

La messa a terra di un condensatore carico

(carlo cosmelli 21.11.2010)

In tutti i testi di elettrostatica, quando si arriva a discutere il condensatore, si parla dell'operazione di "messa a terra" del condensatore, collegando una delle armature, in genere quella esterna, alla "Terra".

Questa operazione ha lo scopo di scaricare su di un grosso condensatore, la Terra, il cui potenziale è preso convenzionalmente uguale a zero, le cariche presenti sulla superficie del condensatore.

Tuttavia l'operazione non è ovvia, specie per alcuni studenti che vogliono farsi i conti. La tipica obiezione è questa: la Terra è una sfera conduttrice di cui si può facilmente calcolare la capacità. In rete si trova che il valore della capacità della Terra è di poco inferiore ad 1 mF: $C_T \sim 700 \mu\text{F}$. Ma un qualunque condensatore può avere facilmente valori pari o addirittura maggiori della capacità della Terra, quindi non è chiaro perché si dovrebbe scaricare verso una capacità che non è in fondo tanto maggiore.

Il punto chiave è che nel calcolo del fenomeno di scarica a Terra del condensatore, la superficie che si scarica è quella esterna, non una delle due affacciate che costituiscono le armature del condensatore e la cui superficie viene utilizzata per calcolarne la capacità. E' di questa superficie esterna che va calcolata la capacità per confrontarla con quella della Terra, e la capacità di questa superficie ha un valore che in genere è molti ordini di grandezza inferiore a quella del condensatore di cui è la parte esterna.

Se consideriamo come esempio un condensatore sferico, diventa tutto evidente.

Un condensatore sferico è costituito da una sfera conduttrice di raggio R_1 posta internamente ad un guscio conduttore sferico cavo di raggi interno ed esterno rispettivamente R_2 e R_3 .

Il condensatore sferico ha una capacità $C_{1,2} = 4\pi\epsilon_0 (R_1 R_2) / (R_2 - R_1)$, che può essere anche molto grande, ma la superficie che viene messa in contatto con la Terra è quella esterna che ha una capacità $C_3 = 4\pi\epsilon_0 R_3$, e che ovviamente non ha nulla a che vedere con $C_{1,2}$.

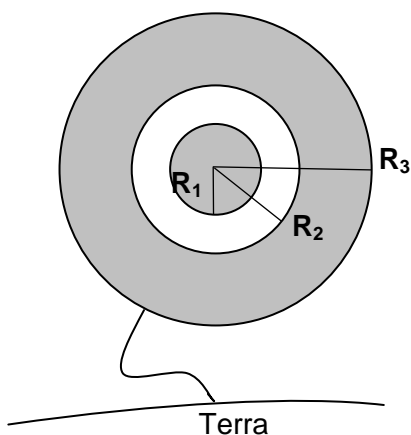
Il paragone va quindi fatto fra la capacità della superficie esterna del condensatore e quella della Terra.

Per avere un'idea, nel caso semplice di condensatore sferico, si ha che il rapporto fra le due capacità è essenzialmente pari al rapporto fra i raggi.

Quindi $C_3 / C_T \sim R_3 / R_T = R_3 / 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$.

Dall'esempio in figura si vede come considerando un condensatore con un raggio esterno di 10 cm (molto più grande quindi come dimensioni tipiche di un qualunque condensatore commerciale) la riduzione nella tensione di carica è dell'ordine di un fattore 10^9 , diventando quindi effettivamente prossima a "zero".

In genere per avere un'idea di quanto si riduce la tensione dell'oggetto, una volta "messo a Terra" è sufficiente fare il rapporto della sua dimensione maggiore con il raggio della Terra.



Capacità del condensatore sferico: $C_{1,2} = 4\pi\epsilon_0 (R_1 R_2) / (R_2 - R_1)$

Capacità della superficie sferica esterna $C_3 = 2\pi\epsilon_0 R_3$

Capacità della Terra $C_T \sim 2\pi\epsilon_0 R_T$

Esempio numerico:

Se $R_1 = 10 \text{ cm}$, $R_2 = 10,001 \text{ cm}$ (isolante dello spessore di $10 \mu\text{m}$),

$R_3 = 2 \text{ cm}$, $R_T = 6'400 \text{ km}$.

$C_{1,2} = 0,11 \mu\text{F}$

$C_3 = 11 \text{ pF}$

$C_T = 700 \mu\text{F}$

Una volta caricato il condensatore alla tensione V_i , se colleghiamo la superficie esterna alla Terra, la sua tensione scenderà al valore V_f tale da rendere il sistema equipotenziale, quindi ponendo il $R_T \ll R_3$

$V_f = V_i C / (C_T + C) = V_i R_3 / 2R_T = V_i \cdot 1,6 \cdot 10^{-9}$