

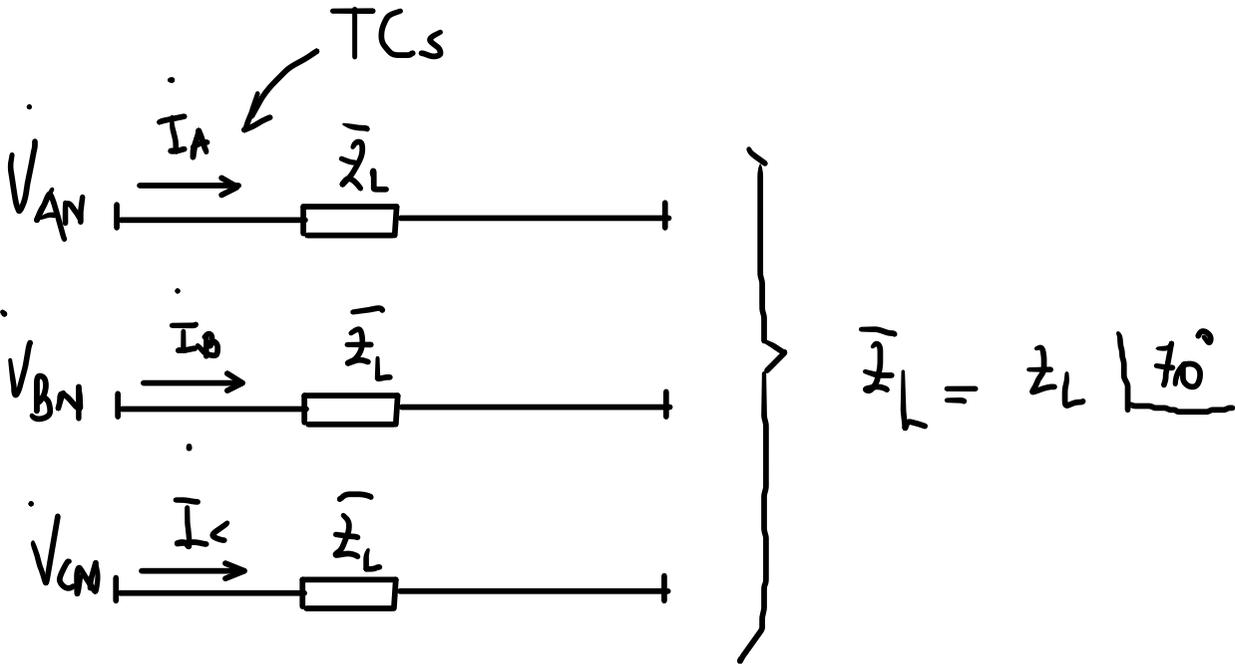
# PEA3412 - Proteção e automação de sistemas elétricos I

## 4.3.4 Comparação de fase

- a) Proteção de sobrecorrente direcional
- b) Princípio de funcionamento
- c) Implementação na tecnologia digital
- d) Aplicação em linhas de transmissão
  - d.1) Direcional de terra
  - d.2) Exemplo de aplicação

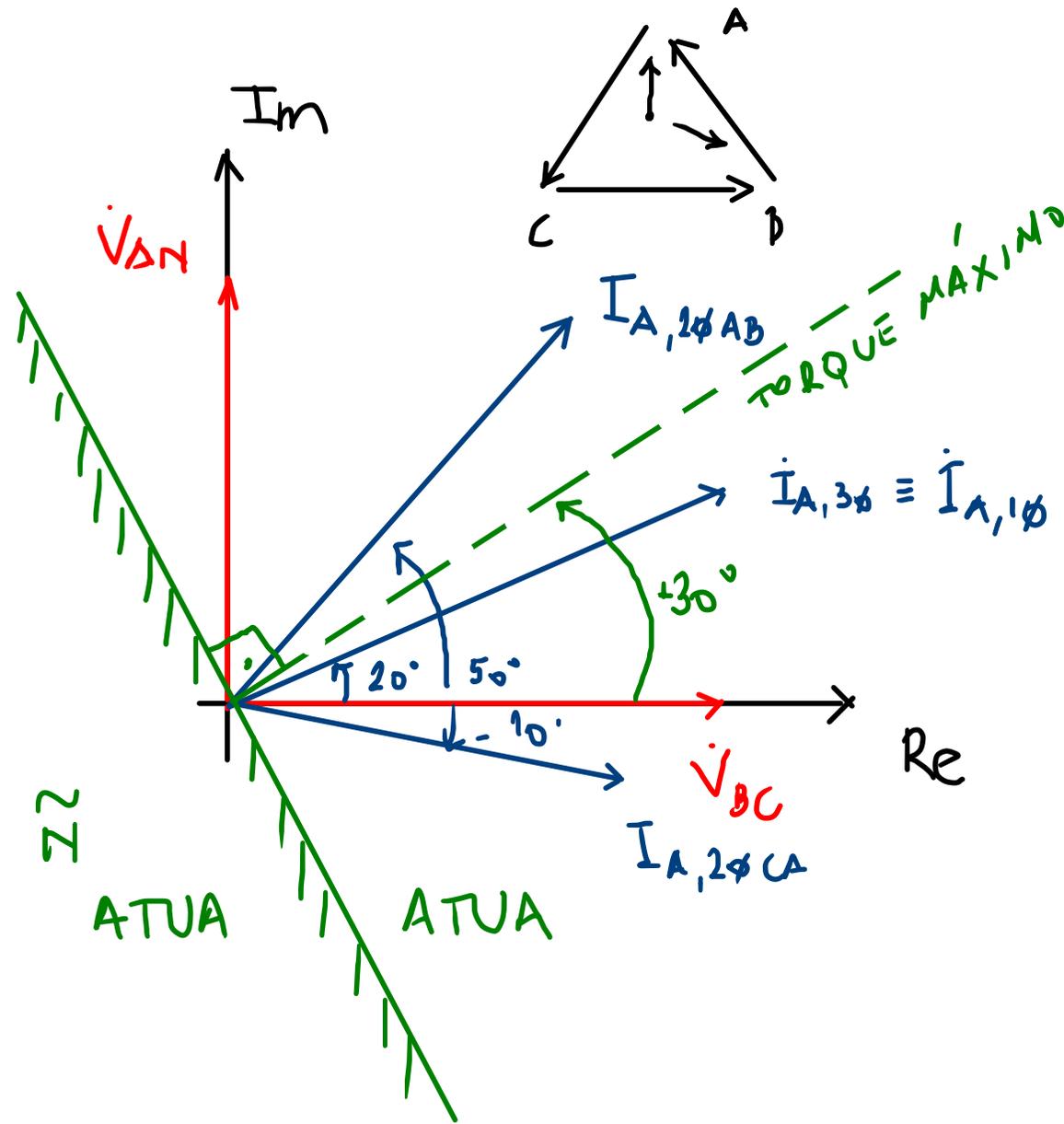
Não se esqueça de registrar presença no Edisciplinas

## d) Aplicação em linhas de transmissão



Curtos-circuitos:

$$I_{A,3\phi} = \frac{V_{AN}}{\bar{z}_L} = \frac{V_{AN}}{z_L} \angle 90^\circ - 70^\circ$$



$$\sqrt{3} \dot{I}_{A,1\phi} = \dot{I}_{A,3\phi} = \frac{\dot{V}_{AN}}{\bar{Z}_L} = \frac{V_{AN}}{Z_L} \angle 20^\circ$$

$$\sqrt{3} \dot{I}_{A,2\phi AB} = \frac{\dot{V}_{AB}}{2\bar{Z}_L} = \frac{V_{AB}}{2Z_L} \angle (120^\circ - 70^\circ) = \frac{V_{AB}}{2\bar{Z}_L} \angle 50^\circ$$

$$\sqrt{3} \dot{I}_{A,2\phi CA} = \frac{\dot{V}_{CA}}{2\bar{Z}_L} = \frac{V_{CA}}{2Z_L} \angle (60^\circ - 70^\circ) = \frac{V_{CA}}{2\bar{Z}_L} \angle -10^\circ$$

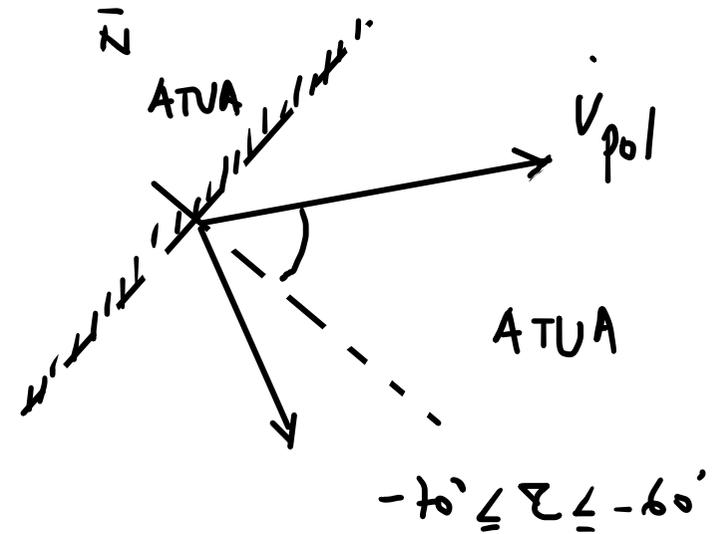
### d.1) Direcional de terra (ANSI 67N)

Tipicamente a grandeza de operação é a componente de sequência zero das correntes da linha monitorada.

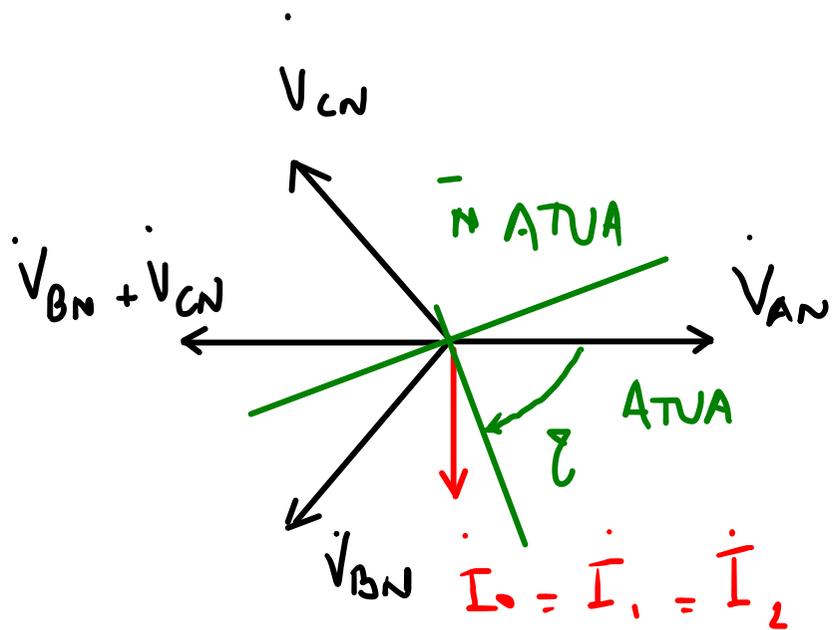
$$\dot{I}_{op} = \frac{1}{3} \left\{ \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c \right\}$$

A grandeza de polarização pode ser:

$$i) \dot{V}_{pol} = -\frac{1}{3} \left\{ \dot{V}_{AN} + \dot{V}_{BN} + \dot{V}_{CN} \right\} \Rightarrow$$



✓ Curto  $\phi_T$  (AN).  $\dot{I}_0 = \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_F}{\bar{z}_0 + 2z_1} \sim 90^\circ$  atrasado de  $V_F$



ii) Corrente que circula pelo aterramento (de um transformador, por exemplo), nesse caso  $\bar{z}_0 = 0$

## d.2) Exemplo de aplicação

Na proteção de LTs de alta e extra-alta tensão, a função de sobrecorrenteAs trêsntedirecional é comumente utilizada como proteção de retaguarda local, sendo a proteção de distância (associada à teleproteção) a proteção primária.

As três unidades direcionais (67) bloqueiam (ou não) as correspondentes unidades de sobrecorrente (50/51) e função de neutro (67N) monitora a função de sobrecorrente de neutro (50/51N).

As unidades direcionais demandam a escolha do tipo de conexão e o ajuste do ângulo de torque máximo, que está relacionado com ângulo da impedância vista (ou de seq. positiva) da linha. As funções de sobrecorrente requerem um ajuste "iterativo" em virtude da topologia em malha do sistema.

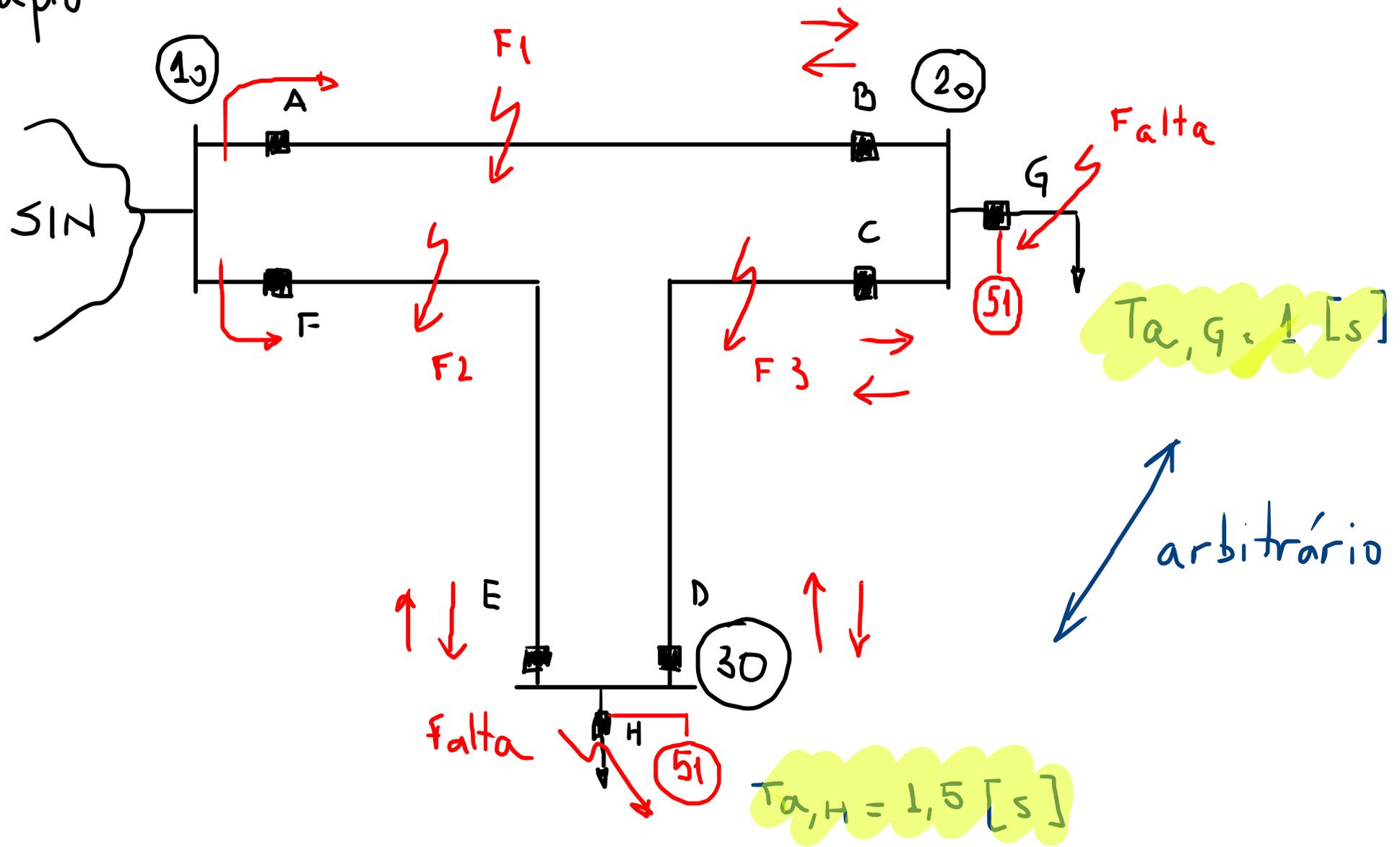
Para sistemas em malha, com diversas fontes, os ajustes das funções de sobrecorrente, que estão associadas às unidades direcionais, são mais complexos que nos casos radiais.

Nesse caso, as coordenações são múltiplas para uma função em uma determinada barra e devem ser feitas em mais de uma direção.

O processo é iniciado abrindo-se a malha em um dado ponto e fazendo a coordenação em um determinado sentido e depois no outro. Quando o sistema possui múltiplas fontes, normalmente se abre o circuito no ponto de conexão da maior fonte.

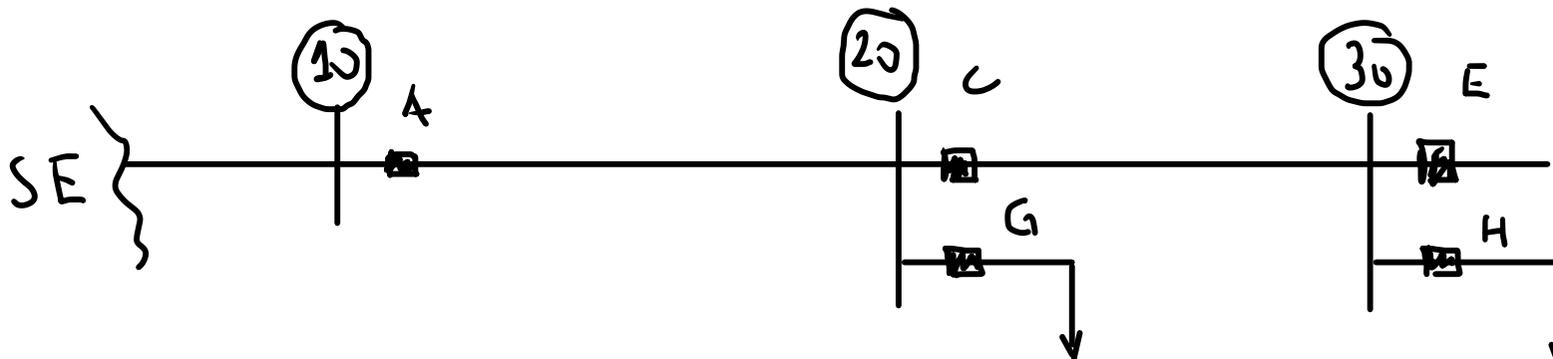
O processo é de "tentativa e erro" (ou exaustivo, ou possível de ser otimizado) e pode demandar várias iterações.

Exemplo:



Abrindo em um sentido:

Admitindo:  $\Delta t = 500 \text{ ms}$



$$T_{a,G} = 1 \text{ [s]}$$

$$T_{a,H} = 1,5 \text{ [s]}$$

✓ Relé E: não coordena com ninguém

$$\leadsto T_{a,E} = 0,3 \text{ [s]}$$

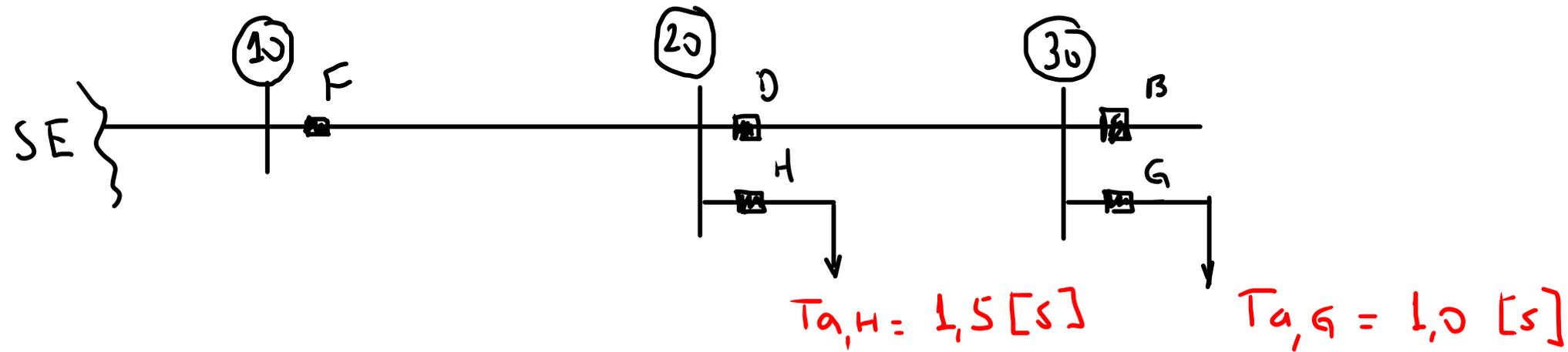
✓ Relé C: coordena com E e H

$$\leadsto T_{a,C} = \max \{ T_{a,E}; T_{a,H} \} + \Delta t = 2 \text{ [s]}$$

✓ Relé A: coordena com C e G

$$\leadsto T_{a,A} = \max \{ T_{a,C}; T_{a,G} \} + \Delta t = 2,5 \text{ [s]}$$

Abrindo no outro sentido:



- ✓ Relé B: não coordena c/ ninguém  $\leadsto T_{a,B} = 0,3 [s]$
- ✓ Relé D: coordena c/ B e G  $\leadsto T_{a,D} = \max \{ T_{a,B}; T_{a,G} \} + \Delta t = 1,5 [s]$
- ✓ Relé F: coordena c/ D e H  $\leadsto T_{a,F} = \max \{ T_{a,H}; T_{a,D} \} + \Delta t = 2,0 [s]$