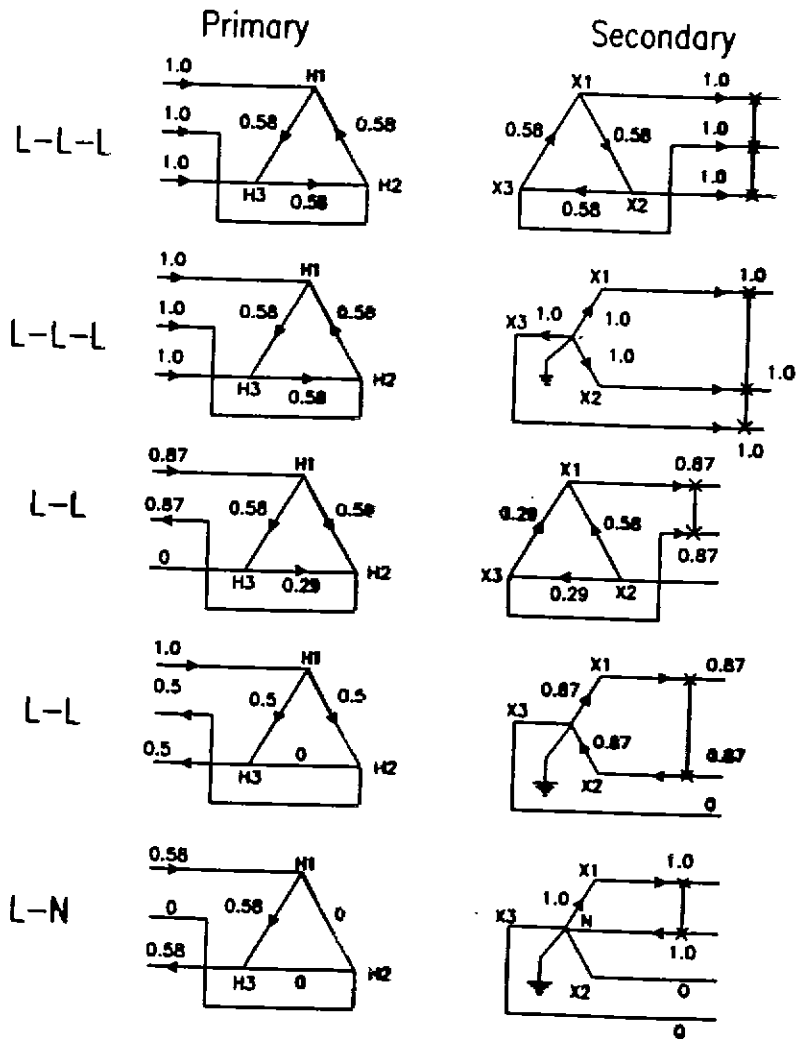


TRANSFORMER CONNECTIONS

(Per Unit Winding and Line Currents Shown)
Adapted from ANSI/IEEE C37.91

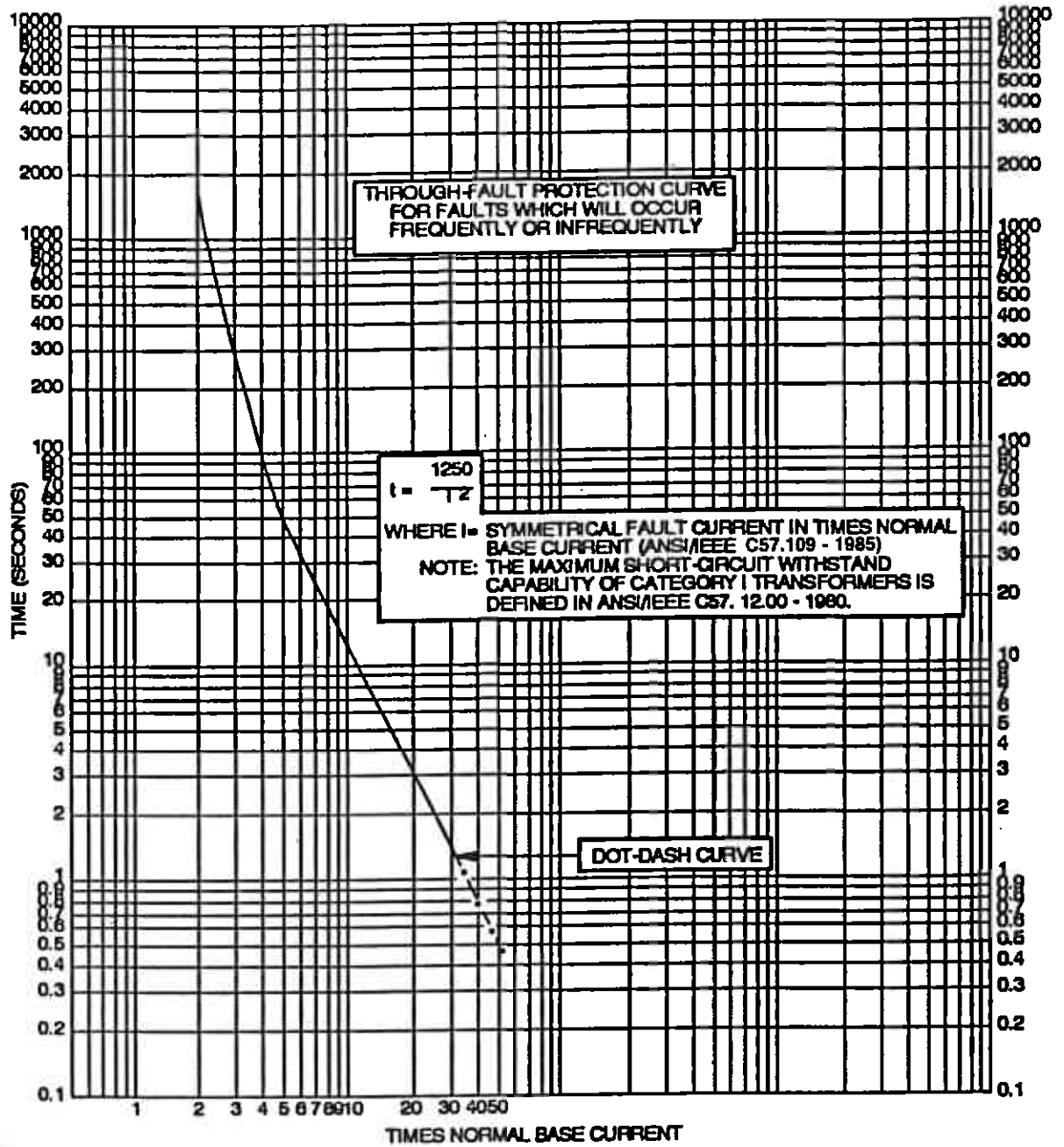


$$3 \text{ Phase Fault Current} = \frac{3 \text{ Phase Full Load Current}}{\text{Transformer Per Unit Impedance}} = 1.0 \text{ PU}$$

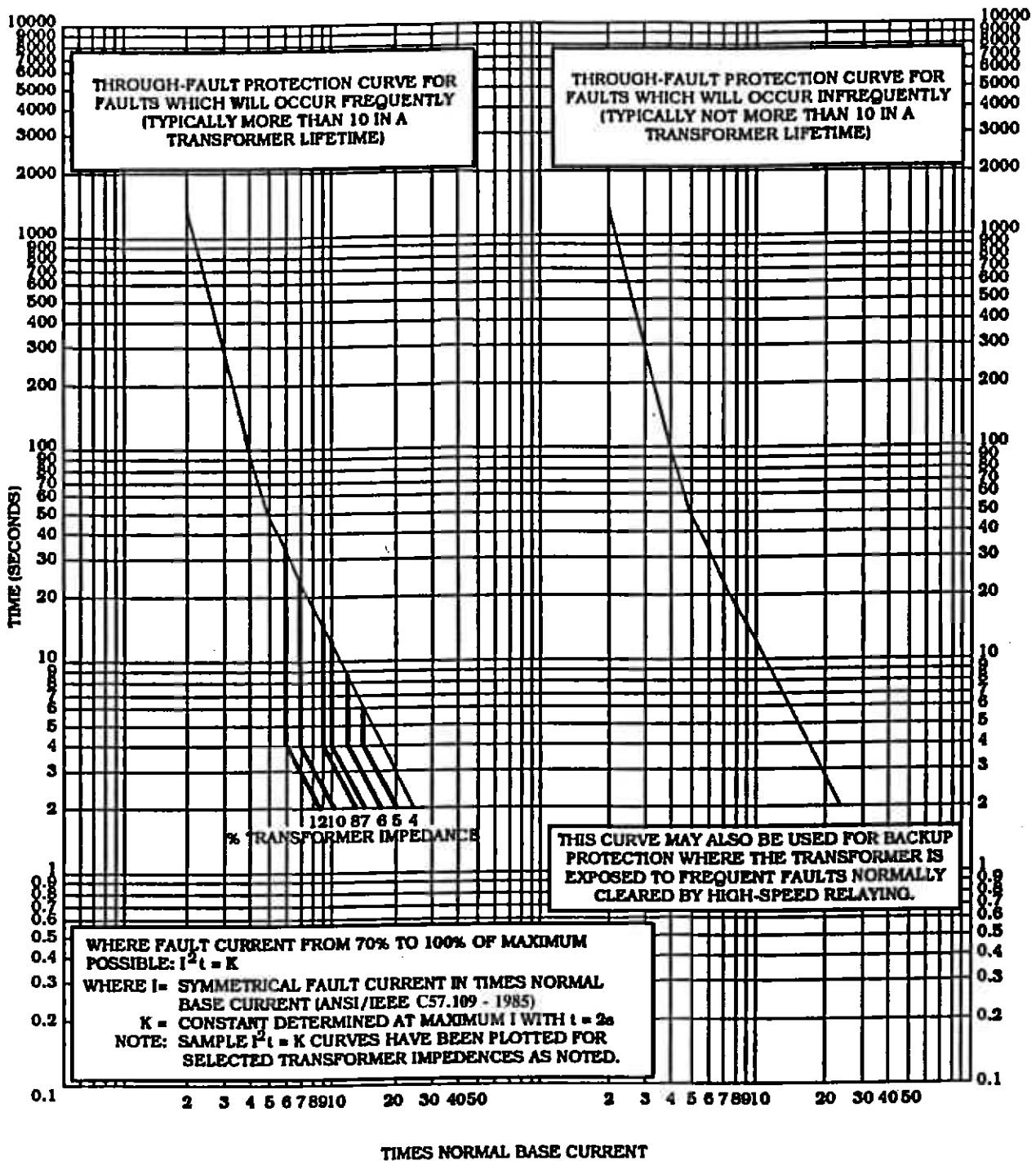
Line and transformer winding currents for DY and DD connected transformers. The phase relationships that apply to power transformers also apply in instrument transformer circuits.

Transformer Category (ANSI/IEEE
Standard C57.109-1985 Curves)

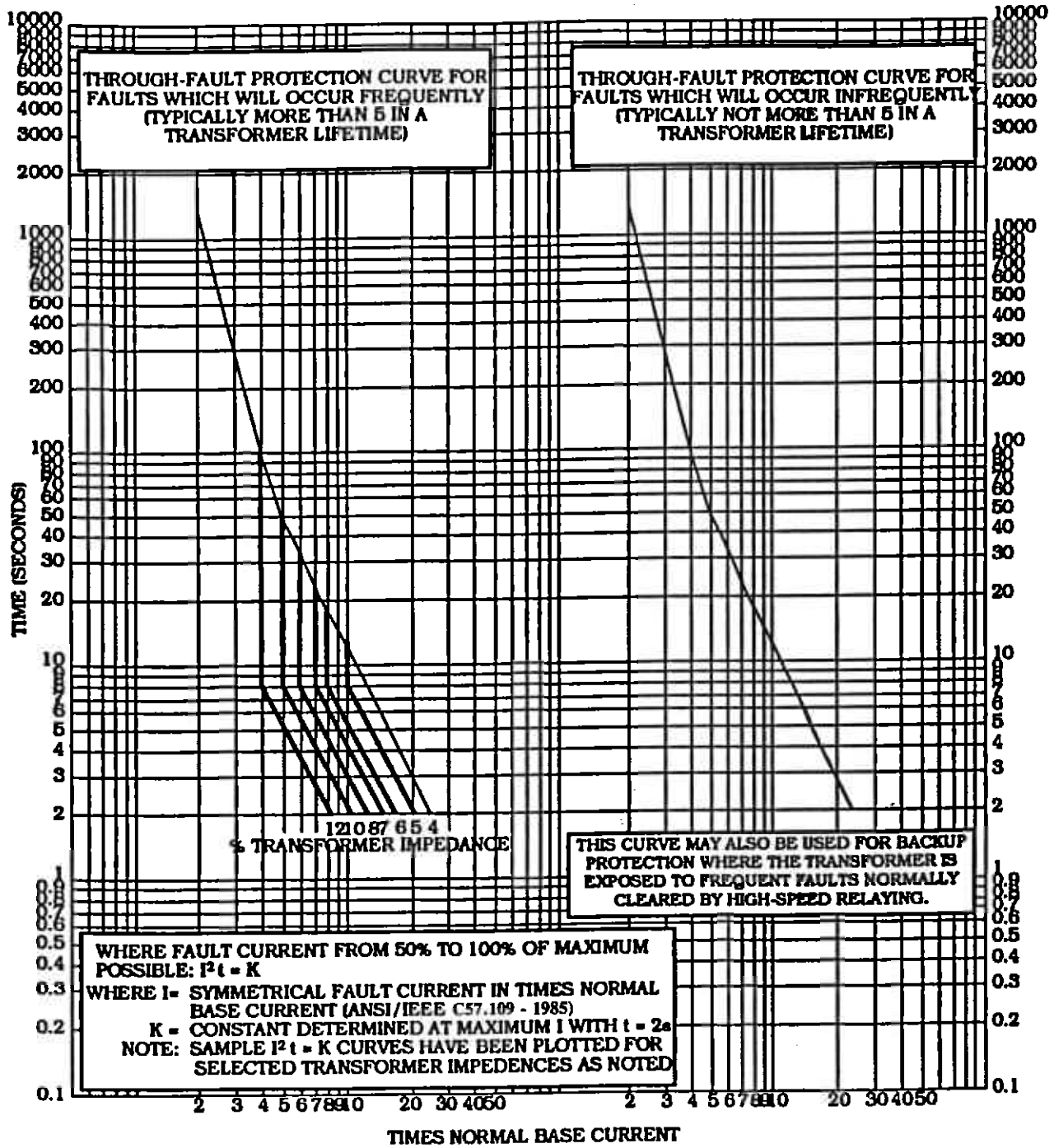
Category	Minimum nameplate (kVA)		Reference protective curve
	Single-phase	Three-phase	
I	5-500	15-500	Fig. 10-27
II	501-1667	501-5000	Fig. 10-28
III	1668-10,000	5001-30,000	Fig. 10-29
IV	above 10,000	above 30,000	Fig. 10-30



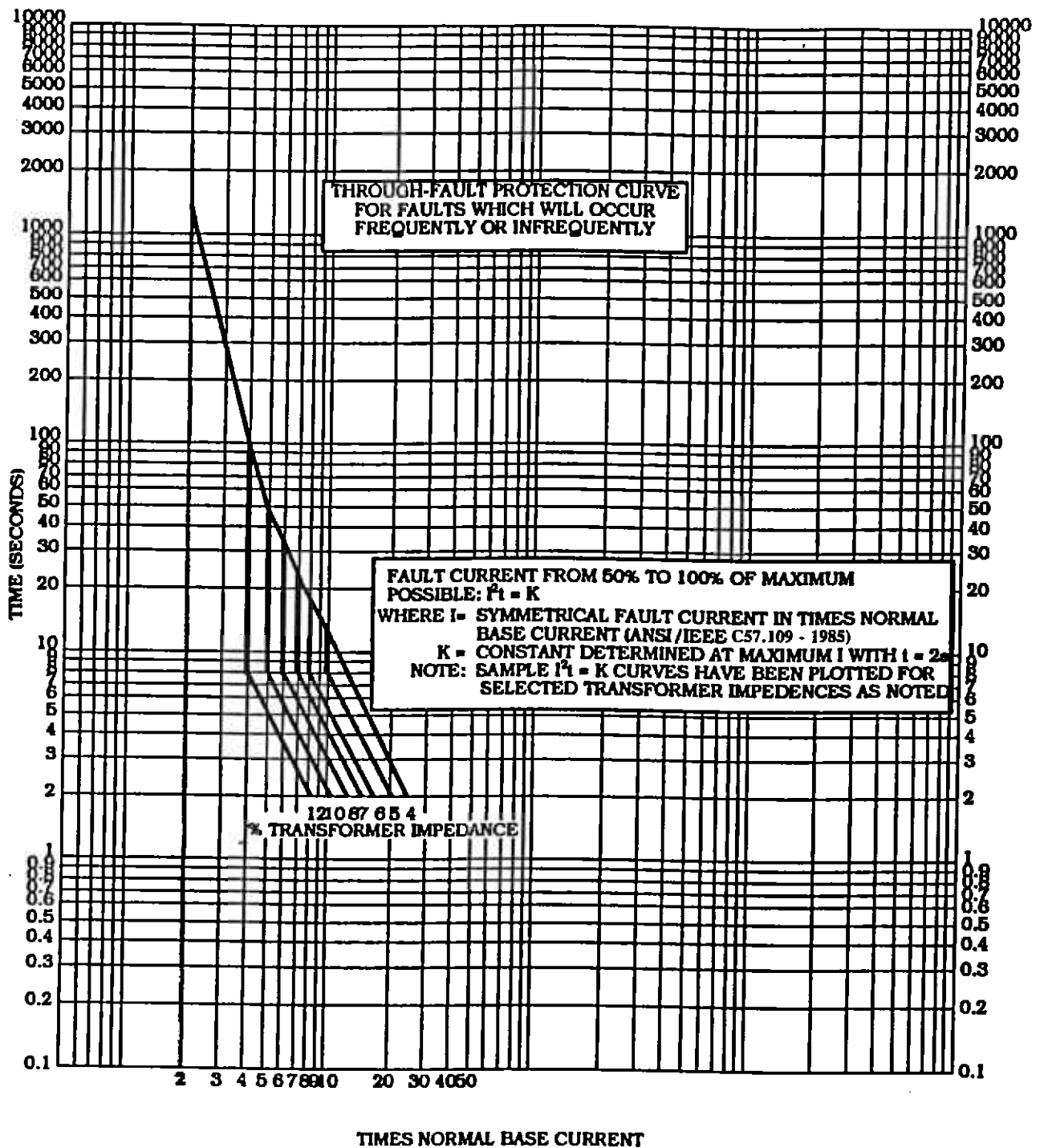
Through-fault protection curve for category 1 transformers 5 to 500 kVA single-phase 15 to 500 kVA three-



Category II transformers 501 to 1667 kVA single-phase 501 to 5000 kVA three-phase.

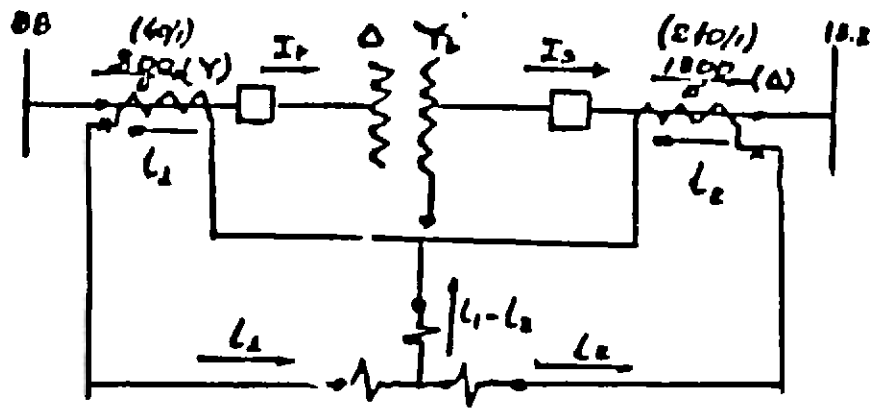


Category **II** transformers 1668 to 10000 kVA single-phase 5001 to 30000 kVA three-phase.



Category IV transformers above 10,000 kVA single-phase above 30,000 kVA three-phase.

PEA-403



PROTEÇÃO
DIFERENCIAL
TAPED (87)

12 MVA
881 13,2 kV

PARA OS RELES DIFERENCIAIS DEVEM SER CONSIDERADO:

- 1)- APLICAM-SE BASICAMENTE NA PROTEÇÃO CONTRA CURTOS-CIRCUITO NOS TRANSFORMADORES. POR RAZÕES ECONÔMICAS GERALMENTE SÃO UTILIZADOS PARA TRANSFORMADORES COM POTÊNCIA DE 5 MVA E ACIMA.
- 2.- AS RELAÇÕES DE TC'S DEVEM SER ESCOLHIDAS DE MODO A NÃO ULTRAPASSAR A CORRENTE DE SA NO SECUNDÁRIO
- 3)- RELES DIFERENCIAIS POSSUEM TAPES PARA COMPENSAR AS DIFERENÇAS DE CORRENTES.
OS TAPES MAIS COMUNS SÃO: 2.9-3.2-3.5-3.8-4.2-4.6-5.0-8.;
- 4) AS RELAÇÕES ENTRE AS CORRENTES E OS TAPES DEVEM SER CONSTANTES, PORÉM O ERRO PERCENTUAL NÃO DEVE EXCEDER 5%. VERIFICA-SE QUE:

$$(E\%) = \frac{(R_T - R_i)}{R_i} \times 100 \quad \text{SE } R_T > R_i$$

$$(E\%) = \frac{(R_i - R_T)}{R_T} \times 100 \quad \text{SE } R_i > R_T$$

ONDE:
 R_T = RELAÇÕES DE TAPES
 R_i = RELAÇÃO DE CORRENTES

- 5) A FIM DE COMPENSAR OS ERROS DEVIDOS A TC'S, RELAÇÃO DE TAPES, REGULAGEM DO TRANSFORMADOR OS RELES DIFERENCIAIS POSSUEM AJUSTES (SLOPES). SÃO APROPRIADOS. OS "SLOPES" MAIS COMUNS SÃO DE 15%, 25% E 40%.
- 6.- AS CORRENTES DIFERENCIAIS DEVEM ESTAR EM FASE. AS DEFASAGENS CARACTERÍSTICAS, DEVIDO A LIGAÇÃO DOS TRANSFORMADORES, DEVEM SER COMPENSADAS PELA LIGAÇÃO DOS TC'S. ASSIM, TRANSFORMADORES LIGADOS EM Δ -Y, OS TC'S DEVEM SER LIGADOS EM Y- Δ .

PARA O TRANSFORMADOR Nº 2 DE 10/12 MVA 132/88KV.

a) CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE PRIMÁRIA.

$$I_P(\text{MAX}) = \frac{12.000}{\sqrt{3} \times 88} = 78,7 \text{ A}$$

b) CÁLCULO DA MÁXIMA CORRENTE SECUNDÁRIA

$$I_S(\text{MAX}) = \frac{12.000}{\sqrt{3} \times 13,2} = 525 \text{ A}$$

c) CÁLCULO DA CORRENTE PRIMÁRIA NOMINAL

$$I_P(N) = \frac{10.000}{\sqrt{3} \times 88} = 65,6 \text{ A}$$

d) CÁLCULO DA CORRENTE NOMINAL SECUNDÁRIA

$$I_S(N) = \frac{10.000}{\sqrt{3} \times 13,2} = 437,4 \text{ A.}$$

e) CORRENTES MÁXIMAS NOS TC'S.

$$I_1(\text{MAX}) = \frac{78,7}{40} = 1,96 \text{ A}$$

$$I_2(\text{MAX}) = \frac{525}{240} = 2,18 \text{ (LSA)}$$

f) LIGAÇÕES DOS TC'S

PRIMÁRIO (88KV): ESTRELA (Y)

SECUNDÁRIO (13,2KV): TRIÂNGULO (D)

g) CORRENTES NOS DELES

$$I_1 = 1,96 \text{ A (LADO DE 88KV)}$$

$$I_2 = 2,18 \times \sqrt{3} = 3,79 \text{ (LADO DE 13,2KV)}$$

h) ESCOLHA DOS TAPES

LADO PRIMÁRIO, $I_1 = 1,96 \text{ A}$ TAPE MAIS PRÓXIMO = 2,9
PORTANTO, COMO

$$\frac{\text{TAPE PRIMÁRIO (T}_1\text{)}}{\text{TAPE SECUNDÁRIO (T}_2\text{)}} = \frac{\text{CORRENTE PRIMÁRIA (I}_1\text{)}}{\text{CORRENTE SECUNDÁRIA (I}_2\text{)}}$$

$$\frac{2,9}{T_2} = \frac{1,96}{3,79} \therefore T_2 = \frac{3,79 \times 2,9}{1,96} = 5,6$$

PORTANTO, TAPES DISPONIVEIS : 5.0 OU 8.7.

a) PARA TAPE (T_2) = 5.0

$$R_L = \frac{1.96}{8.79} = 0.517 \quad \text{LOGO } (E\%) = \frac{(R_T - R_L) \times 100}{R_L}$$

$$R_T = \frac{2.9}{5.0} = 0.58 \quad (E\%) = \frac{(0.58 - 0.517) \times 100}{0.517} = 12\% \quad (25\%)$$

b) PARA TAPE (T_2) = 8.7

DEVEMOS CORREGIR O TAPE PRIMARIO (T_1), ISTO É:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad \therefore \frac{T_1}{8.7} = \frac{1.96}{3.79} \quad \therefore T_1 = \frac{8.7 \times 1.96}{3.79} = 4.49$$

LOGO, O TAPE MAIS PROXIMO : $T_1 = 4.6$

NESTAS CONDICÖES:

$$R_T = \frac{4.6}{8.7} = 0.528$$

$$R_L = \frac{1.96}{3.79} = 0.517$$

$$(E\%) = \frac{(0.528 - 0.517) \times 100}{0.517} = 2.13\% \quad (25\%)$$

PORTANTO A RELACÃO ADEQUADA SERÁ:

$T_1 = 4.6$ $T_2 = 8.7$

l) : SLOPE :

DEVE SER CALCULADO COMO :

a) ERRO DOS TC'S = 5%

b) ERRO PERCENTUAL = 5%

c) ERRO DE REGULAGEM = MÁXIMA VARIACÃO DE TENSÃO DO TAPAS

d) MARGEM DE SEGURANCA = 5%

PARA TRANSFORMADORES SEM REGULAGEM:

$$\text{SLOPE} = a + b + d = 15\%$$

1) INSTANTANEO : AJUSTE 8 X TAPE = $8 \times 4.6 = 36.8 \approx 37.9$.

PORCENTUAL DE RESIDUO DE CORRENTE PEA-566 (1)

(MARGEM DE SEGURANCA SUFICIENTE)

- ALTERAR TAPS DOS TC'S OU ADICIONAR TC'S AUXILIARES.

$$M = \left(\frac{\frac{I_L}{I_H} - \frac{T_L}{T_H}}{S} \right) \times 100\%$$

- | | | |
|--|---|-----------------------------------|
| $\left\{ \begin{array}{l} L - \text{Low} \\ H - \text{High} \end{array} \right.$ | } | I - correntes de relé |
| | | T - taps de relé |
| | | S - menor dos termos do numerador |
| | | M - margem de segurança |

EXEMPLO

λ / Δ

11.5KV / 69KV

30MVA

$$I_{FL} = \frac{30 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 11.5} = 1506 \text{ A}$$

$$I_{FH} = \frac{30000}{\sqrt{3} \times 69} = 251 \text{ A}$$

$$n_L = \frac{2000}{5} = 400$$

$$n_H = \frac{300}{5} = 60$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{I_{FL}}{n_L} = \frac{1506}{400} = 3.77 \text{ A} \\ \frac{I_{FH}}{n_H} = \frac{251}{60} = 4.18 \text{ A} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \Delta \rightarrow I_{RL} = 3.77\sqrt{3} = \underline{6.52 \text{ A}} \\ Y \rightarrow I_{RH} = \underline{4.18 \text{ A}} \end{array}$$

$$M = \left(\frac{6.52}{4.18} - \frac{8}{5} \right) \times 100\% = 2.56\% \text{ (35\%)}$$

$\frac{I_{RL}}{I_{RH}} = \frac{6.52}{4.18} = 1.56$

DM RELAÇÃO DE TAPS (5-5)

(2)

$$M = \frac{\left(\frac{6.52}{4.18} - 1 \right)}{1} * 100\% = 56\% \text{ INADMISSIVE}$$

COM TC AUXILIAR
(3-2)

$$I'_{RL} = \frac{2}{3} 6.52 = 4.34$$

$$M = \frac{\left(\frac{4.34}{4.18} - 1 \right)}{1} * 100\% = \frac{3,8\%}{3}$$