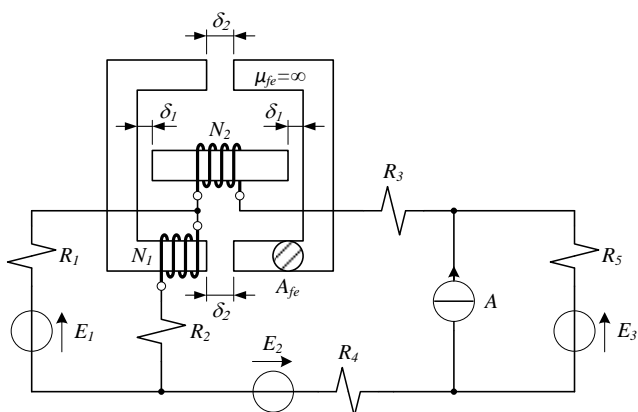


**ESERCIZIO 1 (8 Punti)**



Sia data la rete indicata rete con ingressi stazionari indicata in Figura. Dati:

- |                           |                     |                            |
|---------------------------|---------------------|----------------------------|
| $E_1 = 30 \text{ V}$      | $R_1 = 4 \ \Omega$  | $R_4 = 10 \ \Omega$        |
| $E_2 = 60 \text{ V}$      | $R_2 = 8 \ \Omega$  | $R_5 = 5 \ \Omega$         |
| $E_3 = 20 \text{ V}$      | $R_3 = 12 \ \Omega$ |                            |
| $A = 4 \text{ A}$         |                     |                            |
| $\delta_1 = 2 \text{ mm}$ | $N_1 = 300$         | $A_{fe} = 50 \text{ cm}^2$ |
| $\delta_2 = 4 \text{ mm}$ | $N_2 = 100$         |                            |

Determinare:

- I coefficienti di auto e mutua induttanza, ed i morsetti contrassegnati.
- L'energia magnetica accumulata nel mutuo induttore.
- La forza totale agente sulla parte centrale del nucleo (avvolgimento 2), giustificando il risultato ottenuto.

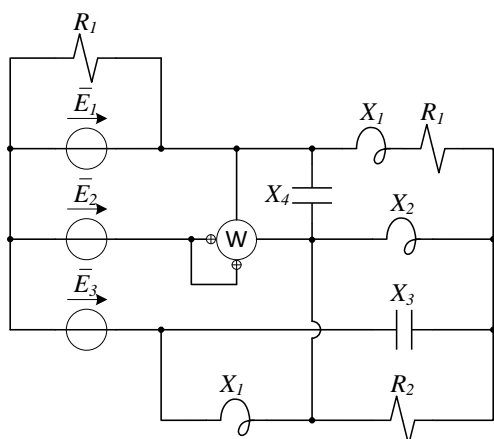
**ESERCIZIO 2 (7 Punti)**

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

- |                            |                            |                  |                 |
|----------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|
| Potenza apparente nominale | $A_n = 250 \text{ kVA}$    |                  |                 |
| Tensione nominale avv. 1   | $V_{1n} = 15000 \text{ V}$ |                  |                 |
| Tensione nominale avv. 2   | $V_{2n} = 380 \text{ V}$   |                  |                 |
| Tensione di corto circuito | $V_{cc\%} = 4\%$           | Corrente a vuoto | $I_0\% = 0.8\%$ |
| Potenza di corto circuito  | $P_{cc\%} = 3.5\%$         | Potenza a vuoto  | $P_0\% = 0.5\%$ |

Il trasformatore è alimentato alla tensione primaria nominale e assorbe 200 kW con un  $\cos\phi = 0,85$  dalla rete a cui è collegato. Al secondario del trasformatore è connesso un carico elettrico monofase. Si determinino i parametri del circuito equivalente del trasformatore e le condizioni di alimentazione del carico connesso al secondario, in termini di tensione, corrente e  $\cos\phi$ .

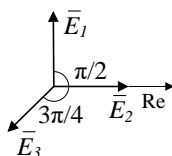
**ESERCIZIO 3 (7 Punti)**



Sia data la rete trifase di Figura.

Dati:

- $E_1 = E_2 = E_3 = 200 \text{ V}$  (sfasamenti indicati in figura)
- $X_1 = 10 \ \Omega$   
 $X_2 = 20 \ \Omega$   
 $X_3 = X_4 = 15 \ \Omega$   
 $R_2 = 15 \ \Omega$   
 $R_1 = 10 \ \Omega$



Si determini l'indicazione del wattmetro W.

**Domande di teoria**

1. I teoremi di Thevenin e Norton: enunciato e dimostrazione.
2. Potenza attiva, reattiva e apparente in regime alternato sinusoidale. Definizioni, proprietà, significato fisico e legami.

**SOLUZIONI****ESERCIZIO 1**

```
%% Calcolo delle auto e mutue induttanze
```

$$R_{\delta 1} = 1/\mu_0 \cdot \delta_1 / A_{fe} = 3.1831 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{\delta 2} = 1/\mu_0 \cdot \delta_2 / A_{fe} = 6.3662 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{eq11} = R_{\delta 2} + ((2 \cdot R_{\delta 1}) \cdot R_{\delta 2}) / ((2 \cdot R_{\delta 1}) + R_{\delta 2}) = 9.5493 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$R_{eq22} = 2 \cdot R_{\delta 1} + R_{\delta 2} / 2 = 9.5493 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$L_{11} = N_1^2 / R_{eq11} = 94.2478 \text{ mH}$$

$$L_{22} = N_2^2 / R_{eq22} = 10.4720 \text{ mH}$$

$$L_M = N_1 \cdot N_2 / R_{eq11} \cdot R_{\delta 2} / ((2 \cdot R_{\delta 1}) + R_{\delta 2}) = 15.7080 \text{ mH}$$

```
% Alternativamente, riconoscendo che il circuito magnetico è assimilabile
```

```
% ad un nucleo ad M con 3 traferri uguali di spessore delta2
```

$$R_{\delta} = 1/\mu_0 \cdot \delta_2 / A_{fe} = 6.3662 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$L_{11} = N_1^2 \cdot (2 / 3) / R_{\delta} = 94.2478 \text{ mH}$$

$$L_{22} = N_2^2 \cdot (2 / 3) / R_{\delta} = 10.4720 \text{ mH}$$

$$L_M = N_1 \cdot N_2 \cdot (1 / 3) / R_{\delta} = 15.7080 \text{ mH}$$

```
%% Risoluzione della rete
```

```
% Equivalente di Thevenin della parte a di destra
```

$$R_{TH} = R_3 + R_4 + R_5 = 27 \text{ } \Omega$$

$$E_{TH} = E_2 + E_3 + R_5 \cdot A = 100 \text{ V}$$

```
% Calcolo delle correnti negli avvolgimenti
```

$$V_{AB} = (E_1/R_1 + E_{TH}/R_{TH}) / (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_{TH}) = 27.1910 \text{ V}$$

$$I_1 = V_{AB} / R_2 = 3.3989 \text{ A}$$

$$I_2 = (V_{AB} - E_{TH}) / R_{TH} = -2.6966 \text{ A}$$

```
%% Calcolo dell'energia immagazzinata
```

$$W_{\mu} = 1/2 \cdot L_{11} \cdot I_1^2 + 1/2 \cdot L_{22} \cdot I_2^2 + L_M \cdot I_1 \cdot I_2 = 0.4385 \text{ J}$$

## Esercizio 1

```
clear all
clc
```

### Dati

```
E1=30;
E2=60;
E3=20;
A=4;

R1=4;
R2=8;
R3=12;
R4=10;
R5=5;
d1=2e-3;
d2=4e-3;
N1=300;
N2=100;
Afe=50e-4;

muo=4*pi*1e-7;
```

### Soluzione

Calcolo delle riluttanze equivalenti, delle auto induttanze e della mutua induttanza

```
teta1= d1/(muo*Afe)
teta2= d2/(muo*Afe)

tetaeq1=teta2*(2*teta1)/(teta2+2*teta1)+teta2
tetaeq2=teta2/2+2*teta1

L1=N1^2/tetaeq1
L2=N2^2/tetaeq2
```

teta1 =

3.1831e+05

teta2 =

6.3662e+05

tetaeq1 =

9.5493e+05

tetaeq2 =

9.5493e+05

L1 =

0.0942

L2 =

0.0105

Per il calcolo della mutua usando la definizione  $L_m = \psi_2/i_1 \mid i_1=0$

$L_m = (N_1 \cdot N_2 / (\text{tetaeq1})) \cdot \text{teta2} / (\text{teta2} + 2 \cdot \text{teta1})$

Lm =

0.0157

Calcolo correnti Equivalente di thevenin della parte di destra del circuito

$V_{th} = E_3 + R_5 \cdot A$   
 $R_{th} = R_3 + R_4 + R_5$

$V_{mill} = (E_1 / R_1 + (V_{th} + E_2) / R_{th}) / (1 / R_1 + 1 / R_{th} + 1 / R_2)$

$I_a = V_{mill} / R_2$   
 $I_b = (V_{mill} - V_{th} - E_2) / R_{th}$

Vth =

40

Rth =

27

Vmill =

27.1910

Ia =

3.3989

$I_b =$

-2.6966

Calcolo dell'energia. Con la scelta delle correnti precedenti il segno è positivo.

$$W = \frac{1}{2} * L_1 * I_a^2 + \frac{1}{2} * L_2 * I_b^2 + L_{12} * I_a * I_b$$

$W =$

0.4385

## Esercizio 2

```
clear all
clc
```

### Dati

```
An=250e3;
V1n=15e3;
V2n=380;
vcc=4/100;
pcc=3.5/100;
io=0.8/100;
po=0.5/100;
V1=V1n;
P1=200e3;
cosfi1=0.85;
```

### Calcolo dei parametri del trasformatore

```
I1n=An/V1n
I2n=An/V2n
Vc2=vcc*V2n
Pcc=pcc*An
Io1=io*I1n
Po=po*An
Ro1=V1n^2/Po
cosfio=Po/(V1n*Io1)
Qo=Po*tan(acos(cosfio))
Xo1=V1n^2/(Po*tan(acos(cosfio)))
Rcc2=Pcc/(I2n^2)
cosfic=Pcc/(Vc2*I2n)
Xcc2=Pcc*tan(acos(cosfic))/(I2n^2)
```

I1n =  
16.6667

I2n =  
657.8947

Vc2 =  
15.2000

Pcc =  
8750

$I_{o1} =$

0.1333

$P_o =$

1250

$R_{o1} =$

180000

$\cos\phi_{io} =$

0.6250

$Q_o =$

$1.5612e+03$

$X_{o1} =$

$1.4412e+05$

$R_{cc2} =$

0.0202

$\cos\phi_{ic} =$

0.8750

$X_{cc2} =$

0.0112

### Applicazione del teorema di Boucherot: Sezione 1

```
I1=P1/(V1*cosfi1)
Q1=P1*tan(acos(cosfi1))
A1=sqrt(P1^2+Q1^2)
```

$I_1 =$

15.6863

$Q_1 =$

1.2395e+05

A1 =

2.3529e+05

## sezione 2

```
P2=P1-Po  
Q2=Q1-Qo  
V2=V2n  
I2=sqrt (P2^2+Q2^2) /V2n
```

P2 =

198750

Q2 =

1.2239e+05

V2 =

380

I2 =

614.2372

## Sezione L lato carico

```
P1=P2-Rcc2*I2^2  
Q1=Q2-Xcc2*I2^2  
I1=I2  
V1=sqrt (P1^2+Q1^2) / (I1)  
cosfil=P1/ (V1*I1)
```

P1 =

1.9112e+05

Q1 =

1.1817e+05



l1 =

614.2372

v1 =

365.8247

cosfil =

0.8506

## Esercizio 3

```
clear all
clc
```

### Dati

```
E2=200;
E1=j*200;
E3=E2*exp(-j*3*pi/4);

X1=10;
X2=20;
X3=15;
X4=15;
R1=10;
R2=15;
```

### Svolgimento

```
Vw=E2-E1
Ic=(E2-E1)/(-j*X4)
IL=(E2-E3)/(j*X1)
```

Vw =

2.0000e+02 - 2.0000e+02i

Ic =

13.3333 +13.3333i

IL =

14.1421 -34.1421i

### calcolo delle impedenze longitudinali

```
Z1=R1+j*X1
Z2=j*X2*R2/(R2+j*X2)
Z3=-j*X3
```

Z1 =

10.0000 +10.0000i

Z2 =

9.6000 + 7.2000i

Z3 =

0.0000 -15.0000i

### calcolo della tensione tra i due centri stella

```
Voo=(E1/Z1+E2/Z2+E3/Z3)/(1/Z1+1/Z2+1/Z3)
Iz2=(E2-Voo)/Z2
Iw=Ic+IL+Iz2
P=real(Vw*conj(Iw))
```

Voo =

2.8097e+02 - 5.3636e-01i

Iz2 =

-5.3709 + 4.0840i

Iw =

22.1046 -16.7248i

P =

7.7659e+03