



Zeno Martini (admin)

LINEE DI TRASMISSIONE - 3: ESERCIZI, "A MANO" E CON SCRIPT SCILAB

25 March 2012

Abstract

In questo articolo è eseguita "manualmente" la verifica di una linea usando i tre circuiti equivalenti validi per linee corte, medie e lunghe, illustrati nel [precedente articolo](#). Le verifiche sono effettuate sia usando il metodo delle potenze che il calcolo simbolico.

Viene successivamente proposto un semplice **script Scilab** per verificare una qualsiasi linea, aerea o in cavo, fornendo i dati della potenza in arrivo, la lunghezza della linea e le sue costanti fondamentali. E' uno script che traduce in pratica il [procedimento analitico](#) descritto nell'articolo già citato.

Ricordo che Scilab è un software di matematica open source simile a Matlab, scaricabile da [qui](#) e che in [questo articolo](#) c'è una specie di introduzione.

Testo

Una linea aerea trifase lunga $d = 140 \text{ km}$ trasmette all'arrivo una potenza apparente $N = 150 \text{ MVA}$ alla tensione $U_a = 210 \text{ kV}$, con un fattore di potenza $f.p. = 0,85_R$.

Le costanti di linea sono $l = 2,33 \text{ mH/km}$, $c = 11 \text{ nF/km}$, $r = 0,12 \Omega/\text{km}$.

Si trascura la conduttanza.

Calcolare ad tensione e corrente alla partenza usando i tre possibili modelli di linea corta media e lunga visti nel precedente articolo per confrontarne i risultati e per le due frequenze $f = 50 \text{ Hz}$ e $f = 60 \text{ Hz}$

Soluzione

Corrente, potenza attiva e reattiva in arrivo valgono, rispettivamente

$$I_a = \frac{N}{\sqrt{3}U_a} = \frac{150 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 210 \times 10^3} = 412 \text{ A}$$

$$P_a = N \cos \varphi = 150 \times 10^6 \times 0,85 = 128 \text{ MW}$$

$$Q_a = N \sin \varphi = 150 \times 10^6 \times \sqrt{1 - 0,85^2} = 79 \text{ Mvar}$$

f=50 Hz

$$x_{50} = 2\pi 50 \times 2,33 \times 10^{-3} = 0,732 \Omega/\text{km}$$

$$y_{50} = 2\pi 50 \times 11 \times 10^{-9} = 3,46 \times 10^{-6} \text{ S/km}$$

f=60 Hz

$$x_{60} = 1,2x_{50} = 0,878 \Omega/\text{km}$$

$$y_{60} = 1,2y_{50} = 4,15 \times 10^{-6} \text{ S/km}$$

Resistenza, reattanza ed ammettenza totali valgono

$$R = rd = 0,12 \times 140 = 16,8 \Omega$$

f=50 Hz

$$X_{50} = xd = 0,732 \times 140 \times 10^3 = 102 \Omega$$

$$Y_{50} = 3,46 \times 10^{-6} \times 140 = 4,84 \times 10^{-4} \text{ S/km}$$

f=60 Hz

$$X_{60} = 102 \times 1,2 = 122 \Omega$$

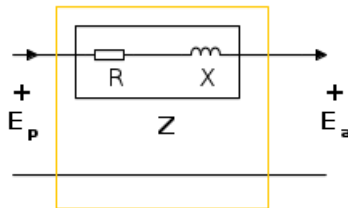
$$Y_{60} = 1,2 \times 4,84 = 5,8 \times 10^{-4} \text{ S/km}$$

La potenza apparente in arrivo è

$$\dot{N}_a = P_a + jQ_a = 128 + j79 \text{ MVA}$$

Prima ipotesi: Linea corta

Si considerano solo la reattanza longitudinale totale e la resistenza.
Il modello circuitale è allora



ed i parametri di trasmissione valgono

$$\dot{A} = 1 \quad ; \quad \dot{C} = 0 \quad ; \quad \dot{B} = \dot{Z} \quad ; \quad \dot{D} = 1$$

Metodo delle potenze

f=50 Hz

$$P_p = P_a + 3RI_a^2 = 128 + 3 \times 16,8 \times 0,412^2 = 137 \text{ MW}$$

$$Q_{p50} = Q_a + 3X_{50}I_a^2 = 79 + 3 \times 102 \times 0,412^2 = 131 \text{ Mvar}$$

$$N_{p50} = \sqrt{P_p^2 + Q_{p50}^2} = \sqrt{137^2 + 131^2} = 190 \text{ MVA}$$

$$U_{p50} = \frac{N_{p50}}{\sqrt{3}I_p} = \frac{190}{\sqrt{3} \times 0,412} = 266 \text{ kV}$$

f=60 Hz

$$Q_{p60} = 141 \text{ Mvar}$$

$$N_{p60} = 197 \text{ MVA}$$

$$U_{p60} = 276 \text{ kV}$$

Calcolo simbolico con i parametri

$$\dot{E}_p = \dot{E}_a + \dot{Z}\dot{I}_a$$

$$\dot{I}_p = \dot{I}_a$$

$$\dot{E}_a = \frac{210}{\sqrt{3}} \angle 0 = 121 \angle 0 \text{ kV}$$

$$\dot{I}_a = I_a \angle -\arccos 0,85 = 412 \angle -31,8 \text{ A}$$

f=50 Hz

$$\dot{E}_{p50} = 121 \angle 0 + (16,8 + j102) \times 0,412 \angle -31,8 =$$

$$= 121 + 104 \angle 80,7 \times 0,412 \angle -31,8 =$$

$$= 121 + 42,8 \angle 48,9 = 121 + 28,1 + j32,3 = 153 \angle 12,2 \text{ kV}$$

$$U_{p50} = \sqrt{3} \times 153 = 265 \text{ kV}$$

f=60 Hz

$$\dot{E}_{p60} = 158 \angle 14,3 \text{ kV}$$

$$U_{p60} = \sqrt{3} \times 158 = 274 \text{ kV}$$

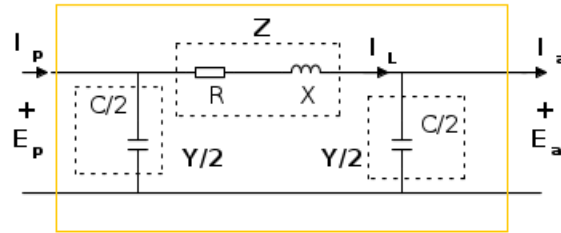
$$N_{p60} = \sqrt{3} \times 274 \times 0,412 = 196 \text{ MVA}$$

Corrente a vuoto

La corrente in partenza con arrivo aperto è nulla $\dot{I}_{pv} = \dot{C}\dot{E}_a = 0$

Seconda ipotesi: linea di media lunghezza

Il circuito equivalente è



$$f = 50 \text{ Hz}$$

I parametri di trasmissione sono

$$\dot{A}_{50} = \left(\frac{\dot{Z}_{50}\dot{Y}_{50}}{2} + 1 \right) = \left[\frac{(16,8 + j102)j4,84 \times 10^{-4}}{2} + 1 \right] = 0,975 + j0,00406$$

$$\dot{B}_{50} = \dot{Z}_{50} = 16,8 + j102 \Omega$$

$$\dot{C}_{50} = \dot{Y}_{50} \left(\frac{\dot{Z}_{50}\dot{Y}_{50}}{4} + 1 \right) = j4,84 \times 10^{-4} \times \left[\frac{(16,8 + j102)j4,84 \times 10^{-4}}{4} + 1 \right] =$$

$$= j4,84 \times 10^{-4} \times (j0,00203 + 0,987) = (-0,0098 + j4,78) \times 10^{-4} \text{ S}$$

quindi

$$\dot{E}_{p50} = \dot{A}_{50}\dot{E}_a + \dot{B}_{50}\dot{I}_a = (0,975 + j0,00406) \times 121 + (16,8 + j102) 0,412 \angle -31,8 =$$

$$= 118 + j0,491 + 42,6 \angle 48,8 = 146 + j32,5 = 150 \angle 12,5 \text{ V}$$

$$U_{p50} = \sqrt{3} \times 150 = 260 \text{ V}$$

$$\dot{I}_{p50} = \dot{C}_{50}\dot{E}_a + \dot{A}_{50}\dot{I}_a = (-0,0098 + j4,78) \times 10^{-4} \times 121 \times 10^3 + (0,975 + j0,00406) \times 412 \angle -31,8 =$$

$$= -0,119 + j57,8 + 402 \angle -31,6 = 342 - j153 = 375 \angle -24 \text{ A}$$

Corrente a vuoto

$$\dot{I}_{pv50} = \dot{C}_{50}\dot{E}_a = (-0,0098 + j4,78) \times 10^{-4} \times \frac{210 \times 10^3}{\sqrt{3}} =$$

$$= -0,119 + j57,9 = 57,9 \angle 90,1 \text{ A}$$

Metodo delle potenze

$$Q_{a_{c/2,50}} = 3 \frac{Y_{60}}{2} E_a^2 = \frac{Y_{60} U_a^2}{2} = \frac{4,83}{2} \times 10^{-4} \times 210^2 \times 10^6 = 10,7 \text{ Mvar}$$

$$N_{a_{sinistra,50}} = \sqrt{P_a^2 + (Q_a - Q_{a_{c/2,50}})^2} = \sqrt{128^2 + (79 - 10,7)^2} = 145 \text{ MVA}$$

$$I_{L50} = \frac{N_{a_{sinistra,50}}}{\sqrt{3} U_a} = \frac{145 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 210 \times 10^3} = 399 \text{ A}$$

$$P_{p50} = P_a + 3 R I_{L50}^2 = 128 + 3 \times 16,8 \times 0,399^2 = 136 \text{ MW}$$

$$Q_{p_{destra,50}} = Q_a - Q_{a_{c/2,50}} + 3 X_{L50} I_L^2 = 79 - 10,7 + 3 \times 102 \times 0,399^2 = 117 \text{ Mvar}$$

$$N_{p_{destra,50}} = \sqrt{P_p^2 + Q_{p_{destra,50}}^2} = \sqrt{136^2 + 117^2} = 179 \text{ MVA}$$

$$U_{p50} = \frac{N_{p_{destra,50}}}{\sqrt{3} I_{L50}} = \frac{179}{\sqrt{3} \times 0,399} = 259 \text{ kV}$$

$$Q_{p_{c/2,50}} = 3 \frac{Y_{50}}{2} E_{p50}^2 = \frac{Y_{50} U_{p50}^2}{2} = \frac{4,83}{2} \times 10^{-4} \times 259^2 \times 10^6 = 16,2 \text{ Mvar}$$

$$Q_{p50} = Q_{p_{destra,50}} - Q_{p_{c/2,50}} = 117 - 16,2 = 101 \text{ Mvar}$$

$$N_{p50} = \sqrt{P_{p50}^2 + Q_{p50}^2} = \sqrt{136^2 + 101^2} = 169 \text{ MVA}$$

$$I_{p50} = \frac{N_{p50}}{\sqrt{3} U_{p50}} = \frac{169 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 259 \times 10^3} = 376 \text{ A}$$

$$f=60 \text{ Hz}$$

parametri

$$\dot{A}_{60} = \left(\frac{\dot{Z}_{60} \dot{Y}_{60}}{2} + 1 \right) = \left[\frac{(16,8 + j122) j5,8 \times 10^{-4}}{2} + 1 \right] = 0,964 + j0,00487$$

$$\dot{B}_{60} = \dot{Z}_{60} = 16,8 + j123$$

$$\dot{C}_{60} = \dot{Y}_{60} \left(\frac{\dot{Z}_{60} \dot{Y}_{60}}{4} + 1 \right) = j5,8 \times 10^{-4} \times \left[\frac{(16,8 + j122) j5,8 \times 10^{-4}}{4} + 1 \right] =$$

$$= j5,8 \times 10^{-4} \times (j0,00244 + 0,982) =$$

$$= (-0,0142 + j5,7) \times 10^{-4}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{E}_{p60} &= (0,964 + j0,00487) \times 121 \angle 0 + (16,8 + j122) \times 0,412 \angle -31,8 = \\
 &= 117 + j0,589 + 123 \angle 82,2 \times 0,412 \angle -31,8 = \\
 &= 150 + j39,4 = 155 \angle 14,7 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{p60} &= 268 \text{ V} \\
 \dot{I}_{p60} &= \dot{C}_{60} \dot{E}_a + \dot{A}_{60} \dot{I}_a = (-0,0142 + j5,7) \times 10^{-4} \times 121 \times 10^3 + \\
 &+ (0,964 + j0,00487) \times 412 \angle -31,8 = \\
 &= -0,172 + j69 + 397 \angle -31,5 = 338 - j138 = 365 \angle -22,2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Corrente a vuoto

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_{pv60} &= \dot{C}_{60} \dot{E}_a = (-0,0142 + j5,7) \times 10^{-4} \times \frac{210 \times 10^3}{\sqrt{3}} = \\
 &= -0,172 + j69,1 = 69,1 \angle 90,1 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Metodo delle potenze

$$Q_{a_{c/2,60}} = 3 \frac{Y_{60}}{2} E_a^2 = \frac{Y_{60} U_a^2}{2} = \frac{5,8}{2} \times 10^{-4} \times 210^2 \times 10^6 = 12,8 \text{ Mvar}$$

$$N_{a_{sinistra,60}} = \sqrt{P_a^2 + (Q_a - Q_{a_{c/2,60}})^2} = \sqrt{128^2 + (79 - 12,8)^2} = 144 \text{ MVA}$$

$$I_{L60} = \frac{N_{a_{sinistra,60}}}{\sqrt{3} U_a} = \frac{144 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 210 \times 10^3} = 396 \text{ A}$$

$$P_{p60} = P_a + 3 R I_L^2 = 128 + 3 \times 16,8 \times 0,396^2 = 136 \text{ MW}$$

$$Q_{p_{destra,60}} = Q_a - Q_{a_{c/2,60}} + 3 X_{L60} I_{L60}^2 = 79 - 12,8 + 3 \times 122 \times 0,396^2 = 124 \text{ Mvar}$$

$$N_{p_{destra,60}} = \sqrt{P_{p60}^2 + Q_{p_{destra,60}}^2} = \sqrt{136^2 + 124^2} = 184 \text{ MVA}$$

$$U_{p60} = \frac{N_{p_{destra,60}}}{\sqrt{3} I_{L60}} = \frac{184}{\sqrt{3} \times 0,396} = 268 \text{ kV}$$

$$Q_{p_{c/2,60}} = 3 \frac{Y_{60}}{2} E_p^2 = \frac{Y_{60} U_{p60}^2}{2} = \frac{5,8}{2} \times 10^{-4} \times 268^2 \times 10^6 = 20,8 \text{ Mvar}$$

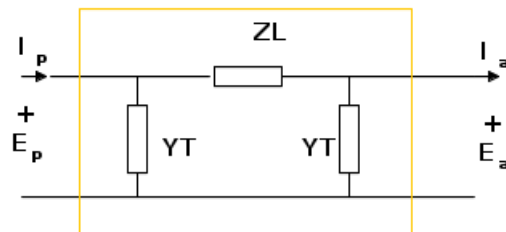
$$Q_{p60} = Q_{p_{destra,60}} - Q_{p_{c/2,60}} = 124 - 20,8 = 103 \text{ Mvar}$$

$$N_{p60} = \sqrt{P_{p60}^2 + Q_{p60}^2} = \sqrt{136^2 + 103^2} = 171 \text{ MVA}$$

$$I_{p60} = \frac{N_{p60}}{\sqrt{3} U_{p60}} = \frac{171 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 268 \times 10^3} = 368 \text{ A}$$

Terza ipotesi: linea lunga

Il circuito equivalente da adottare è



dove per la frequenza di 50 Hz

$$\dot{Z}_{L50} = \dot{Z}_{50} \frac{\sinh \dot{\theta}_{50}}{\dot{\theta}_{50}}$$

$$\dot{Z}_{50} = R + jX_{50} = 16,8 + j102$$

$$\dot{\theta}_{50} = \dot{k}_{50}d = d\sqrt{(r + jx_{50})(g + jy_{50})} = 140\sqrt{(0,12 + j0,732)j3,46 \times 10^{-6}} =$$

$$= 0,140\sqrt{-2,53 + j0,415} = 0,140\sqrt{2,56\angle 171}$$

$$= 0,224\angle 85,5 = 0,0176 + j0,223$$

$$\sinh \dot{\theta}_{50} = \frac{e^{\dot{\theta}_{50}/2} - e^{-\dot{\theta}_{50}/2}}{2} = \frac{e^{0,0176 + j0,223} - e^{-0,0176 - j0,223}}{2} = \frac{1,018\angle 12,8 - 0,983\angle -12,8}{2} =$$

$$= \frac{0,993 + j0,226 - 0,959 + j0,218}{2} = 0,017 + j0,222 = 0,223\angle 85,6$$

$$\frac{\sinh \dot{\theta}_{50}}{\dot{\theta}_{50}} = \frac{0,223\angle 85,6}{0,224\angle 85,5} = 0,996\angle 0,1$$

$$\dot{Z}_{L50} = \dot{Z}_{50} \frac{\sinh \dot{\theta}_{50}}{\dot{\theta}_{50}} = 103\angle 80,6 \times 0,996\angle 0,1 = 102,6\angle 80,7 = 16,6 + j101 \Omega$$

$$\sinh \frac{\dot{\theta}_{50}}{2} = \frac{e^{\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}} - e^{-\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}}}{2} = \frac{e^{0,0088 + j0,112} - e^{-0,0088 - j0,112}}{2} = \frac{1,008\angle 6,4 - 0,991\angle -6,4}{2} =$$

$$= \frac{1,0017 + j0,112 - 0,985 + j0,110}{2} = 0,00835 + j0,111 = 0,111\angle 85,7$$

$$\cosh \frac{\dot{\theta}_{50}}{2} = \frac{e^{\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}} + e^{-\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}}}{2} = \frac{e^{0,0088 + j0,112} + e^{-0,0088 - j0,112}}{2} = \frac{1,008\angle 6,4 + 0,991\angle -6,4}{2} =$$

$$= \frac{1,0017 + j0,112 + 0,985 - j0,110}{2} = 0,993 + j0,001 = 0,993\angle 0,057$$

$$\tan \frac{\dot{\theta}_{50}}{2} = \frac{\sinh \frac{\dot{\theta}_{50}}{2}}{\cosh \frac{\dot{\theta}_{50}}{2}} = \frac{0,111\angle 85,7}{0,993\angle 0,057} = 0,112\angle 85,6$$

$$\frac{\dot{\theta}_{50}}{2} = \frac{0,224\angle 85,5}{2} = 0,112\angle 85,5$$

$$\frac{\tan \frac{\dot{\theta}_{50}}{2}}{\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}} = \frac{0,112\angle 85,6}{0,112\angle 85,5} = 1\angle 0,1$$

$$\dot{Y}_{T50} = \frac{\dot{Y}_{50}}{2} \frac{\tanh \frac{\dot{\theta}_{50}}{2}}{\frac{\dot{\theta}_{50}}{2}} = \frac{4,84\angle 90}{2} \times 1\angle 0,1 = 2,42\angle 89,9$$

I valori di $\dot{Z}_L$ e di $\dot{Y}_T$ non sono praticamente diversi da quelli utilizzati nell'ipotesi di linea di lunghezza media; il circuito equivalente a Π rimane dunque lo stesso ed i valori delle grandezze in ingresso pure. Lo stesso si ha per la frequenza di 60 Hz. Inutile quindi svolgere nuovi calcoli.

Confronto dei risultati

Ipotesi	U_p kV	I_p A	P_p MW	Q_p Mvar
linea corta (50;60) Hz	265 ; 274	412 ; 412	137 ; 137	131 ; 141
linea media (50;60) Hz	260 ; 268	375 ; 365	136 ; 136	101 ; 103

Come si può constatare c'è una discreta differenza, in particolare per quanto riguarda la corrente e la potenza reattiva in partenza, dell'ordine del 10%. Ciò è dovuto all'impedenza capacitiva della linea che fornisce parte della potenza induttiva richiesta dal carico.

Oltre a questo c'è la notevole consistenza della corrente a vuoto di cui tenere a conto 69 A a 60Hz e 57 A a 50 Hz, di cui il modello per linea corta non tiene conto.

I calcoli sono abbastanza lunghi e faticosi da svolgere manualmente, pur con l'ausilio delle calcolatrici. Da qui la convenienza di saper scegliere il circuito approssimato sufficiente per l'analisi della linea.

L'impostazione di un software universale si baserà ad ogni modo sul metodo valido per linee lunghe che comprende anche i casi approssimati.

Lo script Scilab che segue svolge appunto i calcoli utilizzando il metodo valido per ogni tipo di linea.

Script Scilab

Per eseguire lo script basta copiare il codice ed incollarlo nella finestra Scilab. E' molto semplice e ha il solo scopo di velocizzare la verifica di linee di cui si conoscono tutte le caratteristiche.

```
//valori di default
Un$='380';//tensione nominale
Pa$='600';//MW: potenza attiva in arrivo
fp$='0.98';//fattore di potenza in arrivo
Ua$='360';//kV: tensione in arrivo
f$='50';//Hz: frequenza di alimentazione
d$='300';//km, lunghezza della linea
c$='13.1';//capacità unitaria linea nF/km
l$='0.86';//induttanza unitaria mH/km
g$='0';//conduttanza unitaria S/km
r$='0.021';//resistenza unitaria linee
continua=1;//flag di continuazione
linea=[];//vettore parametri linea
```

```

Dati$=[Un$;Pa$;fp$;'S';Ua$;f$;d$;l$;
c$;r$;g$]
txt=['Un (kV)';'Pa (MW)'; 'fp';'Carico Induttivo';'Ua (kV)';'f (Hz)'; 'd (km)';
'l(mH/km)';'c (nF/km)';'r (ohm/km)';'g (S/km)'];//stringa di dialogo
while continua==1,
    linea=x_mdialog('Caratteristiche della linea',txt,Dati$);
    j=%i*1; //unità immaginaria
    rq3=sqrt(3); //radice quadrata di tre
    Un=evstr(linea(1));//tensione nominale
    Pa=evstr(linea(2));//MW: potenza attiva in arrivo
    f=evstr(linea(6)); //Hz: frequenza di alimentazione
    Ua=evstr(linea(5)); //kV: tensione in arrivo
    fp=evstr(linea(3)); //fattore di potenza in arrivo
    carico=linea(4)//natura del carico
    if carico == 'S' then tc=1
        else tc=-1;
    end
    d=evstr(linea(7));//km, lunghezza della linea

    //costanti fondamentali della linea

    l=evstr(linea(8));//mH/km
    c=evstr(linea(9));//nF/km
    if c==0 then c=10^(-10)
        end//evita la divisione per zero
    r=evstr(linea(10));//ohm/km
    g=evstr(linea(11));//S/km

    N=Pa/fp;
    Ea=Ua/sqrt(3);
    Na=N*fp+j*tc*N*sqrt(1-fp^2);//MW
    Iac=Na/(3*Ea);//kA, corrente complessa coniugata
    Ia=real(Iac)-j*imag(Iac);//corrente complessa in arrivo
    z=r+j*2*pi*f*l*10^(-3);//ohm/km,
    y=g+j*2*pi*f*c*10^(-9);//S/km
    k=sqrt(z*y);//1/km: costante di propagazione
    Z0=sqrt(z/y);//ohm: impedenza caratteristica
    Z0$=string(round(real(Z0)))+('+'string(round(imag(Z0)))+')j';
    Z0c=real(Z0)-j*imag(Z0);//impedenza caratteristica coniugata
    N0=Un^2/Z0c;
    theta=k*d;// costante di propagazione totale
    Z=z*d;//ohm
    Y=y*d;//S

```

```
//parametri del circuito equivalente a pigreco
ZL=Z*(sinh(theta)/theta); //ohm
YT=Y*(tanh(theta/2)/(theta/2)); //S
//matrice di trasmissione
A=cosh(theta);
B=Z*sinh(theta)/theta;
C=Y*sinh(theta)/theta;
D=A;
// grandezze in partenza
Ep=A*Ea+B*Ia; //kV: tensione stellata in partenza
Ip=C*Ea+D*Ia; //kA: corrente in partenza
Ipc=real(Ip)-j*imag(Ip); //corrente complessa coniugata in partenza
Np=3*Ep*Ipc; //potenza complessa in partenza
Up=rq3*abs(Ep); //tensione concatenata in partenza
sfasamento=atan(imag(Ep)/real(Ep));
DeltaU=(Up-Ua)/Ua; //caduta di tensione percentuale
DeltaN=Np-Na; //potenza complessa imegnata dalla linea
DeltaP=real(DeltaN); //real(Na); //potenza percentuale persa
eta=1/(1+DeltaP/Pa); //rendimento della linea
Up$=string(round(Up));
Ua$=string(round(Ua));
Ip$=string(round(1000*abs(Ip)));
DU$=string(round(DeltaU*1000)/10);
Dp$=string(round((DeltaP/Pa)*1000)/10);
sf$=string(round(sfasamento*10)/10);
eta$=string(round(eta*1000)/10);
Pp$=string(round(real(Np)));
Qp$=string(round(imag(Np)));
Ia$=string(round(abs(1000*Ia)));
N0$=string(round(real(N0)))+( '+' +string(round(imag(N0)))+ 'j' );
Na$=string(Pa)+( '+' +string(round(imag(Na)))+ 'j' );
Un$=string(Un);

risultati_txt=['Tensione nominale (kV)';
'impendenza caratteristica (ohm)';
'Potenza naturale [P0 (MW)+jQ0 (Mvar)'];
'Potenza in arrivo [Pa (MW)+jQa (Mvar)'];
'Tensione in arrivo Ua (A)';
'Corrente in arrivo Ia (kV)';
'Tensione in partenza Up (kV)';
'Corrente in partenza Ip (A)';
'Caduta di tensione %'; 'Perdita di potenza %';
'Sfasamento tra tensione in partenza ed in arrivo (deg)';
```

```

    'rendimento%'; 'Potenza attiva in partenza Pa (MW)';
    'Potenza reattiva in partenza Qa (Mvar)'];];
    risultati=x_mdilog('Risultati',risultati_txt,[Un$;Z0$;N0$;Na$;Ua$;
    Ia$;Up$;Ip$;DU$;Dp$;sf$;eta$;Pp$;Qp$]);
    Dati$=linea;
    continua=messagebox("Continuare?", "modal", "info", ["Yes" "No"])

end

```

Esercizi svolti

Con lo script sono stati svolti i calcoli di verifica di due linee, una aerea per la quale si analizzano le grandezze al variare della potenza richiesta all'arrivo, ed una in cavo dove si calcolano le grandezze per la stessa potenza in arrivo, variano la sezione del cavo. I risultati sono riportati nelle tabelle.

Linea aerea

Corda Alluminio-Acciaio ($S_{Al} = 519 \text{ mm}^2$; $S_{Acc} = 66 \text{ mm}^2$)

$U_n = 380 \text{ kV}$
 $d = 300 \text{ km}$
 $r = 0,021 \Omega/\text{km}$
 $l = 0,854 \text{ mH/km}$
 $g = 0 \text{ S/km}$
 $c = 8,7 \text{ nF/km}$

Nella tabella che segue sono riportati i risultati di alcune condizioni di funzionamento.

Potenza naturale $P_0 + jQ_0 = 566 - j22$

P_a MW	Q_a Mvar	U_a kV	I_a A	U_p kV	I_p A	ϑ	P_p MW	Q_p Mvar	$\Delta U\%$	$\Delta P\%$
566	- 22	380	861	385	871	19,2	580	- 20	1,3	2,5
600	120	360	982	402	918	18,2	617	163	11,6	2,9
750	150	360	1226	421	1144	23,9	777	306	17	3,6
800	160	350	1345	423	1255	25,3	832	391	20,9	4

Si nota come poco al di sopra della potenza naturale sia notevole la caduta di tensione, per cui anche ammettendo ad esempio in arrivo una tensione inferiore alla nominale, si abbia in partenza una tensione elevata. Per una linea a tensione

nominale di 380 kV, la tensione che normativamente non si deve superare è di 420 kV
(CEI 28-3 "Coordinamento degli isolamenti)

Linea in cavo

- $U_a = 110 \text{ kV}$
- $P_a = 100 \text{ MW}$
- $\cos \varphi_a = 0,9_R$
- $d = 50 \text{ km}$

Supponiamo di usare il cavo seguente in rame (temperatura 90°C)

ELECTRICAL DATA

132 kV 1 CORE XLPE CABLES

Size	Conductor Resistance Ohm/KM				Short Circuit Capacity of Conductor. kA / Sec.		Capacitance (Approx.)	Inductance	Charging Current - Rated Voltage
	At 20°C		At 90°C						
Sq.mm	Cu.	Al.	Cu.	Al.	Cu.	Al.	uF / km.	mH / km.	Amps/km.
240	0.0754	0.125	0.0973	0.161	34.5	22.7	0.12	0.48	2.87
300	0.0601	0.10	0.0781	0.129	42.9	28.3	0.13	0.46	3.10
400	0.0470	0.0778	0.0619	0.1010	57.2	37.8	0.14	0.45	3.35
500	0.0366	0.0605	0.0493	0.0792	71.5	47.2	0.16	0.43	3.82
630	0.0283	0.0469	0.0395	0.0623	90.1	59.5	0.17	0.41	4.0
1000	0.0176	0.0291	0.0276	0.0410	143	94.5	0.21	0.37	5.0

Riportiamo alcuni risultati relativi a tre ipotesi di sezione

$S \text{ mm}^2$	$U_a \text{ kV}$	$I_a \text{ A}$	$U_p \text{ kV}$	$I_p \text{ A}$	φ	$P_p \text{ MW}$	$Q_p \text{ Mvar}$	$\Delta U \%$	$\Delta P \%$
240	110	583	117	538	2,6	105	31	6,4	4,6
400	110	583	115	533	2,7	103	27	4,7	2,9
630	110	583	114	527	2,7	102	21	3,4	1,8

Bibliografia



ELECTRIC MACHINERY and POWER SISTEM FUNDAMENTALS, Stephen J. Chapman,
Mc Graw Hill, 2002

COMPLEMENTI DI IMPIANTI ELETTRICI- Lorenzo Fellin,
DIADE, Padova 2005

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA VOL II,
N. Faletti - P. Chizzolini,
Patron Editore , Bologna 2005

Lezioni di TRASMISSIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA -Antonio Paolucci,
CLEUP EDITORE, Padova 1998

Estratto da ["http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:linee-di-trasmissione-3"](http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:linee-di-trasmissione-3)