

ESERCIZIO 1 (8 Punti)

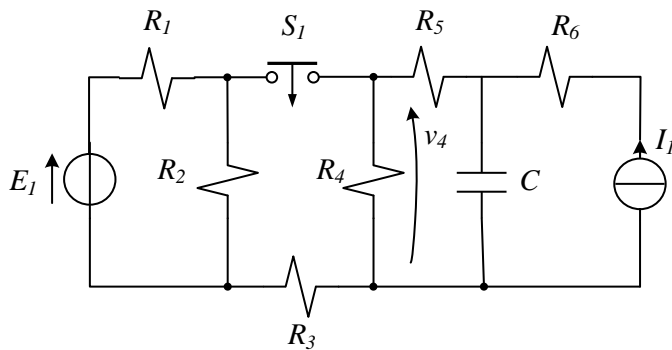
Sia dato un trasformatore monofase con i seguenti dati di targa:

- A_n = potenza apparente nominale = 30 kVA
- V_{1n}/V_{20} = 10000 / 220 V
- $V_{CC\%}$ = tensione di corto circuito percentuale = 5%
- $\cos \varphi_{CC}$ = fattore di potenza di corto circuito = 0.6
- $I_{0\%}$ = corrente a vuoto percentuale = 1%
- $P_{0\%}$ = potenza a vuoto percentuale = 0.9%

Il trasformatore è alimentato a tensione nominale al primario ed assorbe una potenza attiva pari a 15 kW con fattore di potenza pari a $\cos \varphi = 0.8$ (rit.).

Determinare i parametri del circuito equivalente a 4 parametri del trasformatore ed i valori di tensione, corrente e fattore di potenza secondari.

ESERCIZIO 2 (7 Punti)

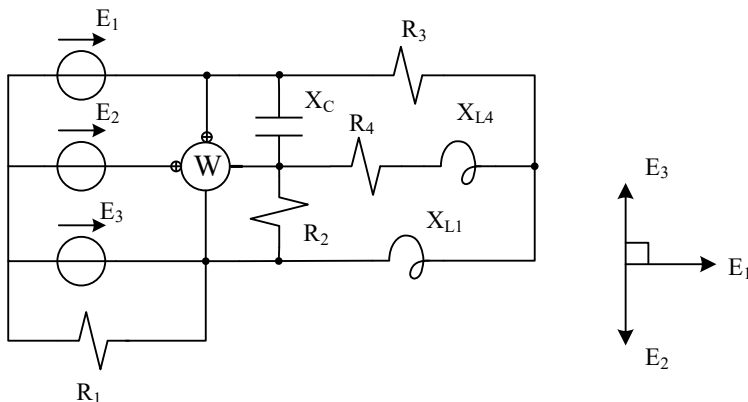


Sia data la rete inizialmente in regime stazionario indicata in Figura. All'istante $t = 0$ si chiude l'interruttore S_1 . Dati:

- $I_1 = 10$ A
- $E_1 = 25$ V
- $R_1 = 10$ Ω
- $C = 100$ μ F
- $R_2 = R_3 = 5$ Ω
- $R_4 = R_5 = 15$ Ω
- $R_6 = 10$ Ω

Si ricavi l'espressione nel tempo della tensione $v_4(t)$ da $-\infty$ a $+\infty$ (inclusa la costante di tempo) e se ne rappresenti l'andamento nel tempo da $-\infty$ a $+\infty$.

ESERCIZIO 3 (7 Punti)



Sia data la rete trifase di Figura alimentata dalla terna di tensioni dissimmetrica di cui è riportato il diagramma fasoriale. Dati:

- $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10$ Ω
- $X_{L1} = 20$ Ω
- $X_{L4} = 15$ Ω
- $X_C = 25$ Ω
- $E_1 = E_2 = E_3 = 300$ V

Si determini l'indicazione del wattmetro W.

DOMANDE DI TEORIA (4 punti + 4 punti)

1. Le leggi di Kirchhoff e il teorema fondamentale dell'elettrotecnica.
2. Potenze in regime alternato sinusoidale. Definizioni e corollario di Boucherot.

Esame Principi di Ingegneria Elettrica 6 Luglio 2016

ESERCIZIO 1

Dati

Dati del trasformatore

```
An=30e3;  
V1n=10000;  
V20=220;  
vcc=5/100;  
cosfic=0.6;  
io=1/100;  
po=0.9/100;
```

Dati del carico

```
P1=15e3;  
V1=V1n;  
cosfil=0.8;  
  
Q1=P1*tan(acos(cosfil))
```

$$Q1 = 1.1250e+04$$

$$Q1 = 11250 \text{ VAR}$$

Soluzioni

Parametri del trasformatore.

Prova a vuoto

$$P_o = p_o * A_n$$

$$P_o = 270.0000$$

$$I_{1n} = A_n / V_{1n}$$

$$I_{1n} = 3$$

$$I_o = i_o * I_{1n}$$

$$I_o = 0.0300$$

$$R_{o1} = V_{1n}^2 / P_o$$

$$R_{o1} = 3.7037e+05$$

$$\cos f_{io} = P_o / (V_{1n} * I_o)$$

$$\cos f_{io} = 0.9000$$

$$X_{o1} = V_{1n}^2 / (P_o * \tan(\arccos(\cos f_{io})))$$

$$X_{o1} = 7.6472e+05$$

$$Q_o = P_o \cdot \tan(\arccos(\cos\phi_o))$$

$$Q_o = 130.7670$$

Prova di corto circuito

$$V_{cc} = V_{cc} \cdot V_{20}$$

$$V_{cc} = 11$$

$$I_{2n} = A_n / V_{20}$$

$$I_{2n} = 136.3636$$

$$P_{cc} = V_{cc} \cdot I_{2n} \cdot \cos\phi_{ic}$$

$$P_{cc} = 900$$

$$R_{cc2} = P_{cc} / (I_{2n}^2)$$

$$R_{cc2} = 0.0484$$

$$X_{cc} = P_{cc} \cdot \tan(\arccos(\cos\phi_{ic})) / (I_{2n}^2)$$

$$X_{cc} = 0.0645$$

Calcolo della tensione, corrente e fattore di potenza secondari. Si procede dal primario con Boucherot

$$P_a = P_1 - P_o$$

$$P_a = 14730$$

$$Q_a = Q_1 - Q_o$$

$$Q_a = 1.1119e+04$$

$$V_a = V_{1n}$$

$$V_a = 10000$$

$$V_{as} = V_{20}$$

$$V_{as} = 220$$

$$I_{2s} = \sqrt{(P_a^2 + Q_a^2)} / V_{20}$$

$$I_{2s} = 83.8892$$

$$P_b = P_a - R_{cc2} \cdot I_{2s}^2$$

$$P_b = 1.4389e+04$$

$$Q_b = Q_a - X_{cc} \cdot I_{2s}^2$$

$$Q_b = 1.0665e+04$$

$$I_b = I_{2s}$$

$$I_b = 83.8892$$

$$V_b = \sqrt{P_b^2 + Q_b^2} / I_b$$

$$V_b = 213.5060$$

$$\cos\phi_i = P_b / \sqrt{P_b^2 + Q_b^2}$$

$$\cos\phi_i = 0.8034$$

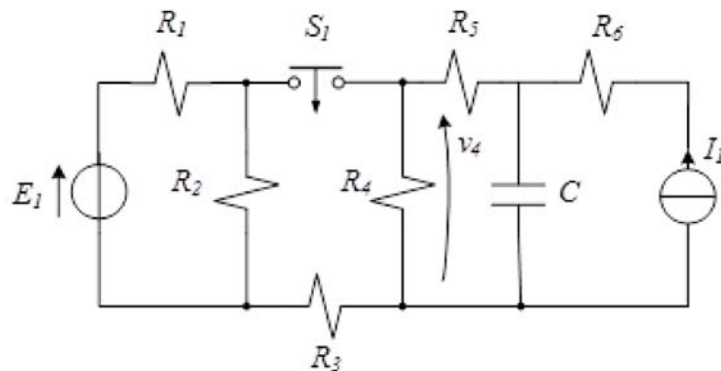
Risultati

$$I_b = 83.8892 \text{ [A]}$$

$$V_b = 213.5060 \text{ [V]}$$

$$\cos\phi_i = 0.8034$$

ESERCIZIO 2



Dati

$$I_1 = 10;$$

$$R_1 = 10;$$

$$R_2 = 5;$$

$$R_3 = 5;$$

$$R_4 = 15;$$

$$R_5 = 15;$$

$$R_6 = 10;$$

$$E_1 = 25;$$

$$C = 100e-6;$$

Calcolo grandezze a $t = 0^-$

A $t = 0^-$ è necessario calcolare v_4 e la tensione sul condensatore

$$v_{C_zm} = (R_4 + R_5) * I_1$$

$$v_{C_zm} = 300$$

$$v_{4_zm} = R_4 * I_1$$

$$v_{4_zm} = 150$$

Calcolo grandezze a $t = 0+$

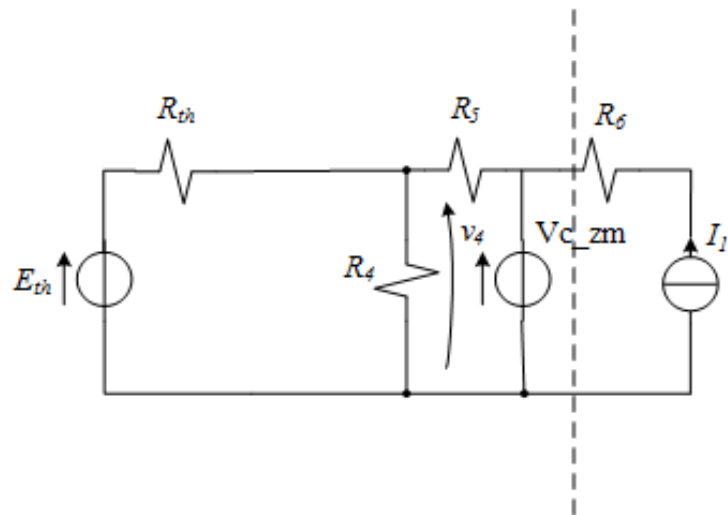
Per il calcolo delle grandezze a $t = 0+$ conviene semplificare la rete a sinistra ai morsetti di R_4 con Thevenin

$$V_{th} = E_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$V_{th} = 8.3333$$

$$R_{th} = R_3 + (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$$

$$R_{th} = 8.3333$$



Il generatore di tensione inserito al posto del condensatore disaccoppia le due parti quindi è possibile fare Millman ai capi di R_4

$$V_{mil} = (V_{th} / R_{th} + v_{c_zm} / R_5) / (1 / R_5 + 1 / R_{th} + 1 / R_4)$$

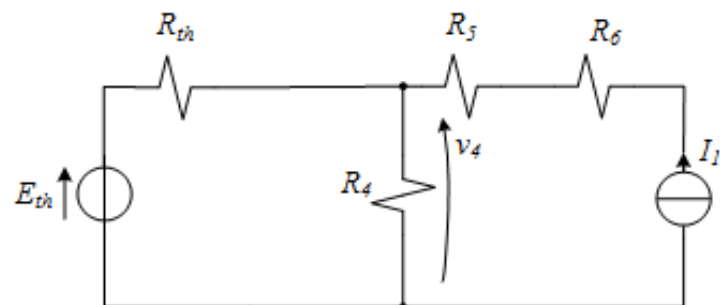
$$V_{mil} = 82.8947$$

$$v_{4_zp} = V_{mil}$$

$$v_{4_zp} = 82.8947$$

Calcolo grandezze a $t = \infty$

All'infinito il condensatore è un circuito aperto.

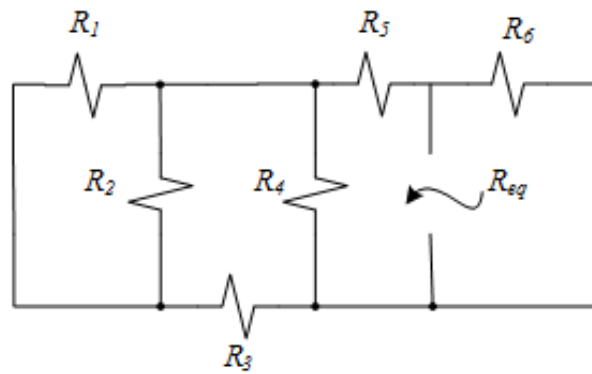


Si può ancora utilizzare Millman ai capi di R_4

$$v_{4inf} = (V_{th} / R_{th} + I_1) / (1 / R_{th} + 1 / R_4)$$

$$v_{4inf} = 58.9286$$

Costante di tempo



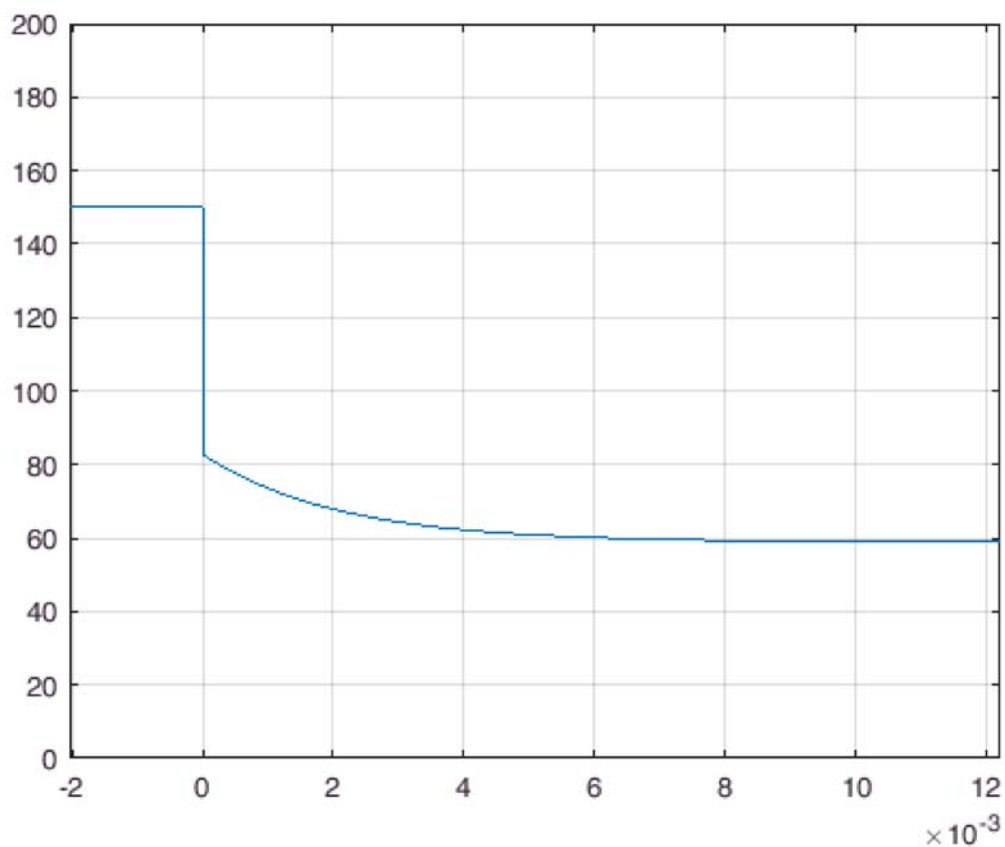
$$R_{eq} = R_4 \cdot R_{th} / (R_4 + R_{th}) + R_5$$

$$R_{eq} = 20.3571$$

$$\tau = R_{eq} \cdot C$$

$$\tau = 0.0020$$

```
t0 = 0:tau/100:6*tau;  
t1 = -tau:tau/100:0;  
v4_mt = v4_zm*ones(1,length(t1));  
v4_t = (v4_zp-v4_inf)*exp(-t0/tau)+v4_inf;  
v4 = [v4_mt v4_t];  
t = [t1 t0];  
plot(t,v4)  
grid on  
ylim([0, 200]);  
xlim([-tau, 6*tau]);
```



Risultati

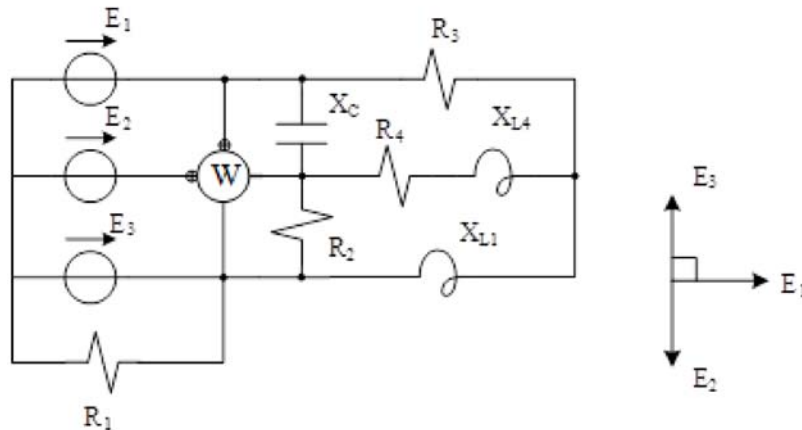
$$v4_zm = 150 \text{ [V]}$$

$$v4_zp = 82.8947 \text{ [V]}$$

$$v4_inf = 58.9286 \text{ [V]}$$

$$\tau = 0.0020 \text{ [s]}$$

ESERCIZIO 3



Dati

R=10;
X1=20;
X4=15;
Xc=25;
E=300;

E1=E

$$E1 = 300$$

E2=-j*E

$$E2 = 0.0000e+00 - 3.0000e+02i$$

E3=j*E

$$E3 = 0.0000e+00 + 3.0000e+02i$$

I carichi Xc e R2 sono trasversali e R1 è in parallelo a E3. Si può quindi fare Millman per trovare la tensione tra i due centri stella.

$$Vmil=(E1/R+E2/(R+j*X4)+E3/(j*X1))/(1/R+1/(R+j*X4)+1/(j*X1))$$

$$Vmil = 1.8832e+02 + 6.7883e+01i$$

La corrente circolante nel wattmetro è calcolata con la legge al nodo come somma corrente circolante in R4-Xa (verso destra) , meno la corrente circolante nel condensatore (verso il basso), meno la corrente in R2 (verso l'alto)

$$I_c = (E_1 - E_2) / (-j * X_c)$$

$$I_c = -12.0000 + 12.0000i$$

$$I_{r2} = (E_3 - E_2) / R$$

$$I_{r2} = 0.0000 + 60.0000i$$

$$I_{22} = (E_2 - V_{mil}) / (R + j * X_4)$$

$$I_{22} = -22.7737 - 2.6277i$$

$$I_2 = I_{22} - I_c - I_{r2}$$

$$I_2 = -10.7737 - 74.6277i$$

La tensione è E1 - E3

$$V_w = (E_1 - E_3)$$

$$V_w = 3.0000e+02 - 3.0000e+02i$$

$$P = \text{real}(V_w * \text{conj}(I_2))$$

$$P = 1.9156e+04$$

Risultati

$$P = 19156 \text{ W}$$