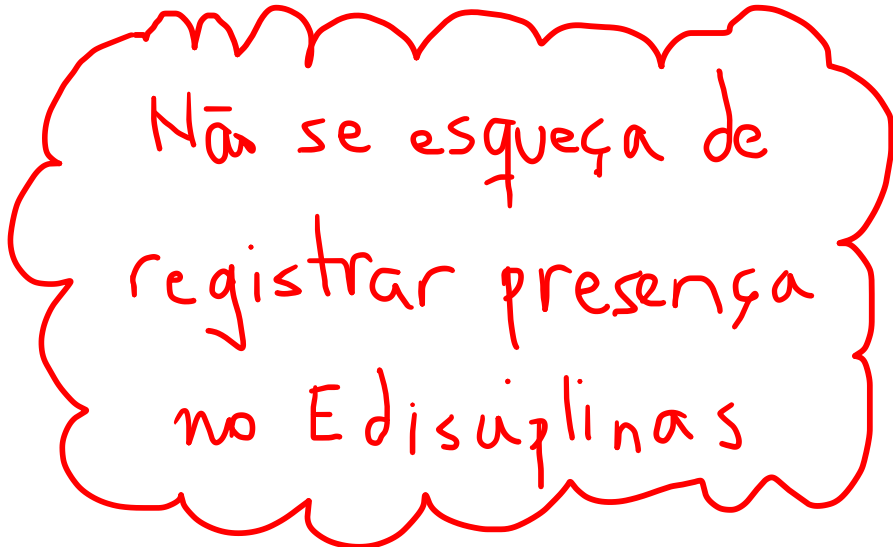


4.3.4 Comparação de fase

- a) Proteção de sobrecorrente direcional
- b) Princípio de funcionamento
- c) Implementação na tecnologia digital
- d) Aplicação em linhas de transmissão



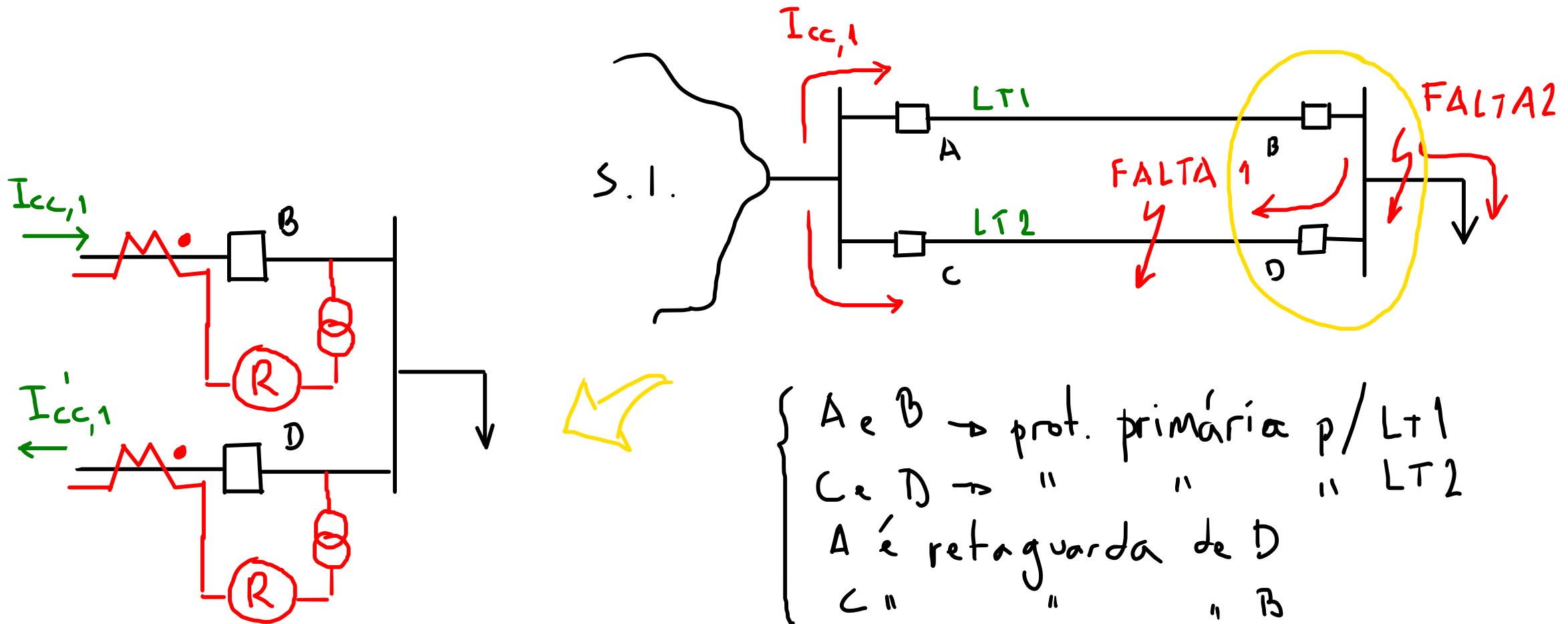
Não se esqueça de
registrar presença
no Edisiplinas

4.3.4 Comparação de fase

Esse tipo de proteção compara o ângulo de fase entre duas grandezas alternadas e normalmente é associada a outras funções de proteção, para melhorar a sua seletividade (p. ex. a proteção de sobrecorrente direcional utilizada em sistemas interligados - ANSI67). No entanto, essa função pode ser utilizada individualmente (p. ex. proteção direcional de potência em geradores - ANSI32).

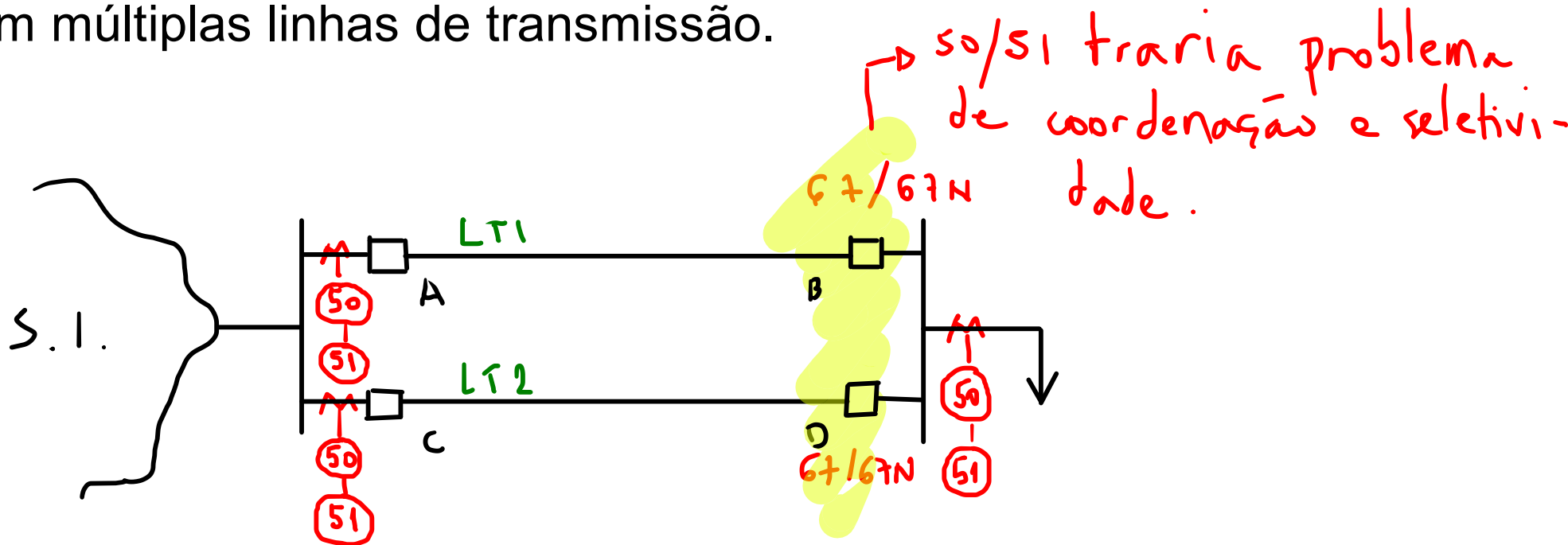
No primeiro caso essa função direcional é usada em combinação com a uma função de sobrecorrente, onde essa última é insuficiente para discriminar corretamente o equipamento defeituoso (normalmente ocorre em sistemas interligados).

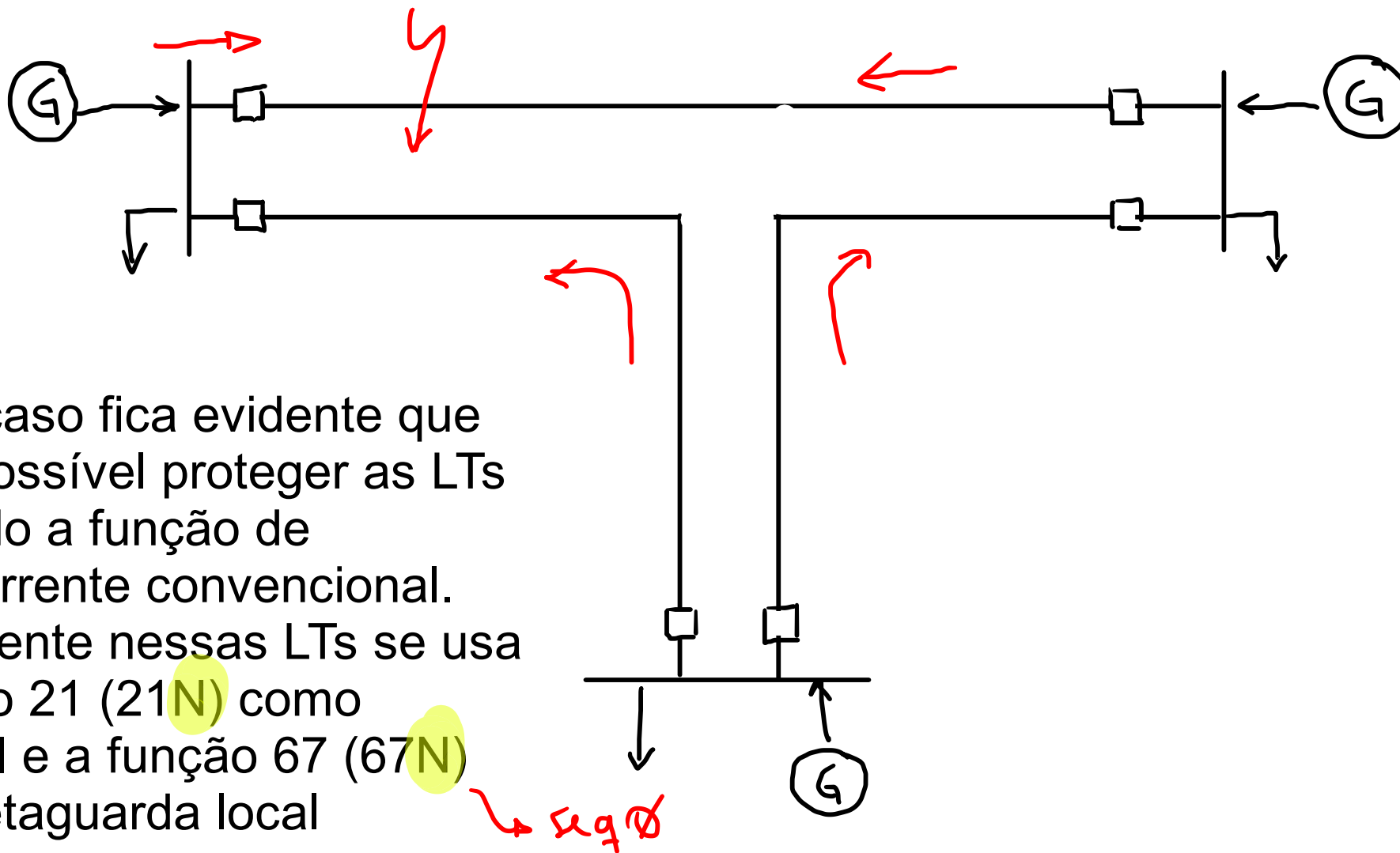
Ex: Na falta de seletividade, uma falta no local indicado pode desligar as duas linhas



a) Proteção de sobrecorrente direcional

Esse tipo de proteção foi o primeiro a ser desenvolvido (comparação de fase) já no final do século XIX para mitigar a deficiência, em termos de seletividade, da função de sobrecorrente convencional na proteção de sistemas interligados (ou de sistemas com múltiplas linhas de transmissão).

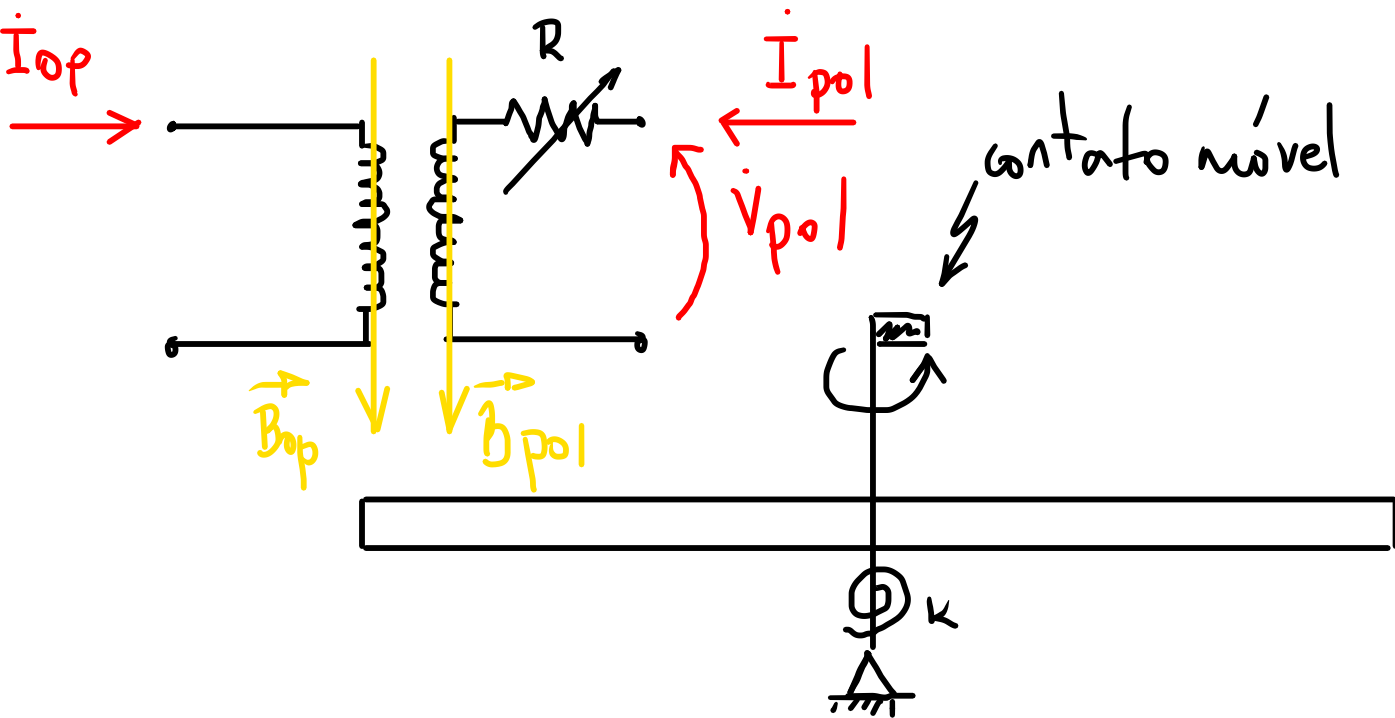




Nesse caso fica evidente que não é possível proteger as LTs utilizando a função de sobrecorrente convencional. Tipicamente nessas LTs se usa a função 21 (21N) como principal e a função 67 (67N) como retaguarda local

b) Princípio de funcionamento

Baseia-se na força eletromagnética (e no torque) resultante da interação entre duas densidades de fluxo que são produzidas por duas grandezas distintas ($d\vec{F} \propto I d\vec{L} \times \vec{B}$)

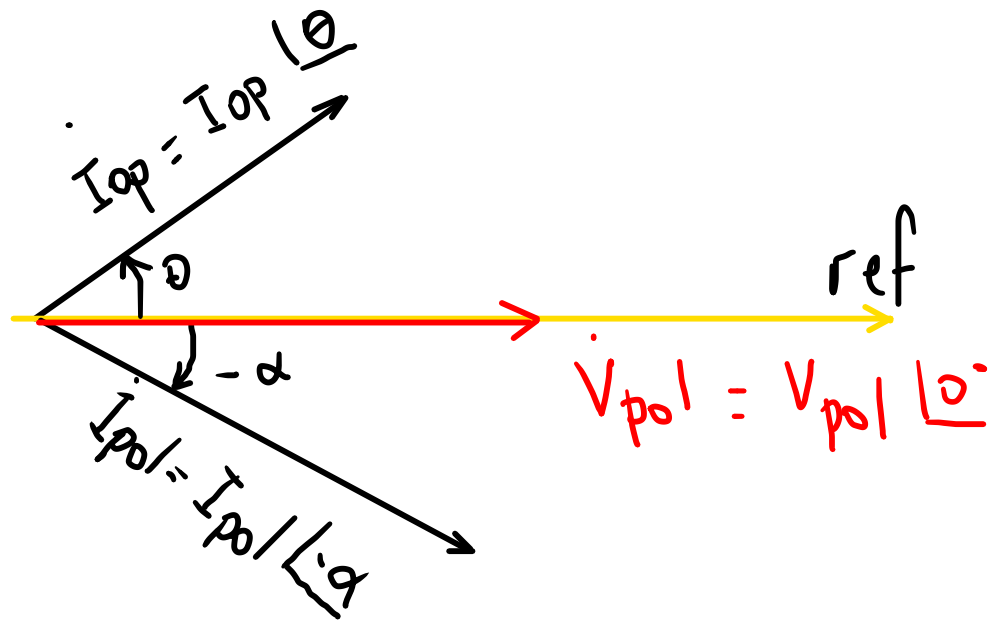


I_{op} é a grandeza de operação

V_{pol} é a grandeza de polarização

Então: $|\vec{B}_{op}| = \underbrace{B_{op}}_{K_1 \cdot \phi_{op}} \cos(\omega t + \theta)$ e $|\vec{B}_{pol}| = \underbrace{B_{pol}}_{K_2 \cdot \phi_{pol}} \cos(\omega t - \alpha)$

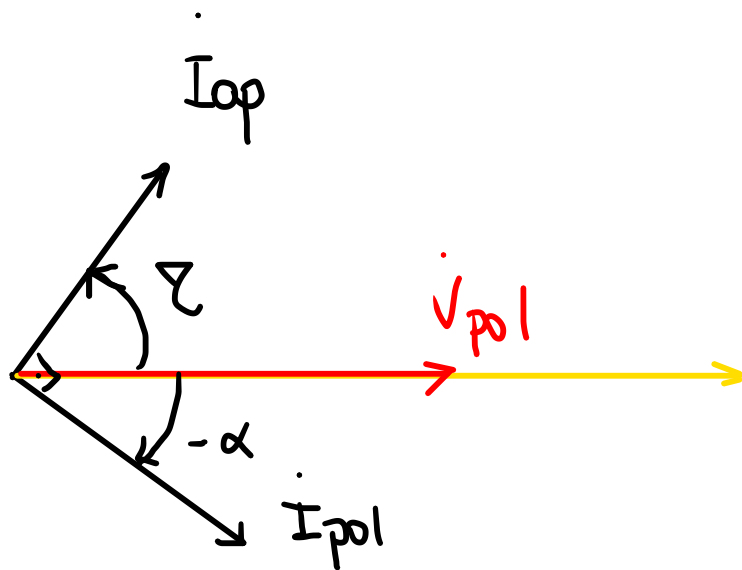
Fazendo o diagrama fasorial:



Nesse caso, o torque no disco é proporcional ao produto vetorial das duas densidades de fluxos, de modo que:

$$\gamma = \underbrace{K_1 \cdot K_2}_{K_3} \cdot \phi_{op} \cdot \phi_{pol} \cdot \sin(\theta - \alpha)$$

O torque será máximo quando a defasagem entre os fluxos (produzidos por I_{op} e I_{pol}) for 90° . Supondo que isso ocorra quando a grandeza de operação estiver adiantada de 90° em relação à corrente de polarização:

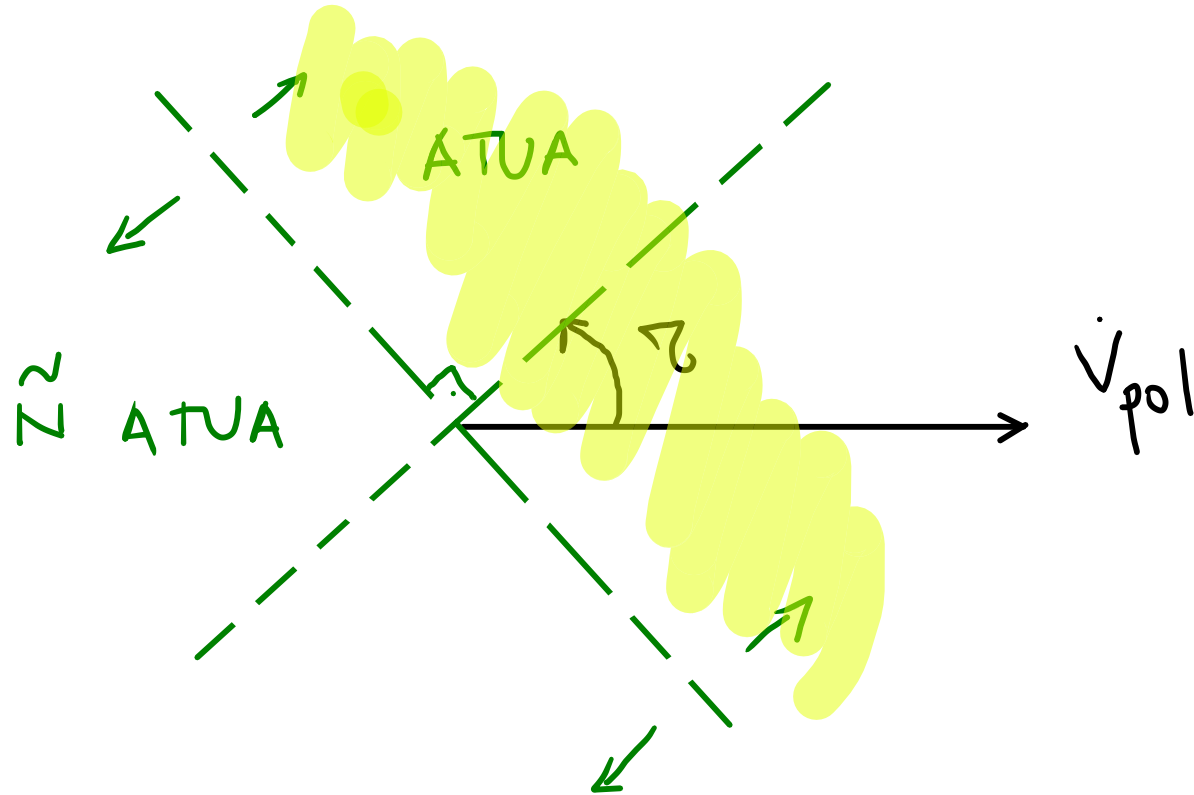


⇒ T_{max} quando $\tau - \alpha = 90^\circ$

τ é denominado "ângulo de torque máximo" e é ajustável nos relés de proteção

Então: $T = K_3 \Phi_{op} \cdot \Phi_{pol} \cdot \sin(\theta - \alpha) = K_3 \cdot \Phi_{op} \cdot \Phi_{pol} \cdot \cos(\theta - \tau)$

Na prática:



c) Implementação na tecnologia digital:

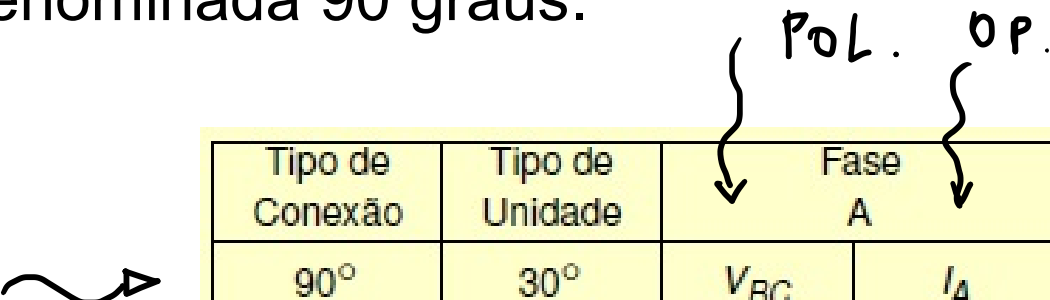
$$\operatorname{Re} \{ I_{op}^* \cdot \dot{V}_{pol} \cdot 1 \angle \underline{\Sigma} \} > 0$$

↳ é a grandeza de referência e tem fase nula

Na implementação via software (firmware do IED) é possível implementar condições adicionais para tornar a proteção ainda mais confiável (security & dependability) e precisa. Um exemplo disso é possibilidade de memorizar a tensão de polarização de pré-falta para não utilizar um sinal degradado no cálculo da direcionalidade.

c.1) Direcional de fase (ANSI 67)

Utilizam-se três elementos direcionais, um por fase, que podem bloquear ou não a respectiva função de sobrecorrente de fase. Normalmente o sinal de polarização é um sinal de tensão e a configuração mais utilizada é a configuração denominada 90 graus.

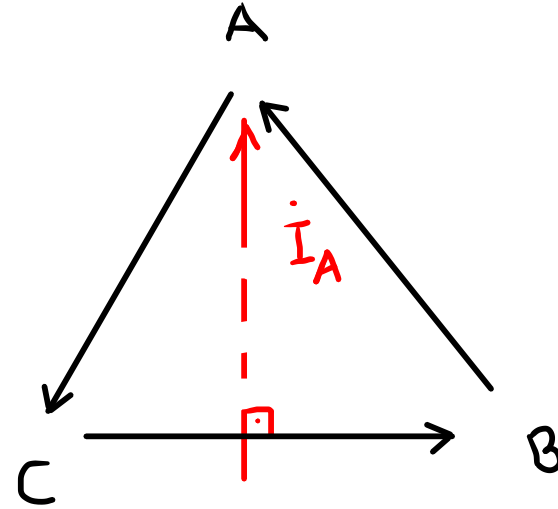


Tipo de Conexão	Tipo de Unidade	Fase A		Fase B		Fase C		Máximo torque ¹
90°	30°	V_{BC}	I_A	V_{CA}	I_B	V_{AB}	I_C	Atrasadas de 60°
90°	45°	V_{BC}	I_A	V_{CA}	I_B	V_{AB}	I_C	Atrasadas de 45°
30°	0°	V_{AC}	I_A	V_{BA}	I_B	V_{CB}	I_C	Atrasadas de 30°
60°-Y	0°	$-V_{CN}$	I_A	$-V_{AN}$	I_B	$-V_{BN}$	I_C	Atrasadas de 60°
60°-Δ	0°	V_{AC}	$I_A - I_B$	V_{BA}	$I_B - I_C$	V_{CB}	$I_C - I_A$	Atrasadas de 60°

¹ Posição das grandezas de operação em relação às de polarização

Conexão de 90°

UNIDADE	Op.	Pol.
A	$\dot{I}_A$	$\dot{V}_{BC}$
B	$\dot{I}_B$	$\dot{V}_{CA}$
C	$\dot{I}_C$	$\dot{V}_{AB}$



Cuidado! O fato de se ter escolhido a tensão de polarização em quadratura com a corrente de operação não significa que o torque será máximo nessa condição, até porque na falta a corrente de polarização muda de fase substancialmente. Portanto, é preciso escolher o ângulo de torque máximo para essa condição.