

I CONDENSATORI

I condensatori sono dei componenti passivi molto importanti in tutti i campi dell'elettrotecnica e dell'elettronica. Tra le applicazioni possiamo subito citare ad esempio le seguenti:

- Avviamento dei motori
- Rifasamento delle linee elettriche
- Soppressione dei disturbi (Filtri)
- Blocco di correnti continue;
- Formazione di circuiti oscillatori

Se ad un conduttore neutro ed isolato diamo una carica Q, esso assume un certo potenziale V. L'esperienza dimostra che se diamo allo stesso conduttore una carica doppia, tripla, ecc., esso assume un potenziale doppio, triplo, ecc.

Quindi per uno stesso conduttore esiste una relazione di proporzionalità diretta tra carica elettrica Q e potenziale V, per cui possiamo scrivere:

$$Q/V = \text{costante}$$

I CONDENSATORI

Tale costante viene chiamata Capacità elettrica e si indica con la lettera C; vale cioè la seguente relazione

$$C=Q/V$$

Per quanto concerne il significato fisico, *la Capacità di un conduttore esprime la sua attitudine a contenere cariche elettriche.*

Un conduttore ha maggiore capacità elettrica di un altro se , a parità di potenziale, contiene un numero maggiore di cariche.

L'unità di misura della capacità elettrica è il **Farad F** (1 Coulomb/1Volt); poiché il Farad è una unità troppo grande si usano i suoi sottomultipli:

- milliFarad mF 10^{-3} F
- microfarad μ F 10^{-6} F
- nanofarad nF 10^{-9} F
- picoFarad pF 10^{-12} F

I CONDENSATORI

La Capacità elettrica di un conduttore **dipende** da alcuni fattori:

- **Dall'area della superficie:**

Maggiore è la superficie del conduttore, maggiore è il numero di cariche elettriche che si possono immagazzinare, e quindi maggiore è la Capacità elettrica del conduttore.

- **Dalla forma**

Un conduttore piano ha una capacità elettrica maggiore rispetto ad un conduttore filiforme o a punta in quanto ha una superficie maggiore;

- **Dalla presenza nelle vicinanze di un altro conduttore:**

La presenza di un conduttore non elettrizzato nelle vicinanze fa diminuire il potenziale del conduttore elettrizzato, ma fa aumentare la Capacità elettrica del sistema dei due conduttori ($C=Q/V$)

- **Dal dielettrico nel quale è immerso.**

I CONDENSATORI

Si definisce condensatore un sistema costituito da due superfici conduttrici, dette armature, separate da un isolante, detto dielettrico. Un sistema così definito è capace di immagazzinare energia elettrostatica in seno al dielettrico, quando viene applicata alle armature una differenza di potenziale (tensione elettrica) V ; il valore di questa energia è dato dalla relazione:

$$W = 1/2 CV^2$$

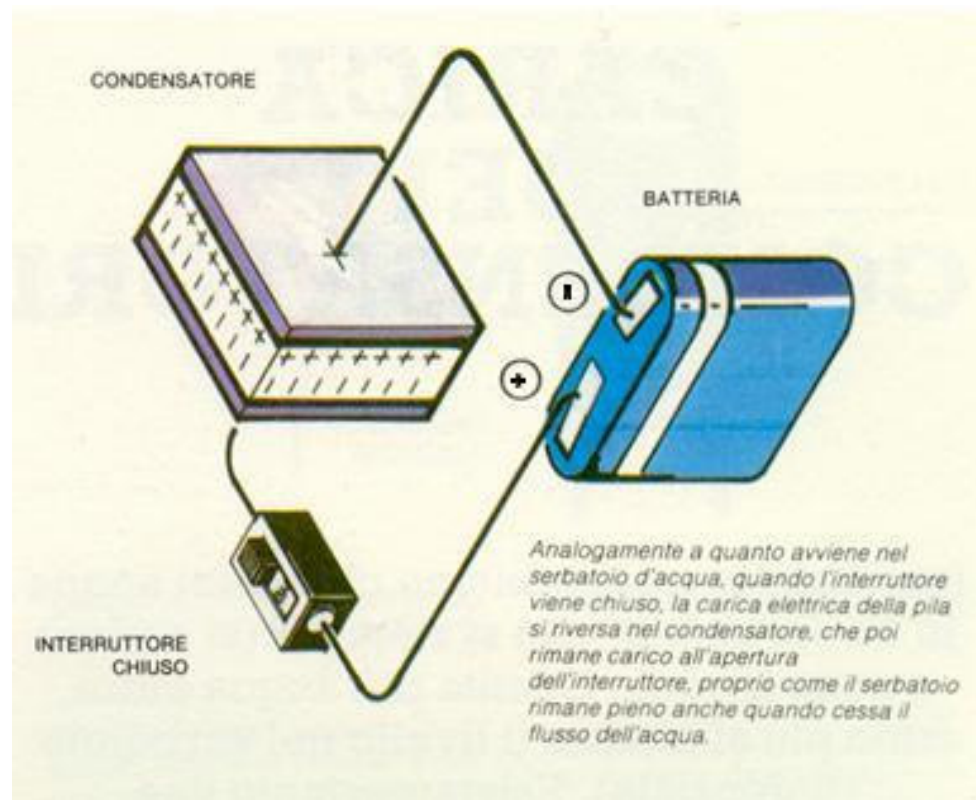
In cui C è una costante caratteristica del condensatore, chiamata capacità $C=Q/V$ con Q che è la carica distribuita su una armatura del condensatore.

Il condensatore presenta una impedenza infinita in corrente continua ed un valore di reattanza che varia in funzione della frequenza consentendo il passaggio della corrente alternata.

I CONDENSATORI

Per effetto della tensione applicata ai capi delle armature del condensatore, si stabilisce tra di esse un campo elettrico E che determina la polarizzazione del dielettrico.

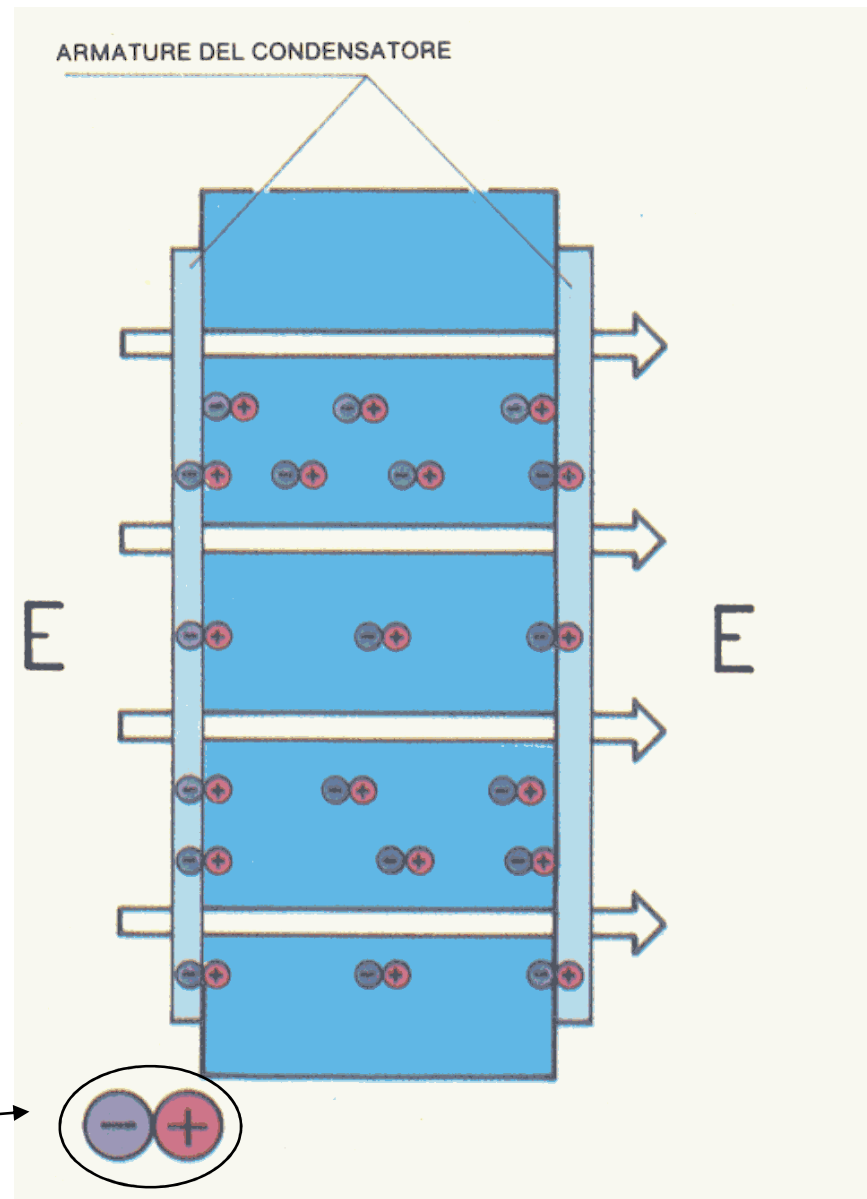
Per polarizzazione del dielettrico si intende l'induzione elettrostatica operata dal campo elettrico sulle molecole del materiale in maniera tale da formare tanti dipoli elettrici orientati lungo la direzione del campo elettrico E .



I CONDENSATORI

Quando si polarizza il condensatore applicando una tensione continua tra i suoi due terminali, viene generato un campo elettrico (E) in direzione delle frecce. L'effetto del campo sul dielettrico è di separare le cariche di segno opposto, orientandole nel senso del campo stesso.

Dipolo elettrico



I CONDENSATORI

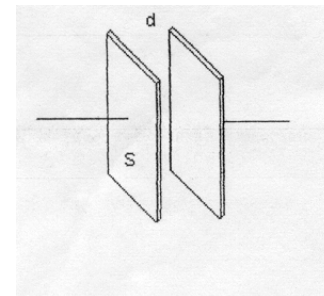
Il tipo di condensatore più semplice è quello piano ,in cui le armature sono due superfici metalliche piane e fra loro parallele di area S , poste ad una distanza d fra le quali è posto un dielettrico di costante dielettrica

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Con ϵ_0 la costante dielettrica assoluta di valore $8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m.

La sua capacità è :

$$C = \epsilon S/d$$

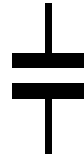


Per condensatori di forma geometrica diversa da quella piana, l'espressione della capacità risulta essere più complessa

IDENTIFICAZIONE DEL COMPONENTE

Il segno grafico che caratterizza il componente non è unico, ma diverso a seconda della funzione e a seconda dei materiali utilizzati:

Simbolo convenzionale



Condensatore elettrolitico polarizzato



Condensatore variabile



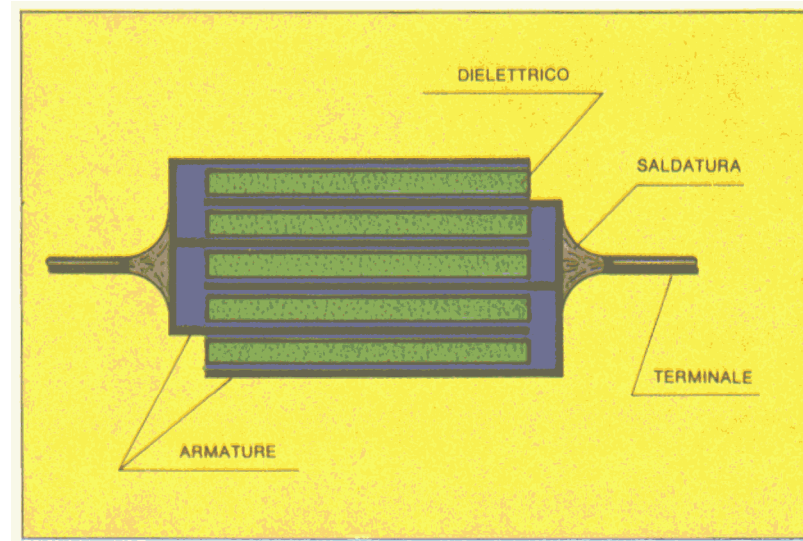
La legge che descrive il comportamento di un condensatore è:

$$I_c(t) = C \Delta V_c(t) / \Delta t$$

Dove $I_c(t)$ è la corrente che passa nel condensatore al variare della tensione $\Delta V_c(t)$ nel tempo. Tale legge esprime il fatto che il condensatore può essere attraversato da corrente solo se sottoposto a tensioni variabili; infatti se la tensione che eccita il condensatore è continua, la corrente è nulla.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Tutti i condensatori sono costruiti in linea di principio da due armature di superficie più o meno grande, molto ravvicinate, con l'interposizione di materiale isolante (dielettrico).



Il valore capacitivo del condensatore è legato alla sua configurazione geometrica ed al tipo di dielettrico usato. La forma geometrica più usata è quella del condensatore piano per cui:

$$C = \epsilon S/d$$

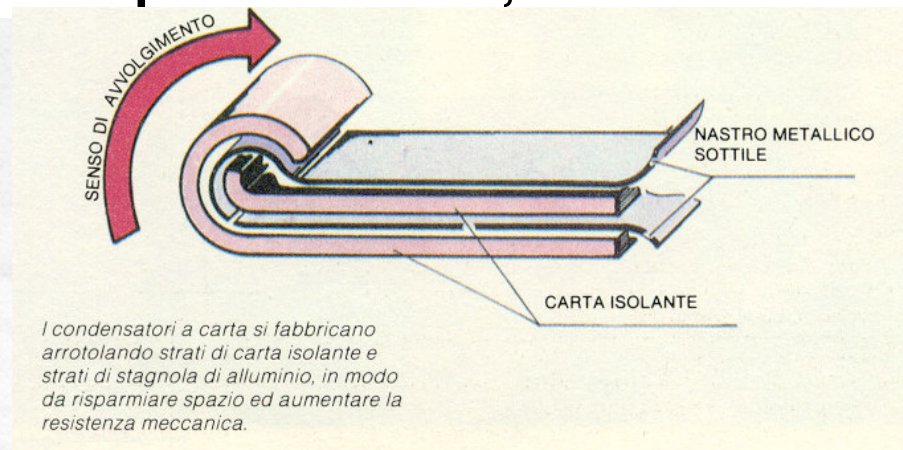
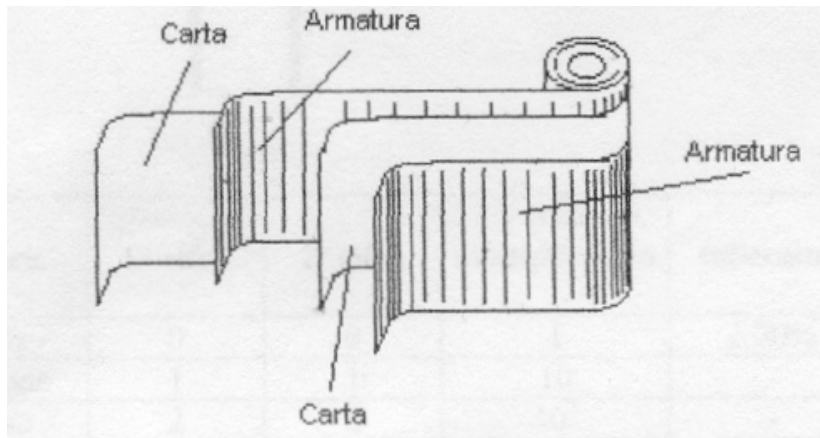
In questo caso, a parità di materiale dielettrico adoperato, il valore capacitivo aumenta al crescere delle armature e al diminuire dello spessore del dielettrico.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

E' vantaggioso che i condensatori, a parità di valore capacitivo, **occupino** un volume più ridotto; con l'espressione “ **efficienza volumetrica**” si indica il rapporto tra il valore capacitivo ed il volume occupato.

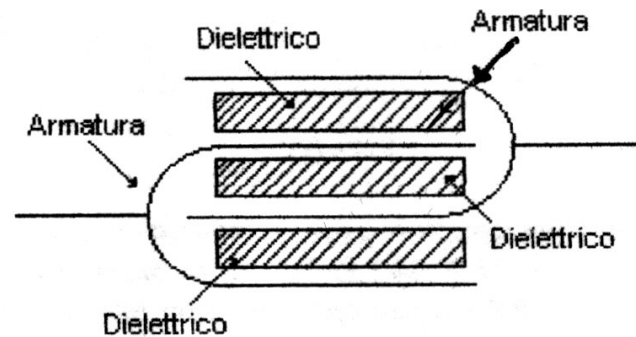
Tenendo conto delle proprietà tecnologiche del dielettrico utilizzato per migliorare l'efficienza volumetrica si possono usare tecniche costruttive diverse:

- Si realizza una struttura cilindrica avvolgendo più strisce di materiale isolante poste fra due nastri di materiale conduttore come schematizzato in figura . In questo modo utilizzando strisce molto lunghe , si ottengono valori capacitivi elevati;



TECNICHE COSTRUTTIVE

- Si costruiscono strutture particolari alternando $n+1$ armature di superficie S separate da n dielettrici chiamate strutture multi layer



- Collegando insieme tutte le armature di posto pari e facendo altrettanto con quelle di posto dispari, si ottiene un sistema equivalente ad n condensatori posti in parallelo che avranno valore capacitivo complesso pari a $C = n \epsilon S/d$.

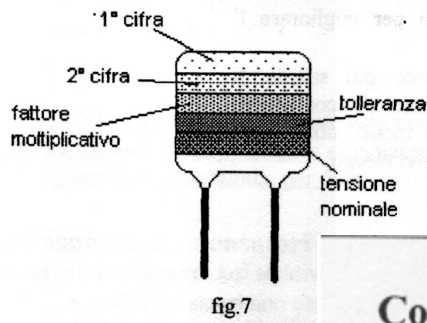
Parametri caratteristici del condensatore

I principali parametri elettrici sono:

- La **capacità**
- La **tolleranza** di fabbricazione
- La **tensione nominale**
- La **resistenza di isolamento**
- Il **coefficiente di temperatura**
- Le **perdite in continua** espresse mediante la resistenza di isolamento (o la corrente di fuga)
- Le **perdite in alternata** espresse dal fattore di perdita

LA CAPACITA' DEL CONDENSATORE

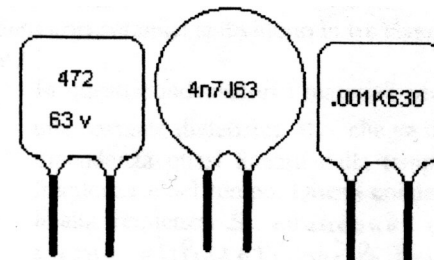
Il valore capacitivo nominale è determinato in sede di fabbricazione del componente ed impresso dal costruttore sul contenitore con un codice opportuno, che può essere un codice a colori.



Colore	1° cifra	2° cifra	Fattore moltiplicativo	tolleranza	Tensione nominale (V)
Nero	0	0	1	± 20%	-
Marrone	1	1	10	-	100
Rosso	2	2	10 ²	-	250
Arancio	3	3	10 ³	-	-
Giallo	4	4	10 ⁴	-	400
Verde	5	5	10 ⁵	-	-
Blu	6	6	-	-	630
Viola	7	7	-	-	-
Grigio	8	8	-	-	-
Bianco	9	9	-	± 10%	-

LA CAPACITA' DEL CONDENSATORE

Oppure da un codice numerico, dove è stampigliata la tensione nominale ed il valore di capacità inteso in pF e nel valore di riferimento l'ultima cifra indica il numero degli zeri; alle cifre può seguire una lettera: **J,K,M**, che indica la tolleranza e rispettivamente sarà **$\pm 5\%$, $\pm 10\%$, $\pm 20\%$** . Se il numero è preceduto da un puntino allora il valore capacitivo è da intendersi in μF e di seguito c'è l'indicazione della tolleranza e della tensione nominale. Se il numero è accompagnato da una "n" allora il valore capacitivo è espresso in nF.



Nell'esempio di fig. il primo condensatore ha una capacità di 4700pF ed una tensione nominale di 63V, il secondo una capacità di 4,7 nF, una tolleranza del 5% ed una tensione nominale di 63V e il terzo condensatore una capacità di 0,001 μF , una tolleranza del 10% ed una tensione nominale di 630V.

PARAMETRI CARATTERISTICI DI UN CONDESATORE

La **tolleranza di fabbricazione** esprime la deviazione massima del valore capacitivo dal valore nominale ed è espressa in percentuale dello stesso.

La **tensione nominale** è il valore massimo che può essere applicata al condensatore per una durata prestabilita, all'atmosfera ambiente, senza provocarne il danneggiamento. Se viene applicata una tensione superiore al doppio di quella nominale, si provoca sicuramente la perforazione del dielettrico e quindi la messa in corto circuito del condensatore o in circuito aperto se il dielettrico si è bruciato.

Il **coefficiente di temperatura**

Il valore capacitivo varia con la temperatura sia per le alterazioni delle proprietà del dielettrico che per i cambiamenti della struttura geometrica del componente. In generale la dipendenza del valore capacitivo dalla temperatura non è lineare pertanto il costruttore ne fornisce il grafico.

PARAMETRI CARATTERISTICI DI UN CONDESATORE

Per alcuni tipi di condensatori questo andamento è lineare secondo la seguente legge:

$$C = C_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Dove **C** è il valore capacitivo alla temperatura **T**

C₀ è il valore capacitivo a 0°C

ΔT è il salto di temperatura da 0°C alla temperatura **T**: $\Delta T = T - 0$;

α è il coeff. Di temperatura che rappresenta la variazione del valore capacitivo per un aumento di temperatura di 1 grado; misurato in $^\circ\text{C}^{-1}$.

Il coeff. Di temperatura **α** viene così calcolato:

$$\alpha = \Delta C / C_0 \Delta T$$

Il coefficiente di temperatura, oltre che essere riferito a 0°C , può essere riferito a 25°C ; in tal caso il costruttore lo indica con : **TC**

PARAMETRI CARATTERISTICI DI UN CONDESATORE

Resistenza di isolamento

Si definisce resistenza di isolamento la resistenza del dielettrico.

Esiste pertanto durante il funzionamento una dissipazione di potenza nel dielettrico dovuta a conduzione ionica o anche al moto di elettroni liberi che possono essere presenti in misura non trascurabile.

Pertanto un condensatore caricato con una tensione continua, se viene tolta l'alimentazione, tende a scaricarsi nel tempo attraverso tale resistenza di isolamento che vale generalmente alcune migliaia di $M\Omega$.

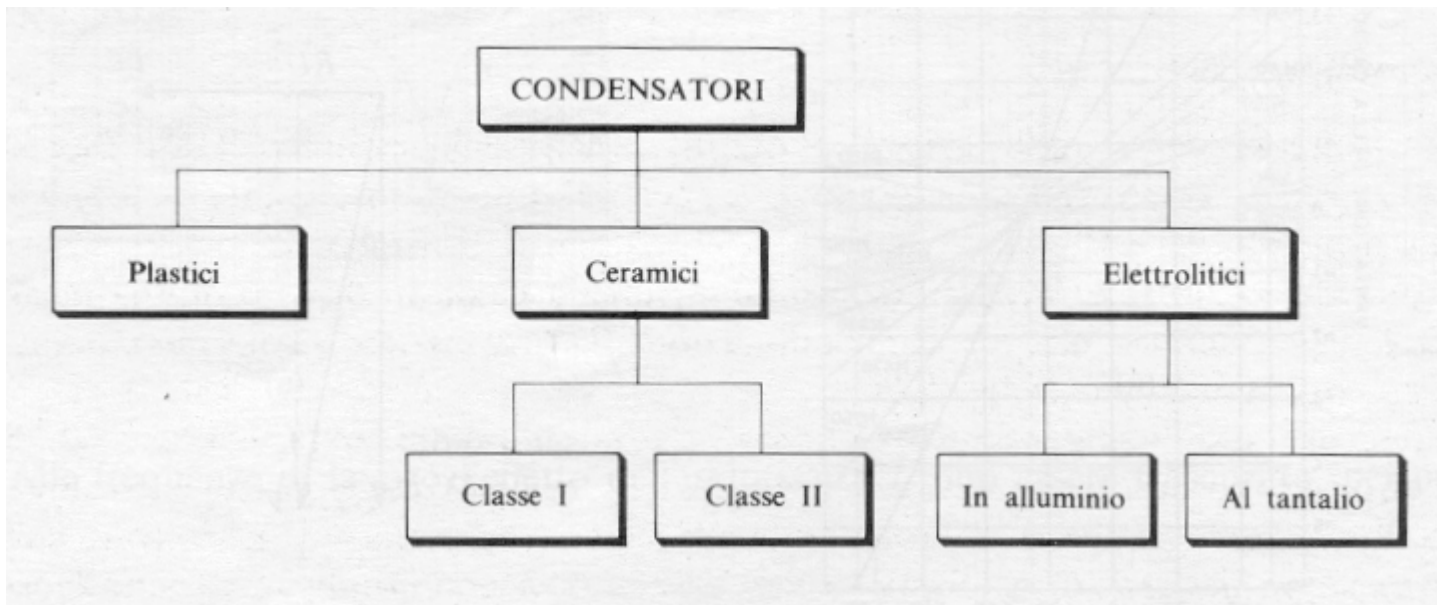
Il costruttore fornisce come resistenza di isolamento, la resistenza tra i terminali del componente, misurata in continua, per diversi valori di tensione di lavoro.

CLASSIFICAZIONE DEI CONDENSATORI

I condensatori vengono definiti in generale sia dalla loro capacità che dal materiale che forma il dielettrico , oppure dalla tecnologia di fabbricazione.

I materiali più utilizzati come dielettrico sono: il film plastico metallizzato (poliestere, polistirolo ecc), la carta , la carta e l'olio, la ceramica, il vetro, la mica e i depositati elettrolitici di varia natura.

Per tipologia, essi possono essere così suddivisi:



CONDENSATORI A FILM PLASTICO

Il dielettrico è costituito da un sottile strato di materiale isolante (**film**), le armature sono realizzate con un foglio di materiale conduttore oppure con un sottile strato metallico fatto depositare direttamente sul film.

Questi condensatori sono di tipo avvolto, con opportune tecniche di **avvolgimento** si possono ottenere anche condensatori di forma rettangolare. I materiali usati come dielettrico sono resine termoplastiche. Questi materiali hanno una costante dielettrica relativa ϵ_r piuttosto **bassa**, ma poiché si possono ottenere film sottili è possibile raggiungere comunque discreti rapporti capacità/volume.

Questi condensatori presentano **basse perdite** e **discreta stabilità** del valore capacitivo al variare della frequenza e della temperatura.

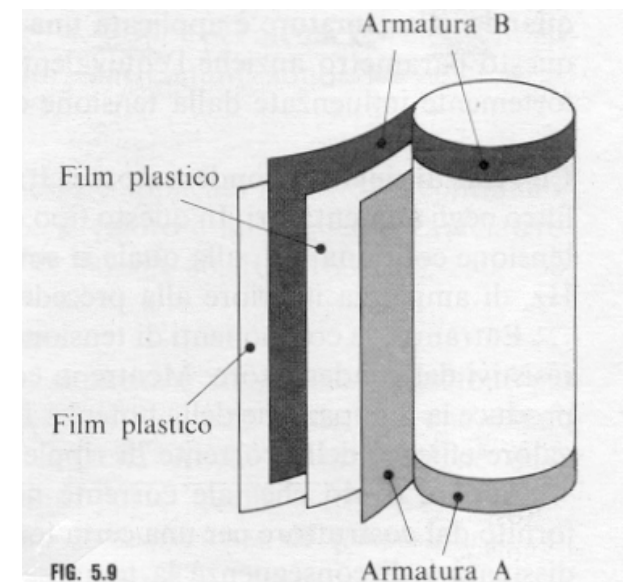
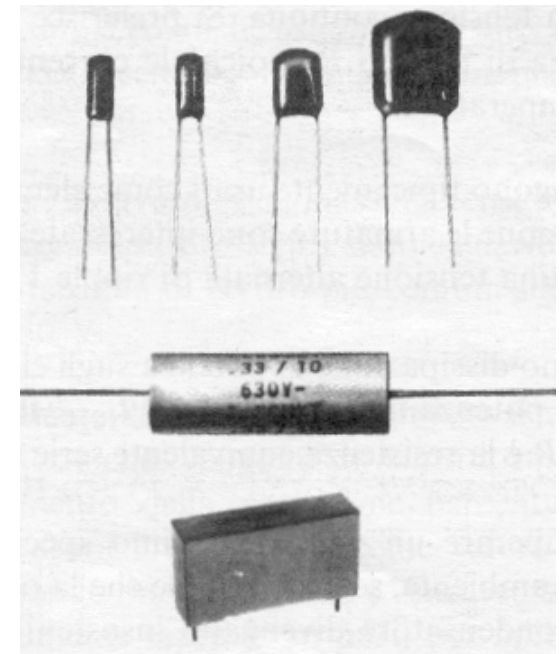
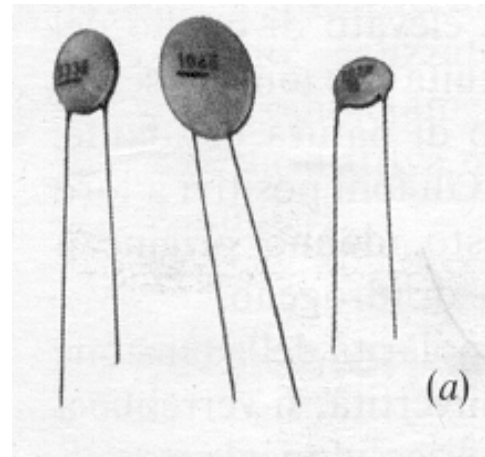
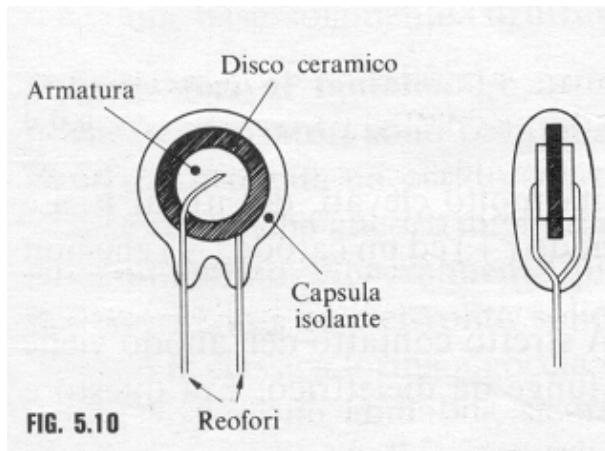


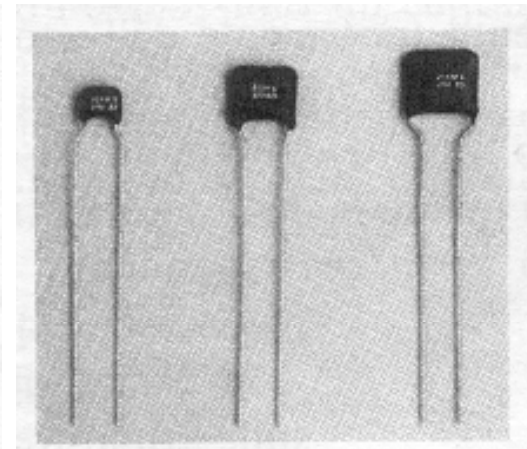
FIG. 5.9

CONDENSATORI CERAMICI

Il dielettrico è costituito da materiali ceramici aventi elevata costante dielettrica. I condensatori ceramici si dividono in tre classi in base al dielettrico utilizzato:



Condensatori a disco



Condensatori multistrato

Classe I

In questi condensatori i materiali ceramici utilizzati come dielettrico hanno una costante dielettrica relativa ϵ_r che va da 60 a 250. Il valore capacitivo ha una dipendenza quasi lineare dalla temperatura, risulta stabile al variare della frequenza e nel tempo. Questi condensatori presentano basse perdite anche in alta frequenza. Si ottengono valori da pochi pF a 10 nF e sono utilizzati per la loro precisione e stabilità in circuiti risonanti e filtri ad alta frequenza.

CONDENSATORI CERAMICI

Classe II

Ad alta costante dielettrica relativa che è compresa tra 250 e 10000. I valori sono più elevati della classe I e si arriva sino al μF . Poco stabili e di basso prezzo.

Altri tipi di condensatori

A carta :

in cui come dielettrico usano un nastro di carta impregnata con oli e presentano una struttura simile ai condensatori plastici.

A mica:

Con elevata tensione di rottura e ottima risposta ad alta frequenza VHF e UHF.

Foto.

CONDENSATORI ELETTROLITICI

I condensatori possono accumulare cariche positive e negative indifferentemente su ciascuna armatura. In quelli elettrolitici devono accumulare le cariche positive e negative su armature predeterminate.

L'armatura che deve essere collegata al potenziale più alto viene indicata col segno + (anodo) e l'altra col segno - (catodo) e non devono essere scambiati tra loro.

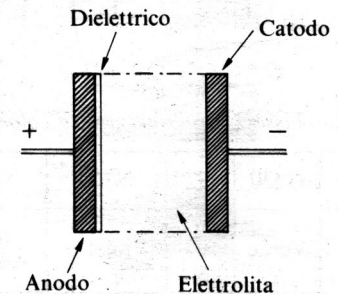
Presentano valori di capacità molto alti, dal μF al F.

A stretto contatto dell'anodo viene formato un sottilissimo strato di ossido isolante, che funge da dielettrico, e fra questo e l'altra armatura viene posto l'elettrolita in cui durante il normale funzionamento si ha una debole corrente di fuga costituita da ioni di segno opposto.

Perché può scoppiare?

Gli ioni negativi vengono attratti dall'anodo e quelli positivi dal catodo. Gli ioni negativi, essendo di natura ossidante, provvedono a rigenerare lo strato di ossido là dove si è deteriorato mentre quelli positivi danno origine a piccole quantità di idrogeno.

Se la polarità della tensione viene invertita si distruggerebbe lo strato di ossido e la produzione di gas provocherebbe l'esplosione dell'involucro del condensatore.



CONDENSATORI Elettrolitici

L'elettrolita può essere di tipo:

- **Solido**: viene usato il biossido di manganese
- **Non solido**: (pasta gelatinosa con la quale vengono impregnati nastri di carta, avvolti con fogli metallici che costituiscono le armature).

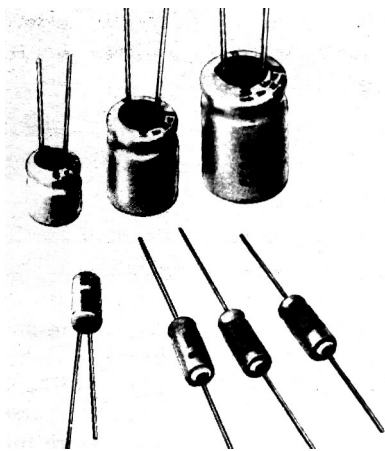
Esistono comunque in commercio condensatori elettrolitici non polarizzati che possono essere usati in regime alternato in cui lo strato di ossido è presente su entrambe le armature e il suo spessore cresce o diminuisce a seconda della polarità applicata ai terminali.

CONDENSATORI ELETTROLITICI

Condensatori in alluminio

In essi le armature sono costituite da due fogli di alluminio e sull'anodo viene formato lo strato di ossido di alluminio isolante. La costante dielettrica non bassa consente di ottenere valori di capacità per unità di volume molto elevati.

I condensatori in alluminio ad elettrolita non solido sono di forma cilindrica.



*Condensatori
elettrolitici in
alluminio.*

CONDENSATORI Elettrolitici

Condensatori al tantalio

In essi le armature sono costituite da tantalio che presenta un ossido ancora migliore di quello d'alluminio. Sono generalmente ad elettrolita solido ed hanno la classica forma a goccia. Sono affidabili, sicuri ed hanno una vita lunga ma presentano tensioni di lavoro inferiori a quelli di alluminio. La capacità per unità di volume può raggiungere valori elevatissimi.

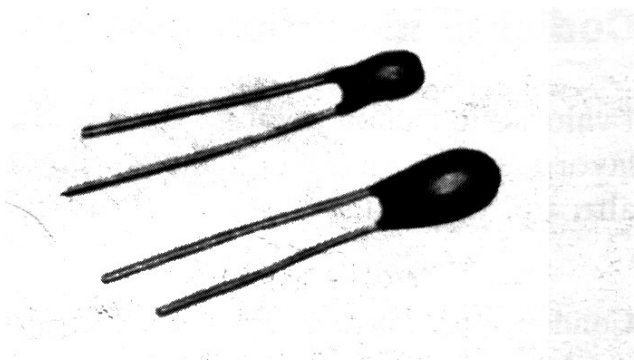


FIG. 5.15

*Condensatori
elettrolitici al
tantalio.*

CONDENSATORI VARIABILI

Con essi è possibile ottenere valori di capacità variabili fra un minimo ed un massimo modificando la posizione reciproca delle armature e di conseguenza l'area delle superfici affacciate.

La posizione dell'armatura mobile (rotore) può essere variata rispetto all'armatura fissa (statore) mediante la rotazione di un albero. Quando le due armature vengono a sovrapporsi completamente , la capacità assume il suo valore massimo, viceversa, si avrà il valore minimo.

Il dielettrico è generalmente **l'aria**, ma può essere la **mica** o materiale **ceramico** o **plastico**.

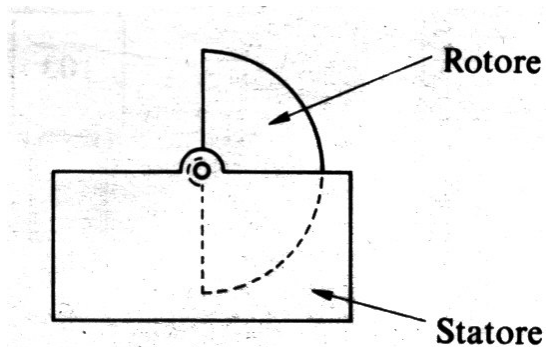


FIG. 5.16

*Schema di principio
di un condensatore
variabile.*

CONDENSATORI VARIABILI

I compensatori o trimmer capacitivi sono sempre condensatori variabili ma di dimensioni più piccole e vengono usati per operazioni di taratura, apportando piccole variazioni ai valori dei condensatori fissi, soprattutto nei circuiti di sintonia.

FIG. 5.17

*Condensatori
variabili da sintonia
ad una e quattro
sezioni.*

FIG. 5.18

Trimmer capacitivi.

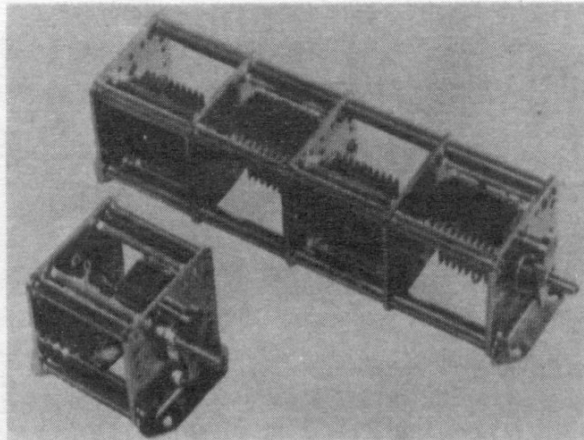


FIG. 5.17

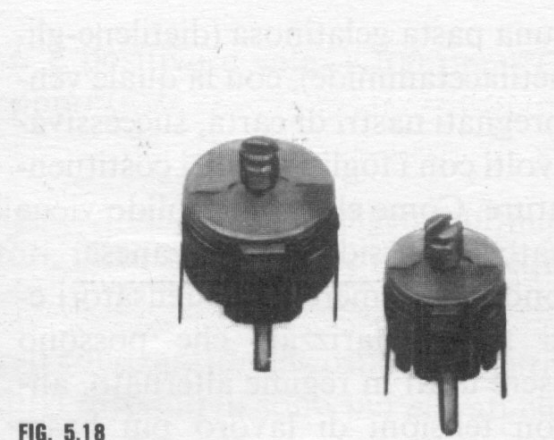


FIG. 5.18