La messa a terra di un condensatore carico

(carlo cosmelli 10.10.2017)

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 chi volesse farsi due 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: $C_T \sim 711\ \mu F$. 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. È 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 $C_{1,2} = 4\pi\varepsilon_0 (R_1R_2)/(R_2-R_1)$, che può essere anche molto grande, ma la superficie che viene messa in contatto con la Terra è quella esterna che ha una capacità $C_3=4\pi\varepsilon_0 R_3$, e che ovviamente non ha nulla a che vedere con $C_{1,2}$.

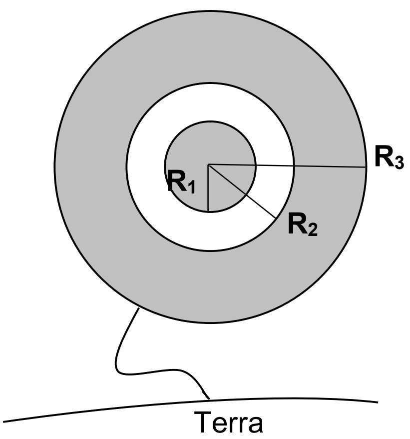
Il paragone va quindi fatto fra la capacità della superficie esterna del condensatore e quella della Terra.

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

Dall'esempio in figura si vede come considerando un condensatore con un raggio esterno di circa 10 cm (molto più grande quindi delle dimensioni tipiche di un condensatore commerciale) la riduzione nella tensione di carica è dell'ordine di un fattore 10^8, 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 fra la sua dimensione maggiore e il raggio della Terra.



Capacità del condensatore sferico: $C_{1,2} = 4\pi\varepsilon_0 (R_1R_2)/(R_2-R_1) \cong \varepsilon_0 S/\delta$
Capacità della superficie sferica esterna $C_3 = 4\pi\varepsilon_0 R_3$
Capacità della Terra $C_T \sim 4\pi\varepsilon_0 R_T$

Esempio numerico:
Se $R_1 = 10$ cm, $R_2 = 10{,}001$ cm (isolante dello spessore di 10 μm),
$R_3 \cong 10{,}1$ cm, $R_T = 6'400$ km.

$C_{1,2} = 111$ nF$= 0{,}111\ \mu$F
$C_3 \cong 11$ pF
$C_T \cong 711\ \mu$F

Una volta caricato il condensatore alla tensione $V_i(R_3)$ se colleghiamo la superficie esterna alla Terra, la sua tensione scenderà al valore V_f tale da rendere il sistema equipotenziale, quindi ponendo $R_T >> R_3$ si ha:
$V_f = V_i\, C_3/(C_T + C_3) \cong V_i\, C_3/C_T = V_i\, R_3/R_T = V_i \cdot 1{,}6\ 10^{-8}$