

Kondensatoren

Nach den Widerständen sind Kondensatoren die häufigsten Bauelemente in elektronischen Schaltungen. Im Prinzip ist ein Kondensator ein Isolator mit beidseitig leitfähigen Belägen, dessen Kapazität umso höher ist, je dünner der Isolator und je größer die Fläche und das ϵ_r des Isolators sind. Je nach Anwendung gibt es eine Vielzahl von Technologien, die sich vor allem im Material der isolierenden Schicht und insbesondere deren relativer Dielektrizitätskonstante (DK) ϵ_r unterscheiden.

Eigenschaften von Kondensatoren

- **Kapazität:** Proportionalitätsfaktor zwischen anliegender Spannung und gespeicherter Ladung. Einheit der Kapazität ist das Farad: $1 \text{ F} = 1 \text{ C} / \text{V}$ (C = Coulomb). Wie bei Widerständen sind die Werte in Normreihen gestuft, aber meist nur in den Reihen E6 und E12. Zur Stufung siehe bei den Widerständen. Kondensatoren werden in einem Wertebereich von unter 1 pF bis zu ca. 500 F gefertigt, wobei sich der gebräuchliche Wertebereich je nach Technologie drastisch unterscheiden kann.
- **Toleranz:** Wie bei den Widerständen.
- **Spannungsfestigkeit:** Die zulässige elektrische (Gleich-) Spannung am Kondensator. Wechselfeldspannung führt zu Stromfluß, siehe bei Strombelastbarkeit.
- **Temperaturverhalten:** Temperaturkoeffizient: $\Delta C / C$
- **HF-Verhalten, Resonanzfrequenz:** Bei hohen Frequenzen werden die Induktivität der Anschlußdrähte und der Wicklung von gewickelten Kondensatoren wirksam. Die Reihenschaltung dieser Induktivität mit dem Kondensator ergibt einen Serienresonanzkreis. Der Einsatz eines Kondensators ist nur unterhalb seiner Resonanzfrequenz sinnvoll. Spezialausführungen minimieren die Induktivität.
- **Langzeitkonstanz:** Irreversible Vorgänge im Widerstandsmaterial verändern den Widerstandswert, besonders bei hoher Belastung und / oder Temperatur.
- **Verlustfaktor, Serienwiderstand:** Er äußert sich wie ein Widerstand, der in Serie mit dem Kondensator liegt. Der Verlustfaktor ist der Winkel, um den der komplexe Widerstand von der imaginären Achse abweicht und wird als $\tan(\delta)$ angegeben. Bei Kondensatoren für die Energietechnik ist die Angabe des Serienwiderstands üblich. Er bewirkt Verluste bei Stromfluß durch den Kondensator.
- **Leckstrom:** Ein kleiner Sperrstrom bei anliegender Spannung. Spielt nur bei Elektrolytkondensatoren eine Rolle.
- **Strombelastbarkeit:** Durch Kondensatoren für die Energietechnik können beachtliche Ströme fließen. Nicht nur die verlustbedingte Erwärmung sondern auch die Kontaktierung und Ausbildung der Beläge begrenzt den zulässigen Strom.

- Technologie: Für das Isoliermaterial, die Herstellung der Leitschichten und deren Kontaktierung sind eine Reihe von Standardmethoden gebräuchlich

Technologie	Aufbau	Eigenschaften
Keramik NDK <u>N</u> iedere <u>D</u> K	Metallschichten auf Keramikkörper $\epsilon_r < 500$	Gute T-Konstanz, kleiner $\tan(\delta)$, nur kleine Werte bis ca. 100 pF
Keramik HDK <u>H</u> ohe <u>D</u> K	Metallschichten auf Keramikkörper $\epsilon_r > 500$	T-Konstanz schlechter, $\tan(\delta)$ höher. Dafür größere Werte bis nF
Keramik Vielschicht	Paket aus Keramik- und Metallschichten	T-Konstanz und $\tan(\delta)$ erlauben nur Einsatz für Kopplung und Entkopplung
Metallisierte Folie	Met. Kunststoffolie mit Randkontaktierung	Gute T-Konstanz und HF-Eigenschaften, selbstheilend
Folie	Wickel aus Kunststoff- oder Lackfolie	Gute T-Konstanz, bei Randkontaktierung gute HF-Eigenschaften
Papier MP	Wickel aus metallisiertem Papier	Beste Alterungsfestigkeit, sehr gute Selbstheilung
Aluminium-Elektrolyt	Oxidschicht $\epsilon_r \approx 10$ auf gerauhter Aluminiumfolie	Hohe C-Werte durch dünnes Oxid, schlechte T-Konstanz, deutlicher Sperrstrom, schlecht bei HF
Tantal-Elektrolyt	Oxidschicht $\epsilon_r = 26$ auf Körnern von gesinterem Tantalpulver	Hohe C-Werte durch dünnes Oxid, T-Konstanz, Sperrstrom und HF-Eigenschaften deutlich besser als Al-Elko
Doppelschicht Super-C	Doppelschicht Aktivkohle / Schwefelsäure	Extrem große Kapazitäten bis über 100 F, großer Serienwiderstand

Einsatzarten von Kondensatoren

- Kopplung und Entkopplung: Hier kommt es vor allem an auf eine geringe Induktivität und eine hohe Resonanzfrequenz. Im NF-Bereich sind hier auch Elektrolytkondensatoren einsetzbar.
- Hochfrequenzkondensatoren: Für frequenzbestimmende Schwingkreise sind gute T-Konstanz und ein kleiner $\tan(\delta)$ wichtig.
- Glättungskondensator: Bei der Netzgleichrichtung und in Schaltnetzteilen. Hohe Strombelastung erfordert kleinen Serienwiderstand.
- Stützkondensator: Zur Deckung kurzzeitiger Stromspitzen. In digitalen Schaltungen, aber auch in Fotoblitzgeräten als Energiespeicher.
- Leistungskondensator: Vor allem auf hohen Stromfluß ausgelegt (kleiner $\tan(\delta)$). Einsatz bei der Kommutierung von Thyristoren und bei der Kompensation der Blindleistung induktiver Verbraucher. Leistungskondensatoren altern!
- Pufferkondensator: Zur mittel- und langfristigen Energiespeicherung. Super C's können Akkus zur Pufferung von CMOS-RAM's ersetzen, bei im Prinzip unbegrenzter Lebensdauer. Leider Speichervermögen signifikant kleiner als bei gleichgroßen Akkus.

Gehäuse von Kondensatoren

- **Bedrahtete Gehäuse:** Zylindrischer Körper mit axialen oder radialen Drähten oder Anschlußfahnen. Größe je nach Kapazität und Spannung. Kleine Keramik Kondensatoren oft als runde oder rechteckige Scheiben oder auch Röhrchenform.
- **Metallgehäuse:** Zylindrische Gehäuse ohne oder mit Schraubzapfen oder Flansch. Anschlüsse ein- oder beidseitig mit Drähten oder Lötflächen.
- **SMD-Gehäuse:** Quaderförmige Gehäuse mit lötbaren Anschlußflächen. Mit Plastik umhüllt oder umspritzt.