

Generatore

$$Ang := 30 \cdot 10^6$$

$$xdg := 0.1$$

Trasformatore T1 Yd11

$$Ant1 := 30 \cdot 10^6$$

$$vcc\%t1 := 10$$

Linea

$$xdl := 0.1 \quad xol := 2 \cdot xdl \quad xol = 0.2$$

Trasformatore T2 Yd11

$$Ant2 := 30 \cdot 10^6$$

$$vcc\%t2 := 5 \quad xcs := 0.0166666$$

Motore

$$Anm := 35 \cdot 10^6$$

$$xlr := 0.175 \quad \text{riferita a 35 MVA}$$

$$Pm := 18.55 \cdot 10^6 \quad \cos fm := 0.8 \quad Vm := 0.97 \text{ p.u.}$$

Svolgimento

$$xt1 := \frac{vcc\%t1}{100} \quad xt1 = 0.1 \quad xt2 := \frac{vcc\%t2}{100} \quad xt2 = 0.05$$

$$Arif := Ant1$$

$$xlr := xlr \cdot \frac{Arif}{Anm} \quad xlr = 0.15$$

Calcolo regime iniziale

$$\sin fm := \sin(\arccos(\cos fm)) \quad \sin fm = 0.6$$

$$i := \sqrt{-1}$$

$$I_{in} := \frac{P_m}{A_{rif}} \cdot \frac{1}{V_m \cdot \cos \phi_m} \cdot (\cos \phi_m - i \cdot \sin \phi_m) \quad I_{in} = 0.6375 - 0.4781i$$

$$V_{inf} := V_m + i \cdot x_{t2} \cdot I_{in} \quad V_{inf} = 0.9939 + 0.0319i \quad |V_{inf}| = 0.9944$$

Corrente di corto circuito Trifase

$$Z_{eq} := i \cdot \left[(x_{dg} + x_{t1} + x_{dl})^{-1} + (x_{t2} + x_{lr})^{-1} \right]^{-1} \quad Z_{eq} = 0.12i$$

$$I_{cct} := \frac{V_{inf}}{Z_{eq}} \quad I_{cct} = 0.2656 - 8.2825i \quad |I_{cct}| = 8.2868$$

Contributi del generatore e del motore

$$I_{gth} := \frac{V_{inf}}{i \cdot (x_{dg} + x_{t1} + x_{dl})} \quad I_{gth} = 0.1062 - 3.313i \quad |I_{gth}| = 3.3147$$

$$I_{mth} := \frac{V_{inf}}{i \cdot (x_{t2} + x_{lr})} \quad I_{mth} = 0.1594 - 4.9695i \quad |I_{mth}| = 4.9721$$

$$I_g := I_{in} + I_{gth} \quad I_g = 0.7437 - 3.7911i \quad |I_g| = 3.8634$$

$$I_m := -I_{in} + I_{mth} \quad I_m = -0.4781 - 4.4914i \quad |I_m| = 4.5168$$

Corrente di corto circuito monofase

$$Z_d := Z_{eq} \quad Z_d = 0.12i$$

$$Z_i := Z_{eq} \quad Z_i = 0.12i$$

$$Z_o := i \cdot \left[(x_{t1} + x_{ol})^{-1} + (x_{t2} + 3 \cdot x_{cs})^{-1} \right]^{-1} \quad Z_o = 0.075i$$

$$I_d := \frac{V_{inf}}{Z_d + Z_i + Z_o} \quad I_d = 0.1012 - 3.1553i \quad |I_d| = 3.1569$$

Corrente di guasto monofase nella sezione di guasto

$$I_m := 3 \cdot I_d \quad I_m = 0.3036 - 9.4658i \quad |I_m| = 9.4706$$

Verfco mediante la antitrasformazione

$$a := e^{i \cdot \frac{2 \cdot \pi}{3}}$$

$$\begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_d \\ I_d \\ I_d \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3036 - 9.4658i \\ 1.0398 \cdot 10^{-15} \\ 1.0398 \cdot 10^{-15} \end{bmatrix}$$

Contributo del generatore

Si considera ora il gruppo orario del trasformatore T1: essendo questo un Yd11 significa che le grandezze del lato triangolo sono in ritardo di 330° rispetto a quelle della stella o equivalentemente che sono in anticipo di 30 gradi sempre rispetto alla stella. Il trasformatore è un inserito come Dy quindi se si calcola la corrente nel regime iniziale presente nel generatore devo anticiparla di 30 gradi rispetto a quella iniziale I_{in} calcolata nella sezione di guasto.

$$I_{ing} := I_{in} \cdot e^{i \frac{\pi}{6}} \quad I_{ing} = 0.7911 - 0.0953i$$

Ora posso calcolare la corrente di guasto nel generatore nel regime di Thevenin sempre con le sequenze. Per fare ciò considero la corrente I_d precedentemente calcolata che è quella del regime di Thevenin e la suddivido con il partitore

$I_{g0} := 0$ corrente omopolare nel generatore: è nulla a causa del triangolo di T1

$$Z_{dx} := i \cdot (x_{t2} + x_{lr}) \quad Z_{dx} = 0.2i$$

$$Z_{sx} := i \cdot (x_{t1} + x_{dl} + x_{dg}) \quad Z_{sx} = 0.3i \quad \text{valide sia per il circuito di sequenza diretta che indiretta}$$

$$I_{gd} := I_d \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \frac{\pi}{6}} \quad I_{gd} = 0.6661 - 1.0728i$$

$$I_{gi} := I_d \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \frac{\pi}{6}} \quad I_{gi} = -0.596 - 1.1132i \quad \text{discorsi sul gruppo orario si invertono per la sequenza inversa}$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{g0} \\ I_{gd} \\ I_{gi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0701 - 2.186i \\ 0 \\ -0.0701 + 2.186i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel generatore

$$\begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{ing} \\ I_{ing} \cdot a^2 \\ I_{ing} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8612 - 2.2813i \\ -0.4781 - 0.6375i \\ -0.3831 + 2.9188i \end{bmatrix}$$

Corrente nel motore

$$I_{lm} := I_{ln} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{lm} = 0.7911 - 0.0953i$$

Correnti di sequenza nel motore

$I_{m0} := 0$ corrente omopolare nel motore: è nulla a causa del triangolo di T2

$$I_{md} := I_d \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{md} = 0.9992 - 1.6092i$$

i discorsi sul gruppo orario si
invertono per la sequenza
inversa

$$I_{mi} := I_d \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{mi} = -0.894 - 1.6699i$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1052 - 3.279i \\ 0 \\ -0.1052 + 3.279i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel motore

$$\begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{lm} \\ I_{lm} \cdot a^2 \\ I_{lm} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.6859 - 3.1837i \\ 0.4781 + 0.6375i \\ 0.2079 + 2.5463i \end{bmatrix}$$

Corrente di corto circuito bifase

$$I_d := \frac{V_{inf}}{Z_d + Z_i} \quad I_d = 0.1328 - 4.1413i$$

$$I_o := 0 \quad I_i := -I_d \quad I_i = -0.1328 + 4.1413i$$

$$\begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_o \\ I_d \\ I_i \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -7.1729 - 0.23i \\ 7.1729 + 0.23i \end{bmatrix}$$

Corrente nel generatore

$$I_{ing} = 0.7911 - 0.0953i$$

$$I_{g0} := 0$$

$$I_{gd} := I_d \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{gd} = 0.8743 - 1.408i$$

$$I_{gi} := -I_d \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{gi} = 0.7822 + 1.4611i$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{g0} \\ I_{gd} \\ I_{gi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.6565 + 0.0531i \\ -3.313 - 0.1062i \\ 1.6565 + 0.0531i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel generatore

$$\begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{ing} \\ I_{ing} \cdot a^2 \\ I_{ing} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.4476 - 0.0422i \\ -3.7911 - 0.7437i \\ 1.3435 + 0.7859i \end{bmatrix}$$

Corrente nel motore

$$I_{inm} := I_{in} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{inm} = 0.7911 - 0.0953i$$

Correnti di sequenza nel motore

$$I_{m0} := 0 \quad \text{corrente omopolare nel motore: è nulla a causa del triangolo di T2}$$

$$I_{md} := I_d \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{md} = 1.3114 - 2.112i$$

$$I_{mi} := -I_d \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{mi} = 1.1734 + 2.1917i$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.4848 + 0.0797i \\ -4.9695 - 0.1594i \\ 2.4848 + 0.0797i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel motore

$$\begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{inm} \\ I_{inm} \cdot a^2 \\ I_{inm} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.6937 + 0.175i \\ -4.4914 + 0.4781i \\ 2.7978 - 0.6531i \end{bmatrix}$$

Corrente di corto circuito bifase a terra

$$Z_{eq} := Z_d + (Z_i^{-1} + Z_o^{-1})^{-1} \quad Z_{eq} = 0.1662i$$

$$I_d := \frac{V_{inf}}{Z_{eq}} \quad I_d = 0.1918 - 5.9818i$$

$$I_i := -I_d \cdot \frac{Z_o}{Z_o + Z_i} \quad I_i = -0.0738 + 2.3007i$$

$$I_o := -I_d \cdot \frac{Z_i}{Z_o + Z_i} \quad I_o = -0.118 + 3.6811i$$

$$\begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_o \\ I_d \\ I_i \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1t} \\ I_{2t} \\ I_{3t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -7.35 + 5.2917i \\ 6.9958 + 5.7517i \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} |I_{1t}| \\ |I_{2t}| \\ |I_{3t}| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 9.0567 \\ 9.0567 \end{bmatrix}$$

Corrente nel generatore

$$I_{ing} = 0.7911 - 0.0953i$$

$$I_{g0} := 0$$

$$I_{gd} := I_d \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{gd} = 1.2628 - 2.0338i$$

$$I_{gi} := I_i \cdot \frac{Z_{dx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{gi} = 0.4346 + 0.8117i$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{g0} \\ I_{gd} \\ I_{gi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.6974 - 1.2221i \\ -3.313 - 0.1062i \\ 1.6156 + 1.3283i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel generatore

$$\begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1gth} \\ I_{2gth} \\ I_{3gth} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{ing} \\ I_{ing} \cdot a^2 \\ I_{ing} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1g} \\ I_{2g} \\ I_{3g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.4885 - 1.3174i \\ -3.7911 - 0.7437i \\ 1.3026 + 2.0611i \end{bmatrix}$$

Corrente nel motore

$$I_{inm} := I_{in} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{inm} = 0.7911 - 0.0953i$$

Correnti di sequenza nel motore

$I_{m0} := 0$ corrente omopolare nel motore: è nulla a causa del triangolo di T2

$$I_{md} := I_d \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{md} = 1.8942 - 3.0507i$$

$$I_{mi} := I_i \cdot \frac{Z_{sx}}{Z_{dx} + Z_{sx}} \cdot e^{-i \cdot \frac{\pi}{6}} \quad I_{mi} = 0.6519 + 1.2176i$$

Ora calcolo la corrente nel regime di Thevenin antitrasformando

$$\begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.5461 - 1.8331i \\ -4.9695 - 0.1594i \\ 2.4234 + 1.9925i \end{bmatrix}$$

Corrente di guasto nel motore

$$\begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{1mth} \\ I_{2mth} \\ I_{3mth} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} I_{inm} \\ I_{inm} \cdot a^2 \\ I_{inm} \cdot a \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{1m} \\ I_{2m} \\ I_{3m} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.755 - 1.7378i \\ -4.4914 + 0.4781i \\ 2.7364 + 1.2597i \end{bmatrix}$$

Si può anche scrivere quanto segue: il regime preesistente lo trasformo con l'algebra delle sequenze: essendo il regime preesistente simmetrico ed equilibrato la sua componente omopolare è nulla, come pure quella inversa. La componente diretta è pari proprio a I_{in} . Nella formula sottostante metto il segno meno perché il regime preesistente lo si sottrae a quello di Thevenin e moltiplico per $\pi/6$ per tenere conto del gruppo orario in quanto mi pongo a valle di T2

$$\begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} := \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ I_{in} \cdot e^{i \cdot \frac{\pi}{6}} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1.1031 - 2.9554i \\ 0.6519 + 1.2176i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{m0} \\ I_{md} \\ I_{mi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.755 - 1.7378i \\ -4.4914 + 0.4781i \\ 2.7364 + 1.2597i \end{bmatrix}$$