

Ganz nah dran!

SPICE-Bibliothek für stromkompensierte und lineare Drosseln

Eine effiziente Schaltungsentwicklung setzt eine vorgängige Simulation voraus. Jede Simulation ist aber nur so gut wie die Daten, mit denen sie gefüttert wurde. SCHURTER stellt für einen Grossteil seines Drosselsortiments ausgereifte Simulationsmodelle zur Verfügung.



Schaltungssimulation ist ein wichtiger Bestandteil der Schaltungsauslegung und wird durch viele computergestützte Werkzeuge vereinfacht. Ein bewährtes Instrument hierfür ist SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis). SPICE wurde erstmals 1973 an der University of California vorgestellt. Dieses Programm wurde in den letzten 40 Jahren konsequent weiterentwickelt und ist heute ein ausgereiftes und häufig verwendetes Programm, das es in verschiedenen Ausführungen und von unterschiedlichen Anbietern gibt. SPICE berechnet algorithmische Näherungs-

lösungen von analogen und digitalen sowie auch gemischten Schaltungen. Dabei basieren die einzelnen Simulationskomponenten auf den physikalischen Modellbeschreibungen oder auch auf abstrakt formulierten Funktionen. Diese Komponentenmodelle werden in der Folge als Netzliste abgebildet und durch eine Vielzahl von Differentialgleichungen berechnet.

Möglichst realitätsnah

Das Ziel der Simulation ist eine möglichst präzise Abbildung des tatsächlichen Funktionsverhaltens in der Realität. Dazu

müssen die Komponenten beispielsweise parasitäre Anteile oder auch thermisch bedingte Reduktionen berücksichtigen, was entsprechend komplexere Simulationsmodelle der einzelnen Komponenten voraussetzt und dementsprechend zu exakteren Simulationsergebnissen führt.

Die einzelnen Komponenten werden in Bibliotheken [1] zusammengefasst, welche einfach in die gängigen SPICE-Simulationswerkzeuge importiert werden können. Im Anschluss steht die ganze Produktfamilie für die Schaltungssimulation zur Verfügung und kann nach

unterschiedlichen Parametern ausgewählt werden (z.B. Nennstrom). Mit den bereitgestellten Simulationsmodellen können die verschiedenen stromkompensierten Drosseln verglichen und deren Frequenzverhalten sowie deren Sättigungsverhalten analysiert werden. Diese vorgängige Analyse reduziert den zeitlichen und finanziellen Aufwand im Prototypenaufbau enorm.

Simulationsmodelle

Die nachfolgend vorgestellten Simulationsmodelle für lineare Drosseln wurden mehrfach mit realen Bauteilen verifiziert und dazu mit dem Freeware-Simulationstool LTSPICE [2] von linear Technologies überprüft. Die bereitgestellten Bibliotheken können aufgrund ihres Aufbaus aber auch mit anderen verfügbaren SPICE-Programmen verwendet werden.

In der Folge wird der Aufbau des Simulationsmodells der linearen Drossel erklärt. Ausgehend von einer einfachen Spule wird das Modell erweitert bis hin zum ausgereiften Modell, welches sämtliche parasitären Anteile wie auch die magnetische Sättigung berücksichtigt. Im Anschluss werden auch die Verifikationsmessungen den Simulationsresultaten gegenübergestellt, um die Präzision der vorgestellten Modelle darzustellen.

Grundlage Drossel

In den nachfolgenden Abbildungen werden die europäischen Ersatzschaltbilder für die Komponenten dargestellt, welche in den Simulationsinstrumenten ausgewählt werden. Ausgehend von einer linearen Drossel, also nur der Induktivität (Abb. 1). Die Induktivität wird mit der internationalen Abkürzung L symbolisch gekennzeichnet. Der Wert der Induktivität wird mit der Einheit Henry angegeben.



Abb. 1: Schaltbild für Induktivität

Erweitertes Modells mit parasitären Anteilen

In der Realität erfolgen sämtliche elektrischen Übertragungen mit Verlusten. So besitzt beispielsweise die Spulenumwicklung neben der Induktivität L auch einen ohmschen Widerstand R. Ebenso kommt

es aufgrund der mehrfachen Wicklungen zu Kopplungskapazitäten C. Diese parasitären Eigenschaften können auch beim Schaltungsaufbau von aussen beeinflusst werden. Daher wird das Schaltungsmodell um diese Elemente entsprechend erweitert (Abb. 2).

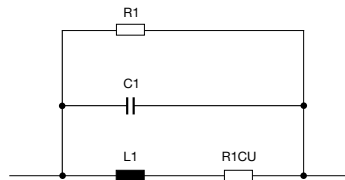


Abb. 2: Ersatzschaltbild einer Spule mit parasitären Komponenten

Bereits hier ist ersichtlich, dass es sich bei diesem Ersatzschaltbild um einen Schwingkreis handelt, welcher ein spezifisches Frequenzverhalten und eine spezifische Resonanzfrequenz aufweist.

Berücksichtigung der Sättigung

Zur Herstellung von Spulen mit höheren magnetischen Permeabilitätswerten werden Metallkerne verwendet. Je nach Übertragungsleistung und Frequenzbereich werden hier unterschiedliche Kernmaterialien eingesetzt.

Durch die Eigenschaften der ferromagnetischen Kernmaterialien können diese bei einem zunehmenden Strom die Magnetisierung nicht mehr erhöhen. In diesem Fall spricht man von der magnetischen Sättigung der Drossel. Hierdurch fällt bei einer bestimmten Stromstärke die Induktivität ab (Abb. 4). Für diesen Fall wird das materialspezifische Sättigungsverhalten im Simulationsmodell (Abb. 3) in Funktion des magnetischen Flusses abhängig vom Nennstrom berücksichtigt.

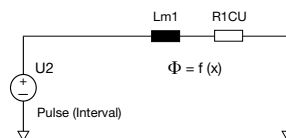


Abb. 3: Sättigungsmodell der Drossel

Simulation Sättigung Lineardrossel

Die Simulation des Sättigungsverhaltens zeigt sich insbesondere bei einem Spannungssprung. Entsprechend wird das Simulationsmodell aus den beiden vorgestellten Detailmodellen kombiniert und berücksichtigt nun neben dem parasitären

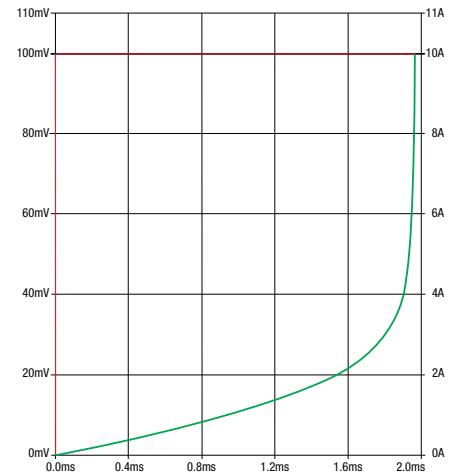


Abb. 4: Sättigungsverhalten der Drossel in Abhängigkeit des Stroms

itären auch das sättigungsabhängige Verhalten (Abb. 5). Das Verhalten wird nun in das lineare Modell integriert. Dafür werden die Induktivitäten gekoppelt und mit einer "unendlichen Induktivität" versehen. Parallel zur Linearinduktivität wird die Magnetisierungsinduktivität geschaltet mit dem gewünschten Verhalten der Sättigung.

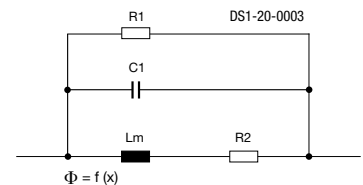


Abb. 5: Beispiel eines spezifischen kombinierten Ersatzschaltbildes

Damit die Simulation möglichst nah an das reale Verhalten herankommt, wurden vorab sämtliche Sättigungsströme ausgemessen und als Parameter im Term Isat im Modell berücksichtigt. Dieser Stromwert ist der Punkt, ab welchem die Drossel sättigt. Dieser muss für jede Drossel ausgemessen werden. Alle anderen Parameter können vom Standard-Drosselmodell übernommen werden und müssen nicht neu ausgemessen werden.

Modellverifikation mit ausgemessenen Spulen

Die nachfolgende Darstellung zeigt anhand einiger Messkurven die Annäherungspräzision der Simulationsmodelle mit der realen Spule anhand der vermessenen Referenzspule.

schurter.com/downloads

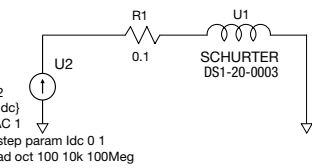


Abb. 6: SPICE-Modell einer spezifischen Spule

Folgende Kurve zeigt die Frequenzabhängigkeit der Drossel DS1-20-0003 ohne Sättigung. (Abb. 7).

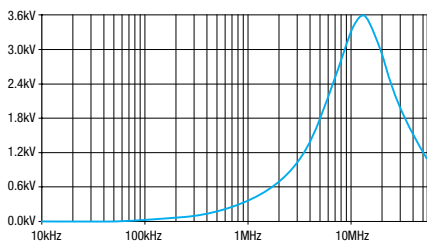


Abb. 7: Simulierter Frequenzgang der Drossel DS1-20-0003 ohne Sättigung

Nun wird die gleiche Drossel unter Berücksichtigung des Sättigungsstromes von 5 A simuliert. In der Simulation wird dazu eine Gleichstromquelle eingesetzt. Der DC-Strom wird dabei in 10 Schritten von 0 A auf 5 A erhöht und die Impedanz simuliert. Durch die Sättigung nimmt die Induktivität ab, die Resonanzfrequenz wird dadurch zusehends in den höheren Frequenzbereich verschoben (Abb. 8, rote Kurve verschiebt sich nach rechts).

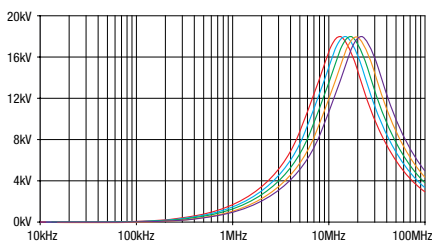


Abb. 8: Simulation des Frequenzgangs unter Berücksichtigung der Spulensättigung

Vermessung der Drosseln

Der Schaltungsaufbau zur Vermessung der Spulen wurde entsprechend dem nachfolgenden Schaltbild (Abb. 9) aufgebaut. Der Widerstand R2 spielt dabei eine wichtige Rolle. Dieser Wert wird an der Drossel vorgängig gemessen (Abb. 10) und in das Modell eingeführt (Abb. 9).

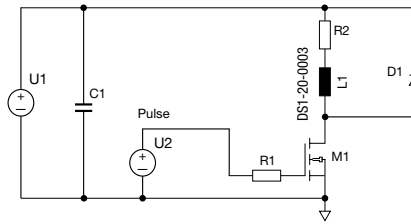


Abb. 9: Messaufbau zur Vermessung der Referenzspule

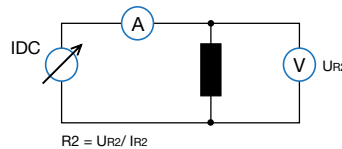


Abb. 10: Ausmessen des Serienwiderstands R2

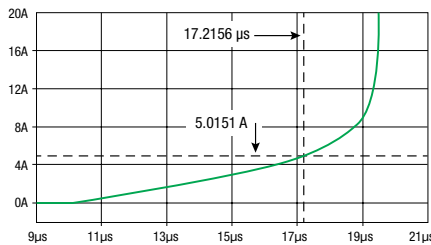


Abb. 11: Messresultat der vermessenen Referenzspule in Sättigung

1. Simulation
2. Messung
3. theoretischer Stromverlauf ohne Sättigung

Aus der Messung (Abb. 11) wird ersichtlich, dass die lineare Drossel eine hohe Übereinstimmung mit dem Simulationsmodell aufweist

Fazit

Mit diesen detaillierten SPICE-Modellen besteht nun die Möglichkeit, stromkompensierte und lineare Drosseln zu simulieren, damit vorgängig die kernmaterialabhängigen Sättigungsprobleme erkannt werden können. Dies unterstützt den Schaltungsentwurf bereits in der Simulation, so dass die richtigen Spulen für den jeweiligen Einsatzbereich ausgewählt werden können.

SCHURTER bietet mit diesen detaillierten SPICE-Simulationsmodellen eine zuverlässige Unterstützung für eine sichere und

kosteneffiziente Entwicklung von elektronischen Schaltungen, in welchen stromkompensierte oder lineare Drosseln eingesetzt werden. Die jeweiligen Dämpfungskurven und SPICE-Modelle stehen ebenso wie die mechanischen CAD-Modelle für diverse SCHURTER Produkte aus dem Drosselsortiment zur Verfügung.

Links

- [1] SPICE-Bibliotheken von SCHURTER: <http://www.schurter.ch/de/Dokumente?SearchText=spice>
- [2] LTSPICE: <http://www.linear.com/design-tools/software>

Unternehmen

SCHURTER ist weltweit führender Innovator und Produzent von Elektro- und Elektronikkomponenten. Im Zentrum stehen die sichere Stromzuführung und die einfache Bedienung von Geräten. Die grosse Produktpalette umfasst Standardlösungen in den Bereichen Geräteschutz, Gerätestecker und -verbindungen, EMV-Produkte, Schalter, Eingabesysteme und Elektronikdienstleistungen. Das weltweite Netz der Vertretungen garantiert zuverlässige Lieferungen und einen professionellen Service. Wo Standardprodukte nicht genügen, erarbeitet SCHURTER kundenspezifische Lösungen.

Hauptsitz

Division Components
SCHURTER Group

SCHURTER AG
Werkhofstrasse 8-12
Postfach
6002 Luzern
Schweiz
schurter.com

Kontakt

Asien-Pazifik
T +65 6291 2111
info@schurter.com.sg

Europa (Hauptsitz)
T +41 41 369 31 11
contact@schurter.ch

USA
T +1 707 636 3000
info@schurterinc.com

Komponenten

Schweiz

SCHURTER AG
Tel.: +41 41 369 31 11
contact@schurter.ch

Brasilien

SCHURTER + OKW do Brasil
Componentes Eletronicos Ltda.
Tel.: +55 11 5090 00 30
info@sob-brasil.com

China

SCHURTER Electronics Shenzhen Ltd.
Tel.: +86 755 2994 0066
info@schurter.com.cn

CHI LICK SCHURTER Ltd.
Hong Kong SAR
Tel.: +852 2408 7798
fuse@chilickschurter.com

Deutschland

SCHURTER GmbH
Tel.: +49 7642 6820
info@schurter.de

Frankreich

SCHURTER S.A.S.
Tel.: +33 3 2502 5049
contact@schurter.fr

Indien

SCHURTER Electronics (India) Pvt. Ltd.
Tel.: +91 2667 264753/4
info@schurter.co.in

Italien

KEVIN SCHURTER S.p.A.
Tel.: +39 02 3046 5311
info@kevin.it

Österreich

BURISCH ELEKTRONIK BAUTEILE GMBH
Tel.: +43 1 277 200
info@burisch.net

Polen

SCHURTER Electronics Sp. z. o.o.
Tel.: +48 22 4399 200
contact@schurter.pl

Schweden

SCHURTER Nordic AB
Tel.: +46 8 447 35 60
info@schurter.se

Singapur

SCHURTER (S) Pte. Ltd.
Tel.: +65 6291 2111
info@schurter.com.sg

Tschechische Republik

SCHURTER spol. s r.o.
Tel.: +42 0483 392 080
firma@schurter.cz

aki electronic spol. s r.o.
Tel.: +42 0567 112 011
info@aki-electronic.eu

United Kingdom

SCHURTER Ltd.
Tel.: +44 1243 810 810
sales@schurter.co.uk

USA

SCHURTER Inc.
Tel.: +1 707 636 3000
info@schurterinc.com

Eingabesysteme

Deutschland

SCHURTER GmbH
Tel.: +49 7642 6820
info@schurter.de

Schweiz

SCHURTER Input Systems AG
Tel.: +41 56 481 90 00
input@schurter.ch

United Kingdom

SCHURTER Electronics Ltd.
Tel.: +44 1296 319 000
sales@schurter.co.uk

Niederlande

SCHURTER Electronics B.V.
Tel.: +31 523 281 200
sales@schurter.nl

Elektronikdienstleistungen

Schweiz

SCHURTER AG
EMC-EMS Competence Center
Tel.: +41 91 640 67 00
contact@schurter.ch

Solutions

Schweiz

SCHURTER AG
Tel.: +41 41 369 31 11
contact@schurter.ch

safe&easy

schurter.ch



- Geräteschutz
- Geräteverbindungen
- EMV-Produkte
- Schalter
- Eingabesysteme
- Solutions