

Spulen

Spulen sind als Bauelemente wenig beliebt wegen ihrer aufwendigen Herstellung. In Schaltwandlern aller Art und im Hochfrequenzbereich sind sie unverzichtbar.

Eigenschaften von Spulen

- Induktivität: Proportionalitätsfaktor zwischen Spannung und Stromänderung bzw. zwischen Spannungszeitfläche und Strom. Die Einheit der Induktivität ist das Henry (H): $1 \text{ H} = 1 \text{ Vs} / \text{A}$. Sehr hilfreich für das Verständnis des Verhaltens von Spulen ist der Begriff der Spannungszeitfläche.
Spulen werden im allgemeinen nach Erfordernis gefertigt, doch gibt es miniaturisierte Festspulen in Normreihen gestuft, analog zu anderen Bauelementen.
Spulen gibt es mit Werten von nH als Luftspule bis zu mehreren H als Spule mit Eisenkern. Bei Spulen mit Kern geht die relative Permeabilität μ_r des Kernmaterials entscheidend in die Induktivität ein.
- Toleranz: Wird individuell angegeben, für Festspulen siehe bei den Widerständen.
- Zulässiger Gleichstrom: Der zulässige Gleichstrom durch die Spule. Wird begrenzt durch Erwärmung der Wicklung und Sättigung des Kerns.
- Temperaturverhalten: Temperaturkoeffizient: $\Delta L / L$
- HF-Verhalten, Resonanzfrequenz: Die Wicklungskapazität führt zu einer Eigenresonanz der Spule. Der Einsatz einer Spule ist nur unterhalb ihrer Resonanzfrequenz sinnvoll. Speziell für hohe Frequenzen gibt es Ferritperlen zum Aufstecken auf einen Draht, die aber keine große Induktivität erzielen.
- Güte: Der Gleichstromwiderstand der Wicklung und Verluste im Kern äußern sich als Widerstand R_s in Serie mit der Spule. Die Güte Q wird bei einer Meßfrequenz angegeben und ist gleich $Q = \omega * L / R_s$.

Gehäuse von Spulen

- Ungehäust: Bewickelter Spulenkörper mit Anschlußdrähten oder Fahnen.
- Bedrahtete Gehäuse: Zylindrischer Körper mit axialen Drähten (bei Festspulen).
- SMD-Gehäuse: Quaderförmige Gehäuse mit lötbaren Anschlußflächen. Mit Plastik umhüllt oder umspritzt.
- Ring- oder geschichteter Kern: Kern mit Wicklung und Anschlußfahnen oder Drähten.

- Technologie: Bei Spulen sind für Kern und auch Wicklung je nach Einsatzart sehr viele Technologien gebräuchlich

Technologie	Aufbau	Eigenschaften
Luftspule	Wicklung freitragend oder auf unmagn. Kern	Hohe Ströme möglich, keine Sättigung, nur Werte bis ca. 100 μH , starke Streuung des Magnetfelds
Schwingkreisspule	Wicklung auf Wickelkörper mit Abgleichkern, teils mit Abschirmbecher	Begrenzte Induktivität mit Kern abgleichbar, hohe Güte
Ferritspule	Wicklung auf permeablem Kern	Begrenzte Ströme wegen Sättigung, dafür größere Werte bis mH. Starke Feldstreuung.
Ferrit Multilayerspule	Sandwich aus Ferritlagen und Leiterstücken	Nur kleine Werte wegen geringer Windungszahl
Ringkernspule	Wicklung auf Ringkern aus Ferrit oder Blech	Höhere Induktivitäten, sehr geringe Feldstreuung
Schalenkernspule	Wicklung auf Wickelkörper in Ferrit-Schalenkern	Hochwertige Spulen, je nach Kern auch für HF, sehr geringe Streuung
Eisenkernspule „Drossel“	Wicklung auf Wickelkörper in Eisenblechkern	Große Induktivitäten aber niedrige Grenzfrequenz. Nur für 50 Hz oder NF
„Gedruckte“ Spule	Als spiralförmige Leiterbahn realisiert	Wie Luftspule, als Behelf aus Kostengründen anzusehen

Einsatzarten von Spulen

- Verdrosselung: Sperrung bzw. Abschwächung hoher Frequenzen.
- Schwingkreisspule: Für frequenzbestimmende Schwingkreise sind hohe Güte und gute T-Konstanz wichtig. Mit beweglichem Kern für Abgleichzwecke.
- Vorwiderstand: Bei Entladungslampen zur verlustarmen Strombegrenzung.
- Speicherspule: Als Energiespeicher in Schaltwandlern. Hohe Stromtragfähigkeit und geringe Verluste nötig.

Dimensionierung von Spulen

Für Kerne mit definiertem Verlauf der magnetischen Feldlinien kann ein A_L -Wert angegeben werden, da in diesem Fall die Ausführung der Wicklung nur geringen Einfluß hat.

Der A_L -Wert hat die Dimension nH / W^2 . Werden $N = 10$ Windungen auf einen Kern mit einem A_L -Wert von 25 aufgebracht, so erhält man eine Induktivität von

$$L = N^2 * A_L = 10^2 * 25 \text{ nH} = 100 * 25 \text{ nH} = 2,5 \mu\text{H}.$$

Für die Höhe des A_L -Werts ist vor allem die Permeabilität des Kernmaterials sowie der Querschnitt und die Länge des feldtragenden Bereichs entscheidend.