

PEA2412 - Automação de sistemas elétricos de potência

1) Introdução

Sistemas elétricos de potência são responsáveis por fornecer energia elétrica:

- ✓ Instantaneamente;
- ✓ Na quantidade necessária (exatamente); e
- ✓ Com qualidade (tensões e frequência praticamente invariáveis no tempo)

Para que isso seja possível são necessários:

- ✓ Planejamento; (ex. expansões, reserva girante etc.)
- ✓ Projetos adequados; e (ex. equipamentos, configurações, etc.)
- ✓ Operação e manutenção.

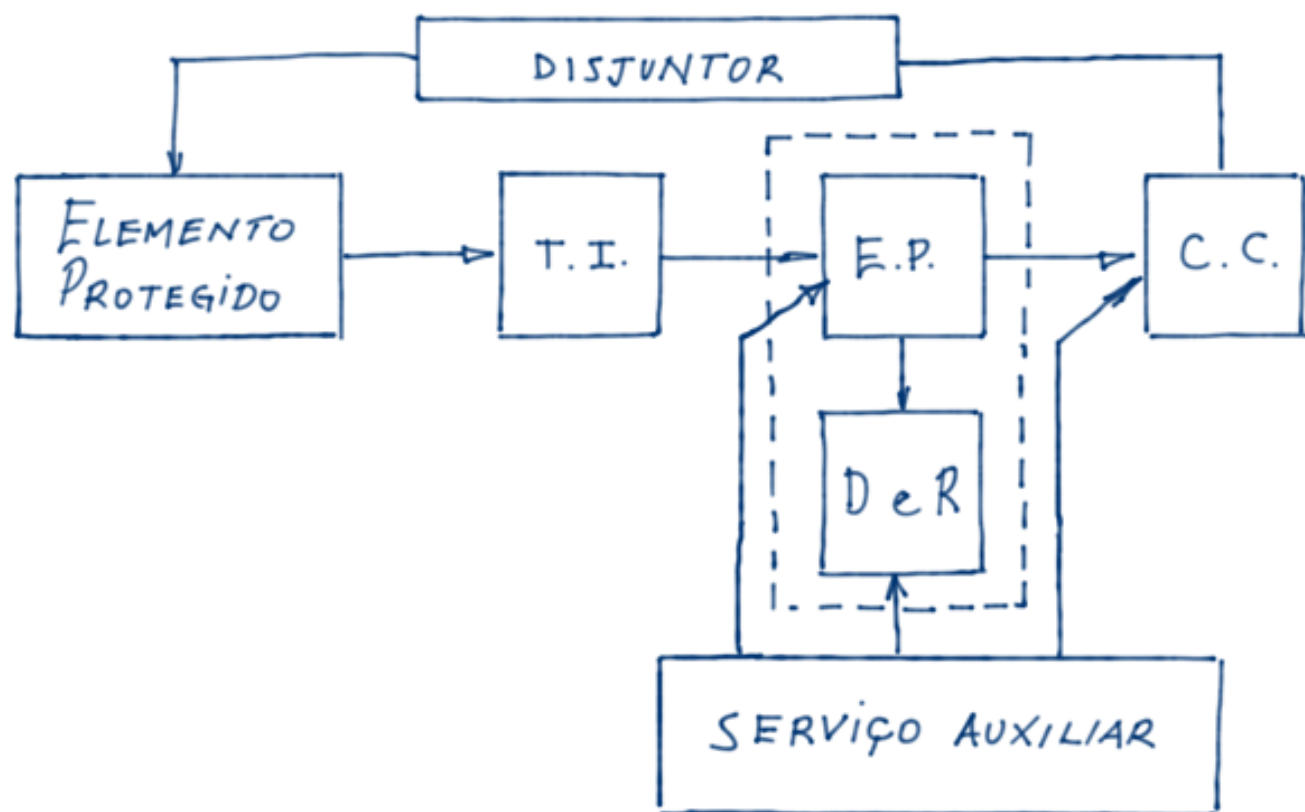
Para o usuário dos sistemas elétricos, essas características fazem crer que o sistema esteja sempre em REGIME (não sujeito a perturbações, constante e com capacidade infinita). No entanto, isso somente é possível em razão de dois fatores básicos:

- ✓ O sistema elétrico de potência é ENORME (em relação a cargas e geradores individuais); e
- ✓ na ocorrência de qualquer perturbação, ações corretivas são tomadas rapidamente.

Sendo assim, o sistema responsável pela rápida tomada de ações é o Sistema de Proteção. Os requisitos de todo e qualquer sistema de proteção são:

- ✓ diagnóstico correto do problema;
- ✓ velocidade de resposta; e
- ✓ mínimo distúrbio do sistema elétrico.

1.1) Estrutura básica do sistema de proteção:



Onde:

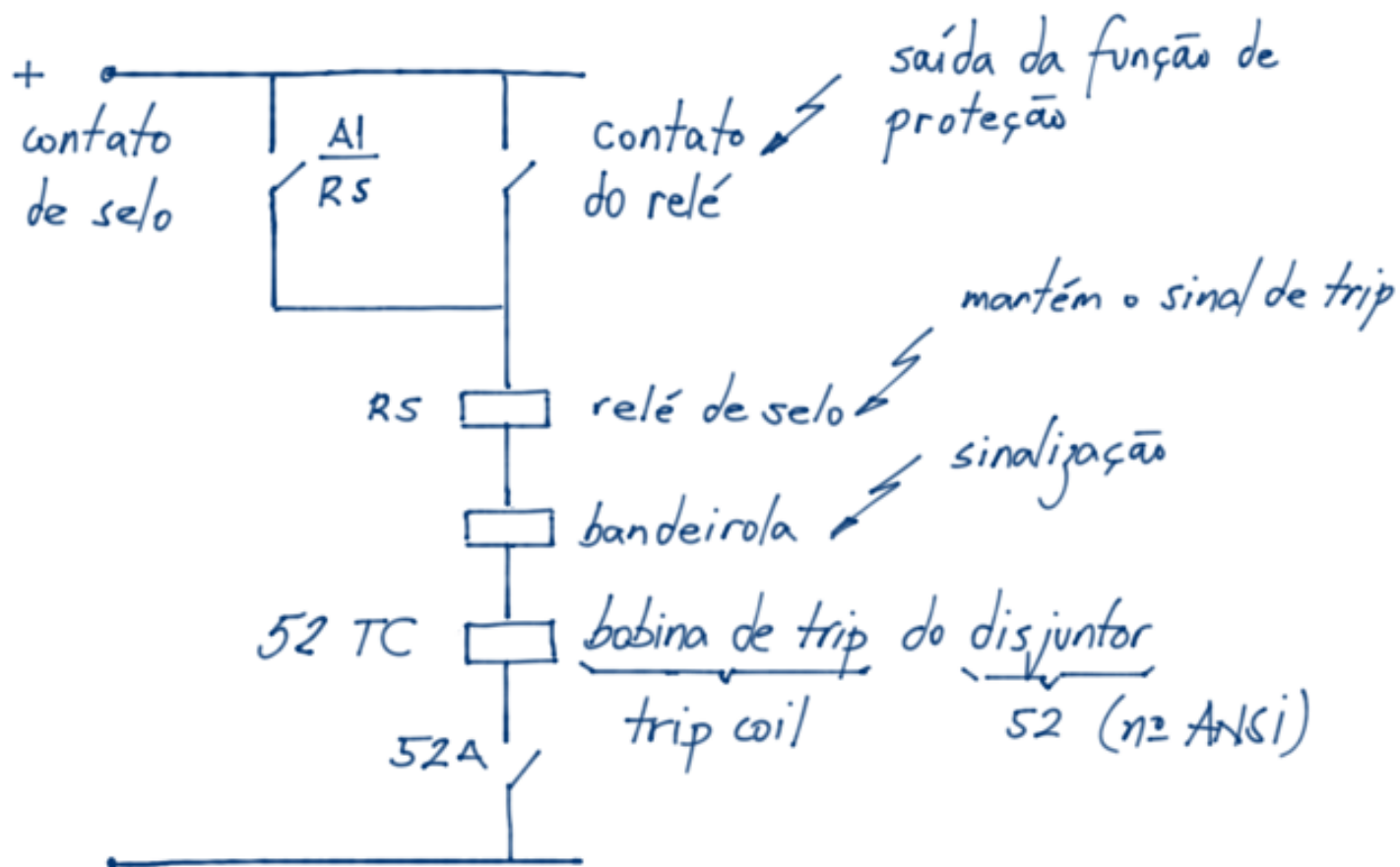
- ✓ Elemento protegido: equipamento do SEP (linha de transmissão, transformador, gerador, barra, etc.)

✓ Transformadores de instrumentação (T.I.): transformadores de corrente (TC) e potencial (TP) que medem as grandezas primárias de interesse. Fornecem a isolação elétrica necessária entre o equipamento protegido e o equipamento de proteção;

TC : $V_s = 115 [V]$, fase-neutro } valores típicos
TP : $5 [A]$ ou $1 [A]$

- ✓ Equipamento de proteção (EP): também conhecido como relé de proteção, ou IED (Intelligent Electronic Device), que é responsável por desempenhar a função (ou as funções) de proteção. É a INTELIGENCIA do sistema.
- ✓ Displays e Registros de eventos: para sinalizar e fornecer subsídios à análise das ocorrências;
- ✓ Serviço auxiliar (S.A.): é o serviço de alimentação, em corrente contínua (p.ex. $48 [V]$ ou $125 [V]$) fornecida por um sistema de baterias para o circuito de controle (C.C.) e para os demais circuitos;

✓ Circuito de controle: também conhecido como circuito de trip



Contatos do disjuntor: 52A e 52B

✓ 52A: segue o estado do disjuntor (N.A.)

✓ 52B: NF

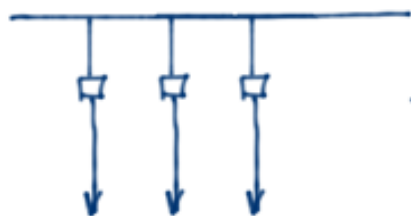
52a	52b	Estado DJ
1	0	Fechado
0	1	Aberto
0	0	Em trânsito
1	1	Inválido

→ pode estar abrindo ou fechando

1.2) Configurações das subestações

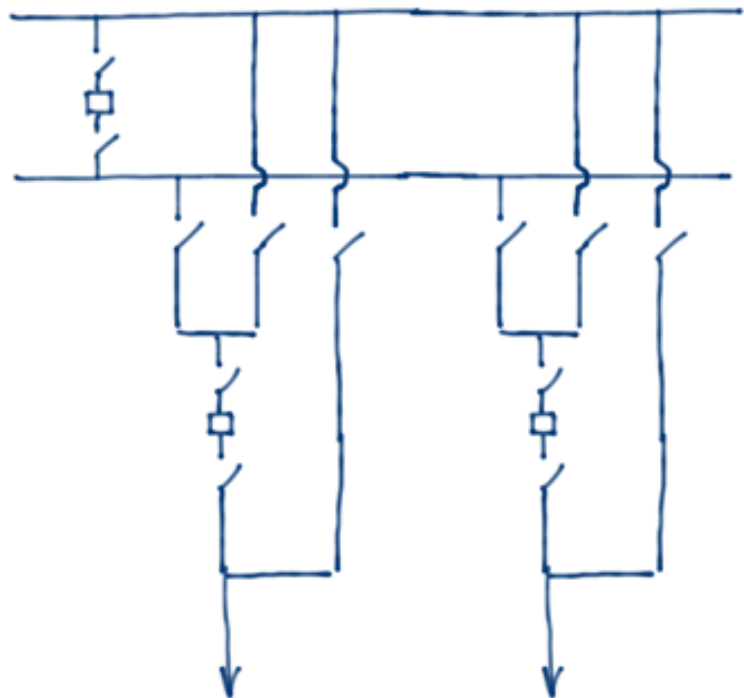
A forma como os equipamentos dos SEP estão conectados tem impacto na confiabilidade e na filosofia da proteção. Por exemplo:

a) Barra simples:



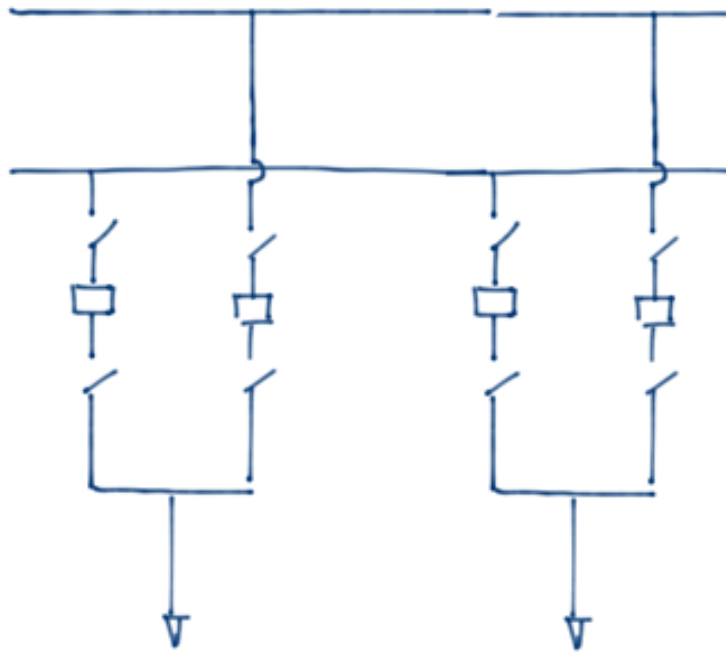
→ Neste caso a abertura do disjuntor desliga toda a carga a jusante

b) Barra dupla disjuntor simples



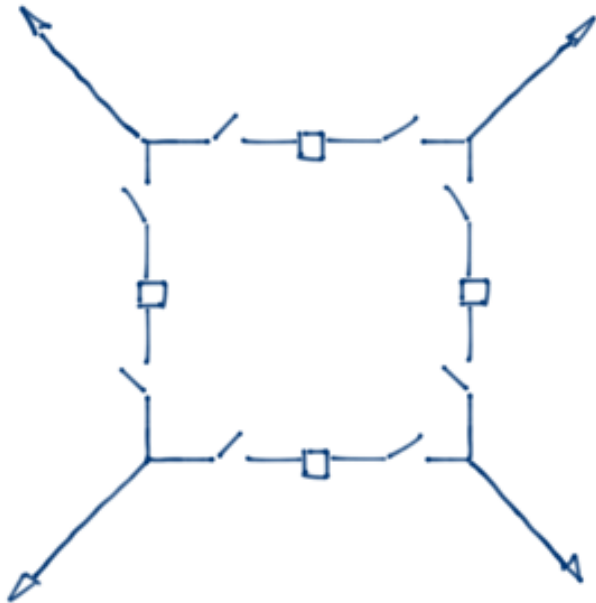
→ Neste caso pode-se fazer a manutenção de um disjuntor transferindo a proteção e a barra.

c) Barra dupla disjuntor duplo



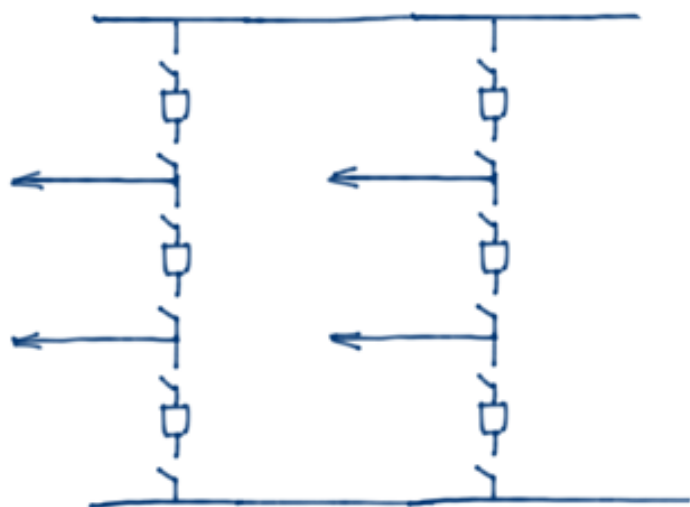
→ Maior flexibilidade a um custo maior. (ambos os disjuntores estão normalmente fechados).

d) Anel



→ Quando o anel está fechado possui a mesma flexibilidade da configuração "c". No entanto, essa situação é degradada quando o anel está aberto.

e) Disjuntor e meio



→ É a solução preferida para alta e extra-alta tensão pois possui a mesma flexibilidade do arranjo "c" a um custo menor

1.3) Princípios para o sistema de proteção

Conforme já mencionado o objetivo do S.P. é isolar o equipamento defeituoso de forma rápida, confiável e minimizando ao máximo a área desenergizada.

1.3.1) Rapidez

A velocidade garante redução dos danos aos equipamentos produzidos pelo stress térmico e mecânico causado pelas altas correntes de falta. Além disso, reduz a possibilidade de perda de estabilidade entre regiões de sistemas interligados.

1.3.2) Confiabilidade

Confiabilidade é a medida do grau de certeza que um equipamento irá funcionar como deveria. Nesse contexto há duas situações de falha a que um SP pode estar sujeito:

a) Falha de segurança (sewurity): o SP atua indevidamente (quando não há falta, ou quando a falta não é de sua responsabilidade - zona de proteção). A atuação indevida é uma falha de segurança.

b) Falha de operação (dependability): o SP não atua quando há uma falta sob sua responsabilidade, isto é, dentro da sua zona de proteção.

Exemplo: um SP tem uma probabilidade " p " de sofrer uma falha de segurança e uma probabilidade " q " de sofrer uma falha de operação

CONFIGURAÇÃO	SECURITY	DEPENDABILITY
1 relé	p	q
2 relés - série	$p \cdot p \downarrow$	$1 - (1 - q)^2 = q(2 - q) \uparrow$
2 relés - paralelo	$1 - (1 - p)^2 = p(2 - p) \uparrow$	$q^2 \downarrow$

$\begin{cases} 1-q \rightarrow \text{atuar corretamente} \\ 1-p \rightarrow \text{n\~ao atuar inevitavelmente} \end{cases}$

Tipicamente, nos sistemas interligados tem-se como objetivo reduzir as taxas de falha de opera\~ao, isto \u00e9, aumento da dependability em detrimento da security .. Isto porque uma falha de seguran\~ca n\~ao resultar\~a em desligamento de cargas significativo, porque o sistema \u00e9 interligado.

Para o caso de sistemas radiais opta-se pelo contr\u00e1rio, isto \u00e9, aumento da security em detrimento da dependability, por uma quest\~ao de confiabilidade (falhas de seguran\~ca desligam toda a carga a jusante).