

Kondensatoren

Die Kapazität C eines Plattenkondensators ist von der Fläche A , vom Plattenabstand d und vom Isolationsmaterial zwischen den Platten abhängig.

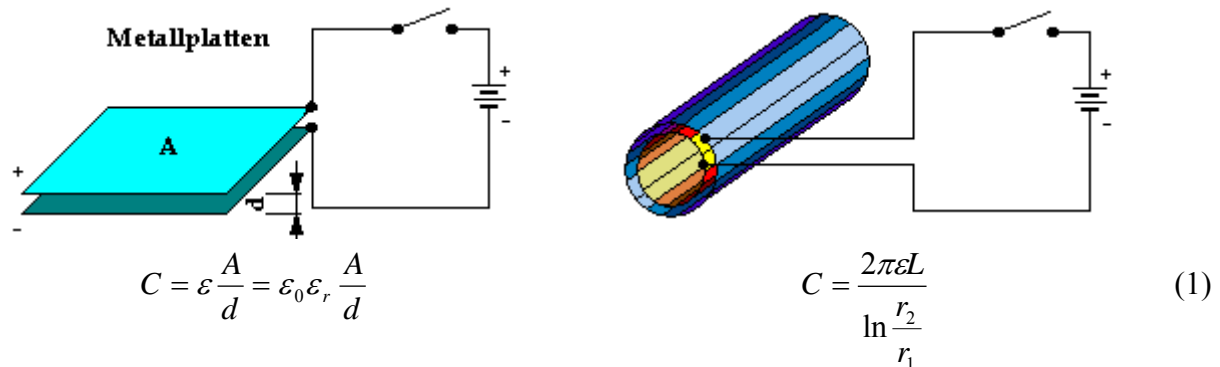


Bild 1: Plattenkondensator

Der Strom durch den Kondensator ist proportional zur zeitlichen Änderung der Spannung am Kondensator. Durch einen Kondensator kann also nur dann Strom fließen, wenn sich die angelegte Spannung am Kondensator im Laufe der Zeit ändert. Durch einen Kondensator kann nur Wechselstrom fließen.

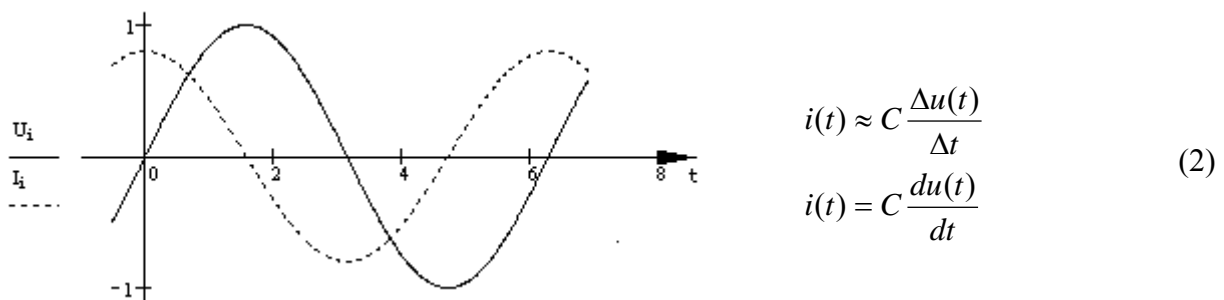


Bild 2: Spannungs- und Stromverlauf am Kondensator

Bleibt die Amplitude der (sinusförmigen) Wechselspannung an einem Kondensator konstant, so steigt der Strom mit zunehmender Frequenz der Wechselspannung.

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\frac{1}{j\omega C}} = jU\omega C = jU 2\pi f C \quad (3)$$

Anwendungsgebiete für Kondensatoren

- Abtrennen von Gleichstrom bzw. Gleichspannung
- Glätten von Spannungen
- Elektrische Filter
- Frequenzweichen
- Schwingkreise

Eigenschaften von Kondensatoren

Nennkapazität

Die Nennkapazität eines Kondensators gibt seine Speicherfähigkeit (bei Raumtemperatur und Nennspannung) an. Handelsübliche Kondensatoren haben eine Kapazität von 1 pF bis 10 F. Sie sind in einer geometrischen Abstufung üblicher Weise E6 und E12 erhältlich, Kondensatoren aus E24 sind schwer erhältlich.

Toleranz der Nennkapazität

Die Toleranz der Nennkapazität ist im Bereich von $\pm 20\%$ und $\pm 10\%$ üblich. Toleranzen bis hinunter zu $\pm 1\%$ sind im Handel erhältlich. Elektrolytkondensatoren können auch Toleranzen von $+100\%$ / -30% aufweisen, da bei vielen Anwendungen bloß eine Mindestkapazität eingehalten werden muss.

Nennspannung

Die Nennspannung ist jene Spannung, die am Kondensator permanent anliegen darf, ohne dass die Lebensdauer des Kondensators eingeschränkt oder der Kondensator durch interne elektrische Durchschläge durch das Dielektrikum zerstört wird.

Spitzenspannung

Die Spitzenspannung ist jene Spannung, die kurzfristig am Kondensator angelegt werden darf, ohne dass der Kondensator zerstört wird. Die Höhe der Spitzenspannung und die Dauer ist vom Dielektrikum abhängig und kann aus dem Datenblatt des Herstellers entnommen werden.

Temperaturverhalten

Das Temperaturverhalten des Kondensators hängt stark vom verwendeten Dielektrikum ab. Die Temperatur beeinflusst zwei wichtige Größen, nämlich die Kapazität und die Kriech- oder Leckströme (die in den Fehlströmen zusammengefasst werden), weil die elektrischen Eigenschaften des Dielektrikums von der Temperatur abhängig sind.

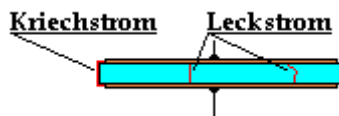


Bild 3: Kriech- und Leckströme im Kondensator

Der Verlustfaktor

Der Verlustfaktor eines Kondensators wird durch

$$\tan \delta = \frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Blindleistung}} = \frac{P}{Q} \quad (4)$$

beschrieben. Die Wirkleistung setzt sich aus sämtlichen Spannungs- und Stromteilen zusammen die eine Erwärmung des Kondensators bewirken. Im Wesentlichen ist sie durch den Strom, der in den Kondensatorplatten fließt und den ohmschen Widerstand der Kondensatorplatten, sowie durch die elektrischen Kräfte, welche auf die Dipole des Dielektrikums wirken und die Dipole im Takt der angelegten Wechselfspannung drehen und aneinander reiben, gegeben. Die Leitungswiderstandsverluste in den Kondensatorplatten sind von der Frequenz

weitgehend unabhängig, die dielektrischen Verluste steigen mit steigender Frequenz, sind also frequenzabhängig. Auch die Kriech- und Leckströme bewirken eine Erwärmung des Kondensators.

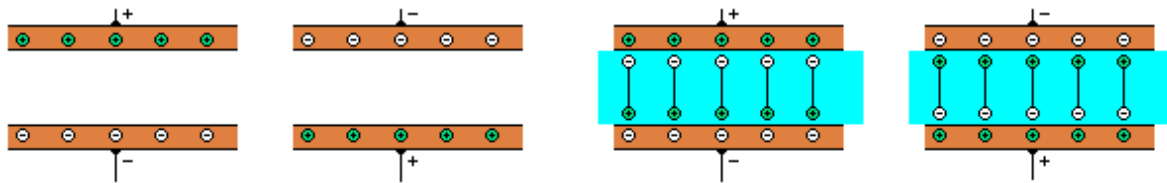
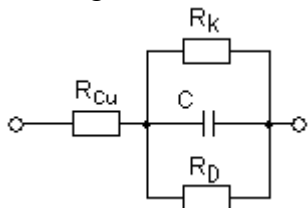


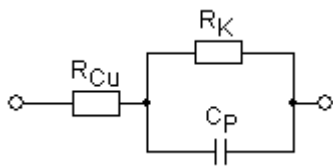
Bild 4: Ladungen im Kondensator ohne und mit Dielektrikum

Daher gilt in erster Näherung das folgende Ersatzschaltbild des realen Kondensators:



In R_{Cu} sind die ohmschen Verluste in den Kondensatorplatten und in den Zuleitungen zusammengefasst, R_D beinhaltet die Verluste welche durch die Bewegung der Dipole im Dielektrikum entstehen und R_K stellt die Verluste durch Kriechströme dar.

Bild 5: Ersatzschaltung des Kondensators mit Verlusten



Wird der Kondensator in seinem vorgesehenen Frequenzbereich eingesetzt, sind die frequenzabhängigen Reibungsverluste der Dipole im Dielektrikum vernachlässigbar. Dann gilt:

Bild 6: Einfache Ersatzschaltung

$$Z_C = R_{Cu} + \frac{1}{\frac{j\omega C}{1 + R_K j\omega C} + R_K} = R_{Cu} + \frac{R_K}{1 + R_K j\omega C} = R_{Cu} + \frac{R_K}{1 + (R_K \omega C)^2} + \frac{(R_K \omega C)^2}{1 + (R_K \omega C)^2} \frac{1}{j\omega C}$$

wobei der zweite Summand einen Verlustwiderstand darstellt, der bei der Frequenz ω genau so große Verluste verursacht wie der (physikalisch vorhandene) Widerstand R_K . Die Parallelkapazität C muss auch verändert werden, sodass die Serienschaltung die gleichen Eigenschaften aufweist wie die Schaltung im Bild 6.



Daraus erkennt man, dass die Parallelschaltung aus Kondensator und Widerstand bei genau einer gegebenen Frequenz ω in eine Serienschaltung umgewandelt werden kann.

Bild 7: Seriensersatzschaltung

Allgemein gilt ($R_{K'}=R_S$, $C_{P'}=C_S$):

$$R_S = \frac{1}{1 + (R_P \omega C_P)^2} R_P \quad (5)$$

$$C_S = C_P \frac{1 + (R_P \omega C_P)^2}{(R_P \omega C_P)^2} \quad (6)$$

Durch R_S und C_S fließt der gleiche Strom. Daher gilt für die Wirkleistung $P = I^2 R_S$ und für die Blindleistung $Q = I^2 \frac{1}{\omega C_S}$. Daraus erhält man für den Verlustwinkel

$$\tan \delta = \frac{P}{Q} = \frac{I^2 R_S}{I^2 \frac{1}{\omega C_S}} = R_S \omega C_S \quad (7)$$

Je kleiner der Verlustwinkel ist, desto geringer sind auch die Verluste. Je geringer die Verluste des Kondensators ausfallen, besser ist seine Qualität, seine Güte. Daher wird der Kehrwert des Verlustwinkels als Güte Q bezeichnet.

$$Q = \frac{1}{\tan \delta} \quad (8)$$

Betrachtet man die Parallelschaltung aus R_P und C_P alleine, so erkennt man, dass an beiden Bauelementen die gleiche Spannung U anliegt. Dann gilt für die Wirkleistung $P = \frac{U^2}{R_P}$ und für

die Blindleistung $Q = U^2 \omega C$ und schließlich für den Verlustwinkel

$$\tan \delta = \frac{P}{Q} = \frac{1}{R_P \omega C_P} \quad (9)$$

Der Verlustwinkel ist frequenzabhängig. Eine Angabe der Güte ohne der dazugehörigen Frequenz ist daher sinnlos. Nun können die Gleichungen (5) und (6) umgeformt werden und man erhält

$$R_S = \frac{1}{1+Q^2} R_P \quad (10) \quad C_S = C_P \frac{1+Q^2}{Q^2} \quad (11)$$

$$R_P = (1+Q^2) R_S \quad (12) \quad C_P = C_S \frac{Q^2}{1+Q^2} \quad (12)$$

Anmerkung: Für $Q > 10$ gilt näherungsweise $C_P = C_S$ und $R_P = Q^2 R_S$. Da die Güten von Kondensatoren (im vorgesehenen Frequenzbereich) im Allgemeinen > 1000 sind, können die Näherungen verwendet werden.

Geht man von der Serienschaltung (Bild 7) aus, so erlaubt sie uns, die beiden Widerstände in einem Widerstand zusammenzufassen und die Gesamtgüte zu berechnen:

$$\frac{1}{Q_{ges}} = (R_S + R_{K'}) \omega C_S = R_S \omega C_S + \frac{R_K}{1 + (R_K \omega C_P)^2} \omega C_P \frac{1 + (R_K \omega C_P)^2}{(R_K \omega C_P)^2} = R_S \omega C_S + \frac{1}{R_K \omega C_P}$$

Hätte der Kondensator nur Verluste durch R_S , wäre die Güte $Q_S = \frac{1}{R_S \omega C_S}$.

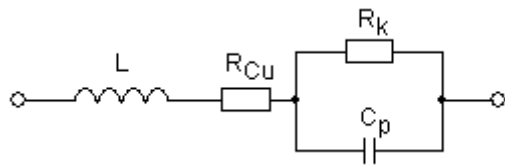
Hätte der Kondensator nur Verluste durch R_K , wäre die Güte $Q_K = R_K \omega C_K$.

Hat der Kondensator Verluste aus beiden Widerständen, so gilt nach dem Einsetzen die allgemein gültige Formel

$$\frac{1}{Q_{ges}} = \frac{1}{Q_S} + \frac{1}{Q_K} \quad (13)$$

Die Resonanzfrequenz (Eigenfrequenz)

Berücksichtigt man in der Ersatzschaltung des realen Kondensators neben den ohmschen Verlusten auch noch die Induktivitäten der Zuleitung und der (gewickelten) Kondensatorplatten, so hat man in der Ersatzschaltung eine zusätzliche Induktivität L:



Berechnet man wieder die Impedanz dieser Anordnung, liefert dies

Bild 8: Ersatzschaltung

$$Z_C = j\omega L + R_{Cu} + \frac{\frac{1}{j\omega C} R_K}{\frac{1}{j\omega C} + R_K} = j\omega L + R_{Cu} + \frac{R_K}{1 + R_K j\omega C} = j\omega L + R_{Cu} + \frac{R_K(1 - R_K j\omega C)}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2}$$

$$Z_C = j\omega L + R_{Cu} + \frac{R_K}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2} - j \frac{R_K^2 \omega C}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2} = j\omega L + R_{Cu} + \frac{R_K}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2} - j \frac{1}{\omega C} \frac{R_K^2 \omega^2 C^2}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2}$$

Bei der Resonanz(kreis)frequenz $\omega_{res} = 2\pi f_{res}$ wird der Imaginärteil Null und die Impedanz des Kondensators ist rein reell. Das passiert, wenn $j\omega L = j \frac{1}{\omega C} \frac{R_K^2 \omega^2 C^2}{1 + R_K^2 \omega^2 C^2}$ ist. Daraus kann

die Kreisfrequenz ω_{res} berechnet werden und es gilt

$$\omega_{res} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \sqrt{1 - \frac{L}{R_p^2 C}} \quad (14)$$

Dabei ist zu beachten, dass die Resonanzfrequenz von den Leitungsverlusten, die mit Hilfe von R_{Cu} modelliert werden, unabhängig ist. Bei dieser Frequenz ist die Impedanz des Kondensators rein reell und man erhält

$$R_{res} = R_{Cu} + \frac{L}{R_p C} \quad (15)$$

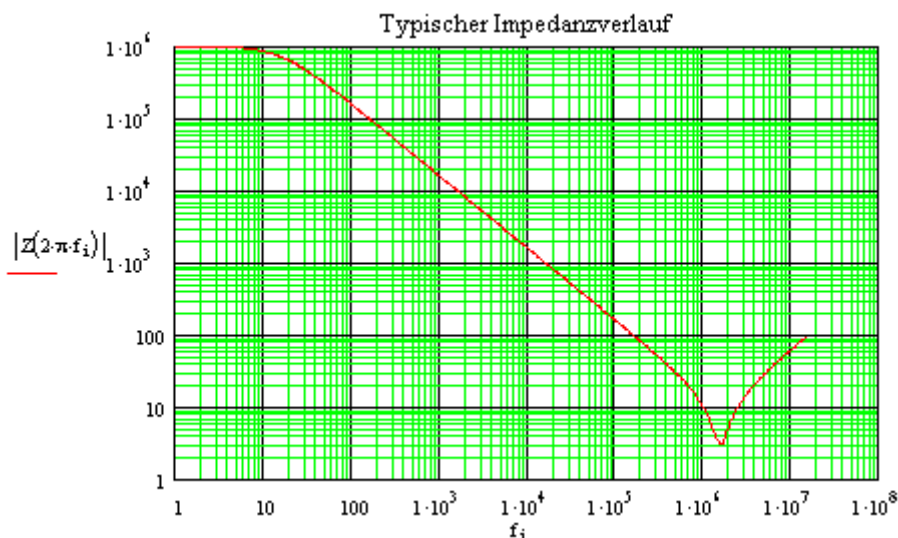


Bild 9: Impedanzverlauf eines 10nF-Kondensators mit $R_{Cu} = 3\Omega$, $R_p = 1M\Omega$ und $L = 1\mu H$

Der Temperaturkoeffizient

ist vom verwendeten Dielektrikum abhängig und kann vom Anwender des Bauelements nicht beeinflusst werden. Nur durch die Kombination von mehreren Bauelementen mit unterschiedlichen Temperaturkoeffizienten kann der Temperaturkoeffizient der gesamten Kombination bestimmt werden. Für den einzelnen Bauteilwert gilt $C = C_0(1 + \alpha\Delta\vartheta)$, wobei C_0 die Nennkapazität, α der Temperaturkoeffizient und $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$, die Temperaturänderung bezogen auf die Nenntemperatur darstellt.

Parallelschaltung zweier Kondensatoren

Werden die Kondensatoren C_1 und C_2 mit den Nennkapazitäten C_{01} und C_{02} parallel geschaltet, erhält man für die temperaturabhängige Gesamtkapazität

$$C_{ges} = C_1 + C_2 = C_{01}(1 + \alpha_1\Delta\vartheta) + C_{02}(1 + \alpha_2\Delta\vartheta) = C_{01} + C_{02} + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta$$

$$C_{ges} = (C_{01} + C_{02})\left(1 + \frac{C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2}{C_{01} + C_{02}}\Delta\vartheta\right)$$

Wird dieses Ergebnis mit der Formel für die Temperaturabhängigkeit eines einzelnen Kondensators verglichen, kann man leicht erkennen, dass der Temperaturkoeffizient der Parallelschaltung

$$\alpha_{ges} = \frac{C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2}{C_{01} + C_{02}} \quad (16)$$

ist. Durch geeignete Wahl der einzelnen Temperaturkoeffizienten und der einzelnen Bauteilwerte kann der Temperaturkoeffizient der Gesamtschaltung bestimmt werden.

Serienschaltung zweier Kondensatoren

Die Gesamtkapazität erhält man aus

$$C_{ges} = \frac{C_{01}(1 + \alpha_1\Delta\vartheta)C_{02}(1 + \alpha_2\Delta\vartheta)}{C_{01}(1 + \alpha_1\Delta\vartheta) + C_{02}(1 + \alpha_2\Delta\vartheta)} = \frac{C_{01}C_{02}(1 + (\alpha_1 + \alpha_2)\Delta\vartheta + \alpha_1\alpha_2\Delta\vartheta^2)}{C_{01} + C_{02} + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta}$$

$$C_{ges} = \frac{C_{01}C_{02}}{C_{01} + C_{02}} \frac{(C_{01} + C_{02})(1 + (\alpha_1 + \alpha_2)\Delta\vartheta + \alpha_1\alpha_2\Delta\vartheta^2)}{C_{01} + C_{02} + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta}$$

$$C_{ges} = \frac{C_{01}C_{02}}{C_{01} + C_{02}} \frac{(C_{01} + C_{02}) + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta + (C_{02}\alpha_1 + C_{01}\alpha_2)\Delta\vartheta + \alpha_1\alpha_2\Delta\vartheta^2}{(C_{01} + C_{02}) + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta}$$

$$C_{ges} = \frac{C_{01}C_{02}}{C_{01} + C_{02}} \left(1 + \frac{(C_{02}\alpha_1 + C_{01}\alpha_2)\Delta\vartheta + \alpha_1\alpha_2\Delta\vartheta^2}{(C_{01} + C_{02}) + (C_{01}\alpha_1 + C_{02}\alpha_2)\Delta\vartheta}\right) \approx \frac{C_{01}C_{02}}{C_{01} + C_{02}} \left(1 + \frac{(C_{02}\alpha_1 + C_{01}\alpha_2)\Delta\vartheta}{(C_{01} + C_{02})}\right)$$

Wobei die Näherung für „kleine“ Temperaturänderungen gilt. Damit wird der Temperaturkoeffizient bei der Serienschaltung von Kondensatoren näherungsweise

$$\alpha_{ges} = \frac{(C_{02}\alpha_1 + C_{01}\alpha_2)\Delta\vartheta}{(C_{01} + C_{02})} \quad (17)$$

Bauformen von Kondensatoren

Prinzipiell unterscheidet man zwischen

- gewickelten, einfach kontaktierten,
- gewickelten, stirnflächenkontaktierten und
- geschichteten, stirnflächenkontaktierten

Kondensatoren. Bei der gewickelten, einfach kontaktierten Bauform werden zwei leitende, längliche Folien durch Isolationsschichten voneinander getrennt. Dieser Aufbau wird aufgewickelt und mit einer weiteren Isolationsschicht ummantelt. Die beiden Folien (i.A. aus Aluminium) werden am Bandwickel kontaktiert. Somit stehen die Anschlüsse zur Verfügung.

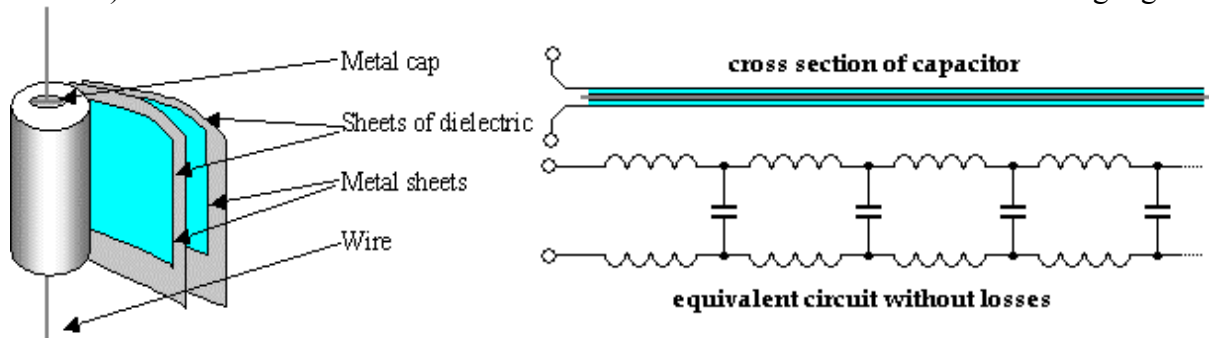


Bild 10: gewickelter, einfach kontaktierter Folienkondensator und seine Ersatzschaltung

Durch das Aufwickeln und nur einfacher Kontaktierung am äußeren Wickelende erhält man eine relativ hohe Eigeninduktivität des Kondensators. Versetzt man die beiden Metallfolien ein wenig, so stehen sie jeweils aus dem Wickel und das gesamte Folienband kann entlang einer langen Seite, im aufgewickelten Zustand ist das die Deck- und Bodenfläche des Zylinders, kontaktiert werden. Dadurch erhält man eine wesentlich geringere Induktivität und der Kondensator ist für hohe Ströme und für hohe Frequenzen einsetzbar. Man spricht von einem stirnflächenkontaktierten Kondensator.

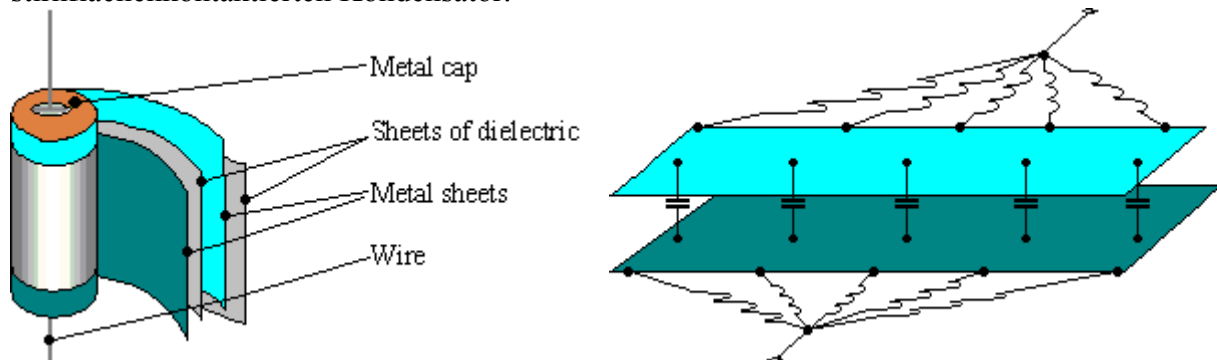


Bild 11: gewickelter, stirnflächenkontaktierter Folienkondensator und seine Ersatzschaltung

Durch die extrem kurzen Zuleitungen innerhalb des Bauelements und der Parallelschaltung vieler niedriger Induktivitäten ergibt sich eine extrem geringe Eigeninduktivität des Bauelements.

Keramische Vielschichtkondensatoren sind analog aufgebaut. Auf einem Keramiksubstrat wird eine Metallschicht (i. A. Aluminium) aufgedampft. Die bedampften Substrate werden abwechselnd leicht versetzt gestapelt und zu einem großen Kondensator zusammengebackt und anschließend auf die geforderte Länge abgetrennt. Dadurch stehen auf jeder Stirnfläche abwechselnd die Kondensatorplatten zur Kontaktierung bereit.

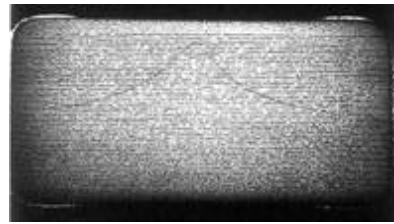
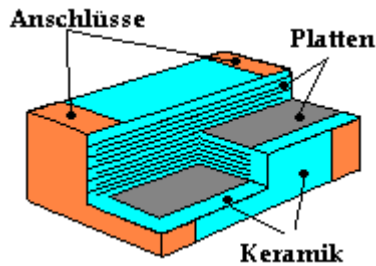


Bild 12: Aufbau eines keramischen Chipkondensators mit Stirnflächenkontaktierung und sein Querschnitt

Ausführungsformen von Kondensatoren

Man unterscheidet prinzipiell zwischen Kondensatoren, deren Kapazitätswert unveränderlich ist – Fixkondensatoren - und solchen deren Wert im Betrieb veränderbar - Drehkondensatoren und Trimmkondensatoren - sind. Die unveränderlichen Kondensatoren werden zusätzlich in gepolte und ungepolte Ausführungsformen unterteilt.

Gepolte Fixkondensatoren

Elektrolytkondensatoren (Elko)

Im Bestreben, eine möglichst große Kapazität bei geringem Bauvolumen zu erreichen, wird die Plattenoberfläche chemisch aufgeraut und oxydiert. Die Oxydschicht ist nur wenige Mikrometer dick und wirkt als Dielektrikum gemeinsam mit einem Elektrolyt, der den Gegenpol darstellt. Somit entsteht eine vierschichtige Struktur: Metall – Oxyd – Elektrolyt – Metall.

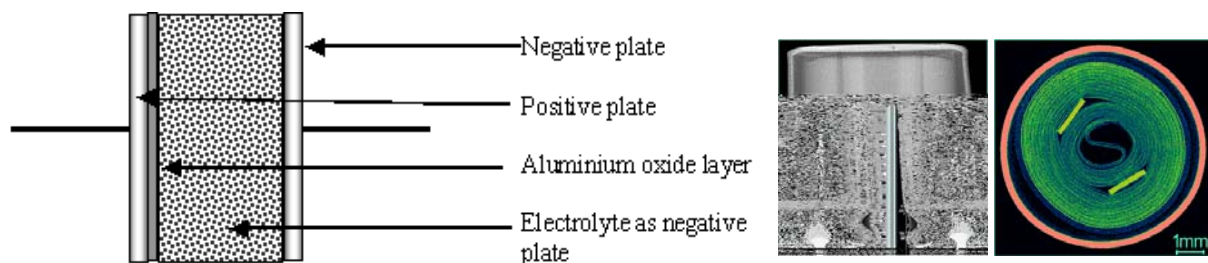


Bild 13: Aufbau eines Elektrolytkondensators

Als Metall wird Aluminium oder Tantal eingesetzt. Aluminium-Elkos beinhalten im Allgemeinen einen flüssigen, Tantal-Elkos einen festen Elektrolyt. Die Lebensdauer ist stark vom Strom durch den Elko und von seiner Betriebstemperatur abhängig.



Bild 14: Kapazitätsänderung als Funktion der Zeit bei einer Betriebstemperatur von 105°C.

Für Schaltnetzteile kommen speziell gefertigte Elkos zum Einsatz. Die Hochfrequenzeigenschaften sind üblicher Weise als schlecht zu bezeichnen. Für den Einsatz bei hohen Frequenzen sind keramische Kondensatoren vorzuziehen. Die Spannungsangaben sind stets Maximalwerte.

Es gilt die Abschätzung: Pro 10% weniger Spannung am Kondensator als die Nennspannung bringt eine Verdopplung der Lebensdauer.

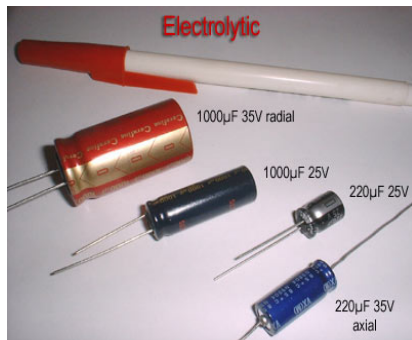


Bild 15: Aluminium-Elektrolytkondensatoren in bedrahteter (links) und SMD-Ausführung (82 µF/6V).

Tantal-Elkos haben einen sehr stark von der Temperatur abhängigen Leckstrom. Wird die zulässige Temperatur oder die maximale Betriebsspannung (auch nur kurzfristig) überschritten, steigt der Leckstrom lawinenartig an und es kommt zur irreversiblen Zerstörung des Bauelements. Wegen seiner geringen Eigeninduktivität ist er auch noch im unteren Hochfrequenzbereich einsetzbar.



Bild 16: Tantal-Elektrolytkondensatoren in Tropfenbauform

Ungepolte Fixkondensatoren

Keramische Kondensatoren

sind nicht gepolt, das Dielektrikum besteht aus Keramik, die Bauformen sind im Allgemeinen scheiben- oder röhrenförmig. Für SMD-Bauelemente werden sie auch in Schichtbauweise gefertigt. Sie sind langzeitstabil. Die Temperaturabhängigkeit hängt vom verwendeten Keramikmaterial ab, wobei X7R ($\epsilon_r=2000$) einen negativen Temperaturkoeffizienten, P100 und NPO einen positiven Temperaturkoeffizienten aufweisen. Z5U ($\epsilon_r=6000$) hat einen positiven Koeffizient bei Temperaturen unterhalb der Raumtemperatur und einen negativen Temperaturkoeffizienten bei Temperaturen über der Raumtemperatur. Sie sind wegen ihrer geringen Eigeninduktivität als Stützkondensatoren hervorragend geeignet.

Typische Werte: 0.47pF .. 10nF in bedrahteter Bauweise, bis 10µF in Schichtbauweise für SMD- Anwendungen

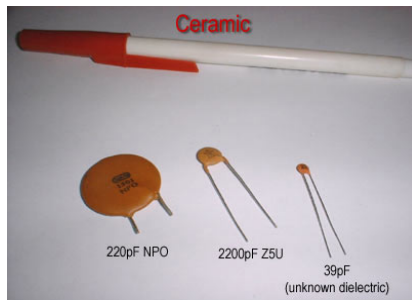


Bild 17: Bedrahtete und SMD-Bauformen (1208)

Eigenschaften der Keramikmaterialien

NP0 - Keramik:

- geringer linearer Temperaturbeiwert
- reversible Temperaturabhängigkeit
- keine Spannungsabhängigkeit der Kapazität
- bei hohen Frequenzen nur kleine Verluste
- hoher Isolationswiderstand
- enge Toleranzen durch große elektrische und zeitliche Konstanz der Kapazität

X7R - Keramik:

- nicht lineare Kapazitätsabhängigkeit von Temperatur und Spannung
- große Kapazitäten bei kleinen Abmessungen
- hoher Isolationswiderstand, dadurch geringe Verluste

Y5V - und Z5U - Keramik:

- nicht lineare Kapazitätsabhängigkeit von Temperatur und Spannung
- größte Kapazitäten bei geringen Abmessungen
- eingeschränkter Temperaturbereich

| Keramik | Kapazitätstoleranz | Temperaturbereich |
|---------|---|-------------------|
| NP0 | $\pm 5\%$ (<10pF: $\pm 0.25\text{pF}$) | -55 +125°C |
| X7R | $\pm 10\%$ | -55 +125°C |
| Y5V | +80% -20% | -30 +85°C |
| Z5U | $\pm 20\%$ | -30 +125°C |

Kunststoff-Kondensatoren

Wird zwischen den Platten des Kondensators eine Isolationschicht aus Kunststoff eingebracht, so brauchen die Platten nur geringe mechanische Festigkeit aufweisen, man kann dünne Metallfolien einsetzen oder auf einer isolierenden Folie oder Papier eine dünne Metallschicht aufdampfen. Man spricht von einem MP oder Metall-Papier- bzw. MK oder Metall-Kunststoff-Aufbau. Kondensatoren mit aufgedampften Elektroden sind im Allgemeinen selbstheilend. Erfolgt ein elektrische Durchschlag auf Grund von Überspannung durch das Dielektrikum, verbrennt der kleine Funke die Isolationschicht an der Durchschlagstelle und es entsteht ein kleines Loch im Dielektrikum und es entsteht ein Kurzschluss zwischen den Kondensatorplatten. Dadurch steigt die Stromdichte um die Durchschlagstelle weit über den maximal vorgesehenen Wert und die Metallschicht verdampft wegen der lokalen Überhitzung

so, dass sich die beiden Kondensatorplatten nicht mehr berühren. Der Kondensator verliert dadurch ein wenig seiner Kapazität, bleibt aber funktionstüchtig.

Kondensatoren mit aufgedampften Elektroden eignen sich nicht für hohe Ströme, sind aber selbstheilend. Kunststoffkondensatoren mit Metallfolienaufbau sind zwar für hohe Ströme geeignet, sind jedoch nicht selbstheilend.



Bild 18: Folie und Hochspannung-Folienkondensatoren



MKU - Kondensatoren (metallisierte Celluloseacetat Kondensatoren) haben hohe Kapazitätswerte bei geringem Bauvolumen. Sie sind stark temperaturabhängig und die dielektrischen Eigenschaften sind stark von der Frequenz abhängig. Das Material ist feuchtigkeitsempfindlich und macht daher den Einbau in ein Metallgehäuse notwendig. Typische Werte: 1nF .. 10 μ F

Bild 19: MKU-Kondensatoren

KS-Kondensatoren (Polystyrol-Folienkondensatoren, Styroflex-Kondensatoren) sind nur extrem gering von der Temperatur abhängig und eignen sich daher für den Bau analoger Filter. Es besteht jedoch die Gefahr, dass der Kondensator beim Lötvorgang überhitzt oder eine Temperatur über typisch 80°C erreicht und dadurch zerstört wird.

Typische Werte: 27 pF .. 100nF

KP-, MKP-Kondensatoren (metallisierte Polypropylen-Kondensatoren) sind langzeit- und temperaturstabil. Das Dielektrikum ist selbstheilend. Das bedeutet, dass nach einem Durchschlag keine leitfähige Verbindung zwischen den Kondensatorplatten bestehen bleibt. Der Kondensator verliert nur geringfügig von seinem Speichervermögen.

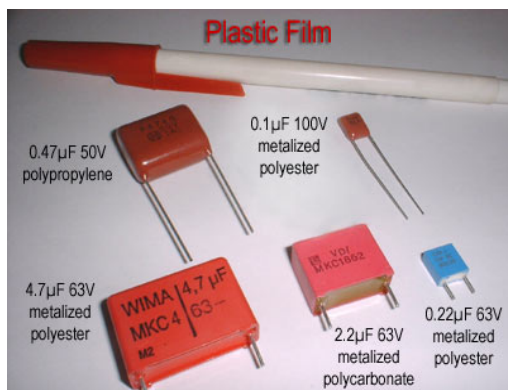


Bild 20: Folienkondensatoren

KT-, MKT-Kondensatoren (metallisierte Polyethylenterphtalat-Kondensatoren) besitzen eine hohe Kapazitätsdichte und sind auf Grund ihrer extrem geringen Leckströme sehr gut für Koppelkondensatoren geeignet. Sie haben eine schlechte Langzeitstabilität der Nennkapazität und daher als Kondensatoren in Filteranwendungen nicht geeignet.

KC-, MKC-Kondensatoren (metallisierte Polycarbonat Kondensatoren) besitzen ein wesentlich besseres Langzeitverhalten als MKT-Kondensatoren. Ihr Leckstrom ist jedoch stark temperaturabhängig.

Variable Kondensatoren

Unter variablen Kondensatoren versteht man solche, die während ihres Betriebs im dafür vorgesehenen Gerät in ihrem Kapazitätswert verändert werden können. Die Auswahlkriterien für derartige Kondensatoren sind

- Anfangskapazität oder minimale Kapazität
- Endkapazität oder maximale Kapazität
- Maximale Betriebsspannung
- Verlauf der Kapazität als Funktion des Drehwinkels
- Temperatureinfluss

Üblicher Weise wird zur Variation der Kapazität die aktive Fläche der parallelen Kondensatorplatten geändert. Es gibt auch veränderliche Kondensatoren mit einem veränderbaren Plattenabstand (Quetschtrimmer) oder mit variierbarem Dielektrikum (für Sensoranwendungen). Als Dielektrikum kommt im Allgemeinen Luft zur Anwendung. Für kleine Bauformen werden auch Kunststofffolien aus PTFE eingesetzt.

Trimmkondensatoren, Trimmer

Sie werden für den Abgleich von Schwingkreisen und Filtern eingesetzt. Der typische Wertebereich der Anfangskapazität liegt bei 2pF bis etwa 10pF, die typische Endkapazität zwischen 25pF bis 70pF. Der Kapazitätsverlauf ist meistens linear. Der mechanische Aufbau besteht aus mehreren Schichten halbkreisförmiger Platten, wobei jede zweite Platte drehbar gelagert ist. Der feststehende Teil (Stator) bildet ein Plattenpaket, der drehbare Teil (Rotor) stellt das zweite Plattenpaket dar, welches gegen den Stator elektrisch isoliert montiert wird. einem Gewinde in ihrer gegenseitigen Überlappung verstellt, wodurch die aktive Fläche variiert wird.



Bild 21: Folien- (2x), Quetsch-, Schraubtrimmer (plastic-, compression-, piston-trimmer)

Drehkondensatoren

Sie sind im Prinzip gleichartig aufgebaut wie die Trimmer. Bei Drehkondensatoren werden aber durch eine mechanische Verbindung mehrere voneinander elektrisch unabhängige Kondensatoren in ihrem Kapazitätswert verändert.



Bild 22: Doppeldrehkondensator in verschiedenen Rotorstellungen (6.35mm-Achse)

Diese Bauform ist historisch bedingt, da auch in frühen Rundfunkempfängerschaltungen bei der Senderwahl mindestens zwei Schwingkreise gleichzeitig verändert werden müssen. Heute wird das Prinzip des Drehkondensators für kapazitive Sensoren verwendet.



Bild 23: Foliendrehkondensator (4mm-Achse)