

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

ANP029 VON RANJITH BRAMANPALLI

1. Einleitung

Leistungsverluste bei Schaltnetzteilen treten meistens in Form von Schaltverlusten und Verluste der induktiven Bauelemente auf. Verluste der induktiven Bauelemente erfolgen im Kern und den Wicklungen von Speicherdrosseln und Überträgern. Die exakte Bestimmung dieser Verlustleistung ist für das Konstruieren zuverlässiger Systeme mit hohem Wirkungsgrad heutzutage wichtiger denn je – besonders im Umweltschutz. Zur Abschätzung der Kernverluste bei Schaltnetzteilen können komplexe Messaufbauten erforderlich sein, und doch lässt sich nicht garantieren, dass die vorgenommene Abschätzung für die spezifische Anwendung relevant ist. Kernverluste wurden anfangs mit der Steinmetzgleichung und seit einiger Zeit mit deren Erweiterungen berechnet. Diese Gleichungen erlauben allerdings nur für bestimmte Bedingungen oder Materialien eine zuverlässige Abschätzung der Verluste. Aus diesem Grund wurde von Würth Elektronik eiSos ein neues Modell nach aktuellem Stand der Technik entwickelt, mit dem sich Kernverluste effektiv und genau ermitteln lassen. Dieses Modell wurde in unserem neuen Entwicklungswerkzeug REDEXPERT implementiert.

2. Energiespeicherung in induktiven Bauelementen

In Schaltnetzteilen dient die Speicherdrossel als Speicherkomponente: Sie speichert Energie in Form eines Magnetfeldes während der Einschaltphase des Schaltreglers und gibt diese Energie während der Ausschaltphase an die Last ab. Die Speicherdrossel besteht üblich aus einer mit Kupferdraht gefertigten Spule und einem Kern mit magnetischen Eigenschaften. Aus der elektromagnetischen Physik wissen wir, dass, wenn eine magnetomotorische Kraft an eine Spule angelegt wird, diese im zeitlichen Verlauf einen Magnetfluss $\Phi(t)$ induziert. An jeder Stelle ist die Magnetflussdichte B stets proportional zur Feldstärke H .

$$B(t) = \mu_r \mu_0 H(t)$$

B ist die magnetische Flussdichte (Φ/A), μ_r ist die Permeabilität des Materials, μ_0 die Permeabilität der Luft und H die magnetische Feldstärke.

Die Spule ist wahlweise um den Kern gewickelt oder darin untergebracht. Der Kern enthält einen Luftspalt, um das magnetische Feld effektiv zu nutzen. Der Kern ist in der Regel aus Ferritmaterial mit ferromagnetischen Eigenschaften und einer sehr viel höheren Permeabilität als Luft. Aus der Reihenschaltung des hohen Luftspaltwiderstands mit dem widerstandsarmen Ferritmaterial, wird der Großteil der Energie im Luftspalt gespeichert.

Spulen unterliegen dem ampèreschen wie dem faradayschen Gesetz. Das ampèresche Gesetz setzt den Strom in der Spule oder den Drahtwicklungen zum Magnetfeld im Spulenkern ins Verhältnis. Zur Annäherung wird angenommen, dass das Magnetfeld im Drosselkern über die gesamte Kernlänge (l_e) gleichförmig ist. Aufgrund dieser Annahme können wir das ampèresche Gesetz wie folgt formulieren:

$$H \times l_e = N \times I$$

Hierbei ist N die Anzahl der Wicklungen der Spule um den Drosselkern und I der Spulenstrom.

Nach dem faradayschen Gesetz beträgt die an der Spule angelegte Spannung

$$U(t) = N \times \frac{d\Phi}{dt} \quad (\text{bzw.}) \quad U = L \times \frac{di}{dt}$$

Aus den obigen Gleichungen lässt sich der Spulenwert wie folgt berechnen:

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

$$L = \mu \frac{Ac n^2}{le}$$

Hierbei ist Ac die Querschnittsfläche des Kerns.

Da Ferritmaterialien eine hohe Permeabilität aufweisen, stellen sie aufgrund des niedrigen magnetischen Widerstands einen einfachen Weg für den Magnetfluss dar. Diese Eigenschaft unterstützt den Fluss im Drosselkern, was die Konstruktion von Drosseln mit hohen Induktivitätswerten bei geringen Abmessungen ermöglicht. Dieser Vorteil ist aus der obigen Induktivität-Gleichung klar ersichtlich: Ein Kernmaterial mit hoher Permeabilität ermöglicht eine kleinere Querschnittsfläche.

Bei Schaltnetzteilen lässt sich die maximale Magnetflussdichte wie folgt berechnen:

$$B_{pk} = \frac{L}{N \times Ac} \times \frac{di}{dt}$$

Auch gekoppelte Drosseln (auch Sperrwandler-Übertrager) sind Spulen, nur mit mehreren Wicklungen. Diese Wicklungen sind komplexer zu betrachten, aber die Kerneigenschaften bleiben hiervon unberührt.

3. Leistungsverluste

Leistungsverluste treten bei Spulen in den Wicklungen und im Kern auf und heißen folglich Wicklungs- bzw. Kernverluste.

3.1. Wicklungsverluste

Die Leistungsverluste in den Wicklungen entstehen aufgrund des Gleichstromwiderstands (R_{DC}) der Wicklungen, des Skin-Effekts und des Proximity-Effekts. Leistungsverluste aufgrund des Gleichstromwiderstands lassen sich mit der folgenden Gleichung näherungsweise bestimmen:

$$P = I^2 \times R_{DC}$$

Die durch den Skin- und den Proximity-Effekt bedingten Leistungsverluste werden als Wechselstromwiderstand (R_{AC}) der Wicklung bezeichnet, der in erster Linie von der Frequenz abhängt. Es gibt einige Methoden zur Ermittlung dieser Effekte in magnetischen Bauteilen, doch sind zur näherungsweisen Bestimmung dieser Verluste komplizierte Vorgänge wie die Dowell-Methode nötig.

3.2. Kernverluste

B wird gemessen, während H erhöht wird. Die Ansprechcharakteristik von B zu H ist nicht linear und zeigt eine Hysterese (daher die Bezeichnung Hysteresekurve). Die Hysterese stellt die Eigenschaften des Kernmaterials dar, die zum Leistungsverlust im Spulenkern führen. Abbildung 1 zeigt eine typische BH-Kurve bei sinusförmiger Anregung des Kerns.

Der Energieverlust eines Schaltzyklus im Kern entspricht der Differenz zwischen der Magnetenergie, die dem Kern während der Einschaltphase zugeführt wird, und der Magnetenergie, die während der Ausschaltphase aus dem Kern abgezogen wird. Dies wird verursacht durch die Elementarmagnete, die in der Ausschaltphase nicht von alleine in die Ausgangslage zurückfallen, sondern mit Energieaufwand zurückgestellt werden müssen.

Unter Verwendung des ampèreschen und des faradayschen Gesetzes lässt sich die Energie im Kern wie folgt ausdrücken:

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

$$E = \int H dB$$

Der Energieverlust im Kern ist der von der BH-Kurve umschlossene Bereich multipliziert mit dem Kernvolumen. Der Leistungsverlust entspricht dem Produkt aus diesem Energiewert (E) und der Schaltfrequenz.

Dieser Ausdruck ist unter den Bedingungen gültig, dass der Kern nicht in die Sättigung gefahren wird und die Schaltfrequenz im vorgesehenen (linearen) Betriebsbereich liegt. Der Bereich der Hystereseurve (in Abbildung 1 rot gekennzeichnet) stellt den Energieverlust dar. Der Leistungsverlust hängt davon ab, wie häufig pro Sekunde die Hystereseurve durchlaufen wird. Insofern stehen die Hystereseverluste in direktem Zusammenhang mit der Frequenz.

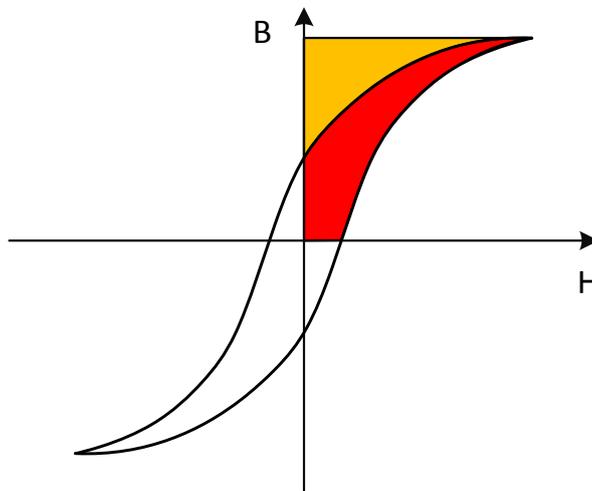


Abb. 1: BH-Kurve

Die zweite Form der Kernverluste entstehen durch Wirbelströme, die durch einen zeitlich veränderlichen Fluss $\frac{d\Phi}{dt}$ im Kernmaterial induziert werden. Nach der Lenz'schen Regel wird durch eine Änderung eines Magnetflusses ein Strom induziert, der seinerseits einen Magnetfluss induziert, der dem ursprünglichen Fluss entgegenwirkt. Dieser Wirbelstrom fließt durch das leitfähige Kernmaterial und erzeugt I^2R Verluste.

4. Ermittlung der Verluste

Anfänglich wurden Kernverluste mithilfe der Leistungsgleichung (1) ermittelt, die auch als Steinmetz-Gleichung bekannt ist.

$$P_v = K \times f^\alpha \times B_{pk}^\beta$$

Hierbei sind P_v die Kernverluste (bedingt durch Hysterese und Wirbelströme) je Volumeneinheit, f die Frequenz, B_{pk} die höchste Flussdichte einer sinusförmigen Anregung und K , α und β die Konstanten, die aus dem in Abbildung 2 gezeigten Kernverlustdiagramm abgeleitet werden.

Die in Abbildung 2 für die Kernverluste angegebenen Daten umfassen gewöhnlich die Verluste sowohl der Hysterese als auch der Kernwirbelströme. Die Messung der Kernverluste ist schwierig, weil hierfür komplexe Aufbauten zur Messung der Flussdichte erforderlich sind, und zudem eine Schätzung der Fläche der Hystereseurve notwendig ist. Zum Zeichnen dieser Kurven wird eine Sinuswelle an den Ringkern mit ein oder

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

zwei je eingängigen Spulenwicklungen angelegt. Dann werden viele Daten generiert, um das Kernverlustdiagramm zu erstellen. Auf der Basis des Diagramms in Abbildung 2 werden die Konstanten abgeleitet.

Der wesentliche Nachteil der Steinmetzgleichung besteht darin, dass sie vor allem für sinusförmige Anregungen gilt. In Anwendungen der Leistungselektronik ist die Spule aber vor allem nichtsinusförmigen Magnetflusswellenformen ausgesetzt. Zwar gibt es auch andere Modelle, die das Problem nichtsinusförmiger Wellenformen durch Trennung von Hysterese- und Wirbelstromverlusten zu lösen versuchen, doch hat sich die empirische Steinmetzgleichung als nützlichste Variante erwiesen und bietet für sinusförmige Magnetflusswellenformen eine hohe Genauigkeit bei einfacher Nutzung. Deswegen gibt es für diese Leistungsgleichung Erweiterungen, die sie auch für nichtsinusförmige Magnetflusswellenformen nutzbar machen sollen.

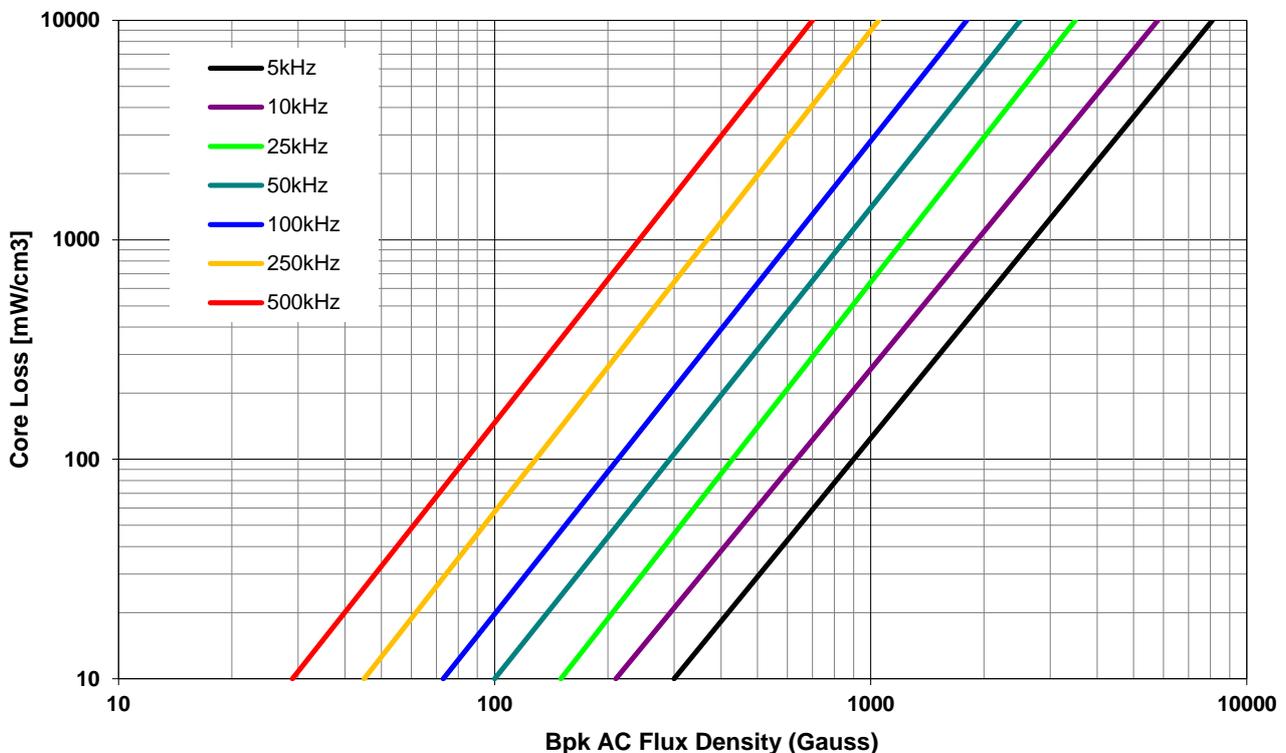


Abbildung 2: Kernverlustdiagramm bezogen auf die maximale Magnetflussdichte bei unterschiedlichen Frequenzen

Zur Schätzung der Kernverluste mithilfe der Steinmetzgleichung für nichtsinusförmige Wellenformen wird seit einiger Zeit eine Erweiterung namens MSE (Modified Steinmetz Equation, 2) verwendet.

$$P_v = \left(K \times f_{eq}^{\alpha-1} \times B_{pk}^{\beta} \right) \times f \quad \text{Hierbei gilt: } f_{eq} = \frac{f}{2\pi \times (DC - DC^2)}$$

f_{eq} ist die äquivalente Frequenz bezogen auf die Änderung im Tastverhältnis für nichtsinusförmige Wellenformen.

Aufgrund der mit MSE einhergehenden Nachteile wurde dann die GSE (Generalized Steinmetz Equation) entwickelt, die wir in nachfolgender Gleichung sehen.

$$P_v = \left(K \times f_{eq}^{\alpha} \times B_{eq}^{\beta} \right) \quad \text{Hier gilt: } B_{eq} \text{ ist } \frac{1}{4} \int_0^T \left| \frac{dB}{dt} \right| dt$$

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

Aus diesem Grund basieren auch GSE- und MSE-Kernverlustdiagramme auf einer sinusförmigen Erregung. Es gelten zudem einige Einschränkungen, die weiter unten noch behandelt werden.

Es gibt auch noch eine Reihe alternativer Modelle, die von den Kernherstellern entwickelt wurden, welche sich optimal für Kerne einsetzen lässt, die von genau diesen Herstellern hergestellt werden.

Folgende wesentliche Nachteile gelten für das Steinmetzmodell und seine Erweiterungen:

- Abhängigkeit von den empirischen Daten der Kernhersteller: Zum Erstellen von Kernverlustdiagrammen muss auf die Daten des Kernherstellers zurückgegriffen werden. Hersteller passiver Bauteile haben keinen Einfluss auf den Testaufbau.
- Geringe Genauigkeit bei Puls- und Dreieckswellenformen, da die Kernverlustdiagramme auf Daten basieren, die durch eine sinusförmige Anregung entstehen.
- Aufgrund von Fehlern bei der Parameterkonvertierung funktioniert die Erweiterung des Steinmetzmodells nur bei einem Tastverhältnis von 50 % und einem beschränktem Frequenzbereich optimal.
- Beschränkung auf Bauteile, die aus bestimmten Materialien bestehen oder von bestimmten Herstellern stammen.
- Wegen der hohen Komplexität bei der Schätzung der Magnetweglänge ist die Schätzung der Kernverluste mithilfe bestehender Modelle für Eisenpulver- und Metal Alloy-Materialien nicht nur anspruchsvoll, sondern die Genauigkeit ist auch starken Schwankungen unterworfen.
- Aufgrund der zeitlichen Veränderungen in der Magnetflussdichte entstehen auch in den Wicklungen Verluste infolge von Skin- und Proximity-Effekten usw. Die oben beschriebenen Ansätze berücksichtigen auch keine Wechselstromverluste der Wicklung.
- Bei Bauteilen, die aus mehreren Materialien bestehen, ist eine Schätzung der Verluste nicht möglich.
- Hohe Komplexität von Aufbauten, um empirische Daten ausreichender Genauigkeit zu ermitteln.

5. Das Wechselstromverlustmodell von Würth Elektronik

Würth Elektronik eiSos hat ein hochmodernes Modell entwickelt, mit dem Kunden die passende Induktivität mit hoher Effektivität auswählen, und ihre Schaltung optimieren können. Dieses Modell basiert auf den empirischen Daten, die mit einem Echtzeitanwendungsaufbau gewonnen werden.

Beim Modell von Würth Elektronik eiSos werden die Gesamtverluste der Induktivität in Wechselstrom- und Gleichstromverluste unterteilt. Die Leistungsverluste aufgrund des Gleichstroms in den Spulenwicklungen werden als Gleichstromverluste, die Leistungsverluste infolge der magnetischen Aussteuerung in der Spule und im Kern als Wechselstromverluste bezeichnet.

Empirische Daten werden mit einem DC-DC-Wandler erfasst, wie er in Abbildung 3 gezeigt ist. An die Induktivität wird eine pulsierende Spannung angelegt, dann werden die Eingangsleistung P_{in} und die Ausgangsleistung P_{out} gemessen. Auf dieser Basis wird $P_{Loss} = P_{in} - P_{out}$ geschätzt und die Wechselstromverluste der Spule P_{AC} werden separiert. Dieser Vorgang wird für unterschiedlichste Parametereinstellungen – beispielsweise Schwankungen der magnetischen Aussteuerung, Frequenz, Rippelstrom, usw. – gemessen, um so die empirischen Daten aufzeichnen zu können. Mithilfe dieser empirischen Daten wird das Modell zur Berechnung der Wechselstromverluste erstellt: $P_{AC} = f(\Delta I, freq, DC, k1, k2)$.

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

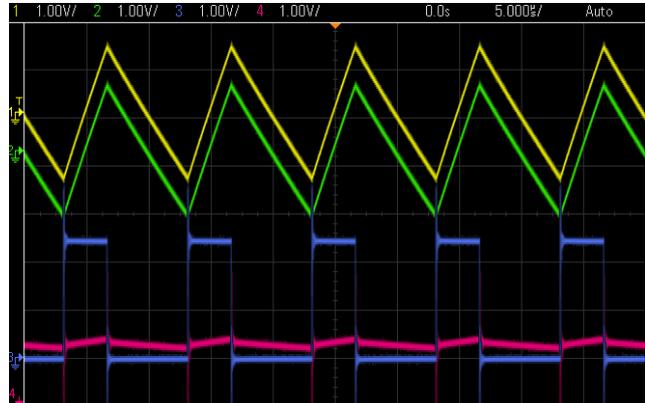
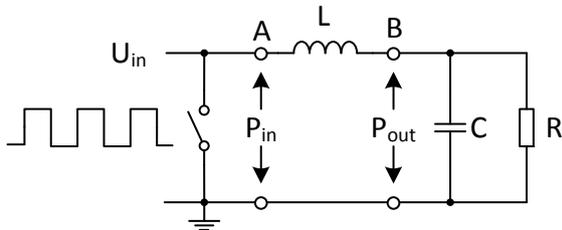


Abb. 3: Aufbau des DC-DC-Wandlers zur Verlustbestimmung und resultierende Aufnahmen

Die in den Datenblättern für typische Kernmaterialien gezeigte Hysteresekurven stellen die magnetische Aussteuerung von + nach – des Kerns durch eine sinusförmige Wellenform dar. Die Hysteresekurve gibt dabei den in Abbildung 4a dargestellten Energieverlust an. Dieser Ansatz ist mit dem zur Erzeugung empirischer Daten für die in Abbildung 2 gezeigten Kernverlustdiagramme identisch.

Bei einer Schaltnetzteilanwendung jedoch wird der Kern normalerweise durch eine wesentlich kleinere Rechteckwellenform mit einer maximalen Flussdichte betrieben, die durch die Kernverluste auf eine kleinere Hysteresekurve beschränkt wird (Abbildung 4b). Der Leistungsverlust hängt davon ab, wie häufig pro Sekunde die Hystereseschleife durchlaufen wird. Insofern stehen die Hystereseverluste in direkter Abhängigkeit zur Frequenz. Die Hysteresekurve ändert ihre Form bei Änderungen der Wellenform, des Antriebsstroms bzw. der Antriebsspannung und der Temperatur. Diese Schwankungen machen eine genaue Vorhersage der Kernverluste ausgesprochen schwierig. Die kleinere Hysteresekurve hängt von der Spannung über der Drossel ab. Diese kleinere Hysteresekurve wird genau am Arbeitspunkt zur Erzeugung empirischer Daten für das Wechselstromverlustmodell von Würth Elektronik verwendet. Es hat sich als robust und präzise für weite Bereiche von Parametern wie Frequenz, Ripplestrom und Tastverhältnis erwiesen.

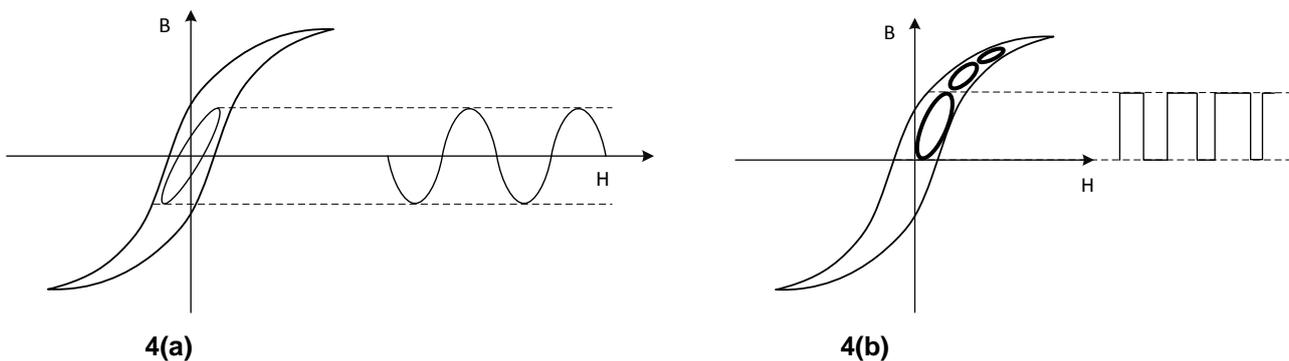


Abbildung 4: Typische umfassende Signalmodellierung zur Verwendung für die Steinmetzgleichung und ihre Erweiterungen (4a) und Hilfsschleifenmethode von Würth Elektronik (4b)

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

Vorteile des AC-Verlustmodells von Würth Elektronik:

- Da die empirischen Daten ausschließlich auf Echtzeitparametern basieren, lässt sich eine genaue Ermittlung der Verluste für jedes gegebene Tastverhältnis erzielen.
- Das Modell funktioniert über einen weiten Frequenzbereich (10 kHz - 10 MHz) sehr genau, da die Konstanten der Leistungsgleichung über einen weiten Bereich ermittelt wurden, unter Einbeziehung der magnetischen Aussteuerung.
- Sogar geringfügige Änderungen im Kernmaterial und der Wicklungsstruktur werden berücksichtigt.
- Ist gültig für Bauteile aus mehr als einem Material.
- Gestattet exakte Ermittlung von Verlusten bei Eisenpulver und neuen „Metal Alloy“ Materialien.
- Gültig für beliebige Kernformen und Windungsstrukturen.
- Beinhaltet AC-Wicklungsverluste.

6. Leistungsfähigkeit des AC Verlustmodells von Würth Elektronik

Das Modell von Würth Elektronik wurde ausgiebig validiert und mit bestehenden Modellen und gemessenen Daten verglichen. Wechselstromverluste für verschiedene Materialien wie WE-Superflux, Eisenpulver, NiZn, MnZn usw. werden über große Tastverhältnis- und Frequenzbereiche gemessen und mit theoretischen Modellen verglichen (Abbildungen 5 - 9). In den nachfolgenden Diagrammen sind die mit der Steinmetz-Leistungsgleichung (Pst), Modified Steinmetz Equation (Pmse) und Generalized Steinmetz Equation (Pgse) ermittelten Kernverluste dargestellt. REDEXPERT ist der Wechselstromverlust nach Berechnung mit dem AC-Verlustmodell von Würth Elektronik. Real ist der gemessene AC-Verlust.

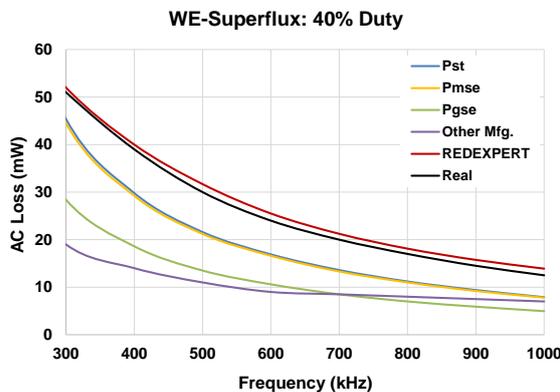


Abb. 5: Drossel aus WE-Superflux bei 40 % DC

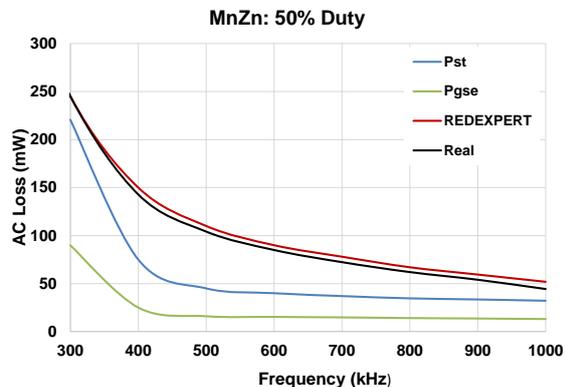


Abb. 6: Drossel aus MnZn bei 50 % DC

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

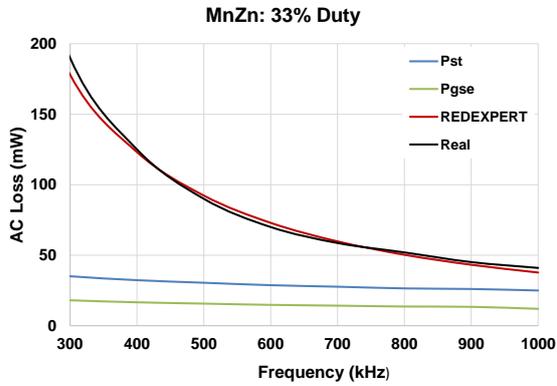


Abb. 7: Drossel aus MnZn bei 33 % DC

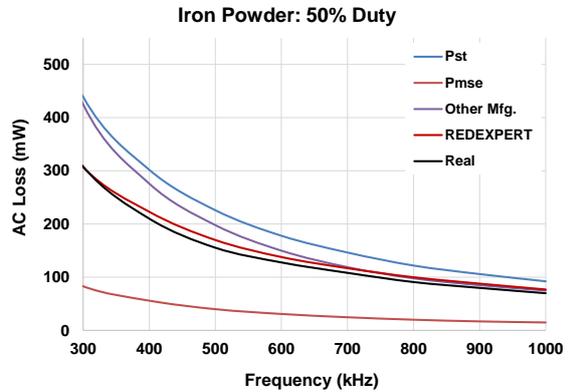


Abb. 8: Drossel aus Eisenpulver bei 50 % DC

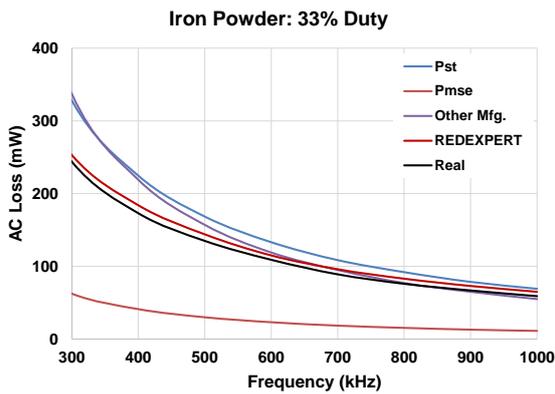


Abb. 9: Drossel aus Eisenpulver bei 33 % DC

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

7. Bestimmung der Leistungsverluste bei Drosseln mit REDEXPERT

REDEXPERT ist das neue Onlinetool zur Bauteilauswahl- und -simulation von Würth Elektronik, mit dem der Kunde unkompliziert eine für die jeweilige Anwendung geeignete Speicherdrossel auswählen kann. REDEXPERT ist ein einfach zu bedienendes und effektives Tool, mit dem Entwickler Induktivitäten in kürzester Zeit vergleichen und auswählen können. Zunächst gibt der Benutzer die Eingangs- und Ausgangsparameter in die gewünschte Topologie ein. Dann berechnet REDEXPERT den Induktivitätswert und zeigt die passenden Induktivitäten an. Abbildung 10 zeigt eine Bildschirmaufnahme des REDEXPERT-Webtools.

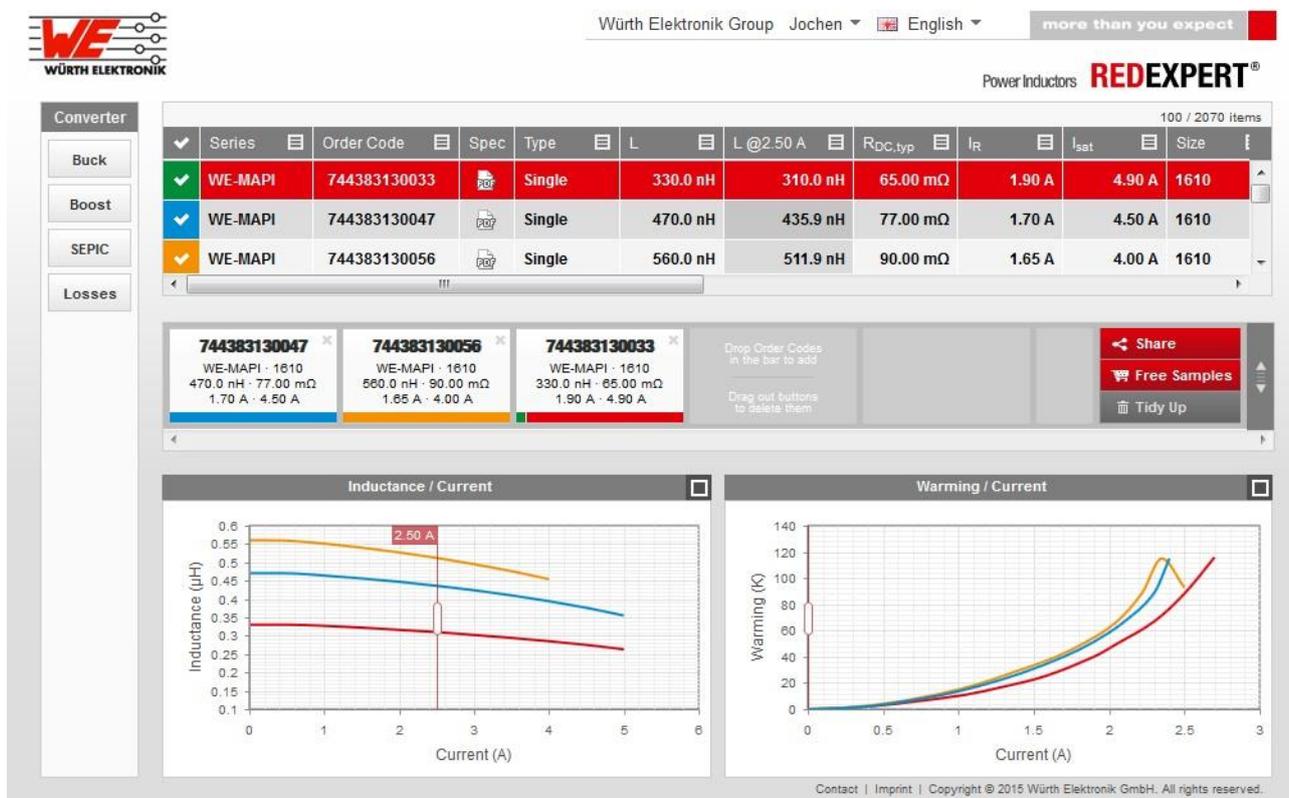


Abb. 10: Das Online-Tool REDEXPERT

Da Würth Elektronik eiSos eine sehr umfangreiche Palette von Speicherdrosseln für alle möglichen Einsatzzwecke anbietet, sollte jeder Benutzer nach Eingabe der Parameter ein für seine Zwecke geeignetes Bauteil finden. Die Berechnung der AC Verluste in einem magnetischem Bauteil ist ebenso kritisch wie komplex, nicht jedoch mit REDEXPERT, da das neue AC-Verlustmodell von Würth Elektronik in das Tool integriert ist. Aufgrund der genauen Berechnung der kompletten AC-Verluste eignet sich die Anwendung auch zur Temperaturabschätzung.

Abbildung 11 zeigt ein Beispiel. Hier wurde ein Tiefsetz-Wandler ausgewählt. Als Eingangsspannung werden 8 - 12 V angegeben, als Ausgangsspannung 5 V, Schaltfrequenz 800 kHz, ein Ripplestrom der Induktivität von 40 % und als Ausgangsstrom 1 A. Für diese Werte hat REDEXPERT eine optimale Induktivität (L_{opt}) von 9,6 µH, eine Einschaltdauer von 550 ns und ein Tastverhältnis von 0,44 berechnet. Für dieses Beispiel werden mehr als 200 Produkte zur Auswahl vorgeschlagen. Gehen wir in diesem Beispiel davon aus, dass für die Anwendung eine sehr kleine und verlustarme Speicherdrossel benötigt wird, so entscheiden wir uns für ein Exemplar aus der WE-MAPI-Baureihe.

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

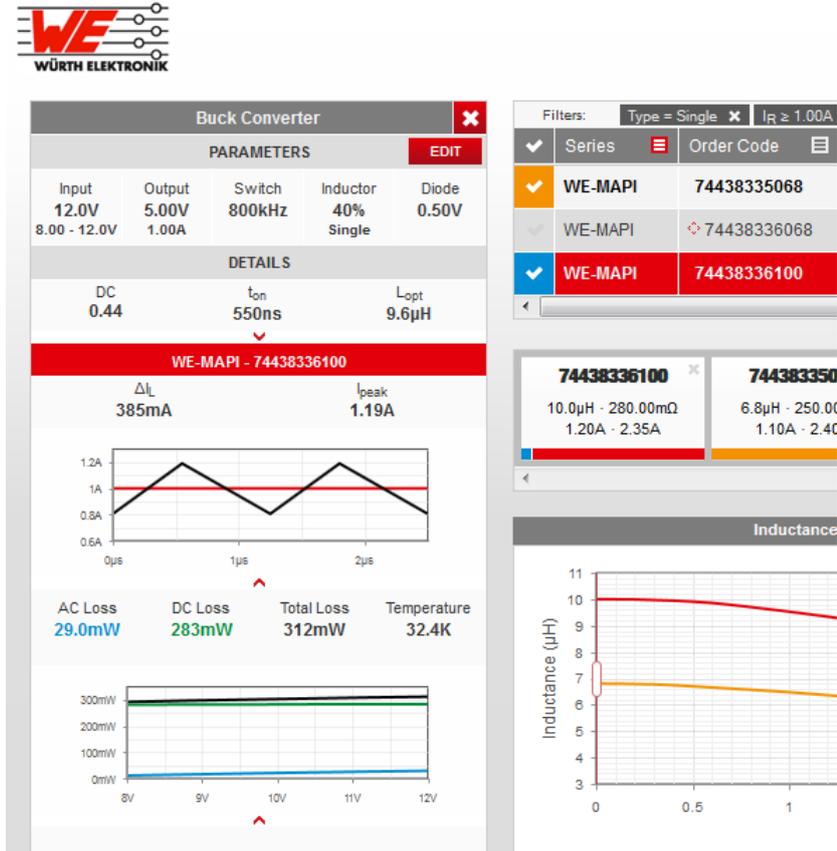


Abb. 11: Beispiel mit Buck-Wandler

Gegenwärtig unterstützt REDEXPERT drei Topologien, bei denen der Kunde das Bauteil für die Anwendung auswählen kann: Aufwärts-, Abwärts- und SEPIC-Wandler. Außerdem gibt es einen Verlustrechner, welcher unabhängig von der Topologie die Verluste für Speicherdrosseln berechnet. REDEXPERT ist ein webbasiertes Tool, d. h., der Benutzer muss es weder herunterladen noch sich um die Aktualisierung kümmern.

8. Zusammenfassung

Das Wechselstromverlustmodell von Würth Elektronik ist ein genaues und praktisches Modell zur Bestimmung von Wechselstromverlusten. Das Modell wurde über weite Wertebereiche für die Parameter Frequenz, Ripplestrom und Tastverhältnis experimentell validiert und hat sich als sehr robust erwiesen. Aufgrund der Tatsache, dass dieses Wechselstromverlustmodell in REDEXPERT implementiert ist, muss der Benutzer keine Kernverlustdiagramme mehr anfordern. REDEXPERT ist ein Online-Tool zur Berechnung von Schaltreglern, mit dem Entwickler bei der Bestimmung von Verlusten und der Auswahl geeigneter Bauteile eine Menge Zeit sparen.

Quellen

- Magnetics Design for Switching Power Supplies by Lloyd H. Dixon
- On the law of hysteresis by C.P. Steinmetz
- "Calculation of losses in ferro- and ferrimagnetic materials based on the modified Steinmetz equation" by Reinert, J.; Brockmeyer, A.; De Doncker, R.W.
- "Improved calculation of core loss with nonsinusoidal waveforms by Jieli Li; Abdallah, T.; Sullivan, C.R.

APPLICATION NOTE



Exakte Bestimmung von Spulenverlusten mit REDEXPERT von Würth Elektronik

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen.

Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt. Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS

Application Notes:

<http://www.we-online.de/app-notes>

Component Selector:

<http://www.we-online.de/component-selector>

Toolbox:

<http://www.we-online.de/toolbox>

Produkt Katalog:

<http://katalog.we-online.de/>

KONTAKTINFORMATIONEN

Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Max-Eyth-Str. 1, 74638 Waldenburg, Germany

Tel.: +49 (0) 7942 / 945 – 0

Email: appnotes@we-online.de

Web: <http://www.we-online.de>