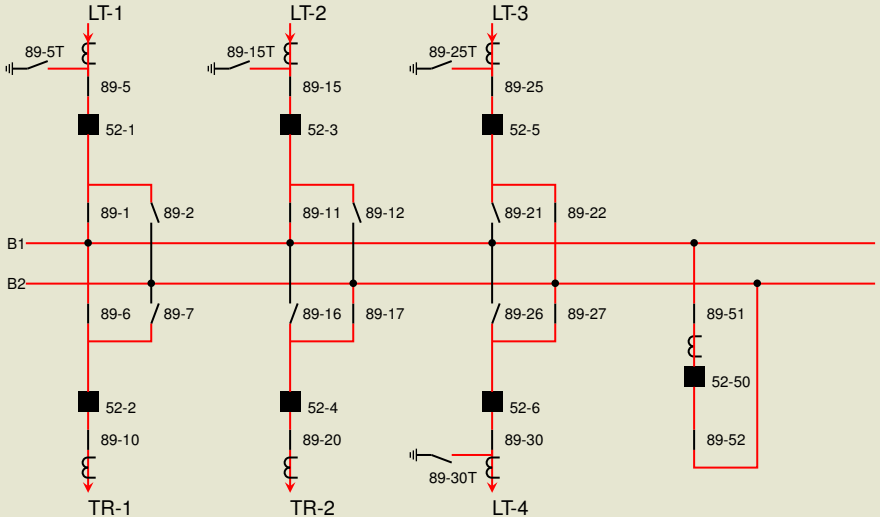


Manobra para manutenção de disjuntor (ex. 52-1)

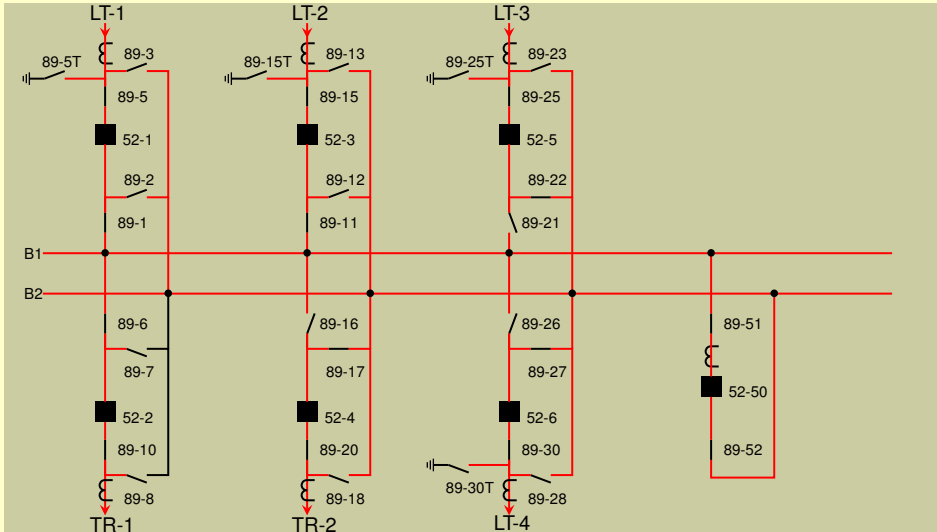
Bloqueio das seccionadoras



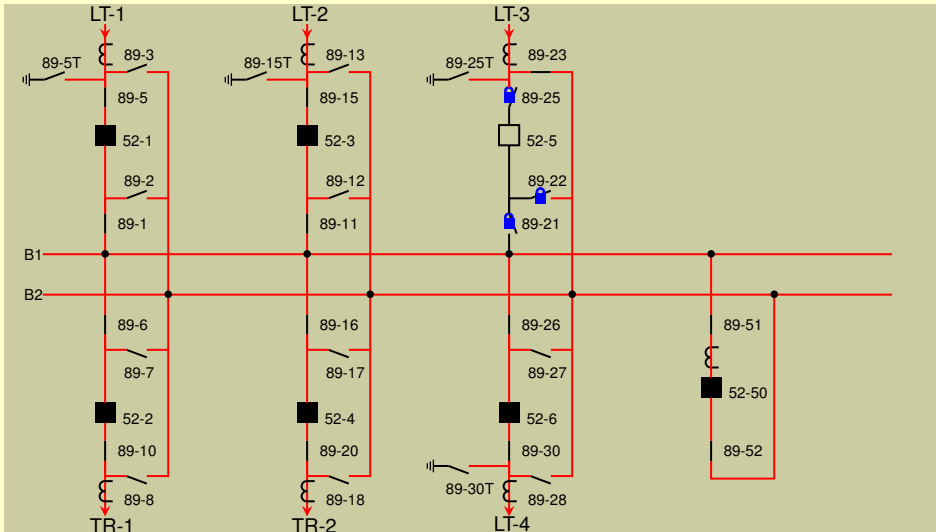
Subestação barra dupla [disjuntor simples] a três chaves



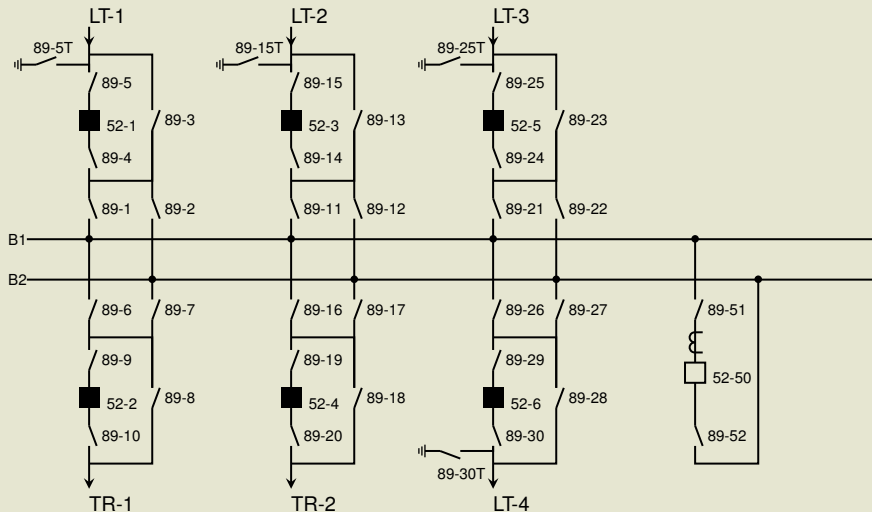
Subestação barra dupla [disjuntor simples] a quatro chaves, normal



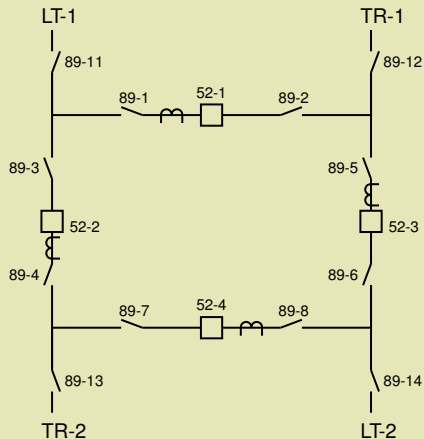
SE barra dupla [disjuntor simples] a quatro chaves,man. disj



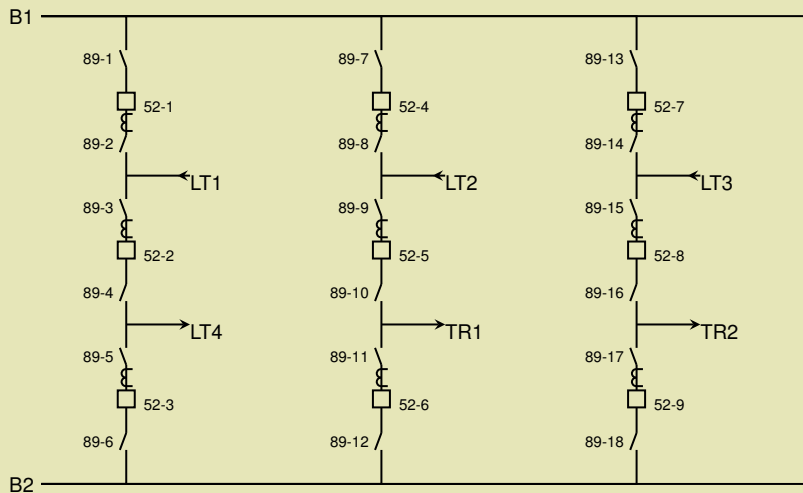
Subestação barra dupla [disjuntor simples] a cinco chaves



Subestação anel simples

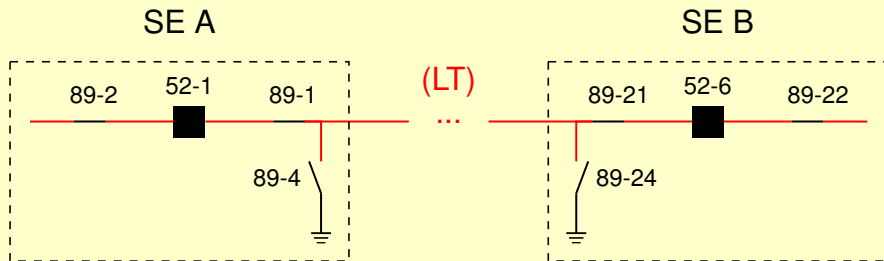


Subestação disjuntor e meio



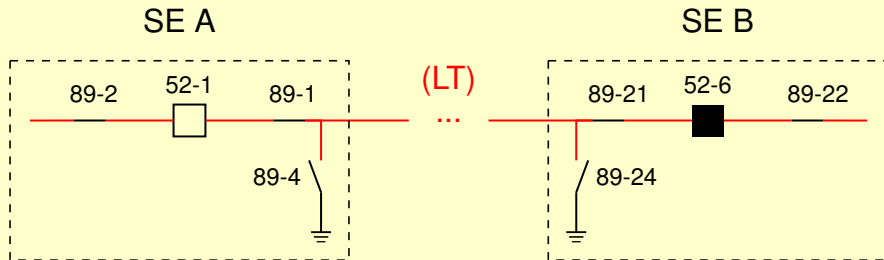
Manobra para manutenção de linha de transmissão

Situação inicial



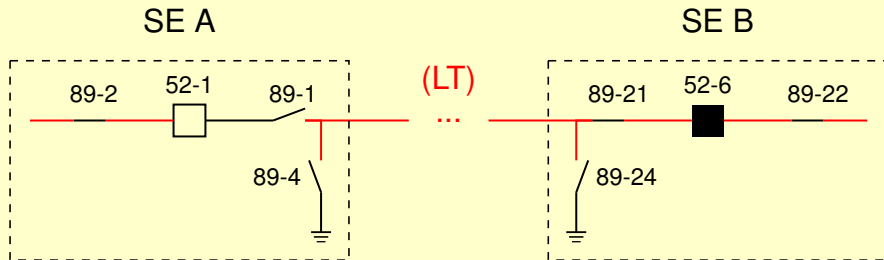
Manobra para manutenção de linha de transmissão

Manobra na SE A: desligamento do disjuntor



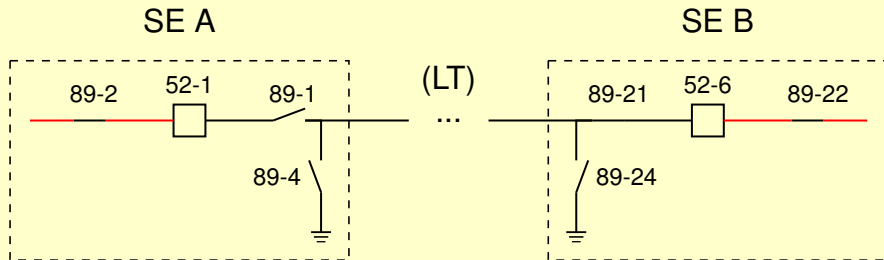
Manobra para manutenção de linha de transmissão

Manobra na SE A: abertura da seccionadora



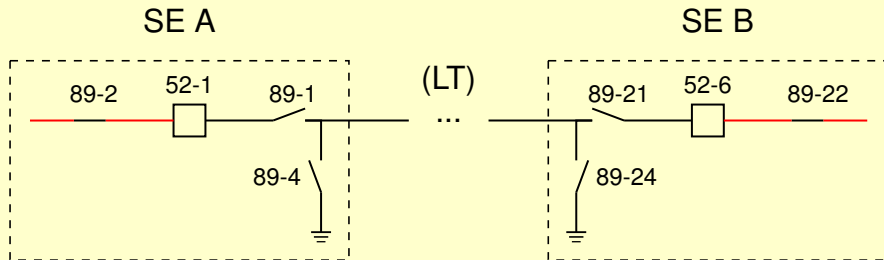
Manobra para manutenção de linha de transmissão

Manobra similar na SE B: desligamento do disjuntor



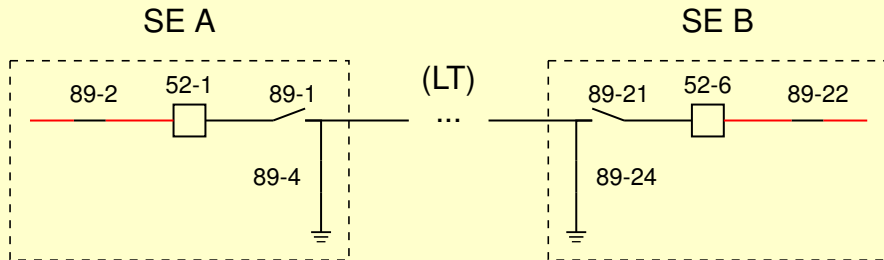
Manobra para manutenção de linha de transmissão

Manobra similar na SE B: abertura da seccionadora



Manobra para manutenção de linha de transmissão

Aterramento da linha



- O aterramento pode não ser feito por meio de chaves de aterramento
- Usualmente chaves de aterramento são comandadas apenas localmente
- O aterramento só ocorre após a confirmação oficial do desligamento da linha na SE remota

Manobra para manutenção de linha de transmissão

Bloqueio dos dispositivos de manobra

