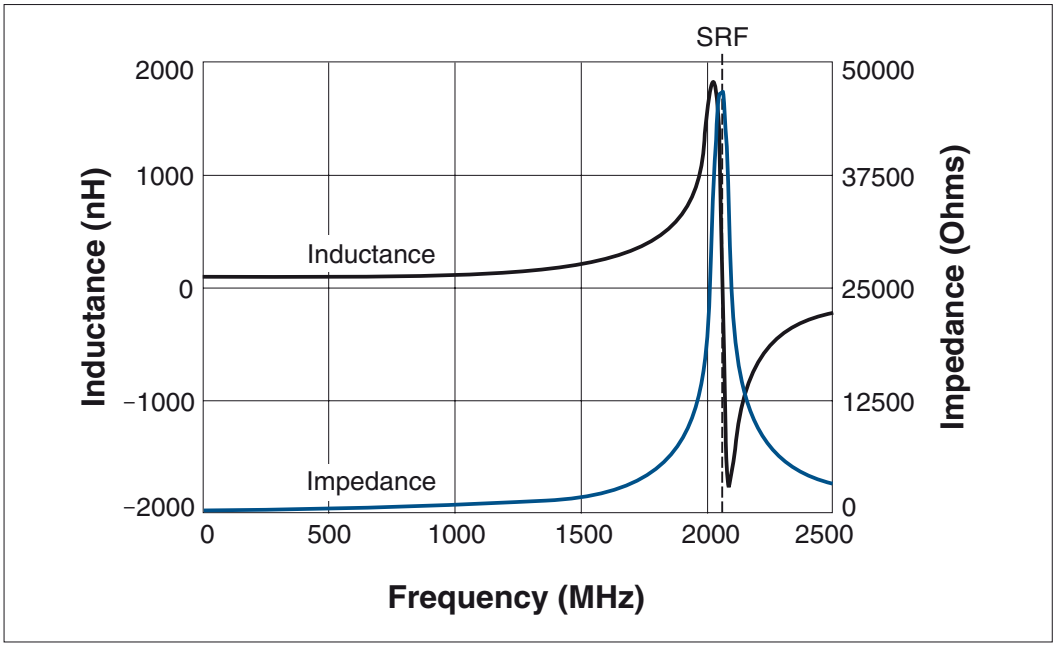
Schlüsselparameter für die Auswahl von HF-Induktivitäten



Induktivitätswert und Nennstrom sind zwar die Hauptbestimmungsfaktoren bei der Auswahl einer HF-Spule, doch muss man für die richtige Wahl das Augenmerk auch noch auf andere Parameter richten.

Die Auswahl der HF-Induktivität mit einer bestimmten Induktivität umfasst folgende Schlüsselparameter:

- Ausführung (gestreckt, Ringkern)
- Montageart (SMT oder THT)
- Nennstrom
- Gleichstromwiderstand
- Eigenresonanzfrequenz
- Q-Faktor über der Frequenz
- Temperaturabhängigkeit
- Temperaturfestigkeit (Einsatztemperaturbereich)

Während typischerweise eine geringe Größe erwünscht ist, hindern die Gesetze der Physik den Entwickler mehr oder weniger daran, dieses Ziel zu erreichen. Ermitteln Sie daher, wie klein eine Induktivität für eine bestimmte Anwendung sein kann. Denken Sie daran: Induktivitätswert und Nennstrom sind die Hauptbestimmungsfaktoren. Andere Parameter können dann optimiert werden.

Welchen Wert benötigt meine Induktivität?

Wenn die Induktivität lediglich als Hochfrequenzdrossel dienen soll, wird die Auswahl auf der Frequenz des zu unterdrückenden Störspektrums basieren. Bei der Eigenresonanzfrequenz ist bekanntlich die Impedanz maximal. Also könnte eine HF-Drossel optimal sein, deren Eigenresonanz in der Nähe der Frequenz liegt, die am meisten stört.

Bei Filtern höherer Ordnung muss jeweils der Induktivitätswert Element für Element basierend auf der Filtergrenzfrequenz berechnet werden. Diese Berechnungen erfolgen häufig mit kommerziellen Schaltungssimulationsprogrammen wie SPICE, AWRs Microwave Office und Agilents Genesys oder ADS.

Für abgestimmte Schaltkreise oder Impedanzanpassung ist eine enge Induktivitätstoleranz wünschenswert. Wie in Tabelle 1 gezeigt wird, erzielen drahtgewickelte Induktivitäten typischerweise engere Toleranzen als Mehrschicht- oder Dickschichtinduktivitäten.

Wie wirken sich meine aktuellen Anforderungen aus?

Ein höherer Strom erfordert einen größeren Drahtquerschnitt oder mehr Litzen der gleichen Drahtgröße, um Verluste und Temperaturanstieg im Zaum zu halten. Ein dickerer Draht senkt den DC-R und erhöht den Q-Faktor, dies aber auf Kosten von Größe, Gewicht, Kosten und möglicherweise (geringerer) Eigenresonanzfrequenz. Die in Tabelle 1 genannten Stromwerte zeigen dies an. Weiterhin ersichtlich: Drahtgewickelte Induktivitäten sind mehrschichtigen Induktivitäten von gleicher Größe und gleicher Induktivität überlegen.

Eine höhere Stromtragfähigkeit und ein niedrigerer DC-R können erreicht werden durch Verwendung eines Ferritkerns, da dieser eine niedrigere Windungszahl ermöglicht. Das Material Ferrit kann jedoch neue Einschränkungen wie größere Variation der Induktivität mit der Temperatur, lockerere Toleranzen, niedrigerer Q-Faktor und reduzierte Sättigungsstromwerte nach sich ziehen. Ferrit-Induktoren mit offenen magnetischen Strukturen wie Coilcrafts LS-Serie werden auch bei vollem Nennstrom nicht gesättigt.

Wenn die aktuelle Anforderung den Gleichstromwiderstand bestimmt

Aktuelle Ratings und DC-R sind eng miteinander verbunden, zumindest in den meisten Fällen. Es gilt: Wenn alle anderen Parameter konstant gehalten werden, wird eine größere Bauteilgröße benötigt, um den DC-R zu verringern.

Wie hoch muss die Selbstresonanzfrequenz sein?

Die Eigenresonanzfrequenz wird gemäß der Thomsonschen Gleichung von der parasitären Kapazität der Spule bestimmt. In der Einsatzschaltung sollte man aber noch die parasitäre Kapa-

Quelle: Coilcraft, Document 671-2, Revised 02/10/15 übersetzt von FS

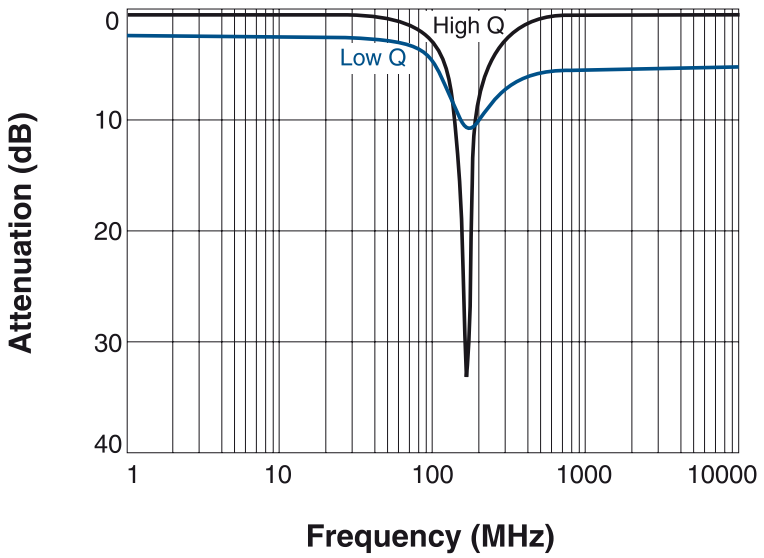


Bild 1: Hoher Q-Faktor ergibt schmale Bandbreite und unter entsprechenden Umständen (s. Text) geringen Einfügungsverlust

zität der Anschlussleitung(en) berücksichtigen.

Für Filter- oder Impedanzanpassungs-Anwendungen höherer Ordnung ist es von Vorteil, eine relativ flache Kurve des Impedanzverlaufs in der Nähe der vorgegebenen Frequenz zu haben. Dies führt zu der Forderung, eine Induktivität mit einer Eigenresonanzfrequenz weit über der Entwurfsfrequenz zu verwenden. Eine Daumenregel ist die Auswahl eines Induktors mit einer Eigenresonanzfrequenz, die eine Zehnerpotenz (10 ×) höher ist als die Betriebsfrequenz.

Im Allgemeinen bestimmt die Wahl des Induktivitätswerts typischerweise die Eigenresonanzfrequenz: Je höher der Induktivitätswert, desto niedriger ist die Selbstresonanzfrequenz aufgrund erhöhter Wicklungskapazität.

Induktivität und Impedanz vs. Frequenz

Induktivität und Impedanz steigen in der Nähe der Eigenresonanzfrequenz (Self-Resonance Frequency, SRF) stark an, wie in der Aufmachergrafik dargestellt: Induktivität und Impedanz für 100 nH, drahtgewickelte Induktivität.

Wählen Sie bei Unterdrückungsanwendungen eine Induktivität, deren SRF zusammen mit dem Platinen-Layout in der Nähe der zu dämpfenden Frequenz liegt. Für andere Anwendungen sollte die SRF mindestens zehnmal höher sein als die Arbeitsfrequenz.

Wann ist der Q-Faktor wichtig?

Ein hoher Q-Wert führt zu einer schmalen Bandbreite. Dieser Zusammenhang ist wichtig, wenn die Induktivität als Teil eines LC-Kreises verwendet werden soll, etwa in einer Tankschaltung (Oszillator) oder in Anwendungen mit schmalem Bandpass. Bild 1 zeigt es exemplarisch: Ein hoher Gütefaktor Q führt auch zu einem geringen Einfügungsverlust. Im Endeffakt kommt es jedoch auf das Verhältnis von Betriebs- zu Leerlaufgüte eines Kreises an: Je mehr sich Betriebs- und Leerlaufgüte gleichen, umso mehr dämpft der Schwingkreis, etwa beim Verhältnis 1:2 um 6 dB.

Der Q-Faktor einer Spule wird berechnet, indem man das Verhältnis von Impedanz zu Verlustwiderstand bildet. Achtung, nicht nur die Impedanz, auch der Verlustwiderstand ist frequenzabhängig, denn er ist nicht nur der DC-R. Das wird in der Theorie manchmal übersehen.

Alle frequenzabhängigen realen und imaginären Verluste sind in der Messung von Q enthalten einschließlich Induktivität, Hauteffekt des Leiters und Kernverluste im magnetischen Material. Wie in Tabelle 1 angegeben, haben Wickelinduktivitäten viel höhere Q-Werte als Mehrschichtinduktivitäten bei gleichem Wert.

Was muss ich bei der Temperaturbewertung beachten?

Die Verlustleistung steigt mit dem Strom und mit dem Gleichstromwiderstand. Dadurch steigt die Temperatur der Komponente an. Induktivitäten sind typischerweise für eine bestimmte Umgebungstemperatur ausgelegt und ein Temperaturanstieg über die Umgebungstemperatur hinaus aufgrund von Verlustleistung kann den Induktivitätswert verändern (wie auch die Eigenkapazität und die Eigenresonanz). Zum Beispiel stellen wir uns ein Teil vor, das für 125 °C ausgelegt ist und einen Anstieg um 15 K aufgrund z.B. der vollen Nennstromstärke auf 140 °C. Sie müssen nun überprüfen, ob Ihre Anwendung für eine solche Umgebungstemperatur und Stromaufnahme vorgesehen ist.

Wie finde ich schnell Induktivitäten mit allen Eigenschaften, die ich brauche?

Der Vergleich der Datenblätter der Induktivitätenhersteller kann zeitaufwändig sein. Der Induktivitätenfinder von Coilcraft auf www.coilcraft.com/apps/finder/rffinder.cfm ermöglicht die Auswahl von Induktivitäten, basierend auf sechs Parametern. Durch Eingabe nur des Induktivitätswerts und der Betriebsfrequenz erhält der Nutzer eine Liste aller Induktivitäten, die seinen Anforderungen entsprechen. ◄

Spulenmodell	Induktivität	Induktivitäts-toleranz	Q	Strom-Rating
Wirewound Coilcraft 0402HP-2N7XGL	2,7 nH	2%	85 bei 1,8 GHz	1,5 A
Multilayer TDK MLK1005S2N7ST	2,7 nH	11%	31 bei 1,8 GHz	500 mA
Wirewound Coilcraft 0402HP-68NXGL	68 nH	2%	50 bei 900 MHz	310 mA
Multilayer TDK MLK1005S68NJT	68 nH	5%	20 bei 900 MHz	150

Tabelle 1: Spulentypen im Vergleich