

Compito di Applicazioni Industriali Elettriche

24 giugno 2021

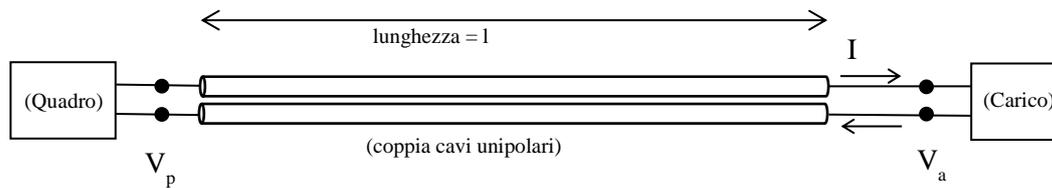
Traccia soluzione

ESERCIZIO 1 (max punti 12) – Un quadro elettrico alimenta il carico monofase di figura attraverso una coppia di cavi unipolari di lunghezza $l = 50\text{m}$. I conduttori del cavo sono in rame con sezione di $S=6\text{ mm}^2$ e ciascuno di essi presenta una induttanza per unità di lunghezza pari a $L_x=0.6\text{ }\mu\text{H/m}$. La frequenza è $f= 50\text{ Hz}$. Per il carico ci sono 4 casi:

- A) – resistenza $R= 5.75\text{ }\Omega$;
- B) – reattanza induttiva $X_L= 5.75\text{ }\Omega$;
- C) – reattanza capacitiva $X_C= 5.75\text{ }\Omega$;
- D) – entrambe le reattanze X_L e X_C in parallelo (R non coinvolta).

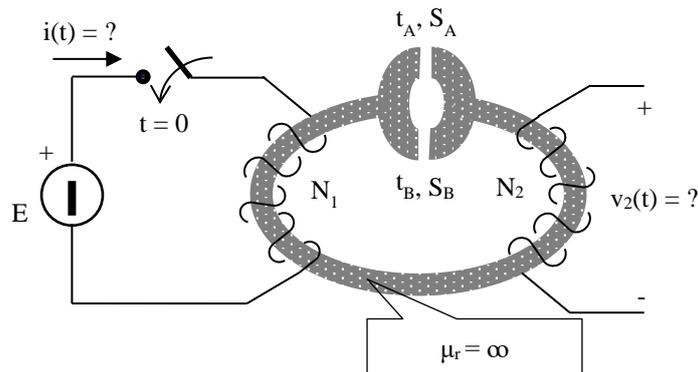
Assumendo che la tensione in arrivo sul carico abbia il valore efficace $V_a = 230\text{ V}$, determinare per i quattro casi:

- a. la corrente efficace I che percorre ciascuno dei conduttori del cavo
- b. il valore efficace della tensione V_p in partenza al cavo (ai morsetti del quadro)
- c. la potenza attiva P_p alla partenza del cavo (ai morsetti del quadro)



A	B	C	D
$I=V_a/R$ $P=I^2R= V^2/R=VI$ $\cos\phi=1$ $\sin\phi=0$	$I=V_a/X_L$ $P=0$ $\cos\phi=0$ $\sin\phi=1$ <i>NB=il valore efficace della corrente nei casi A,B,C è sempre lo stesso; cambia lo sfasamento tensione-corrente (Modulo 15, pag.8)</i>	$I=V_a/X_C$ $P=0$ $\cos\phi=0$ $\sin\phi= - 1$	$I=0$ <i>Il parallelo di una X_L con una X_C di uguali valori forma un circuito risonante parallelo con impedenza equivalente infinita (Modulo 15, pag. 12) e quindi corrente nulla per ogni tensione.</i> $P=0$
$R_l=\rho l/S$ $X_l=(2\pi f)L_x l$ <i>(Modulo 18)</i>	idem	idem	Idem
$V_p=V_a+\Delta V$ <i>(Modulo 18)</i>	idem	idem	idem
$\Delta V=2I(R_l\cos\phi+ X_l\sin\phi)$ $\Delta V=2I(R_l+ 0)$ <i>(Modulo 18, formula di Kapp)</i>	idem $\Delta V=2I(0+ X_l)$	Idem $\Delta V=2I(0+ X_l*(-1))$ <i>In questo caso $\Delta V<0$ e quindi $V_p<V_a$ (Modulo 18, pag. 4)</i>	idem $\Delta V=0$ <i>(perché $I=0$)</i>
<i>NB: le cadute di tensione ΔV nei tre casi A,B,C sono diverse anche se nella linea c'è la stessa corrente efficace, a causa del diverso fattore di potenza $\cos\phi$ del carico!</i>			
$P_l=2 R_l I^2$	idem <i>(stesso valore perché stessa I)</i>	idem <i>(stesso valore perché stessa I)</i>	$P_l=0$ <i>(perché $I=0$)</i>
$P_p = P + P_l$	$P_p = P_l$	$P_p = P_l$	$P_p = 0$
<i>Si poteva risolvere anche (condizioni limite per caso D) con il bilancio delle potenze calcolando, oltre a P_p anche</i> $Q_p = Q + Q_l = VI\sin\phi + 2X_l I^2$			
<i>Quindi</i> $S_p = \sqrt{(P_p)^2 + (Q_p)^2} = V_p I$			
<i>da cui V_p.</i>			

ESERCIZIO 2 (max punti 12) – Sul circuito magnetico di figura, realizzato con materiale ferromagnetico di permeabilità relativa $\mu_r = \infty$, sono disposti due avvolgimenti identici aventi $N_1 = N_2 = 100$ spire e resistenze elettriche proprie $R_1 = R_2 = 1 \Omega$. I suoi due traferri hanno spessori $t_A = t_B = 1 \text{ mm}$ e sezioni $S_A = S_B = 2 \text{ cm}^2$. Il generatore di tensione ideale ha fem $E = 10 \text{ V}$. L'interruttore si chiude in $t = 0$.



Assumendo il campo magnetico perfettamente canalizzato nel circuito magnetico (compresi i traferri) e solo lì presente, determinare l'andamento $i(t)$ della corrente per $t > 0$ (dopo la chiusura dell'interruttore) e l'andamento $v_2(t)$ sempre per $t > 0$.

Il sistema è un mutuo induttore. Nell'avvolgimento 1 circola la corrente $i_1(t) = i(t)$; nell'avvolgimento 2 circola la corrente $i_2(t) = 0$ perché il circuito è aperto. Le equazioni del mutuo induttore sono (Modulo 12):

$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} \quad \text{equazioni del mutuo induttore}$$

$$v_2 = M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt} \quad \text{convenzione di segno degli utilizzatori}$$

che diventano in questo caso, con $i_1(t) = i(t)$, $i_2(t) = 0$:

$$v_1 = L_1 \frac{di}{dt}$$

$$v_2 = M \frac{di}{dt}$$

Il bilancio delle tensioni nel circuito 1 è allora, tenendo conto della sua resistenza R_1 (R_2 non gioca alcun ruolo):

$$E = R_1 i + L_1 \frac{di}{dt}$$

che è l'equazione di carica di un induttore (L_1) attraverso una fem costante (E) e una resistenza costante (R_1) (Modulo 11, Problema 11.1).

Il valore di L_1 si può calcolare con la (Modulo 13, Problema 13.1, pag. 5):

$$L_1 = \frac{N_1^2}{\mathcal{R}} \quad \text{induttanza di } N \text{ spire avvolte su circuito magnetico di riluttanza } \mathcal{R}$$

La riluttanza è quella del traferro $\mathcal{R}_t = \frac{l_t}{\mu_0 S}$ che ha lunghezza (spessore) $l_t = t_A = t_B = 1 \text{ mm}$ e sezione $S = S_A + S_B = 4 \text{ cm}^2$.

La corrente $i(t)$ è allora

$$i(t) = I (1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{corrente di carica di un } L \text{ attraverso } E - R \text{ costanti (Modulo 11)}$$

con $I = E/R_1$ e $\tau = L_1/R_1$.

Essendo le linee del campo magnetico perfettamente canalizzate nel circuito magnetico, esse tutte concatenano sia le spire N_1 che le spire N_2 . I flussi concatenati dalle spire N_1 e dalle spire N_2 per una data corrente i_1 sono pertanto identici e quindi $L_1 = M$ (è quello che risulterebbe applicando uno dei procedimenti esposti nel Modulo 12 per il calcolo della M).

Dalla

$$v_2 = M \frac{di}{dt}$$

sopra scritta si calcola infine $v_2(t)$.

ESERCIZIO 3 (max punti 6) – Si è svolta una misura volt-amperometrica in corrente continua su una resistenza incognita misurando le seguenti coppie di dati. Individuare e scartare la coppia di dati palesemente sbagliata (errore di trascrizione in laboratorio) e con le altre trovare il plausibile valore della resistenza misurata.

V (V)	1	2	4	8	12	16	20	24
I (A)	0.28	0.57	2.14	2.28	3.43	4.55	5.71	6.85

Il valore di una resistenza è $R=V/I$. Per le varie misure si ha allora

V (V)	1	2	4	8	12	16	20	24
I (A)	0.28	0.57	2.14	2.28	3.43	4.55	5.71	6.85
R (Ω)	3.57	3.51	1.87	3.51	3.50	3.52	3.50	3.50

Si riconosce che la coppia di valori errati è quella con 4 V (forse la corrente era 1.14 A e non 2.14 A). Come valore plausibile della R si può prendere il valore medio delle altre misure (3.52 Ω) o il più frequente, o il valore della pendenza della retta $V=RI$ che passa per l'origine e che meglio interpola i punti di misura (escluso quello errato).