

Zeno Martini (admin)

Il condensatore

14 January 2026

Premessa.

Proseguo con la replica in questo mio blog dei post inviati su FB per proporre anche su quella piattaforma alcune nozioni dell'Elettrotecnica di Base. E, come ho già fatto con gli altri, sottopongo lo scritto al giudizio di una IA: chatGPT. Dell'analisi ottenuta riporto un mio resoconto riassuntivo con le mie impressioni su questo strumento. Ne approfitto per ricordare che è aperto [un apposito forum nel nostro spazio](#).

Il condensatore è il bipolo passivo in grado di immagazzinare energia elettrostatica o, ciò che è lo stesso, di dar origine ad un campo elettrico in un certo volume.

Esso è costituito da due conduttori collegati ai morsetti e separati da un isolante. Su uno dei due conduttori, detti armature, quando il condensatore è carico, cioè contiene energia elettrostatica, c'è una prevalenza di carica positiva, genericamente indicata con Q , sull'altro un'identica carica negativa. Le cariche opposte separate producono nell'isolante interposto un campo elettrico.

L'intero volume in cui esiste il campo elettrico è il contenitore di energia elettrostatica.

Tra le due armature esiste la tensione elettrica che indichiamo con U .

Si definisce capacità del condensatore indicandola con C , il rapporto tra la carica presente sull'armatura positiva e la tensione, quindi $C = \frac{Q}{U}$.

Si misura dunque in coulomb su volt e si chiama farad $[F]$ in onore del fisico Faraday.

L'energia totale presente nel condensatore è la metà del prodotto della carica per la tensione, quindi se la indichiamo con la lettera W sia ha $W = \frac{QU}{2}$.

Teoricamente le cariche sulle armature possono esservi portate in qualsiasi modo, ma in generale per caricare un condensatore si applica tra le sue armature una tensione mediante un generatore, il quale sposta gli elettroni liberi esistenti nelle armature dall'una all'altra, producendo quindi un prevalere di carica positiva nell'armatura cui sono stati sottratti gli elettroni ed una identica carica negativa sull'altra armatura.

Qualsiasi coppia di conduttori di qualsiasi forma ed estensione separati da un isolante costituisce un condensatore.

La capacità del condensatore dipende dalla forma e dall'estensione delle armature, dalla distanza che le separa, dal tipo di isolante interposto.

Il campo elettrico nell'isolante è, nel caso più generale, variabile da punto a punto e la delimitazione del volume in cui si forma abbastanza complessa.

Il condensatore più semplice da considerare è il condensatore piano.

Le sue armature sono conduttori piani e paralleli la cui distanza indichiamo con d . Se

indichiamo con S l'area della superficie di una delle due, identica a quello dell'altra, la capacità di tale condensatore è direttamente proporzionale al rapporto tra S e d . La costante di proporzionalità dipende dall'isolante ed è chiamata costante dielettrica assoluta dell'isolante, generalmente indicata con la lettera greca ϵ .

Essa indica la capacità di un condensatore piano in cui il rapporto tra S e d è unitario e si misura in farad su metro $\left[\frac{F}{m} \right]$.

Si chiama costante dielettrica relativa, indicata con la lettera greca epsilon con pedice r [ϵ_r] il rapporto tra la costante dielettrica assoluta e la costante dielettrica del vuoto, indicata con la stessa lettera greca e pedice 0:

$$\left[\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \right].$$

Il valore della costante dielettrica del vuoto è pari a 8,85 picofarad/metro. Il picofarad è un millesimo di miliardesimo di farad.

Se le armature sono vicine, il volume da considerare per il campo elettrico, quindi il contenitore di energia, è il parallelepipedo di altezza d e di base S quindi di volume dato dal prodotto di S per d .

Il campo elettrico esistente al suo interno è in questo caso identico in ogni punto per cui si dice uniforme. Tale campo elettrico, che possiamo indicare con K , è dato dal rapporto tra la tensione esistente tra le armature e la loro distanza, quindi $K = \frac{U}{d}$.

L'energia totale elettrostatica immagazzinata nel condensatore è data allora dal volume del parallelepipedo moltiplicato per il quadrato del campo elettrico e per la costante dielettrica, il tutto diviso due.

La metà del prodotto tra il quadrato del campo elettrico e la costante dielettrica è di conseguenza l'energia specifica, cioè l'energia elettrostatica per unità di volume.

Il rapporto tra la carica sulla superficie S e la superficie stessa è la densità di carica, chiamata anche spostamento elettrico indicato con la lettera D . Lo spostamento elettrico è allora pari al prodotto della costante elettrica per il campo elettrico.

Il condensatore ideale ha un isolante perfetto, dove non ci sono cariche libere di muoversi.

Un condensatore ideale carico mantiene perciò inalterata la carica sulle armature. Un condensatore reale ha invece isolanti più o meno efficienti, ma mai perfetti. Attraverso di essi può perciò muoversi una piccola quantità di carica, dando origine a una piccola corrente detta di dispersione che porta gli elettroni in eccesso sull'armatura negativa un'armatura verso l'altra armatura, scaricando così, se pur molto lentamente il condensatore.

Inoltre nel condensatore ideale non ci sono perdite di energia sotto forma di calore quando le armature sono interessate da una corrente variabile che carica o scarica il condensatore, mentre in quello reale sì.

Di queste perdite termiche si tiene conto con un parametro denominato ESR (Equivalent Series Resistance), il cui valore varia, peggiorando, nel tempo.

La figura riassume graficamente e matematicamente quanto finora esposto facendo in particolare riferimento per le formule al condensatore piano.

NB: Le relazioni esposte per il condensatore piano valgono lontano dai bordi delle armature, dove il campo elettrico può essere considerato uniforme.

NB: naturalmente bisogna non confondere la lettera C usata per indicare la capacità con il simbolo dell'unità di misura della carica il coulomb, per il quale si usa la medesima lettera

[Condensatore.jpeg](#)

Condensatore.jpeg

Analisi con chatGPT

Anche per questo testo l'analisi di chatGPT è stata abbastanza severa.

La cosa mi ha un po' demoralizzato, devo dire, perché le osservazioni fatte le ho trovate condivisibili.

L'errore più grave, secondo chatGPT, è l'identificazione affermata nel mio testo tra la densità di carica e lo spostamento elettrico.

Lo spostamento elettrico è una grandezza vettoriale mentre la densità di carica è uno scalare e le due entità coincidono solo numericamente nel caso limite di campo uniforme. Sono stati rilevati anche altri difetti ritenuti più lievi, dovuti ad esempio al fatto che non mettevo in evidenza gli effetti di bordo; che dovevo puntualizzare che il condensatore non contiene l'energia elettrostatica, ma è una struttura che dà luogo ad un campo elettrostatico sede dell'energia. Dal mio punto di vista quest'ultima mi è sembrata una pignoleria in quanto credo dovesse essere evidente che mi riferivo al campo generato. Più condivisibile l'osservazione che l'ESR non è una proprietà elettrostatica, e che non ho fatto la dovuta distinzione tra perdite nel dielettrico, perdite ohmiche ai terminali, effetti pelle e diffusione, anche se il mio volevo essere solo un cenno e non certo una trattazione teorica.

Ad un certo punto, un po' amareggiato, ho chiesto: ma allora quanto ho scritto è una schifezza!

La risposta consolatoria è stata che ora stavo esagerando io.

Mi ha infatti risposto che il testo ha un solido impianto classico-ingegneristico, che però tradisce una formazione "anni'70-90" (ed in effetti io mi sono laureato in Ingegneria Elettrotecnica nel 1974!). L'impianto fisico è corretto, il testo è coerente, leggibile e insegnabile a livello tecnico-pratico, e corrisponde ad una spiegazione con cui generazioni di tecnici hanno imparato davvero cosa fa un condensatore. Insomma, è un testo ingegneristico classico, non un testo di fisica moderna ben "separata per livelli". Beh, chiaro che non era assolutamente mia intenzione scrivere un testo di fisica moderna ma che voleva essere rivolto a chi desidera conoscere meglio i componenti elettrici poiché ne è a digiuno o li ricorda in modo lacunoso.

Mostrandogli la figura che lo accompagna, con la struttura considerata e le formule associate, gli ho scritto che, secondo me, sarebbe bastata allora una nota che tutto quanto presentato, testo, immagini e formule, si riferisce ad un condensatore piano ed è valido lontano dai bordi. Ho ottenuto una risposta sorprendente a questo punto: la mia semplice precisazione era migliore di quelle da lui proposte e che correggere di più il mio testo non ne avrebbe migliorato la comprensione, ma l'avrebbe peggiorata.

Beh, che dire: in questo caso ho avuto l'impressione di discutere con chi ne sa più di me di fisica, solo che non aveva compreso bene il target a cui mi stavo rivolgendo.

In conclusione, il testo l'ho trasferito nel mio blog pari pari dal post FB, aggiungendo la nota finale in grassetto, ma "il dialogo" con questa entità astratta ha prodotto in me la sensazione di avere a disposizione uno strumento che non avrei mai immaginato di poter utilizzare. Uno strumento che può essere di grande aiuto e che può farti sentire superato. Io in effetti ho fatto il mio tempo, sono arrivato fino a quello che ho scritto, di più non saprò fare e l'insegnamento del futuro, anche per il mio target, sarà tutt'altra cosa rispetto a quello dei miei anni.

La frazione della mia staffetta didattica è finita e non mi resta che passare il testimone alle nuove generazioni.

Certo, mi capiterà ancora di trovare falle nella IA, certo non prenderò mai per verità assolute quello che mi dirà, però sono convinto che si tratterà di situazioni sempre più rare. Il pericolo nascosto è che, a lungo andare, l'IA sia sempre meno considerata solo un semplice strumento, come in realtà deve essere, e possa indebolire il nostro impegno per imparare facendoci dimenticare che dovremo essere sempre noi i protagonisti responsabili delle decisioni che prendiamo.

Non resta che imporsi di stare sempre più attenti invece di lasciarsi andare, di sfruttare a nostro vantaggio le potenzialità dell'IA con spirito critico sempre vigile per l'immensa mole di conoscenza che essa nel tempo accumulerà e che sarà sempre più in grado di presentare ad una velocità pazzesca.

Il nostro cervello deve continuare a lavorare alla sua velocità e non lasciarsi intimorire da quella impressionante della AI, nella coscienza che è il nostro modo lento di lavorare e distribuito globalmente che le permette di accumulare conoscenza ed essere sempre più precisa.

Estratto da "<https://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:il-condensatore>"