12.(CASADAMOEDA/CESGRANRIO/2012) Uma linha de transmissão de 138 kV, cuja impedância é de 100 Ω, está protegida por um relé de impedância (21). Utilizando um TP de 138000/100 e um TC de 1500/5, o relé foi regulado com uma impedância de 20 Ω.
Em relação à distância total da linha de transmissão, qual a distância, em porcentagem, da linha de transmissão que está protegida pelo relé de impedância?

A) 95 B) 92 C) 90 D) 88 E) 85

Resolução:
A impedância de regulagem do relé (Z_2) é dada em função da impedância da linha sensível à proteção (Z_1), das relações de transformação de corrente (RTC) e de potencial (RTP), e ainda do percentual da distância protegida da linha (d%). A impedância que regula o relé nos parâmetros adotados é dada por:

$$Z_2 = \frac{d\%}{100} \cdot Z_1 * \frac{RTC}{RTP}$$

Rearranjando a equação em função de "d%" têm-se:

$$d\% = 100 \times \left(\frac{Z_2}{Z_1}\right) \cdot \left(\frac{RTP}{RTC}\right) = 100 \times \left(\frac{20\Omega}{100\Omega}\right) \cdot \left(\frac{138000/100}{1500/5}\right) = 92\%$$

<u>Alternativa B é correta.</u>

48.(TJ-PA/VUNESP/2014) A barra de entrada do sistema elétrico de uma indústria possui potência de curto-circuito trifásico de $j10$ [p.u.] e potência de curto-circuito fase-terra de $j9$ [p.u.]. Assinale a alternativa que apresenta corretamente o valor das impedâncias de sequência positiva e de sequência zero, em valores por unidade, nessa barra.

A) $\overline{Z}_1 = j.\frac{1}{5}$ e $\overline{Z}_0 = j.\frac{1}{6}$

B) $\overline{Z}_1 = j.\frac{2}{5}$ e $\overline{Z}_0 = j.\frac{2}{15}$

C) $\overline{Z}_1 = j.\frac{1}{15}$ e $\overline{Z}_0 = j.\frac{1}{5}$

D) $\overline{Z}_1 = j.\frac{1}{15}$ e $\overline{Z}_0 = j.\frac{1}{5}$

E) $\overline{Z}_1 = j.\frac{1}{10}$ e $\overline{Z}_0 = j.\frac{2}{15}$

Resolução:
A potência de curto-circuito demonstra a robustez do sistema no ponto em que é avaliada. A corrente de curto-circuito resultante neste ponto depende da tensão pré-falta (normalmente igual a 1pu) e das impedâncias de sequência equivalentes do sistema. Quando se trata de uma falta trifásica, a corrente de curto-circuito apresenta somente componentes de sequência positiva, sendo associada apenas à impedância Z1 do sistema e à tensão nominal (Vn). Neste caso a potência de curto-circuito trifásica ($Scc_{3\varphi}$) é dada por:

$$Scc_{3\phi} = Vn \cdot Icc^{*}_{3\phi} = \frac{Vn^2}{Z1} \quad \rightarrow \quad Z1 = \frac{Vn^2}{Scc_{3\phi}} = \frac{(1pu)^2}{j10\,pu} = j\frac{1}{10}\,pu$$

Obs: Para um ponto qualquer do sistema distante da fonte, as impedâncias equivalentes de sequência positiva e negativa tendem a se igualar, portanto podemos considerar para fins de cálculo de curto-circuito que Z1=Z2.
No caso de uma falta monofásica, a corrente de curto-circuito apresenta componentes de todas as sequências, sendo dada em função da tensão nominal e da potência de curto-circuito monofásica, ou em função das impedâncias de sequência:

$$Icc_{1\phi} = \frac{Scc_{1\phi}}{Vn} \quad ou \quad Icc_{1\phi} = \frac{3 \cdot Vn}{Z1 + Z2 + Z0}$$

A partir das relações anteriores, podemos chegar a Z0 em função dos seguintes parâmetros:

$$\frac{Scc_{1\phi}}{Vn} = \frac{3 \cdot Vn}{Z1 + Z2 + Z0}$$

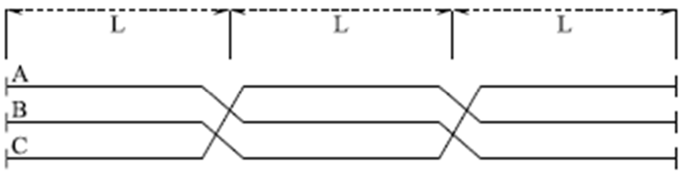
$$Z1 + Z2 + Z0 = \frac{3 \cdot Vn^2}{Scc_{1\phi}}$$

$$Z0 = \frac{3 \cdot Vn^2}{Scc_{1\phi}} - Z1 - Z2$$

$$Z0 = \frac{3 \cdot 1pu^2}{j9pu} - j\frac{1}{10}pu - j\frac{1}{10}pu = j\frac{2}{15}pu$$

Alternativa E é correta.

42.(TJ-PA/VUNESP/2014) Uma linha de transmissão de energia elétrica é transposta em três trechos, conforme o ilustrado.



A matriz de impedâncias série do primeiro trecho é dada por

$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 6 & 4 & 1 \\ 4 & 5 & 4 \\ 1 & 4 & 7 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

Assinale a alternativa que apresenta corretamente a matriz de impedâncias série dessa linha de transmissão, por unidade de comprimento, caso ela fosse idealmente transposta.

A)
$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 5 & 4 & 3 \\ 4 & 5 & 4 \\ 3 & 4 & 5 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

B)
$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 6 & 3 & 2 \\ 3 & 6 & 3 \\ 2 & 3 & 6 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

C)
$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 5 & 2 & 2 \\ 2 & 5 & 2 \\ 2 & 2 & 5 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

D)
$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 6 & 3 & 3 \\ 3 & 6 & 3 \\ 3 & 3 & 6 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

E)
$$[\overline{Z}_{série}] = j \cdot \begin{bmatrix} 7 & 4 & 4 \\ 4 & 7 & 4 \\ 4 & 4 & 7 \end{bmatrix} \left[10^{-1}\frac{\Omega}{km}\right]$$

Resolução:

A transposição de linhas de transmissão é um método utilizado *para diminuir o desequilíbrio na frequência fundamental entre tensões e correntes de fase. Consiste na mudança física das posições dos condutores das fases para que as indutâncias entre si e em relação ao solo sejam equivalentes ao longo da linha. Considerando uma linha de transmissão transposta, a matriz de impedâncias série do primeiro trecho ($Z1_{LT}$) é formada pelos seguintes elementos:*

$$Z1_{LT} = \begin{bmatrix} Zaa & Zab & Zac \\ Zba & Zbb & Zbc \\ Zca & Zcb & Zcc \end{bmatrix}$$

Zaa, Zbb, Zcc – Impedâncias próprias dos condutores A, B e C, respectivamente.
Zab, Zba – Impedância mútua entre os condutores A e B.
Zca, Zac – Impedância mútua entre os condutores C e A.
Zbc, Zcb – Impedância mútua entre os condutores B e C.

Sendo esta linha idealmente transposta, sua matriz de impedâncias série total é dada pela média das indutâncias próprias, que compõem a diagonal principal, e pela média das impedâncias próprias, que compõem os demais elementos:

$$Z_{série} = \begin{bmatrix} Zp & Zm & Zm \\ Zm & Zp & Zm \\ Zm & Zm & Zp \end{bmatrix}$$

$$Zp = {(Zaa + Zbb + Zcc)}/{3} = {(6 + 5 + 7)}/{3} = 6$$

$$Zm = {(Zab + Zbc + Zca)}/{3} = {(4 + 4 + 1)}/{3} = 3$$

Logo, a matriz de impedância série da linha é:

$$Z_{série} = \begin{bmatrix} 6 & 3 & 3 \\ 3 & 6 & 3 \\ 3 & 3 & 6 \end{bmatrix}$$

<u>Alternativa D é correta.</u>

53.(PREF.SJCAMPOS/VUNESP/2012) Uma carga trifásica desequilibrada ligada em estrela aterrada é alimentada por uma fonte trifásica equilibrada, de sequência positiva (ABC), também ligada em estrela aterrada.

Dados:

$V_{AN} = 200\angle 0^o$ [V], $Z_{AN}= 10$ [Ω], $Z_{BN}= j10$ [Ω] e $Z_{CN}= -j10$ [Ω].

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o valor da corrente que circula pelo neutro.

(Obs.: considere $\sqrt{3} = 1,7$)

A) $14\angle 0^o$ [A]

B) $14\angle 180^o$ [A]

C) $10\angle 0^o$ [A]

D) $10\angle 180^o$ [A]

E) $7\angle 0^o$ [A]

Resolução:

Sendo a fonte de sequência positiva, temos:

$$V_{AN} = 200\angle 0^o V$$

$$V_{BN} = 200\angle -120^o V$$

$$V_{CN} = 200\angle 120^o V$$

As impedâncias estão na forma retangular. Convertendo para a forma polar, temos:

$$Z_{AN} = 10\angle 0^o \Omega$$

$$Z_{BN} = 10\angle 90^o \Omega$$

$$Z_{CN} = 10\angle -90^o \Omega$$

Com isso, calculamos as correntes em cada fase:

$$I_A = \frac{V_{AN}}{Z_{AN}} = \frac{200\angle 0^o V}{10\angle 0^o \Omega} = 20\angle 0^o A$$

$$I_B = \frac{V_{BN}}{Z_{BN}} = \frac{200\angle -120^o V}{10\angle 90^o \Omega} = 20\angle -210^o A$$

$$I_C = \frac{V_{CN}}{Z_{CN}} = \frac{200\angle 120^o V}{10\angle -90^o \Omega} = 20\angle 210^o A$$

As correntes na forma retangular ficam:

$I_A = 20 + j0 \ (A)$

$I_B = -17{,}32 + j10 \, (A)$

$I_C = -17{,}32 - j10 \, (A)$

Para calcularmos a corrente que circula pelo neutro, devemos fazer uma soma algébrica das três correntes. Logo:

$$\begin{array}{r} 20 \quad + j0 \\ -17{,}32 + j10 \\ \underline{-17{,}32 - j10} \\ -14{,}64 + j0 \end{array}$$

Transformando $-14{,}64 + j0$ *na forma polar, temos:*

$14{,}64\angle 180^{\circ} \ A$

<u>Alternativa B é correta.</u>