

CAPITOLO VIII

CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO ANORMALI DELL'IMPIANTO ELETTRICO: CORTO CIRCUITO

1. Generalità

L'impianto che si considera (Fig. VIII.1) è costituito da una linea in MT, un trasformatore MT/BT che alimenta un sistema di sbarre in bassa tensione da cui si diparte una sola linea che alimenta carichi statici.

L'impianto si suppone trifase simmetrico nelle impedenze e in condizioni di funzionamento normali prima del corto circuito.

Oltre il corto circuito trifase, vengono considerati i corto circuiti dissimmetrici: il corto circuito bifase ed il corto circuito monofase.

Il calcolo esatto delle correnti di corto circuito in un punto dell'impianto richiederebbe la applicazione della teoria dei componenti simmetrici o dei componenti di fase, in quanto la presenza di un corto circuito dissimmetrico introduce nell'impianto stesso una dissimmetria nelle impedenze che è causa di squilibri delle correnti e dissimmetrie delle tensioni. Una metodologia esatta per effettuare tale calcolo sarà oggetto di studio in corsi successivi.

Nel seguito verrà effettuato il calcolo delle correnti di corto circuito con un metodo semplificato, il quale fornisce valori abbastanza attendibili solo per il tipo di impianto preso in esame.

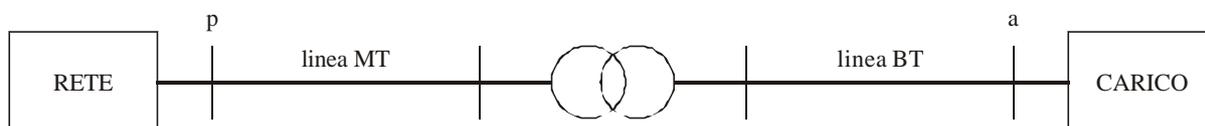


Fig. VIII.1 - Impianto preso in esame

Con riferimento alla fig. VIII.1, vengono presi in considerazione i seguenti tipi di cortocircuito, distinguendo tra lato MT e lato BT:

- | | | | |
|----|----|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) | MT | Corto circuito | <ul style="list-style-type: none"> Trifase Bifase Monofase: fase e terra |
| b) | BT | Corto circuito | <ul style="list-style-type: none"> Trifase Bifase Monofase <ul style="list-style-type: none"> Fase e neutro Fase e massa <ul style="list-style-type: none"> Massa collegata a terra (TT) Massa collegata al conduttore di protezione (TN-S) |

2. Calcolo delle correnti di corto circuito lato MT

Per il lato MT, il metodo di calcolo preso in esame si basa sulla rappresentazione in trifase semplificata riportata nella fig. VIII.2¹.

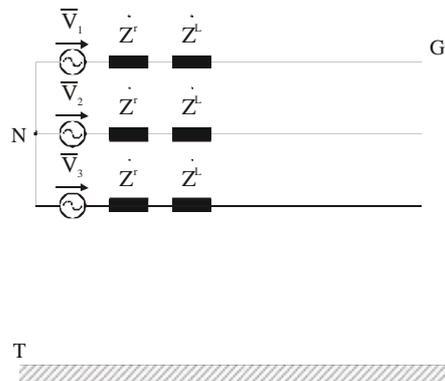


Fig. VIII.2 - Rappresentazione trifase semplificata dell'impianto preso in esame, lato MT

Nella fig. VIII.2:

- \bar{V}_1 è la tensione della fase 1 dell'alimentazione, lato MT (le tensioni \bar{V}_2 e \bar{V}_3 nelle altre due fasi hanno uguale modulo e sono sfasate di $\pm 120^\circ$);
- \dot{Z}^r è l'impedenza equivalente della rete di alimentazione;
- \dot{Z}^l è l'impedenza della linea in MT interposta tra il sistema di sbarre ed il punto di guasto.

Si supponga un corto circuito trifase netto nel punto G (Fig. VIII.3 a). Applicando la seconda legge di Kirchhoff tra il centro stella N ed il punto di guasto G (dove la tensione ovviamente è nulla) ed essendo la differenza di potenziale tra questi due punti pari a zero, risulta:

$$\bar{V}_1 = (\dot{Z}^r + \dot{Z}^l) \bar{I}_{cc, trifase} \quad (\text{VIII.1})$$

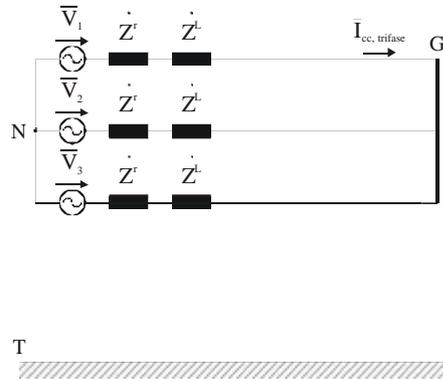
e, quindi, la corrente di corto circuito trifase sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, trifase} = \bar{V}_1 / (\dot{Z}^r + \dot{Z}^l) \quad (\text{VIII.2})$$

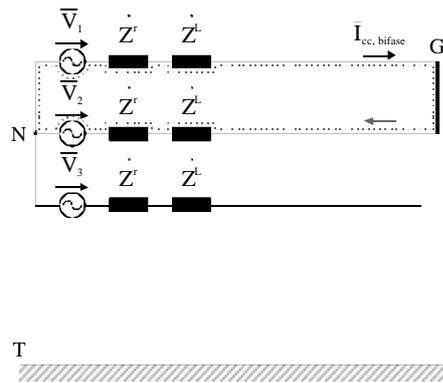
il cui modulo è:

$$I = \frac{V}{|Z^r + Z^l|}$$

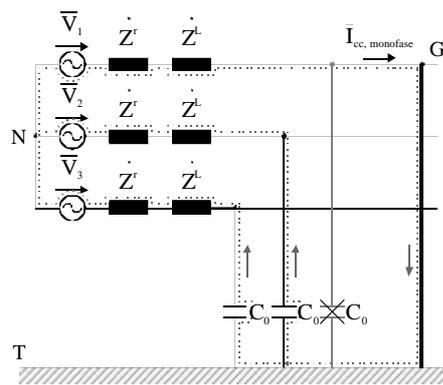
¹ Nel caso di linea MT alimentata da un trasformatore AT/MT il cui secondario è a stella con centro stella connesso a terra tramite induttanza le correnti di corto circuito monofase sono, teoricamente, pari a zero (vedi cap. V par 2.2.2) e, praticamente, pari 10–20 A.



a) Corto circuito trifase



b) Corto circuito bifase



c) Corto circuito monofase: fase e terra

Fig. VIII.3: Schemi equivalenti per il calcolo delle correnti di corto circuito – lato MT.

Si supponga un corto circuito bifase nel punto G (Fig. VIII.3 b). Applicando la seconda legge di Kirkhoff alla maglia chiusa dal corto circuito in esame risulta:

$$\bar{V}_1 - \bar{V}_2 = 2(\dot{Z}^r + \dot{Z}^L)\bar{I}_{cc, \text{ bifase}} \quad (\text{VIII.3})$$

e, quindi, la corrente di corto circuito bifase sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, \text{ bifase}} = (\bar{V}_1 - \bar{V}_2) / [2(\dot{Z}^r + \dot{Z}^L)] \quad (\text{VIII.4})$$

il cui modulo è:

$$I_{cc, \text{ bifase}} = |\bar{V}_1 - \bar{V}_2| / [2 | \dot{Z}^r + \dot{Z}^L |] = \frac{\sqrt{3}}{2} V_1 / | \dot{Z}^r + \dot{Z}^L |$$

pertanto con riferimento ai moduli risulta:

$$I_{cc, \text{ bifase}} = (\sqrt{3}/2) I_{cc, \text{ trifase}} < I_{cc, \text{ trifase}} \quad (\text{VIII.5})$$

Si consideri ora un cortocircuito monofase, fase e terra.

Nel caso di centro stella connesso a terra tramite una induttanza (bobina di Petersen) la richiusura del circuito di guasto coinvolge oltre l'impedenza di alimentazione Z^r e quella di linea Z^L , le capacità delle linee verso terra delle fasi non guaste e la induttanza della bobina.

Per via delle elevate impedenze trasversali, generalmente preponderanti rispetto alle altre impedenze presenti nell'anello di guasto, è lecito trascurare le impedenze serie e supporre di concentrare in un sol punto le capacità verso terra di ciascuna fase. La rappresentazione circuitale è riportata in fig. VIII.4.

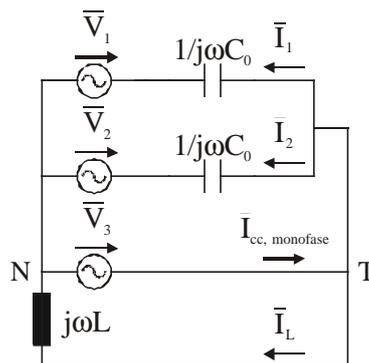


Fig. VIII.4 – Rappresentazione circuitale per il calcolo della corrente di c.c. monofase in MT (neutro con induttanza)

Ponendo $\dot{Z}_c = (1/j\omega C_0)$ e $\dot{Z}_L = j\omega L$, è possibile scrivere per il circuito della Fig. VIII.4a le seguenti relazioni:

$$\begin{cases} \bar{V}_1 + \dot{Z}_C \bar{I}_1 = -\bar{V}_N^T \\ \bar{V}_2 + \dot{Z}_C \bar{I}_2 = -\bar{V}_N^T \\ \bar{V}_3 = -\bar{V}_N^T \\ \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_L - \bar{I}_{cc, \text{monofase}} = 0 \\ \bar{I}_L = -\bar{V}_N^T / \dot{Z}_L \end{cases} .$$

Sostituendo la terza e la quinta espressione nelle altre, si ottiene:

$$\begin{cases} \bar{V}_1 + \dot{Z}_C \bar{I}_1 = \bar{V}_3 \\ \bar{V}_2 + \dot{Z}_C \bar{I}_2 = \bar{V}_3 \\ \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{V}_3 / \dot{Z}_L - \bar{I}_{cc, \text{monofase}} = 0 \end{cases}$$

e sviluppando ulteriormente, è possibile scrivere che:

$$\begin{cases} \bar{I}_1 = (\bar{V}_3 - \bar{V}_1) / \dot{Z}_C \\ \bar{I}_2 = (\bar{V}_3 - \bar{V}_2) / \dot{Z}_C \\ (\bar{V}_3 - \bar{V}_1) / \dot{Z}_C + (\bar{V}_3 - \bar{V}_2) / \dot{Z}_C + \bar{V}_3 / \dot{Z}_L - \bar{I}_{cc, \text{monofase}} = 0 \end{cases} .$$

Osservando che $\bar{V}_3 = -\bar{V}_1 - \bar{V}_2$ e sostituendo i valori di \dot{Z}_C e \dot{Z}_L , la corrente di cortocircuito sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, \text{monofase}} = 3\bar{V}_3 / (-j\omega C_0) + \bar{V}_3 / j\omega L = j3\bar{V}_3\omega C_0 - j\bar{V}_3 / \omega L = j\bar{V}_3(3\omega C_0 - 1 / \omega L), \quad (\text{VIII.6})$$

il cui modulo è:

$$I_{cc, \text{monofase}} = V_3(3\omega C_0 - 1 / \omega L) .$$

Nel caso di centro stella isolato la richiusura del circuito di guasto coinvolge oltre l'impedenza di alimentazione Z^T e quella di linea Z^L , le capacità delle linee verso terra delle fasi non guaste.

In questo caso la corrente di cortocircuito sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, \text{monofase}} = 3\bar{V}_3 / (-j\omega C_0) = j3\bar{V}_3\omega C_0 \quad , \quad (\text{VIII.7})$$

il cui modulo è:

$$I_{cc, \text{monofase}} = 3V_3\omega C_0$$

che si può ricavare dalla espressione (VIII.6) supponendo L tendente all'infinito.

In generale il valore risulta molto piccolo, stante i piccoli valori che assume la capacità C_0 .

3. Calcolo delle correnti di corto circuito lato BT

Per il lato BT, il metodo di calcolo preso in esame si basa sulla rappresentazione in trifase semplificata riportata nella fig. VIII.5. In tale rappresentazione si assume di trascurare l'impedenza equivalente della rete di alimentazione e della linea in MT, in quanto esse incidono poco sulle intensità delle correnti di corto circuito.

La presenza sul lato BT del neutro esercito francamente a terra, non altera le metodologie di calcolo per i cortocircuiti trifase e bifase rispetto al lato MT, mentre introduce una differente metodologia di calcolo per le correnti di cortocircuito monofase.

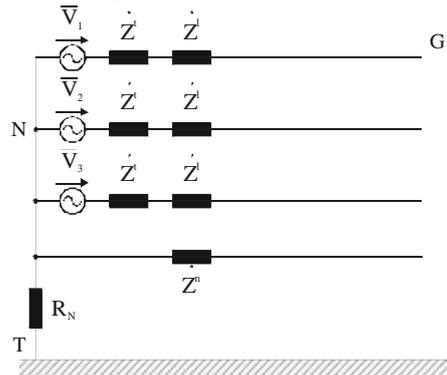


Fig. VIII.5 – Rappresentazione trifase semplificata dell'impianto preso in esame

Nella Fig. VIII.5:

- \bar{V}_1 è la tensione della fase a dell'alimentazione al secondario del trasformatore (le tensioni \bar{V}_2 e \bar{V}_3 nelle altre due fasi hanno uguale modulo e sono sfasate di $\pm 120^\circ$);
- \dot{Z}^t è l'impedenza del trasformatore MT/BT;
- \dot{Z}^l è l'impedenza della linea in BT interposta tra il sistema di sbarre ed il punto di guasto;
- \dot{Z}^n è l'impedenza del conduttore di neutro;
- R_N è resistenza di terra dell'impianto di terra del neutro.

Nel caso di corto circuito trifase netto nel punto G (Fig. VIII.6 a), procedendo in modo analogo a quanto fatto per il lato MT, risulta che:

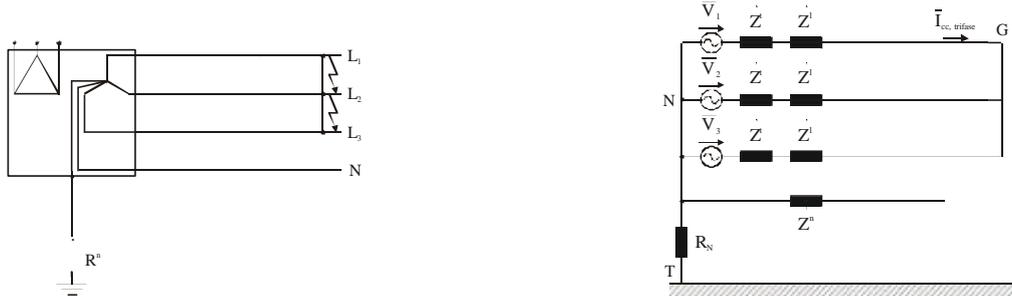
$$\bar{I}_{cc, trifase} = \bar{V}_1 / (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l), \quad (\text{VIII.8})$$

il cui modulo è:

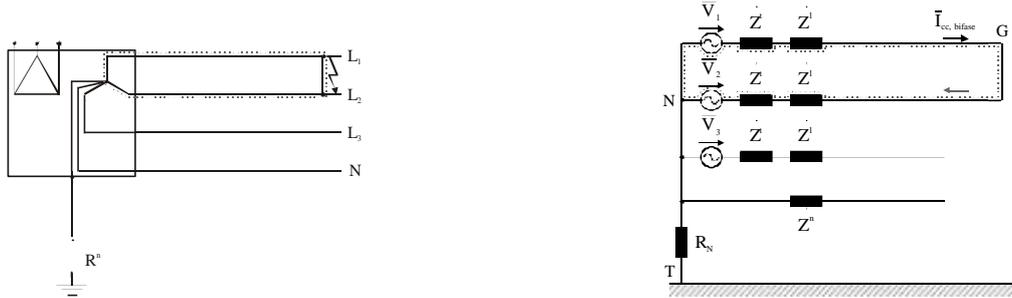
$$I_{cc, trifase} = V_1 / |\dot{Z}^t + \dot{Z}^l|.$$

Nel caso di corto circuito bifase nel punto G (Fig. VIII.6 b), sempre in analogia alla procedura utilizzata per il lato MT, si ricava che:

$$\bar{I}_{cc, bifase} = (\bar{V}_1 - \bar{V}_2) / 2(\dot{Z}^t + \dot{Z}^l), \quad (\text{VIII.10})$$



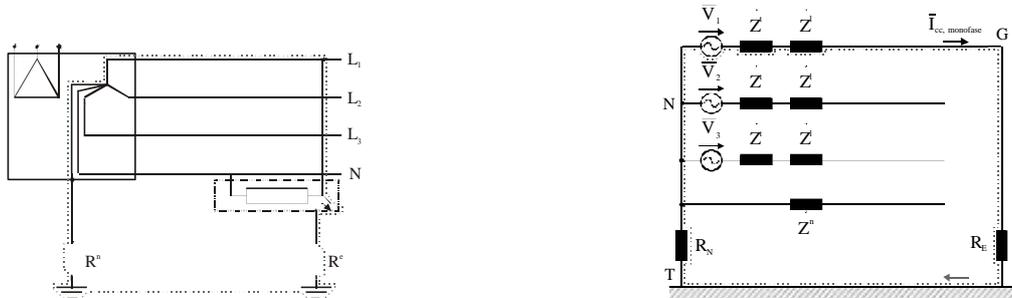
a) Corto circuito trifase



b) Corto circuito bifase



c) Corto circuito monofase con neutro



d) Corto circuito monofase con massa in impianto TT



e) Corto circuito monofase con massa in impianto TN-S

Fig. VIII.6: Schemi equivalenti per il calcolo delle correnti di corto circuito – lato BT.

il cui modulo è:

$$I_{cc, bifase} = \left| \bar{V}_1 - \bar{V}_2 \right| / \left[2 \left| \dot{Z}^t + \dot{Z}^l \right| \right] ;$$

pertanto con riferimento ai moduli risulta:

$$I_{cc, bifase} = (\sqrt{3}/2) I_{cc, trifase} < I_{cc, trifase} . \quad (VIII.11)$$

Nel caso di guasto monofase occorre distinguere il caso di guasto tra una fase ed una massa metallica collegata a terra attraverso un dispersore di resistenza R_E , come nei sistemi TT, da quello di guasto tra una fase e la massa metallica collegata al conduttore di protezione, come nei sistemi TN-S. Sempre per il guasto monofase a terra, sia nei sistemi TT che nei sistemi TN-S risulta identico il procedimento di calcolo della corrente di corto circuito tra una fase ed il neutro.

Nel caso di guasto tra fase e neutro (Fig. VIII.6 c), applicando la seconda legge di Kirkhoff alla maglia i cui lati sono il conduttore di fase e quello neutro, risulta:

$$\bar{V}_1 = (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^n) \bar{I}_{cc, monofase} \quad (VIII.12)$$

e, quindi, la corrente di corto circuito monofase sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, monofase} = \bar{V}_1 / (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^n),$$

il cui modulo è pari a:

$$I_{cc, monofase} = V_1 / \left| \dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^n \right| < I_{cc, trifase} .$$

Nel caso di cortocircuito monofase tra fase e massa nei sistemi TT (figg.VIII.6 d), applicando la seconda legge di Kirkhoff alla maglia i cui lati sono il conduttore di fase, le resistenze di terra degli impianti di terra del neutro R_N e dell'utilizzatore R_E , risulta:

$$\bar{V}_1 = (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + R_N + R_E) \bar{I}_{cc, monofase} \quad (VIII.13)$$

e, quindi, la corrente di corto circuito monofase sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, monofase} = \bar{V}_1 / (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + R_N + R_E), \quad (VIII.14)$$

il cui modulo è dato da:

$$I_{cc, monofase} = V_1 / \left| \dot{Z}^t + \dot{Z}^l + R_N + R_E \right| < I_{cc, trifase} .$$

In modo analogo, nel caso di cortocircuito monofase tra fase e massa nei sistemi TN-S (figg.VIII.6 e), applicando la seconda legge di Kirkhoff alla maglia i cui lati sono il conduttore di fase e il conduttore di protezione di impedenza Z^{PE} , risulta:

$$\bar{V}_1 = (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^{PE}) \bar{I}_{cc, monofase} \quad (VIII.15)$$

e, quindi, la corrente di corto circuito monofase sarà data da:

$$\bar{I}_{cc, \text{ monofase}} = \bar{V}_1 / (\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^{PE}), \quad (\text{VIII.16})$$

il cui modulo è dato da:

$$I_{cc, \text{ monofase}} = V_1 / |\dot{Z}^t + \dot{Z}^l + \dot{Z}^{PE}| < I_{cc, \text{ trifase}}.$$

Dall'analisi delle espressioni delle correnti di corto circuito nei vari casi esaminati discende che il tipo di corto circuito a cui si associano le intensità più elevate di corrente è il corto circuito trifase. Ciò non esclude comunque la necessità di calcolare anche le altre correnti di cortocircuito (monofase e bifase).

Le formule soprascritte forniscono le intensità delle correnti di corto circuito valutate per eccesso, soprattutto per l'aver trascurato la resistenza del guasto. Il corto circuito si sviluppa di regola attraverso un arco elettrico la cui resistenza può limitare la corrente di corto circuito negli impianti di bassa tensione fino al 50 % di quella teorica ed in quelli di media tensione fino all'80 % del valore teorico.

La valutazione delle intensità associate alle correnti di cortocircuito deve essere condotta tenendo conto delle situazioni più sfavorevoli che possono venire a determinarsi nell'impianto. In particolare, per ogni linea che compone l'impianto, le correnti di cortocircuito massime devono essere calcolate nelle condizioni che originano i valori più elevati, e quindi:

- all'inizio della linea, ossia quando l'impedenza a monte è minima;
- considerando guasti che coinvolgono tutti i cavi se la linea è costituita da più cavi in parallelo;
- analizzando il caso in cui tutti i trasformatori contribuiscono alle correnti di guasto se si hanno più trasformatori in parallelo.

In modo analogo, le correnti di cortocircuito minime devono essere calcolate nelle condizioni che originano i valori più bassi, e quindi:

- in fondo alla linea, ossia quando l'impedenza a monte è massima;
- considerando guasti che riguardano un solo cavo per più cavi in parallelo;
- supponendo che uno solo di essi contribuisca alla corrente di guasto nel caso di trasformatori in parallelo.

Nel calcolo della corrente di cortocircuito, per tenere conto delle variazioni che può subire la tensione di alimentazione rispetto al corrispondente valore nominale, la norma CEI 11-25 stabilisce un fattore di tensione c . Il valore di tale fattore è ricavato sulla base della Tab. VIII.1.

Tensione nominale	Fattore di tensione c per il calcolo di:	
	Correnti di cortocircuito max (c_{max})	Correnti di cortocircuito min (c_{min})
da 100 a 1000 V	1,05 ⁽¹⁾ 1,10 ⁽²⁾	0,95
da 1 a 35 kV	1,10	1,00
maggiore di 35 kV		
⁽¹⁾ Per sistemi di bassa tensione con tolleranza del +6 %, per esempio sistemi riclassificati da 380 a 400 V. ⁽²⁾ Per sistemi di bassa tensione con tolleranza del +10 %.		

Nella appendice VIII viene riportato un semplice esempio di calcolo delle correnti di corto circuito.

4. Problemi del corto circuito

Innumerevoli sono i problemi che per la loro risoluzione richiedono il calcolo delle correnti di corto circuito (scelta del sistema di protezione, dimensionamento degli impianti di terra, ecc.). Le modalità di risoluzione di tali problemi saranno oggetto di studio di corsi successivi.

APPENDICE VIII

APPLICAZIONE NUMERICA

Con riferimento alla Fig. VIII.6, assumendo i dati riportati nel seguito, si ipotizzi di voler calcolare le correnti di cortocircuito massime trifase nei punti G_1 e G_2 e monofase minima nel punto G_3 .

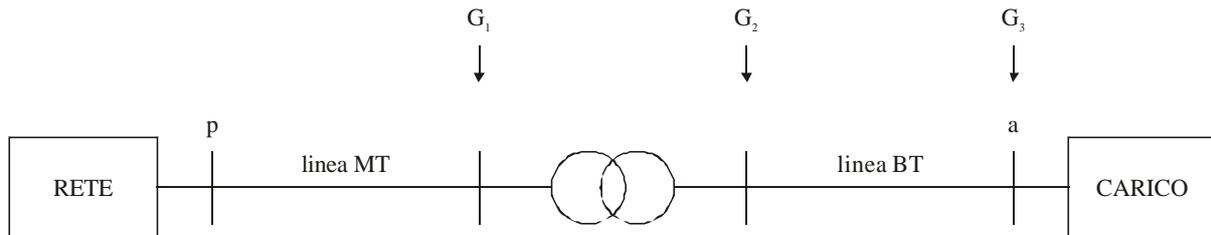


Fig. VIII.6 - Impianto preso in esame

Rete di distribuzione in MT

Tensione nominale	15 kV
Potenza apparente simmetrica di corto circuito nel punto di alimentazione del trasformatore MT/BT	250 MVA

Linea MT aerea (dati forniti dal costruttore)

Lunghezza	$a^L = 20$ km
Resistenza	$r^L = 0.366$ Ω /km
Reattanza	$x^L = 0.366$ Ω /km

Trasformatore (dati forniti dal costruttore)

Potenza apparente	0.4 MVA
Tensione primaria	15 kV
Tensione secondaria a vuoto	0.4 kV
Resistenza equivalente riportata al secondario	$R_a = 2.62$ m Ω
Tensione di corto circuito	$V_{cc\%} = 4\%$

Linea BT in cavo (dati forniti dal costruttore)

Lunghezza	$a^1 = 0.2 \text{ km}$
Resistenza	$r^1 = 0.197 \text{ } \Omega/\text{km}$
Reattanza	$x^1 = 0.150 \text{ } \Omega/\text{km}$

I calcoli sono effettuati in valore relativo assumendo, per convenienza, una potenza base S_b pari a 0.4 MVA.

Impianto di distribuzione in Media Tensione

L'impedenza equivalente dell'impianto di distribuzione in MT è data da:

$$Z^r = \frac{c \cdot U_n^2}{S_k} \frac{S_b}{U_n^2}$$

Assumendo per il coefficiente di tensione c un valore pari ad 1.1, così come consigliato dalle Norme CEI 11-25 per il caso in esame, si ha:

$$Z^r = \frac{1.1 \cdot 15^2}{250} \frac{0.4}{15^2} = 0.00176 \text{ p.u.}$$

Il calcolo delle componenti reale e immaginaria dell'impedenza equivalente Z^r può essere condotto ricorrendo alle seguenti relazioni:

$$X^r = 0.995 Z^r = 0.00175 \text{ p.u.}$$

$$R^r = 0.1 X^r = 0.000175 \text{ p.u.}$$

$$\dot{Z}^r = 0.000175 + j0.00175 \text{ p.u.}$$

Linea aerea in Media Tensione

Il calcolo della resistenza e della reattanza equivalente della linea aerea può effettuarsi impiegando le seguenti relazioni:

$$R^L = a^L r^L \frac{S_b}{U_n^2}$$

$$X^L = a^L x^L \frac{S_b}{U_n^2}$$

da cui risulta:

$$R^L = 20 \cdot 0.366 \frac{0.4}{15^2} = 0.013 \text{ p.u.}$$

$$X^L = 20 \cdot 0.366 \frac{0.4}{15^2} = 0.013 \text{ p.u.}$$

$$\dot{Z}^L = 0.013 + j0.013 \text{ p.u.}$$

Trasformatore

Il calcolo della resistenza e della reattanza equivalente del trasformatore può effettuarsi impiegando le seguenti relazioni:

$$R^t = R_a \frac{S_b}{U_n^2}$$

$$X^t = \sqrt{Z^{t2} - R^{t2}} = \sqrt{\left(\frac{V_{cc\%}}{100} \frac{S_b}{U_n^2} \frac{U_m^2}{S_b} \right)^2 - R^{t2}}$$

da cui risulta:

$$R^t = 2.62 \cdot 10^{-3} \frac{0.4}{0.38^2} = 0.0073 \text{ p.u.}$$

$$X^t = \sqrt{\left[\left(\frac{0.4}{0.38} \right)^2 \left(\frac{4}{100} \right) \right]^2 - 0.0073^2} = 0.044 \text{ p.u.}$$

$$\dot{Z}^t = 0.0073 + j0.044 \text{ p.u.}$$

Linea in cavo

Il calcolo della resistenza e della reattanza equivalente della linea in cavo può effettuarsi impiegando le seguenti relazioni:

$$R^l = a^l r^l \frac{S_b}{U_n^2}$$

$$X^l = a^l x^l \frac{S_b}{U_n^2}$$

da cui risulta:

$$R^1 = 0.2 \cdot 0.197 \frac{0.4}{0.38^2} = 0.109 \text{ p.u.}$$

$$X^1 = 0.2 \cdot 0.150 \frac{0.4}{0.38^2} = 0.083 \text{ p.u.}$$

$$\dot{Z}^1 = 0.109 + j0.083 \text{ p.u.}$$

Noti i parametri dei circuiti equivalenti di tutti i componenti presenti nel circuito monofase equivalente della fig. VIII.3 è possibile calcolare le correnti di cortocircuito nei punti di guasto considerati. Nel caso di cortocircuito trifase nel punto G_1 sul lato MT, la relazione da utilizzare risulta la seguente:

$$I_{cc, \text{trifase}} = \frac{c \cdot 1}{\sqrt{(R^r + R^L)^2 + (X^r + X^L)^2}}$$

Assumendo per il coefficiente di tensione c un valore pari a 1.10, così come consigliato dalle Norme CEI 11-25, si ha:

$$I_{cc, \text{trifase}} = \frac{1.1 \cdot 1}{\sqrt{(0.000175 + 0.013)^2 + (0.00175 + 0.013)^2}} = 55.563 \text{ p.u.}$$

Volendo esprimere la corrente di cortocircuito in valore assoluto si ha:

$$I_{cc, \text{trifase}} \cdot I_{b, \text{MT}} = I_{cc, \text{trifase}} \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 55.563 \frac{0.4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 10^3} = 855.46 \text{ A}$$

Nel caso di cortocircuito trifase nel punto G_2 sul lato BT, la relazione da utilizzare risulta la seguente:

$$I_{cc, \text{trifase}} = \frac{c \cdot 1}{\sqrt{R^{t2} + X^{t2}}}$$

Assumendo per il coefficiente di tensione c un valore pari a 1.05, così come consigliato dalle Norme CEI 11-25, si ha:

$$I_{cc, \text{trifase}} = \frac{1.05 \cdot 1}{\sqrt{(0.0073)^2 + (0.044)^2}} = 23.691 \text{ p.u.}$$

Volendo esprimere la corrente di cortocircuito in valore assoluto si ha:

$$I_{cc, \text{trifase}} \cdot I_{b, \text{BT}} = I_{cc, \text{trifase}} \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 23.691 \frac{0.4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 10^3} = 14398 \text{ A}$$

Nel caso di cortocircuito monofase con neutro nel punto G_3 sul lato BT, la relazione da utilizzare risulta la seguente:

$$I_{cc, \text{ monofase}} = \frac{c \cdot 1}{\sqrt{(R^t + R^l + R^n)^2 + (X^t + X^l + X^n)^2}}$$

Assumendo per il coefficiente di tensione c un valore pari a 0.95, così come consigliato dalle Norme CEI 11-25, e per Z^n il valore dell'impedenza di linea, si ha:

$$I_{cc, \text{ monofase}} = \frac{0.95 \cdot 1}{\sqrt{(0.0073 + 0.109 + 0.109)^2 + (0.044 + 0.083 + 0.083)^2}} = 3.083 \text{ p.u.}$$

Volendo esprimere la corrente di cortocircuito in valore assoluto si ha:

$$I_{cc, \text{ monofase}} \cdot I_{b, BT} = I_{cc, \text{ monofase}} \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 3.083 \frac{0.4 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 0.38 \cdot 10^3} = 1873.78 \text{ A}$$