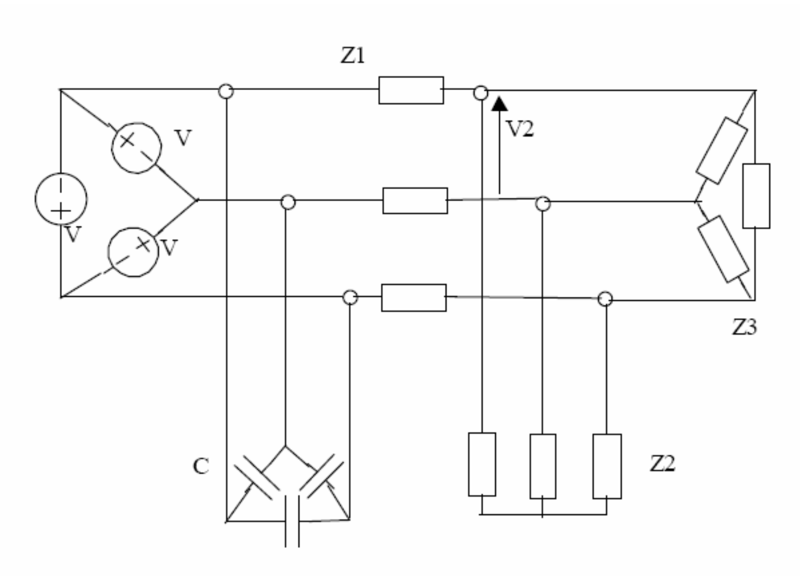
POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI MECCANICA
20158 MILANO – Via La Masa, 34

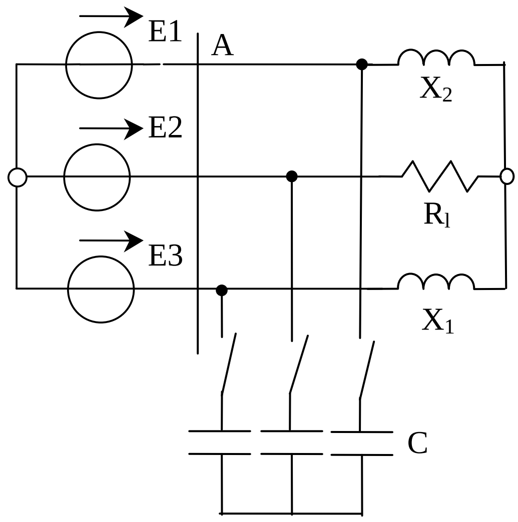
Esercizio 1



Dato il circuito trifase simmetrico ed equilibrato in figura 9.10, sono noti:
$V2 = 500$ V, $P2 = 10$ kW (potenza attiva del carico Z2)
$Q2 = 8$ kVar (potenza reattiva del carico Z2)
$P3 = 20$ kVar (potenza attiva del carico Z3),
$\cos\phi3 = 0.809$ ind.
$Z1 = 0.4+j0.3\ \Omega$}□
$f = 50$ Hz
Determinare il modulo della tensione V e la capacità C dei tre condensatori affinché il $\cos\phi$ totale sia pari a 0.9.

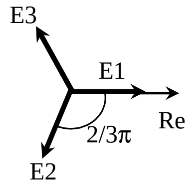
{Si procede utilizzando il metodo di Boucherot. Si divide la rete nelle seguenti sezioni:
sez A: carico Z3
Sez B: carico Z2
Sez C: carico Z1
Sez. D condensatori C.
Alla sezione B la potenza attiva totale Pb è data dalla somma dei due contributi P2 e P3; stesso discorso vale per la potenza reattiva. In particolare la potenza reattiva del carico Z3 si può ricavare da P3 e da cos ϕ3 nel seguente modo: $Q3 = P3*\tan\phi3 = 14.53$ kVar. Risulta quindi $Pb = P3+P2 = 30$ kW, $Qb = Q2+Q3 = 22.53$ kVar. Il modulo della corrente che interessa le impedenze Z1 è pari a $Ib = (\sqrt{(Pb^2+Qb^2)})/(V2*\sqrt{3}) = 43.323$ A. Alla sez. C la potenza attiva vale $Pc = Pb+Re(Z1)*Ib^2*3 = 32.25$ kW e la potenza reattiva vale $Qc = Qb+Im(Z1)*Ib^2*3 = 24.22$ kVar. La tensione V richiesta vale allora $V = (\sqrt{(Pc^2+Qc^2)})/(Ib*\sqrt{3}) = 537.519$ V.
Nella sez. D la potenza attiva è pari a quella che si ha nella sez. C, la potenza reattiva è data da $Qd = Pd*\tan\phi = 15.62$ kVar. I tre condensatori devono allora fornire un contributo di potenza reattiva
pari a $Qcon = Qc-Qd = 8.6$ kVar. Poiché i tre condensatori sono connessi a triangolo $Qcon = 3V^2/Xc$, di conseguenza la reattanza di ciascuno di essi è pari a $Xc = 100.793\ \Omega$ e la capacità di ciascuno è pari a $C = 1/(\omega*Xc) = 31.58\ \mu F$}

Esercizio 2



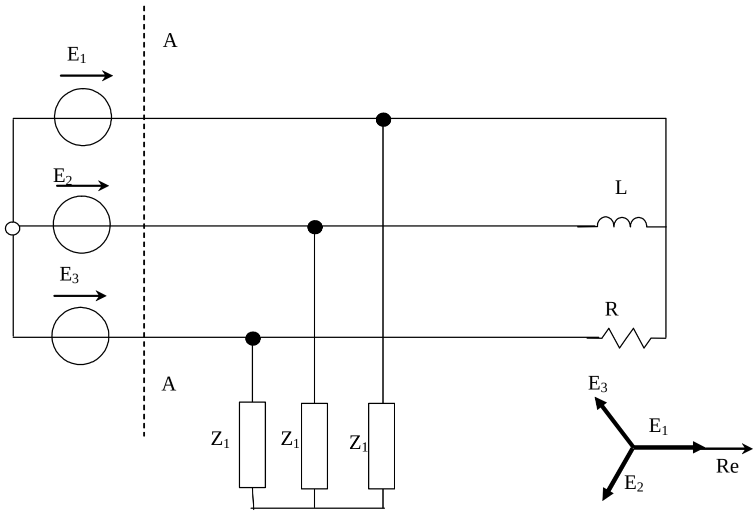
Sia data la rete trifase di Figura. Si determini il valore della capacità C della batteria di condensatori collegati a stella da inserire affinché il cosφ nella sezione A sia pari a 0.9.

$R_1 = 10\ \Omega$
$X_1 = 40\ \Omega$
$X_2 = 30\ \Omega$
E1 =E2 = E3 = 220V



{ E' necessario calcolare la potenza attiva e reattiva nella sezione in cui verranno inseriti i condensatori. A questo scopo si calcola la tensione tra i due centri stella Vo = (E1/(jX2)+E2/(R1)+E3/(jX1))/(1/(jX2)+1/(R1)+1/(jX1))= 56.337-j203.496 V. LA corrente I1 è data da I1 = (E1-Vo)/(jX2)= 6.783-j5.455 A, I2 = (E2-Vo)/(R1) = -16.634+j1.297 A, I3 = (E3-Vo)/(jX1)=9.851+j4.158 A. Qtot = X2.$|I1|^2$+X1$|I3|^2$ = 6.846 kVar,, Ptot = R1$|I2|^2$=2.784 kW
La capacità C è data da C = (Qtot-Ptot tan ϕ)/(3$E^2$2πf)= 0.1205 mF}

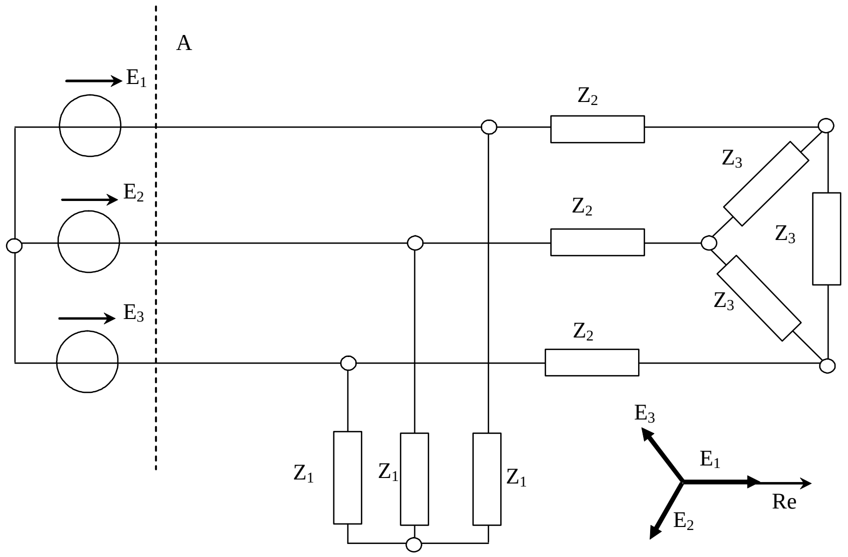
ESERCIZIO 3



R=10 Ω
E1 = E2= E3 = 220 V
f = 50 Hz
L=10 mH
Z1=3+j9 Ω
Data la rete trifase di figura, determinare il valore della batteria di condensatori collegati a stella da inserire nella sezione AA affinché il cosφ del carico sia pari a 0,9.

{E' necessario calcolare il contributo di potenza attiva e reattiva relativi all'induttanza L e alla resistenza R e quello dovuto al carico Z1. Si calcola la corrente sull'induttore (I2) e sul resistore (I3) sapendo che la tensione tra i centri stella e' imposta ed e' pari a E1. Di conseguenza si ha: $I2=(E2-E1)/(j\omega L)$ =-60.646+j105.042 A e $I3=(E3-E1)/R$=-33+j19.053 A. La potenza attiva e reattiva dovute al carico L e R è quindi pari a $P=R|I3|^2$=14.52 kW e $Q=(\omega L)|I2|^2$=46.22 kVar. Il contributo di potenza attiva e reattiva dovuti al carico Z1 è pari a $Pz1=3Re(Z1)|Iz1|^2$ =4.84 kW e $Qz1=3Im(Z1)|Iz1|^2$ =14.52 kVar dove $Iz1=|E1|/|Z1|$=23.19 A. La potenza attiva e reattiva nella sezione a (appena prima dei condensatori di rifasamento) è pari a Pa=Pz1+P=19.36 kW e Qa=Qz1+Q=60.74 kVar. La potenza reattiva desiderata e' pari a $Q^*=Pa*\tan(\phi)$=9.376 kVar=$Qa-3\omega CE^2$. Da cui si ricava C=1.126 mF}

Esercizio 4

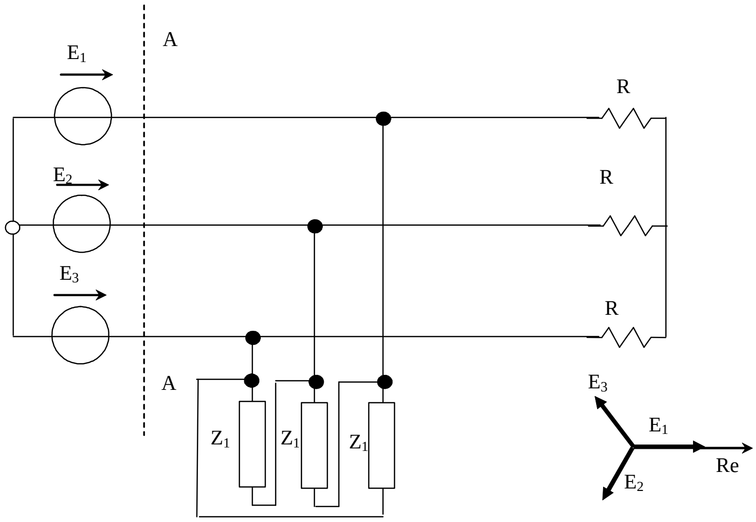


Z1 = 15 + j10
Z2 = j10
Z3 = 10 + j 10
E1 = E2= E3 = 220 V
f = 50 Hz

Data la rete trifase di figura, determinare:
Il valore della batteria di condensatori collegati a triangolo da inserire nella sezione AA affinchè il cosφ del carico sia pari a 0,9.

*{Conviene trasformare le impedenze connesse a triangolo nel loro equivalente a stella Zstella = Z3/3. Si risolve l'equivalente monofase costituito dal generatore E1 con in parallelo l'impedenza Z1 e la serie di Z2 e Z3. Il generatore di tensione vede una impedenza equivalente pari al parallelo tra la serie di Z2 e Z3 e la Z1. Quindi Zeq=((Z2+Z3)Z1)/(Z1+Z2+Z3)=4.44+j7 Ω,. La corrente erogata dal generatore è pari a I = E1/Zeq=14.03-j22.3 A. La potenza attiva e reattiva erogata dai tre generatori è data da P= 3Re(E1** $\underline{I_1}$*)=9.264 kW e Q= 3Im(E1** $\underline{I_1}$*)=14.72 kVar. La reattanza dei condensatori da connettere a stella per rifasare il carico è data da Xcstella =3E*^{2} */(Q-Ptan*ϕ*)= Ω. Poiché è richiesto che i condensatori siano collegati a triangolo è necessarioricordare che Xctriangolo=3Xcstella e quindi Xctriangolo = di conseguenza C=1/(2πfXctriangolo)=74.76μF) }*

ESERCIZIO 5



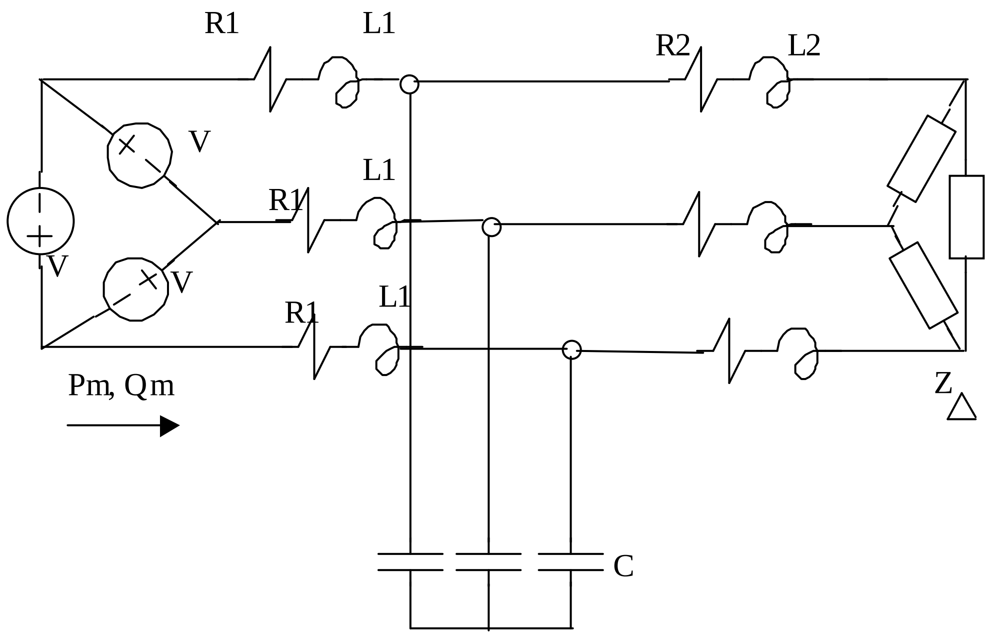
$\overline{Z}_1 = 9 + j27\ \Omega$
R=20 Ω
E1 = E2= E3 = 220 V
f = 50 Hz

Data la rete trifase di figura, determinare:
Il valore della batteria di condensatori collegati a triangolo da inserire nella sezione AA affinchè il cosφ del carico sia pari a 0,9.

{Conviene trasformare il triangolo delle impedenze Z1 nel loro equivalente a stella e risolvere il circuito monofase equivalente. $Z1_{st} = Z1/3=3+j9\ \Omega$. il circuito monofase equivalente è costituito dal parallelo del generatore E1, dell'impedenza Z1st e di R. Per calcolare la potenza attiva e reattiva dell'equivalente monofase nella sez. A si puo' tenere in conto di due contributi: $Pr=E1^2/R=2.42$ kW, Qr=0 Var, e $P_{z1st}=Re(Z1_{st})|Iz1|^2=1.613$ kW, $Q_{z1st}= Im(Z1_{st})|Iz1|^2 = 4.84$ kVar, dove $|Iz1|=E1/|Z1st|=23.19$ A. La potenza attiva e reattiva nella sez. A è quindi pari a $P=Pr+P_{z1st}=4.033$ kW e $Q=Q_{z1st}$. I condensatori collegati a stella che consentono di rifasare il carico sono dati da $C_{st}=(Q-P\tan(\phi))/(\omega E^2)=189.8\ \mu F$. se i condensatori vengono collegati a triangolo come specificato nel testo, si ha: $C=C_{st}/3=63.28\ \mu$}

Esercizio 6

Dato il circuito trifase in figura, sono noti:
V = 380 V (valore efficace della terna simmetrica di tensioni di linea)
R1 = R3 = 10 Ω
L1 = L2 = 31.83 mH
C = 100 μF
Pm = 2266 W,
Qm = -1632 Var



Determinare l'impedenza Z del carico a triangolo a valle

[Z = 58.978+j88.848 Ω]

{Il sistema è simmetrico e equilibrato, conviene quindi considerare il circuito monofase equivalente. Per fare questo è necessario trasformare le tensioni di linea nelle corrispondenti tensioni di fase e trasformare tutti i carichi a triangolo nel loro equivalente a stella. Si ottiene un circuito monofase costituito dal parallelo di tra rami: il primo è costituito da un generatore di tensione con in serie l'impedenza Z1 = R1+jωL1, il secondo da una impedenza Zc = -jXc e il terzo dalla serie di Z2 = R2+jωL2 e dall'equivalente a stella del carico incognito.
Nel circuito monofase la potenza attiva e reattiva fornite dal generatore sono pari a un terzo di quella relativa al circuito trifase. Si divide ora il circuito monofase in sezioni e si utilizza il metodo di Boucherot per la risoluzione. Si hanno le seguenti sezioni:
Sez A: Vf1
Sez B: Z1
Sez. C: Zc
Sez. D: Z2
Sez E: Z incognita.
*Per la sez. A sono note la tensione Vf1 = $V/\sqrt{3}$ = 219.393 V, Pa = Pm/3 =755.333 W, Qa = Qm/3 = -544Var.La corrente Ia si calcola nel seguente modo: Ia = $\sqrt{Pa^2+Qa^2}$ /Vf1 = 4.243 A. Per la sezione B si ha Pb = Pa-R1*Ia^2 = 575.32 W, Qb = Qa-X1*Ia^2= -724.008 Var. Ib = Ia e Vb = $\sqrt{Pb^2+Qb^2}$ /Ib= 217.96 V . Per la sezione C si ha Pc = Pb, Vc = Vb, Qc = Qb+Vb_2/Xc = 768.452 Var e Ic = $\sqrt{Pc^2+Qc^2}$ /Vc = 4.404 A. Per la sezione D si ha Id = Ic, Pd = Pc-R2*Id^2= 381.344 W, Qd = Qc-X2*Id^2= 574.482 Var, Vd = $\sqrt{Pd^2+Qd^2}$ /Id = 156.56 V. La corrente che interessa la sezione D è pari a Ic, di conseguenza si ricava che la resistenza e la reattanza del carico a stella equivalente risultano pari a Rs = Pd/Ic^2 = 19.659 Ω, Xs = Qd/Ic^2 = 29.616 Ω. Ritornando al carico a triangolo si ottiene Rt = 3*Rs = 58.978 Ω, Xt = 3*Xs = 88.848 Ω. }*