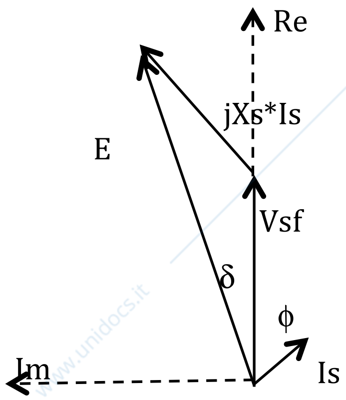
ESERCIZIO 1

Sia dato un generatore sincrono caratterizzato dai seguenti dati
Potenza nominale An=55 kVA
Fattore di potenza nominale cosϕn=0.9
Tensione nominale Vn=380 V
Reattanza sincrona in p.u. xs=180%
Resistenza statorica Rs=0 Ω
Tensione di eccitazione nominale Veccn=200 V
Corrente di eccitazione nominale Ieccn=5 A
Frequenza nominale fn=50 Hz
Il generatore alimenta un carico caratterizzato dai seguenti dati:
Rl=4 Ω
Ll=10 mH

Si calcoli la tensione di eccitazione necessaria ad alimentare il carico dato a tensione pari alla Vn, il rendimento e l'angolo di carico δ.

Nella soluzione si considera la seguente equazione vettoriale scritta nelle variabili di fase:
Vsf+Rs*Is+jXs*Is=E

Proiettando tale equazione sui due assi reale e immaginario rappresentati in figura (dove si è considerato Rs=0 Ω) si ottiene:



Er=Vsf+Xs*Is*sinϕl
Ei=Xs*Is*cosϕl
Dove Vsf=Vn/√3
Nel caso dato, la corrente Is si calcola nel seguente modo:
Is=Vn/(√3*Z)= 43.13 A
Z=√ (Rl²+(2*π*fn*Ll)²) = 5.1 Ω
ϕl=atan((2*π*fn*Ll)/Rl) = 0.665

La reattanza sincrona Xs è pari a Xs= xs/100*(Vn/(√3*In)) = 4.7 Ω, dove In=An/(√3*Vn) = 83.5 A. Si trova quindi Er=345.3 V, Ei=160.3 V, da cui si ricava E=√(Er²+Ei²) = 380.7 V . Per calcolare la tensione di eccitazione è necessario calcolare la En data da
Ern=Vsf+Xs*In*sinϕn=391.5 V
Ein=Xs*In*cosϕn = 355.4 V
Da cui si ricava il modulo di En=√(Ern²+Ein²) = 528.8 V.

Si ottiene quindi Vecc=E/En*Veccn=143.9 V.
Il rendimento è dato dal rapporto tra potenza resa $3*Rl*Is^2$ e potenza assorbita pari a $3*Rl*Is^2+Vecc^2/Recc$ dove Recc=Veccn/Ieccn= 40 Ω. Si ottiene rend=0.97. L'angolo di carico è pari a δ=atan(Ei/Er)=0.43

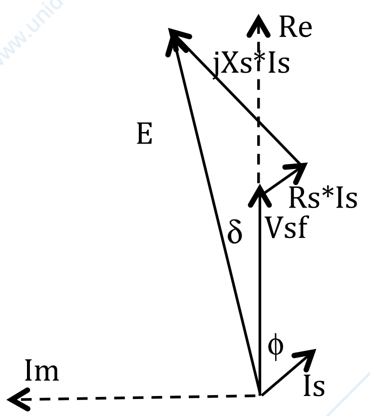
ESERCIZIO 2

Sia dato un generatore sincrono caratterizzato dai seguenti dati
Potenza nominale An=30 kVA
Fattore di potenza nominale cosϕn=0.8
Tensione nominale Vn=380 V
Reattanza sincrona in p.u. xs=160%
Tensione di eccitazione nominale Veccn=200 V
Corrente di eccitazione nominale Ieccn=2.5 A
Rendimento nominale =0.91
Frequenza nominale fn=50 Hz
Il generatore alimenta un carico caratterizzato dai seguenti dati:
potenza Pl=15 kW
cosϕl = 1
Vl=Vn

Si calcoli la tensione di eccitazione, il rendimento e l'angolo di carico δ.

Nella soluzione si considera la seguente equazione vettoriale scritta nelle variabili di fase:
Vsf=Rs*Is+jXs*Is+E

Proiettando tale equazione sui due assi reale e immaginario rappresentati in figura si ottiene:



Er=Vsf+Xs*Is*sinϕl+Rs*Is* cosϕl
Ei=Xs*Is*cosϕl-R*Is*sinϕl
Dove $Vsf=Vn/\sqrt{3}$

La reattanza sincrona Xs è pari a $Xs = xs/100*(Vn/(\sqrt{3}*In)) = 7.7\ \Omega$, dove $In = An/(\sqrt{3}*Vn) = 45.6$ A. Per il calcolo della resistenza statorica si considera la seguente relazione relativa al rendimento nominale:

$rendn = An*\cos\phi n/(An*\cos\phi n+3*Rs*In^2+Veccn*Ieccn)$, da cui si ricava $Rs=0.3\ \Omega$.
La corrente Is è pari a $Is=Pl/(\sqrt{3}*Vn*\cos\phi l)= 22.79$ A, si ottiene quindi Er=226,2 V e Ei=175.5 V quindi il modulo è dato da $E=\sqrt{(Er^2+Ei^2)} = 286.3$ V.

Per calcolare la tensione di eccitazione è necessario considerare le equazioni precedenti nelle condizioni nominali di funzionamento. Si ottiene quindi:
$Ern=Vsfn+Xs*Isn*\sin\phi n+Rs*Isn*\cos\phi n = 440.9$ V
$Ein=Xs*Isn*\cos\phi n-R*Isn*\sin\phi n = 272.6$ V
Da cui $En==\sqrt{(Er^2+Ei^2)} = 518.4$ V.
La tensione di eccitazione sarà quindi pari a $Vecc=E*Veccn/En= 110.4$ V, il rendimento è dato dal rapporto tra la potenza resa e la potenza assorbita ed e' pari a

$Rend=Pl/(Pl+3*Rs*Is^2+Vecc^2/Recc) = 0.96$ dove $Recc=Veccn/Ieccn= 80\ \Omega$. L'angolo di carico è pari a $\delta=atan(Ei/Er)=0.65$.

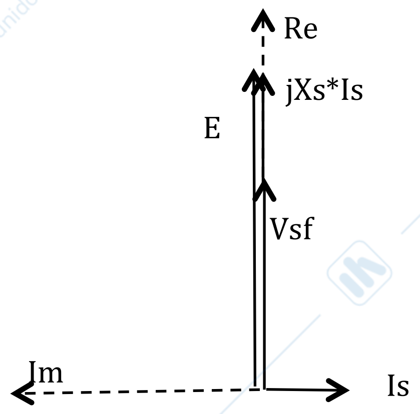
Esercizio 3

Sia dato un generatore sincrono utilizzato solo per rifasare un carico. I dati del generatore sono i seguenti:
Potenza nominale An=100 kVA
Fattore di potenza nominale $\cos\phi n=1$
Tensione nominale Vn=380 V
Reattanza sincrona in p.u. xs=165%
Tensione di eccitazione nominale Veccn=200 V
Corrente di eccitazione nominale Ieccn=10 A
$Rs = 0\ \Omega$
Frequenza nominale fn=50 Hz.

Il carico da rifasare è caratterizzato dai seguenti dati ed è alimentato alla tensione nominale pari a Vn=380 V:
$Rl=1\ \Omega$
$Xl=4\ \Omega$
E deve essere rifasato ad un $\cos\phi rif=0.9$.

Determinare la tensione di eccitazione e l'angolo di carico

Se il generatore è utilizzato solo per rifasare erogherà una potenza attiva nulla e solo potenza reattiva, questo significa che il fattore di potenza dovrà essere pari a 0 (sfasamento tra tensione e corrente pari a 90 gradi). Si ha la situazione rappresentata in figura (dove Rs è considerata nulla)



Si ottiene quindi E=Vsf+Xs*Is.

La reattanza sincrona è data da Xs= xs/100*(Vn/(√3*In)) = 2.38 Ω, dove In=An/(√3*Vn) = 151.9 A.
Il carico è pari a $Z=\sqrt{(Rl^2+Xl^2)}$ = 5 Ω e assorbe una corrente pari a Il=Vn/(/(√3*Z) = 43.02 A
Di conseguenza la potenza attiva e reattiva richieste dal carico sono pari a Pl= √3*Vn*Il*cosϕl = 5.55 kW e Ql=Pl*tanϕl= 27.77 kVAR, dove ϕl=atan(Xl/Rl)=1.373.
Per rifasare è necessario che il generatore sincrono fornisca una potenza reattiva Qsinc pari a Qsinc= Ql-P*tanϕrif = 25.1 kVAR. Da questa si può calcolare la corrente del sincrono Is=Qsinc/(√3*Vn) = 38.1 A. Sostituendo quanto trovato si ottiene E= Vsf+Xs*Is=310.18 V. Per calcolare la tensione di eccitazione è necessario considerare le seguenti relazioni nelle condizioni nominali:

Ern=Vsf+Xs*In*sinϕn=219.39 V
Ein=Xs*In*cosϕn = 361.99 V
Da cui si ricava il modulo di $En=\sqrt{(Ern^2+Ein^2)}$ = 423.29 V.
Da cui si ottiene Vecc=E*Veccn/En= 146.55 V, l'angolo di carico è nullo.

Esercizio 4

Siano dati due generatori sincroni caratterizzati dai seguenti dati:

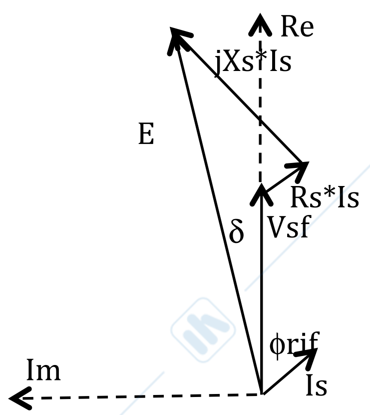
An1= 50 kVA
Vn1= 380 V
cosϕn1= 0.8
Rs1= 0.3 Ω
Vecc1n= 200 V
Ieccn1= 5 A
xs1%=160%

An2= 20 k VA
Vn2= 380 V
cosϕn2= 1
Rs2=0 Ω
Veccn2= 200 V
Ieccn2 = 2.5 A
xs2%= 150%

Il generatore 1 alimenta un carico caratterizzato dai seguenti dati:
Pl = 20 k W
cosϕl= 0.7
Vl= 380 V

Il generatore 2 rifasa il carico a cosϕrif=0.9 ed eroga una potenza attiva nulla. Calcolare la tensione di eccitazione dei due generatori e il rendimento totale.

Il generatore 1 alimenta il carico quindi eroga una potenza attiva pari Pl e una potenza reattiva Q=Pl*tanϕrif = 9.68 kVAR. La sua reattanza sincrona è data da Xs1= xs1/100*(V1n/(√3*I1n)) = 4.6 Ω, dove I1n=A1n/(√3*V1n)= 75.9 A.
La corrente erogata dal generatore 1 è pari a Is1=Pl/(√3*V1n* cosϕrif)= 33.76 A.
Per il calcolo della E1 si considera il diagramma fasoriale di figura



Er1=Vsf+Xs1*Is1*sinϕrif+Rs1*Is1* cosϕrif = 294.48 V
Ei1=Xs1*Is1*cosϕrif-Rs1*Is1*sinϕrif = 104.79 V
Da cui si ricava E1= $\sqrt{(Er1)^2+(Ei1)^2}$=312.58 V

Ripetendo tale calcolo nelle condizioni nominali si ottiene:
Ern1=Vsf+Xs1*I1n*sinϕn1+Rs1*I1n* cosϕn1 = 448.24 V
Ein1=Xs1*I1n*cosϕn1-Rs1*I1n*sinϕn1 = 267.14 V
Da cui si ricava En1= $\sqrt{(Ern1)^2+(Ein1)^2}$=521.8 V

Si ottiene quindi che la tensione di eccitazione del generatore 1 è pari a Vecc1=E/En1*Veccn1=119.8 V.
Il generatore 2 eroga una potenza attiva nulla e una potenza reattiva pari a quella di rifasamento. Di conseguenza il cosϕ di tale generatore è pari a zero e sinϕ =1. La potenza reattiva di rifasamento erogata dal generatore 2 è pari a Qrif=Ql-Pl*tan tanϕrif = 10.72 kVAR, dove Ql=Pl*tanϕl = 20.40 kVAR. La corrente erogata dal generatore 2 è quindi pari a Is2=Qrif/(√3*Vn2) = 16.28 A. Si ottiene quindi: E2=Vsf+Xs2*Is2= 395.74 V, con Xs2= xs2/100*(V2n/(√3*I2n)) = 10.8 Ω, dove I2n=A2n/(√3*V2n)= 30.4 A.
Considerando le medesime equazioni in condizioni nominali si ottiene:
Ern2=Vsf+Xs2*I2n*sinϕn2 = 219.39 V

$E_{in2}=X_{s2}*I_{2n}*\cos\phi_{n2} = 329.08$ V

Da cui si ricava $E_{n2}=\sqrt{(E_{rn2})^2+(E_{in2})^2}=395.51$ V

Da cui si ottiene: $V_{ecc2}=E/E_{n2}*V_{eccn2}=200.11$ V

Il rendimento totale è dato dal rapporto tra la potenza resa e quella assorbita:

$rend=(P_l)/(P_l+3*R_{s1}*I_{s1}^2+V_{ecc1}^2/R_{ecc1}+V_{ecc2}^2/R_{ecc2})= 0.88$, dove

$R_{ecc1}=V_{ecc1n}/I_{ecc1n} = 40\ \Omega$ e $R_{ecc2}=V_{ecc2n}/I_{ecc2n} = 80\ \Omega$.