

POWER CHOKES TESTER

DPG10 B - SERIE

Beschreibung und technische Daten



© ed-k, Dipl.-Ing. H. Kreis
Lochhamer Straße 31 • 82152 Planegg
Telefon: 089 / 85 90 28 19 • Fax: 089 / 85 90 28 20

Alle Rechte vorbehalten. Ohne schriftliche Zustimmung des Herausgebers darf dieses Dokument auch nicht auszugsweise in irgendeiner Form reproduziert werden oder unter Verwendung elektronischer, mechanischer oder chemischer Verfahren vervielfältigt oder verarbeitet werden. Wir behalten uns das Recht vor, technische Angaben in dieser Beschreibung ohne Vorankündigung zu verändern. Die technischen Angaben dienen der Produktbeschreibung und sind im juristischen Sinn nicht als zugesicherte Eigenschaften aufzufassen.

Stand 02/19

Beschreibung

Die Power Choke Tester DPG10 Serie ist eine innovative Messgeräteserie für alle induktiven Leistungsbauteile.

Das Impulsmessverfahren liefert eine komplette Induktivitätskurve in Abhängigkeit vom Strom $L(i)$ oder der Spannungs-Zeit-Fläche $L(\int U dt)$. Das Sättigungsverhalten ist dadurch auf einen Blick erfassbar.

Neben der differentiellen Induktivität und der Amplitudeninduktivität können noch viele weitere Messgrößen bestimmt werden.

Die DPG10 Serie hat sich in den vergangenen Jahren international als Quasi-Standard in der Entwicklung, Fertigung und Qualitätskontrolle von induktiven Leistungsbauteilen durchgesetzt.

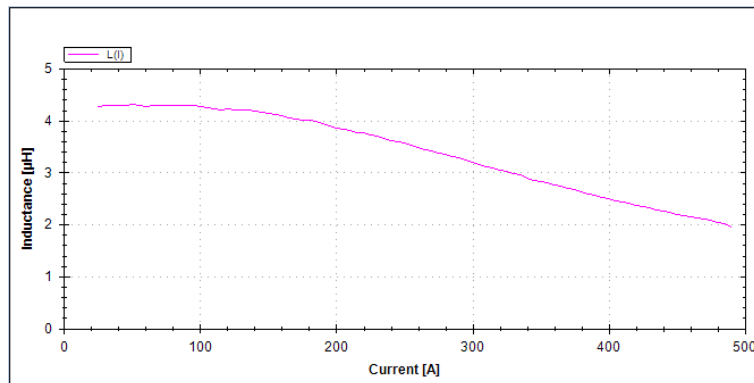


Bild 1: Induktivitätskurve $L_{diff}(i)$

Eigenschaften

- * Messung der **differentiellen Induktivität $L_{diff}(i)$** und der **Amplitudeninduktivität $L_{amp}(i)$**
- * Messung des **verketteten Flusses $\psi(i)$** und der **magnetischen Koenergie $W_{co}(i)$**
- * Messung des **DC-Widerstandes**
- * Berechnung der **Flussdichte $B(i)$**
- * mit der optionalen 3-Phasen Extension Unit auch für **3-phasige Drosseln** geeignet

Vorteile

- * sehr **einfache und schnelle** Messung
- * **klein, leicht und relativ preisgünstig** trotz der hohen Messströme bis 4000A
- * hohe Abtastrate und sehr breiter Impulsbereich => für **alle Kernmaterialien** geeignet

Leistungsfähige Software

- * **einfache und intuitive Bedienung** über eine grafische Benutzeroberfläche
- * Anzeige der Messergebnisse in **grafischer und tabellarischer Form**
- * **Messprotokoll** im pdf-Format, **Datenexport und Datenspeicherung** (XML, CSV)
- * Für **Stückprüfungen in der Massenproduktion** einfache Integration in automatisierte Testumgebungen mittels DLL oder LabVIEW

Anwendungen

- * **Entwicklung, Forschung und Qualitätskontrolle**
- * **Stückprüfung** von Kleinserien und Massenproduktion
- * sehr großer Strombereich von <0,1A bis 4000A => **geeignet für alle induktiven Bauteile** von **kleinen SMD-Drosseln** bis zu **sehr großen Leistungsdrosseln im MVA-Bereich**, z.B.
 - o Speicherdrosseln für Schaltnetzteile, DC/DC-Wandler usw.
 - o Filterdrosseln für USV, Wechselrichter usw.
 - o Netzdrosseln für PFC etc. und Kommutierungsdrosseln
 - o Entstördrosseln und stromkompensierte Drosseln
 - o Spulen von Elektromagneten, Ventiltrieben etc.
 - o Übertrager für Sperrwandler
 - o Transformatoren, Motoren
 - o und viele andere induktive Leistungsbauteile

Leistungsdaten

Der Maximalstrom, bei dessen Überschreitung der Messimpuls wieder beendet wird, ist in Schritten von 1A voreinstellbar (DPG10-100B Schritte von 0,1A). Dafür existieren jeweils 3 Messbereiche.

	DPG10-100B	DPG10-1000B	DPG10-1500B	DPG10-1500B/E	DPG10-3000B/E	DPG10-4000B/F
Impulsstrom Bereich 1	1A	10A	10A	10A	30A	40A
Impulsstrom Bereich 2	10A	100A	100A	100A	300A	400A
Impulsstrom Bereich 3	100A	1000A	1500A	1500A	3000A	4000A
Impulsenergie, max.	1350J	1350J	1350J	2750J	2750J	7500J
Ausgangsspannung	10...400V					
Impulsdauer, max.	3µs ... 70ms					
Spannungsversorgung	207...253VAC / 50...60Hz; optional 103...127VAC; 450VA max.					
Abmessungen [mm³]	370 (B) x 320 (T) x 167 (H)					470 x 500 x 167
Gewicht [kg]	9,0	9,0	9,0	10,7	10,7	21,5

Alle Kernmaterialien weisen eine mehr oder weniger starke Frequenzabhängigkeit auf. Um realistische Messergebnisse zu erhalten muss die Messung immer mit Impulsbreiten durchgeführt werden, wie sie auch in der realen Anwendung an der Drossel auftreten.

Durch die hohe Abtastrate (2x 50MS/s) und den sehr breiten Impulsbereich von 3µs bis 70ms ist die DPG10 Serie für alle Kernmaterialien in der Leistungselektronik geeignet.

Messprinzip

Das Messprinzip des Power Choke Tester DPG10 beruht darauf, an die Induktivität eine konstante Gleichspannung in der Größenordnung der realen Einsatzbedingungen anzulegen. Im Prüfling stellt sich dann ein Stromverlauf ein, dessen Anstiegsgeschwindigkeit di/dt von der Induktivität abhängt.

Wenn ein voreingestellter Maximalstrom erreicht ist, wird der Messimpuls wieder beendet.

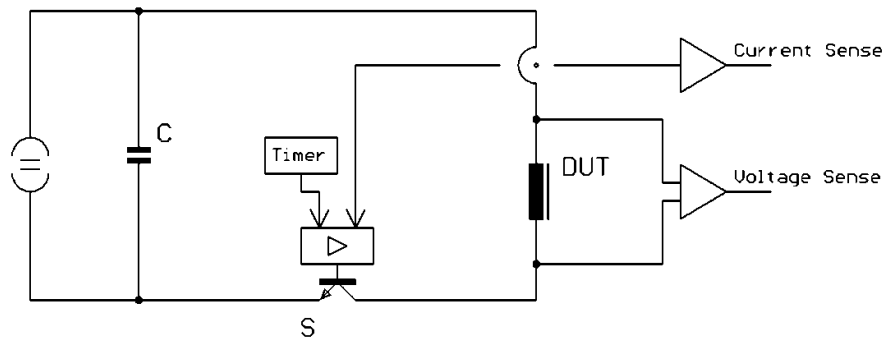


Bild 2: Prinzipschaltbild

Sowohl der Strom durch den Prüfling als auch die Spannung am Prüfling (Fühlerleitungen) werden während des Messimpulses sehr schnell und mit hoher Genauigkeit abgetastet. Aus den Impulskurvenformen von Strom und Spannung kann dann die differentielle Induktivität, die Amplitudeninduktivität, der verkettete Fluss und die magnetische Koenergie berechnet werden. Sowohl die differentielle Induktivität als auch die Amplitudeninduktivität können mit einem einzigen Messimpuls als komplette Messkurve dargestellt werden, entweder als Funktion vom Strom oder von der angelegten Spannungs-Zeit-Fläche.

Prinzipielle Vorteile des di/dt -Messprinzips:

Gegenüber der Messung mit 50-Hz-Strömen hat das di/dt -Messprinzip eine wesentlich größere Aussagekraft. Die Messung mit Netzströmen ergibt eine über eine Periode gemittelte Induktivität bei einem bestimmten Effektivwert. Aufgrund der teilweise extrem nichtlinearen Magnetisierungskennlinie vieler Kernwerkstoffe verhält sich die Drossel aber bei jedem Augenblickswert des Stromes in einer Periode anders. Sättigungseffekte bzw. Nichtlinearitäten werden so nur unzureichend abgebildet.

Durch dieses nichtlineare Verhalten ergeben sich bei der Messung mit Netzspannung zudem nicht-sinusförmige Spannungen und Ströme mit erheblichem Oberwellengehalt, sodass die Effektivwertberechnung und die Anwendung der allgemeinen Wechselstromlehre ($L = U / \omega * I$ mit $\omega = 2 * \pi * 50 \text{ Hz}$) zu fragwürdigen Ergebnissen führt.

Ein weiterer Vorteil des Impulsmessverfahrens liegt darin, dass die im Mittel umgesetzte Leistung sehr niedrig bleibt. Die Gleichspannungsimpulsquelle, welche an den Prüfling über den Schalter S angelegt wird, wird durch eine Kondensatorbank gebildet. Dadurch ist das Messgerät trotz der sehr hohen Messströme bis 4000A klein und zudem relativ preisgünstig. Entsprechende Messsysteme mit Gleichstrom-Vormagnetisierung der Prüflinge und Kleinsignal-Wechselspannungsmessung benötigen große Gleichstromeinheiten. Dadurch ist die Anwendung auf kleine Ströme (20A ... 200A) beschränkt und sie sind sehr teuer.

Da bei vielen Anwendungen (z.B. Glättungsdrosseln für getaktete Stromversorgungen, Filterdrosseln für USV und IGBT-Umrichter usw.) eine rechteckförmige Spannung ähnlich des Messimpulses des DPG10 an der Drossel anliegt, entsprechen die Messbedingungen weitgehend den Einsatzbedingungen des induktiven Bauteils in der realen Applikation. Daher liefert das Messverfahren sehr realistische Ergebnisse. Ein Messverfahren, welches den Prüfling mit einem Dauergleichstrom beaufschlagt und eine Kleinsignal-Wechselspannungsmessung fester Frequenz überlagert, ist unrealistisch und liefert immer eine erhebliche Frequenzabhängigkeit des Messergebnisses. Diese Frequenzabhängigkeit wird durch das Impulsmessverfahren des DPG10 weitgehend eliminiert.

Bedienung

Die Bedienung des Power Choke Tester DPG10 und die Darstellung der Messergebnisse erfolgt über einen PC mittels einer einfach zu bedienenden grafischen Benutzeroberfläche. Dazu wird das Messgerät entweder über USB oder über die RS232-Schnittstelle mit dem PC verbunden.

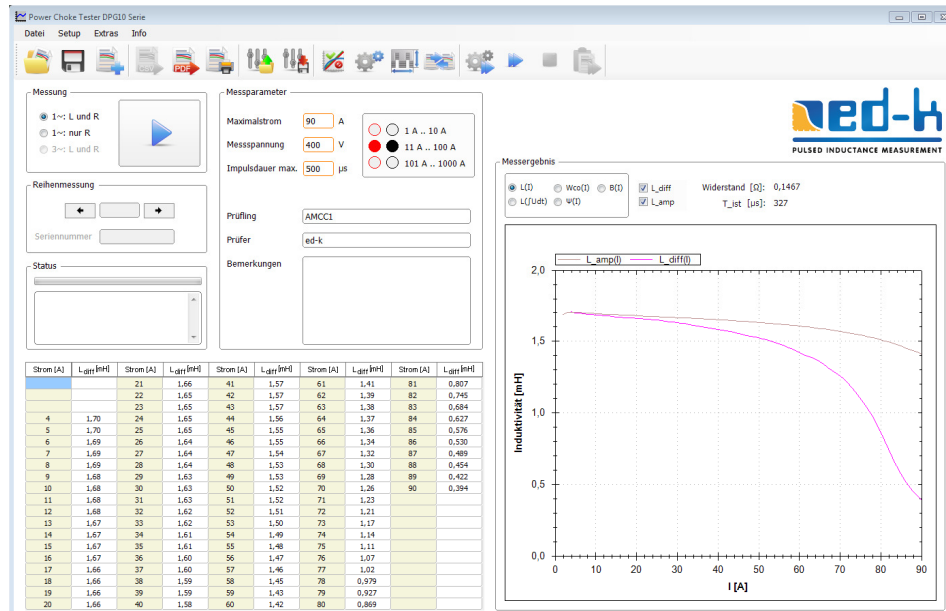


Bild 3: Grafische Benutzeroberfläche des DPG10 mit L(i)-Diagramm

Vor Beginn einer Induktivitätsmessung werden lediglich folgende Einstellungen vorgenommen:

- * gewünschter Maximalstrom:
Bei Erreichen dieses Wertes wird der Messimpuls beendet, wenn nicht zuvor die eingestellte maximale Zeitdauer des Messimpulses erreicht wird.
- * Spannung des Messimpulses:
Hier sollte ein Wert eingestellt werden, der ungefähr der Spannung entspricht, die auch in der realen Anwendung am Prüfling anliegt.
- * maximale Zeitdauer des Messimpulses:
Beim Überschreiten dieser Zeitdauer wird der Messimpuls beendet, wenn nicht zuvor der eingestellte Maximalstrom erreicht wird.

Alle Setups können abgespeichert und bei Bedarf wieder geladen werden. Dies erleichtert vor allem Serienmessungen zur Qualitätsprüfung in der Produktion.

Bei einer Fehlbedienung des Gerätes, wie z.B. falscher Anschluss des Prüflings oder falsche Wahl der Messparameter, helfen detaillierte Fehlermeldungen, das Problem rasch zu beseitigen.

Messergebnis

Nach der Durchführung der Messung wird das Messergebnis $L_{diff}(i)$, $L_{amp}(i)$, $\psi(i)$ und $W_{co}(i)$ sowohl in Diagrammform als auch in tabellarischer Form dargestellt (siehe Messprotokoll Bild 4).

Alternativ kann es in manchen Fällen sinnvoll sein, die Induktivität als Funktion der an den Prüfling angelegten Spannungs-Zeit-Fläche $\int U(t)dt$ darzustellen. Die Darstellungsart ist umschaltbar.

Vor jeder Induktivitätsmessung wird automatisch eine Widerstandsmessung durchgeführt, da der ohmsche Anteil des Prüflings bei der Induktivitätsberechnung berücksichtigt werden muss. Eine Widerstandsmessung kann auch separat durchgeführt werden.

Weitere Funktionen

* Grenzwertkurven

Zur Erleichterung von Stückprüfungen in der Serienproduktion können eine obere und eine untere Grenzwertkurve definiert werden. Falls sich die gemessene Induktivitätskurve innerhalb der durch die Grenzwertkurven vorgegebenen Bandbreite befindet, wird der Prüfling akzeptiert, ansonsten zurückgewiesen.

* Stückprüfungen

Für Stückprüfungen gibt es spezielle Funktionen. Für ein Fertigungslos kann entweder ein pdf.-Messprotokoll in tabellarischer Form mit wählbaren Messpunkten oder eine .csv- oder XML-Datei mit vollständigen Messdatensätzen zur elektronischen Archivierung erstellt werden.

Zur Einbindung des Gerätes in bestehende automatisierte Testumgebungen steht eine Dynamic Link Library (DLL) sowie LabVIEW zur Verfügung.

* Abspeichern der Messdiagramme und Datenexport

Die Messdiagramme incl. aller Messparameter und sonstiger Eingaben können gespeichert und beliebig wieder aufgerufen werden. Standardmäßig werden die Daten im XML-Format gespeichert. Die Erstellung eines Messprotokolles im pdf-Format ist jederzeit möglich. Um die Messdaten anderweitig weiter zu verarbeiten ist ein Datenexport im .csv Format möglich.

* Vergleich von verschiedenen Messkurven

Gespeicherte Messungen können in einem Diagramm gleichzeitig dargestellt werden, sodass ein direkter Vergleich verschiedener Messungen leicht möglich ist.

Die PC-Software für den Power Choke Tester DPG10 wird laufend weiterentwickelt und zukünftig um weitere Funktionen und Darstellungsmöglichkeiten ergänzt.

Safety-Lock-Schnittstelle

An die rückseitige Safety-Lock-Schnittstelle kann ein potentialfreier Sicherheitskontakt (z.B. Haubenkontakt, Lichtvorhang etc.) angeschlossen werden.

Bei geöffnetem Sicherheitskontakt ist die Messimpulsauslösung gesperrt. Dadurch kann das Gerät auch außerhalb einer Laborumgebung von Hilfskräften entsprechend den Sicherheitsvorschriften bedient werden. Für den Laborbetrieb ist diese Funktion deaktivierbar.

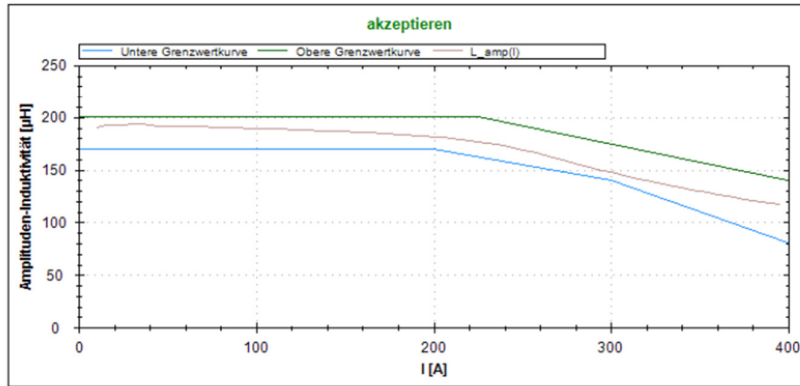
Messung von 3-Phasen-Drosseln

Für die Messung von 3-Phasen-Drosseln ist eine Zusatzeinheit für die Power Choke Tester DPG10-Serie erhältlich. Alle 3 Wicklungen der Drossel werden ohne Umklemmen des Prüflings nacheinander automatisch durchgemessen.

Die Software berücksichtigt die geänderten Flussverhältnisse im Kern gegenüber einer 3-phasigen sinusförmigen Bestromung und korrigiert die Messergebnisse entsprechend mit einem ausgeklügelten Algorithmus.

DPG10 Power Choke Tester

Prüfling: Sample
 Prüfer: ed-k
 Datum: 19.09.2017
 Parameter: 400 A / 150 V / 600 (323) μ s
 Widerstand [Ohm]: 0,0131



Strom [A]	L_amp[µH]	Strom [A]	L_amp[µH]	Strom [A]	L_amp[µH]	Strom [A]	L_amp[µH]	Strom [A]	L_amp[µH]
		105	189	205	180	305	145		
10	190	110	189	210	180	310	143		
15	193	115	188	215	179	315	142		
20	192	120	188	220	178	320	140		
25	192	125	188	225	177	325	138		
30	193	130	187	230	176	330	136		
35	193	135	187	235	174	335	134		
40	192	140	187	240	173	340	133		
45	191	145	187	245	171	345	131		
50	191	150	186	250	169	350	130		
55	191	155	186	255	167	355	128		
60	191	160	185	260	165	360	126		
65	191	165	185	265	162	365	125		
70	191	170	185	270	160	370	124		
75	190	175	184	275	158	375	122		
80	190	180	184	280	156	380	121		
85	190	185	183	285	154	385	119		
90	190	190	182	290	152	390	118		
95	189	195	182	295	149	395	117		
100	189	200	181	300	147				

Bemerkungen:
 3x AMCC63
 60 turns 508x0.1 HF litz wire
 air gap 4mm

Bild 4: Messprotokoll einer Drossel mit oberen und unteren Grenzwertkurven

Anwendungsbeispiele

Sofern es sich nicht um Luftspulen handelt, besitzen alle Leistungsinduktivitäten ein bestimmtes Sättigungsverhalten, d.h. die Induktivität nimmt bei steigendem Strom ab. Dies liegt an den Kernmaterialien, welche ab einer bestimmten Induktion B mehr oder minder stark an Permeabilität verlieren und sich dann im Extremfall wie Luft verhalten. Das Sättigungsverhalten einer Drossel kann beeinflusst werden

- * durch die Wahl des Kernmaterials
- * die Kerngeometrie
- * die Windungszahlen und
- * den Luftspalt.

Allerdings ergeben sich oft Abweichungen zwischen der berechneten Induktivität bei einem bestimmten Strom (z.B. dem Nennstrom) und der realen Induktivität, da

- * Exemplarstreuungen der Kerne vorhanden sind
- * die Datenblattangaben des Kernes ungenau oder unvollständig sind
- * die Drosselgeometrie eine inhomogene Feldverteilung verursacht
- * Fertigungstoleranzen auftreten
- * Temperatureinflüsse vorhanden sind.

Bei der Entwicklung und der Qualitätsprüfung von Leistungsinduktivitäten kommt man deshalb nicht umher, das Sättigungsverhalten zu messen. Im Folgenden werden einige Beispiele vorgestellt.

Siebdrossel mit Ferritkern E32

Der Prüfling in diesem Beispiel ist eine Siebdrossel für ein Schaltnetzteil mit einer Ausgangsspannung von 5V und einer Leistung von 100W. Der E-Kern (E32) besteht aus Standard-Ferritmaterial N27 und ist mit einem Luftspalt versehen.

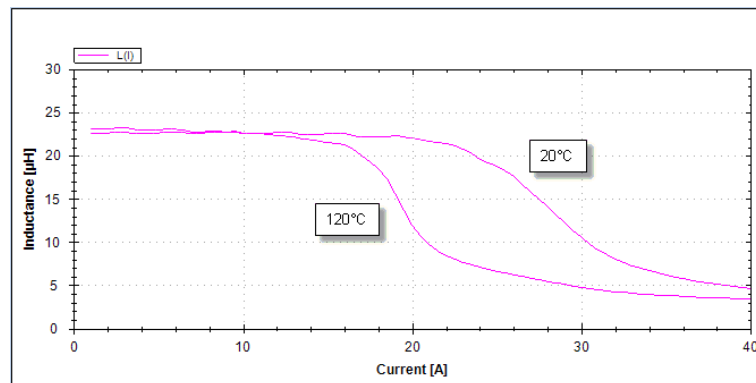


Bild 5: Messdiagramm einer Siebdrossel mit Ferritkern E32

In diesem Beispiel ist sehr anschaulich die Temperaturabhängigkeit der Sättigungserscheinungen zu beobachten. Die Induktivität sinkt bei 25°C bei 24A auf 20µH ab. Diese Grenze ist bei 120°C schon bei 17A erreicht. Andere Kernmaterialien weisen z.T. eine wesentlich geringere Temperaturabhängigkeit auf.

Insbesondere Drosseln aus dem Standardlieferprogramm von Herstellern sind meist ungenügend oder gar nicht spezifiziert bezüglich ihres Induktivitätsverlaufs bei höheren Temperaturen. In diesem Fall hilft nur die eigene Messung des Sättigungsverhaltens weiter.

Saugdrossel mit Schnittbandkern

Diese Saugdrossel wird in einem 12-Puls-Gleichrichter eingesetzt und ist mit einem Schnittbandkern SU39 aus Siliziumeisen mit Luftspalt aufgebaut. Der Nennstrom beträgt je Wicklung 25A. Durch die Schaltungstopologie kompensiert sich jedoch der größere Teil der Flüsse. Der unkompenzierte Strom liegt bei ca. $2 \times 6A$ maximal.

Mit einer Kleinsignalmessung ergibt sich eine Induktivität von 1,31mH bei 1kHz und 1,33mH bei 100Hz. In diesem Beispiel ist deutlich zu sehen, dass die mit der Kleinsignalmessung messbare Anfangsinduktivität erheblich unter der realen Induktivität in der Anwendung von ca. 1,9mH liegt.

Eine Kleinsignal-AC-Messung von Leistungsdrosseln mit eisenbasierenden Kernen ist wegen der extrem nichtlinearen Magnetisierungskennlinie überhaupt nicht sinnvoll möglich! Nur eine Großsignalmessung nach dem di/dt -Verfahren, wie sie vom Power Choke Tester DPG10 verwendet wird, liefert hier korrekte Ergebnisse.

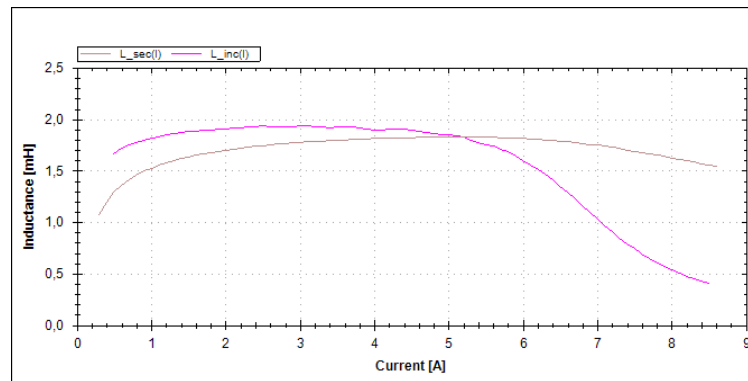


Bild 6: Messdiagramm $L_{diff}(i)$ und $L_{amp}(i)$ einer Saugdrossel mit Schnittbandkern SU39

Sieb-drossel mit High-Flux-Kern

Diese Drossel mit einer Anfangsinduktivität von ca. $4,5\mu H$ enthält drei Ringkerne mit einem Außendurchmesser von 58mm aus HighFlux-Kernmaterial. Sie wird in einem Schaltnetzteil mit einer Leistung von 48V / 300A eingesetzt.

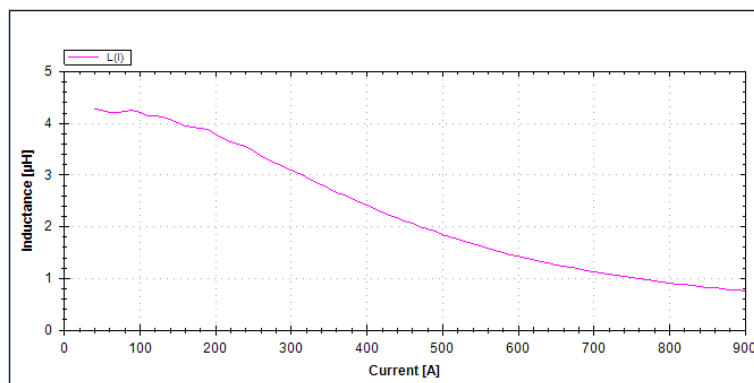


Bild 7: Messdiagramm einer Siebdrossel mit High-Flux-Kern 3x R58

Sehr gut ist der typische "weiche" Sättigungsverlauf dieser Kerne zu erkennen. Da dieses Kernmaterial sehr teuer ist, muss für eine wirtschaftlich optimale Lösung der Arbeitspunkt bei Nennstrom deutlich unterhalb der Anfangsinduktivität liegen.

Technische Daten

Allgemeine technische Daten siehe Tabelle auf Seite 3

Toleranzen*

DPG10 – 4000B /F:

Induktivitätsmessung $L_{diff}(i)$, $L_{diff}(\int U dt)$

Messbereich 1:

$I_{messmax} \leq 13 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 13 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 13 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 40 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 2:

$I_{messmax} \leq 133 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 133 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 133 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 400 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 3:

$I_{messmax} \leq 1333 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 1333 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 1333 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 4000 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Widerstandsmessung R_{DC}

0 ... 100 m Ω $\pm(0,5\% + 0,27 \text{ m}\Omega)$

100 ... 1000 m Ω $\pm(0,5\% + 2,7 \text{ m}\Omega)$

DPG10 – 3000B /E:

Induktivitätsmessung $L_{diff}(i)$, $L_{diff}(\int U dt)$

Messbereich 1:

$I_{messmax} \leq 10 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 10 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 10 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 30 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 2:

$I_{messmax} \leq 100 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 100 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 100 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 300 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 3:

$I_{messmax} \leq 1000 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 1000 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 1000 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 3000 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Widerstandsmessung R_{DC}

0 ... 100 m Ω $\pm(0,5\% + 0,27 \text{ m}\Omega)$

100 ... 1000 m Ω $\pm(0,5\% + 2,7 \text{ m}\Omega)$

DPG10 – 1000B und DPG10-1500B(/E):

Induktivitätsmessung $L_{diff}(i)$, $L_{diff}(\int U dt)$

Messbereich 1:

$I_{messmax} \leq 3 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 3 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 3 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 10 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 2:

$I_{messmax} \leq 30 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 30 / I_{messmax} * 0,9\%)$

$I_{messmax} > 30 \text{ A}$ $\pm (1,0\% + 100 / I_{messmax} * 0,9\%)$

Messbereich 3 (DPG10 – 1000B):

* Die Toleranzangaben gelten maximal ein Jahr ab der letzten Kalibrierung.

Die Toleranzangaben umfassen keine Effekte, welche durch Kernverluste oder einen ohmschen AC-Widerstand, der wesentlich größer ist als der ohmsche DC-Widerstand, hervorgerufen werden. Bei den meisten induktiven Bauteilen ist der Einfluss dieser Effekte auf das Messergebnis jedoch vernachlässigbar.

$I_{\text{messmax}} \leq 309 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 300 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
$I_{\text{messmax}} > 309 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 1000 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
Messbereich 3 (DPG10 – 1500B):	
$I_{\text{messmax}} \leq 499 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 500 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
$I_{\text{messmax}} > 499 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 1500 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
Widerstandsmessung R_{DC}	
0 ... 300,0 m Ω	$\pm(0,5\% + 0,8 \text{ m}\Omega)$
300 ... 3000 m Ω	$\pm(0,5\% + 8 \text{ m}\Omega)$

DPG10 – 100B:

Induktivitätsmessung $L_{\text{diff}}(i)$, $L_{\text{diff}}(jUdt)$

Messbereich 1:

$I_{\text{messmax}} \leq 0,3 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 0,3 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
$I_{\text{messmax}} > 0,3 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 1 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$

Messbereich 2:

$I_{\text{messmax}} \leq 3,0 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 3 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
$I_{\text{messmax}} > 3,0 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 10 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$

Messbereich 3:

$I_{\text{messmax}} \leq 30,9 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 30 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$
$I_{\text{messmax}} > 30,9 \text{ A}$	$\pm (1,0\% + 100 / I_{\text{messmax}} * 0,9\%)$

Widerstandsmessung R_{DC}

0 ... 3,000 Ω	$\pm(0,5\% + 8 \text{ m}\Omega)$
3,00 ... 30,00 Ω	$\pm(0,5\% + 80 \text{ m}\Omega)$

Bemerkungen:

Die Toleranzangaben gelten für Impulszeiten $> 10 \mu\text{s}$ und Induktivitäten $> 10 \mu\text{H}$ sowie vorschriftsmäßigem Anschluss des Prüflings mit geringer Verkopplung der Leistungs- und Fühlerleitungen. Die Angaben gelten nicht für $I < 0,08 * I_{\text{messmax}}$.

Lieferumfang

- * DPG10 – 100B | - 1000B | - 1500B | - 1500B/E | - 3000B/E | - 4000B/F
- * Kabelsatz
 - Messkabel Force, 0,6m, Anschluss 4mm
 - Messkabel Force, 0,6m, Anschluss 6mm
 - Messkabel Sense, 0,6m
 - 8 Klemmen in unterschiedlicher Ausführung
 - USB Kabel 1,8m
 - RS232 Kabel 1,8m
 - Netzkabel 1,8m
- * PC-Software für DPG10 auf CD-ROM
- * Bedienungsanleitung (deutsch oder englisch)
- * Kalibrierschein
- * Dynamic Link Library (DLL)
 - Bibliothek zur Integration des Gerätes in automatisierte Testumgebungen

Lieferbares Zubehör

- * 3-Phasen Extension Unit (EXT1 bzw. EXT2)
 - Zusatzeinheit für die Power Choke Tester DPG10 Serie zur Messung von 3-Phasen-Drosseln (EXT1 für 100B-3000B/E bzw. EXT2 für 4000B/F)
 - Alle 3 Wicklungen der Drossel werden ohne Umklemmen des Prüflings nacheinander automatisch durchgemessen
 - Gegenüber anderen Messmethoden wesentlich einfacher, schneller und genauer
- * Kelvin-Messleitungen (KK11-4)
 - Länge: ca. 1m; Anschluss: 4 mm
 - Klemmbarer Drahtdurchmesser: ca. 1 bis 25mm
 - Maximaler Messstrom: bis 250A
 - Einsatz bei $L < 10\mu\text{H}$ vermeiden (Messunsicherheit steigt)
- * Kelvin-Messleitungen (KK12-4)
 - Länge: ca. 0,6m; Anschluss: 4 mm
 - Klemmbarer Drahtdurchmesser: ca. 0,5 bis 4mm
 - Maximaler Messstrom: bis 10A
 - Einsatz bei $L < 5\mu\text{H}$ vermeiden (Messunsicherheit steigt)
- * Kelvin-Messleitungen (KK11-6)
 - Länge: ca. 1,5m; Anschluss: 6 mm
 - Klemmbarer Drahtdurchmesser: ca. 1 bis 35mm
 - Maximaler Messstrom: bis 5000A
 - Einsatz bei $L < 30\mu\text{H}$ vermeiden (Messunsicherheit steigt)
- * Messkabel – Satz lang, Force und Sense (KL11-4 bzw. KL11-6)
 - Länge: ca. 2m; Anschluss: 4 mm (KL11-4) bzw. 6 mm (KL11-6)
 - Klemmbarer Drahtdurchmesser: bis 20mm
 - Maximaler Messstrom: bis 1500A
 - Einsatz bei $L < 30\mu\text{H}$ vermeiden (Messunsicherheit steigt)
- * Transportkoffer (CASE1)
 - Aluminiumprofile, robuste Ausführung mit Ablagefächern für das Zubehör
 - 2 Automatik-Schlösser, 3 Aufstellscharniere, 8 Stahlschutzkanten
 - Innenabmessungen: 650 x 410 x 230 mm³