

Memorial de Cálculo

Proteção de Banco de Capacitores — IEEE C37.99

Desequilíbrio por perda de unidades (funções ANSI 60/61) — sobretensão nos remanescentes, sinal do relé e estágios de ajuste

Parâmetro	Valor	Unidade
Instalação (TAG)	BC-01	
Empresa / instalação	Indústria Modelo – Unidade Piloto	
Responsável técnico	Eng. Responsável – CREA 0000000000	
Data de emissão	22/10/2026	
Norma de referência	IEEE C37.99 · IEEE Std 18 · IEC 60871-1	
Topologia / esquema	Estrela isolada (deslocamento de neutro)	

1 Premissas e dados de entrada

Parâmetro	Valor	Unidade
Arranjo por grupo	S = 4 grupos série × P = 6 unidades em paralelo	
Modo de falha	fusível externo (fail-open) – f unidades removidas de um grupo	
Potência do banco	3500	kvar
Tensão nominal	34.5	kV
Corrente de fase do banco	58.6	A
TC do desequilíbrio (relação)	100 : 1	
Limite de sobretensão contínua	1.10	pu (IEEE Std 18)
Margem do alarme	0.50 × sinal(f=1)	

2 Memória de cálculo (perda de f unidades)

$$V_N = f / (3S(P-f) + 2f) \cdot V_{\text{grupo}} = 3PS / (3S(P-f) + 2f)$$

V_{grupo} em pu da tensão nominal do GRUPO (V_{LN}/S); correntes em pu da corrente de fase do banco completo; V_N em pu de V_{LN} .

f (unid.)	V remanesc. (pu)	sinal (pu)	situação
1	1.1613	0.01613	TRIP
2	1.3846	0.03846	TRIP

3	1.7143	0.07143	TRIP
4	2.2500	0.12500	TRIP
5	3.2727	0.22727	TRIP

3 Resultados e estágios de ajuste

Sinal — 1ª unidade 0.01613 pu	Sobretensão — 1ª unidade 1.1613 pu	Trip (unidades) 1 f* = 0.65	Pickup do alarme 0.00806 pu
--	---	--	--

Estágio de trip **APROVADO** remanescentes excedem 1.10 pu com a perda de 1 unidade(s)

4 Notas normativas e limitações

- v_lim já é excedido com f=1: alarme e trip coincidem na 1ª unidade (banco pequeno) — usar f_trip_int, não f*
- compensar o desequilíbrio inerente no comissionamento e medir o sinal na FUNDAMENTAL (rejeitar harmônicos)
- escopo v1: fusível externo (fail-open); fuseless/interno = v2
- estágio rápido (high-set) p/ desequilíbrio maciço: recomendação de aplicação — sem cálculo dedicado no v1

Limites de suportabilidade do capacitor: IEEE Std 18 (110 % de tensão rms contínua; 135 % de corrente/kvar) e IEC 60871-1 Tab. 7 (1,10 pu por 12 h/dia; 1,15 por 30 min; 1,20 por 5 min; 1,30 por 1 min). O estágio de trip é ajustado para atuar antes que a perda acumulada de unidades imponha sobretensão contínua acima do limite aos remanescentes (filosofia IEEE C37.99).

Triagem de ajuste de desequilíbrio — não substitui o estudo de energização/inrush, a verificação do desequilíbrio inerente medido em comissionamento nem o projeto por profissional legalmente habilitado (ART).