



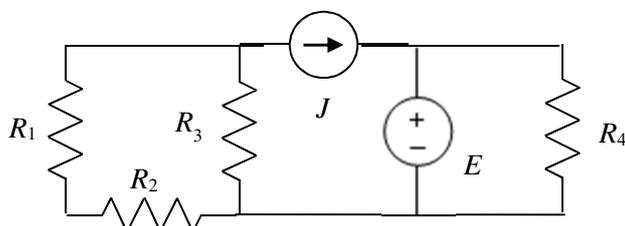
Elettromagnetismo Ambientale

I Prova di esonero – Traccia I

ESERCIZIO I

Con riferimento al seguente circuito, operante in regime stazionario, calcolare:

- 1.1 la resistenza equivalente della rete vista da E quando $J = 0$;
- 1.2 la resistenza equivalente della rete vista da J quando $E = 0$;
- 1.3 la potenza elettrica erogata dai due generatori.



$$E = 100 \text{ V}, J = 15 \text{ A}$$

$$R_1 = 5 \Omega, R_2 = 7 \Omega,$$

$$R_3 = 3.5 \Omega, R_4 = 5 \Omega.$$

Risultati

$R_{eq,E} = 5 \Omega$

$R_{eq,J} = 2.71 \Omega$

$P_E = 0.50 \text{ kW}, P_J = 2.11 \text{ kW}$

ESERCIZIO II

Si consideri un impianto di terra costituito da 15 dispersori sferici disposti in parallelo, ciascuno dei quali ha un raggio $a = 40 \text{ cm}$ ed una resistenza data da $R = \eta_T / (4\pi a)$, dove η_T è la resistività del terreno nel quale il dispersore è conficcato, che può avere le seguenti tipologie:

Tipo di terreno	Argilla	Calcestruzzo	Sabbia secca
Resistività η_T [$\text{k}\Omega\text{m}$]	0.15	2.5	3

Il parallelo dei dispersori è posto in serie ad un conduttore di protezione, per il quale è possibile utilizzare uno qualsiasi dei seguenti conduttori:

Tipo di conduttore	rame	alluminio
Resistività [$\mu\Omega\text{m}$]	0.017	0.026

- 1.1 Indicare quale combinazione terreno/conduttore fornisce il caso peggiore per la resistenza di terra R_T
- 1.2 Con riferimento alla combinazione individuata al punto precedente, calcolare la massima lunghezza del cavo (assumendo una sezione $S = 5 \text{ mm}^2$) tale che la sua resistenza sia al più 1/100 di quella dei dispersori.
- 1.3 Con riferimento alla soluzione del punto 1.2, calcolare la resistenza di terra e scegliere tra i seguenti valori di sensibilità dell'interruttore differenziale quello che garantisce una tensione di contatto massima di 25 V, $I_{\Delta n} = [10 \ 5 \ 1 \ 0.5 \ 0.3 \ 0.1 \ 0.03 \ 0.01] \text{ A}$

Risultati

Sabbia secca/alluminio

$l_{cavo} \leq 1.14 \text{ km}$

$I_{\Delta n} \leq 0.041 \Rightarrow I_{\Delta n} \leq 0.03$



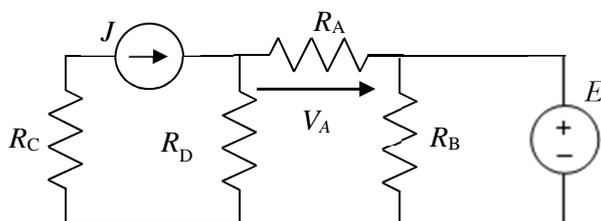
Elettromagnetismo Ambientale

I Prova di esonerazione – Traccia II

ESERCIZIO I

Con riferimento al seguente circuito, operante in regime sinusoidale, calcolare:

- 1.1 il circuito equivalente di Thevenin ai capi del resistore R_A ;
- 1.2 la tensione V_A ai capi del resistore e la potenza da esso assorbita.



$$E = 10 \text{ V}, J = 20 \text{ mA}$$
$$R_A = 1.5 \text{ k}\Omega, R_B = 1.8 \text{ k}\Omega,$$
$$R_C = 1.2 \text{ k}\Omega, R_D = 2.2 \text{ k}\Omega.$$

Risultati

$$R_{eq} = 2.2 \text{ k}\Omega \quad E_o = -34.00 \text{ V}$$

$$V_A = -13.78 \text{ V} \quad P_{R_A} = 0.13 \text{ W}$$

ESERCIZIO II

Si consideri un impianto di terra costituito da N dispersori sferici disposti in parallelo, in serie ad un conduttore di protezione lungo 50 m. Per quest'ultimo la norma prevede l'utilizzo di rame di sezione 25 mm^2 e resistività $\eta = 0.017 \text{ }\mu\Omega/\text{m}$.

- 1.1 Considerando una tensione di contatto massima di 25 V, e scegliendo un interruttore differenziale di sensibilità $I_{\Delta n} = 0.5 \text{ A}$, valutare il valore massimo della resistenza che deve offrire l'impianto di terra.
- 1.2 Considerando un impianto formato da $N = 10$ dispersori, assumendo che la resistenza del singolo dispersore sferico sia data da $R = \eta_T / (4\pi a)$, e considerando le seguenti tipologie di terreno:

terreno	Sabbia umida	Argilla
Resistività η_T [k Ω /m]	0.2	0.15

ricavare il valore minimo del raggio a del singolo dispersore che soddisfa le specifiche, qualunque sia il terreno.

Risultati

$$R_{T, \max} = 50 \text{ }\Omega$$

$$a_{\min} = 31.85 \text{ mm}$$



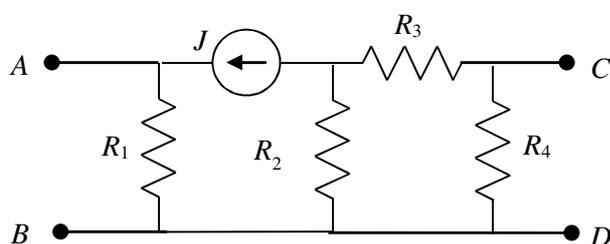
Elettromagnetismo Ambientale

I Prova di esonero

ESERCIZIO I

Con riferimento al seguente circuito, operante in regime sinusoidale, calcolare:

- 1.1 il circuito equivalente di Norton ai capi dei morsetti A-B;
- 1.2 il circuito equivalente di Norton ai capi dei morsetti C-D.



$$J = 20 \mu\text{A}$$
$$R_1 = 2.5 \text{ k}\Omega, R_2 = 2.8 \text{ k}\Omega,$$
$$R_3 = 1.5 \text{ k}\Omega, R_4 = 2.2 \text{ k}\Omega$$

Risultati

$$R_{eq_AB} = 2.5 \text{ k}\Omega, I_{cc_AB} = 20 \mu\text{A}$$

$$R_{eq_CD} = 1.45 \text{ k}\Omega, I_{cc_CD} = -13.02 \mu\text{A}$$

ESERCIZIO II

Si consideri un impianto di terra costituito da 6 dispersori a picchetto disposti in parallelo, ciascuno dei quali ha una lunghezza $l = 80$ cm, in serie ad un conduttore di protezione lungo 200 m. Per quest'ultimo la norma prevede l'utilizzo di:

conduttore	sezione [mm^2]	Resistività [$\mu\Omega\text{m}$]
rame	25	0.017
ferro	50	0.1

- 1.1 Esprimendo la resistenza del singolo dispersore come $R = \eta_T/l$, dove η_T è la resistività del terreno, valutare la massima resistenza di terra R_T offerta dall'intero impianto, considerando le seguenti tipologie di terreno:

Tipo di terreno	Sabbia umida	Sabbia secca
Resistività η_T [$\text{k}\Omega\text{m}$]	0.2	3

- 1.2 Per ciascuno dei due possibili terreni del punto precedente, scegliere tra i seguenti valori di sensibilità dell'interruttore differenziale quelli che garantiscono una tensione di contatto massima di 25 V, come richiesto dalle norme di sicurezza in condizioni speciali. $I_{\Delta n} = [1 \ 0.7 \ 0.5 \ 0.3 \ 0.1 \ 0.03 \ 0.01]$ A

Risultati

$$R_{T,\max} = 31.65 \ \Omega \text{ (sabbia umida); } R_{T,\max} = 42.07 \ \Omega \text{ (sabbia secca)}$$

$$I_{\Delta n} = [0.5 \ 0.7]$$