

5.1 Allgemeine Angaben

Im Gegensatz zum Transformator, der die Spannung nach oben oder nach unten transformiert, je nach Wicklungsauslegung, dient die Drosselspule zur Spannungs- oder Stromregelung im Wechselstromkreis, sperrt hochfrequenten Wechselstrom und glättet welligen Gleichstrom in Stromrichterkreisen. Drosseln sind Induktivitäten und wirken als magnetische Speicher. Induktivitäten bewirken, dass der Strom der Spannung nacheilt. Beim Kondensator ist es umgekehrt, der Strom eilt der Spannung voraus. Er wirkt als Energiespeicher.

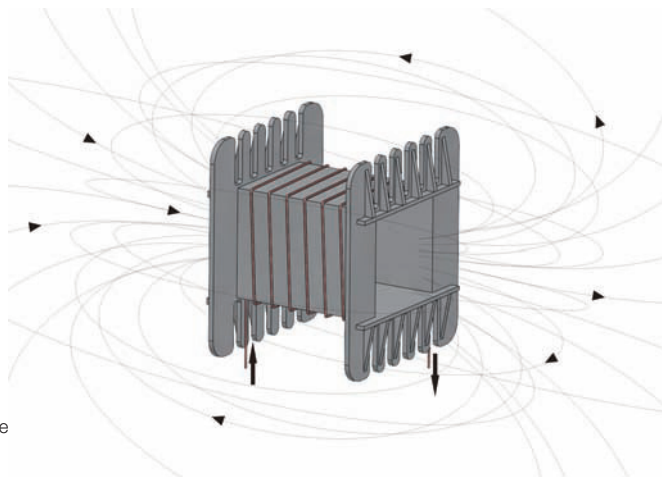


Bild 5.1: Magnetisches Fe

5.2 Durchflutung

Das Produkt aus Strom und Windungszahl nennt man Durchflutung.

$$\Theta = I \times N$$

Θ	Durchflutung
I	Strom
N	Windungszahl

Eine Spule mit 600 Windungen übt bei 2 A. die gleiche Kraft aus wie 1200 Wdg. bei 1 A = 1200 AW (Ampèrewindungen.)

Die **magnetische Feldstärke** $H = \frac{\Theta}{lm} = \frac{I \times N}{lm}$ ist bei gleicher Durchflutung umso grösser, je kürzer die mittlere Feldlinienlänge ist.

Die Gesamtzahl der Feldlinien in einer Spule heisst **magnetischer Fluss Φ** (Phi) Einheit Vs Voltsekunde.

Die **magnetische Flussdichte** (magnetische Induktion B) gibt an, welcher magnetische Fluss die

Fläche von 1m^2 senkrecht durchsetzt. $B = \frac{\Phi}{A}$ ohne Eisenkern $B = \mu_0 \times H$

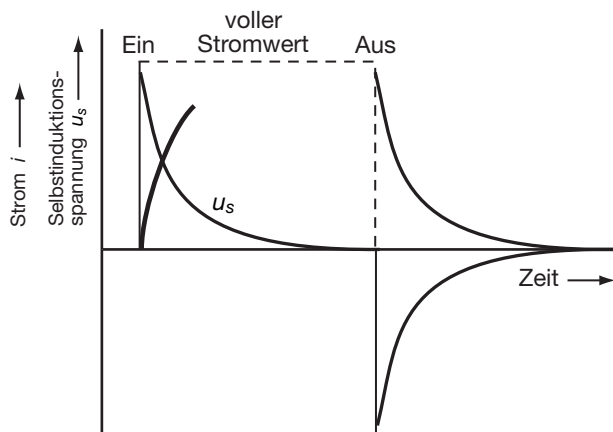
(A Fläche m^2) $\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

Die Einheit der Flussdichte ist 1Vs/m^2 oder das Tesla, früher auch die Einheit Gauss. 1 Gauss entspricht einer Feldlinie je cm^2 . **1 Tesla gleich 10 000 Gauss.**

Eine Spule hat die Induktivität von 1 Henry, wenn bei einer gleichförmigen Stromänderung von 1 A in 1 s eine Spannung von 1 Volt induziert wird.

5.2.1 Selbstinduktion

Ändert man in einer Spule den magnetischen Fluss (Ein-, Ausschalten, Frequenz- oder Spannungsänderung), so entsteht in jeder Spulenwindung eine Induktionsspannung. Diese wirkt der Flussänderung entgegen (Selbstinduktion). Der Strom kann also nicht sofort den Maximalwert erreichen.



Eisen leitet die Feldlinien besser als Luft. Die Ursache für die Verstärkung des magnetischen Flusses ist das Ausrichten der Elementarmagnete im Eisen. Je höher der Strom, desto grösser die Durchflutung in der Spule, jedoch nur bis zur Sättigung des Eisens.

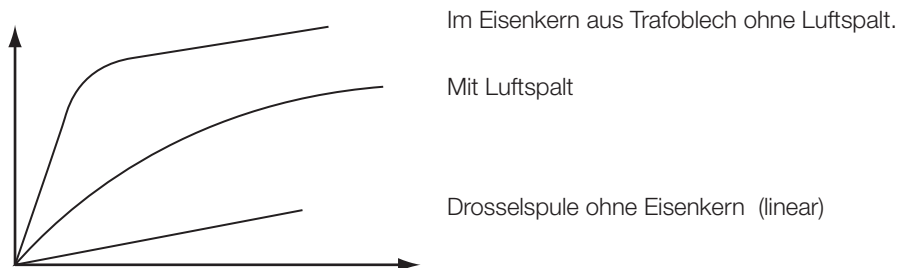


Bild 5.2.1: Magnetisierungskennlinien

Bei Gleichstrom bleibt die Richtung des Magnetflusses immer gleich. Die Drosselspule wirkt wie ein Magnet (Vormagnetisierung) und die Oberwellen beeinflussen zusätzlich die Wicklung, den Kern und die Induktion.

Bei Wechselstrom entstehen im Eisen durch die Ummagnetisierung Verluste, das sich dadurch erwärmt. Die Induktion muss dementsprechend angepasst werden.

Im eisengeschlossenen magnetischen Kreis ist der Fluss homogen. Am Besten im Ringkern. Durch den Einbau von Luftspalten im Eisenkern müssen die Kraftlinien diese Strecke überwinden. Ein Teil der Feldlinien verlaufen außerhalb des Luftspaltes.

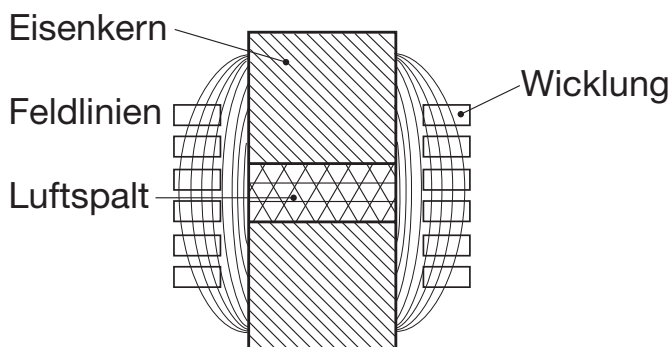


Bild 5.2.2: Wicklung

Ist die Wicklung in der Nähe des Luftspaltes, erwärmen die austretenden Feldlinien die Drähte umso mehr, je dicker und näher sie sind. Je nach Anwendung der Drossel wirken enorme magnetische Kräfte auf die Wicklung, Kern und Luftspalt, sodass alles gut fixiert sein muss, sonst wird die Drossel in kurzer Zeit zerstört. (Verkleben des Luftspaltes und Vakuum imprägnieren der ganzen Drossel).

Durch die Grösse des Luftspaltes wird der magnetische Fluss beeinflusst. Ein grösserer Luftspalt braucht eine größere Windungszahl, um die gleiche Induktivität zu erzeugen. Durch die Luftspaltgrösse kann also die Induktivität in engen Grenzen abgestimmt werden. Er bestimmt wesentlich das Verhältnis Leerlaufinduktivität zur Nenninduktivität.

5.3 Drosselarten und Einsatz

5.3.1 Luftdrossel

Luftdrosseln werden 1 phasig und 3 phasig eingesetzt. Da kein Eisen vorhanden ist, verläuft die Induktion linear mit dem Strom. Es entstehen keine Verzerrungen. Bei höheren Frequenzen ändert sich die Induktion nur wenig infolge der Stromverdrängung. Bei großer Stromsteilheit und sehr hohen Frequenzen muss die Wicklung entsprechend angepasst werden, z.B. mit Litze. Ein Nachteil ist aber die kleinere Induktivität (Henry) wie bei einer Drossel mit Eisenkern. D.h. also mehr Windungen oder größere Durchmesser. Bei hohen Spannungen entfällt die Isolierung gegen den Kern, was sich als Vorteil erweist. In der Starkstromtechnik werden solche Spulen vielseitig eingesetzt als:

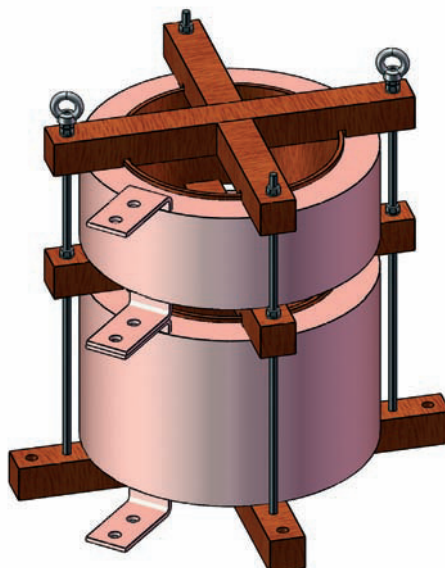
5.3.1.1 Kurzschluss – Drosselspulen

Sie werden in Reihe mit einem System geschaltet, um die Fehlerströme zu begrenzen. In Netztransformatoren mit 3 Wicklungen werden sie häufig zur Begrenzung der Kurzschlussströme der Unterspannungsseite eingebaut. (Ik Max. 25 Fach x I nenn während 3 Sek.) Das bedeutet sehr große Kräfte, die im Kurzschluss auf die Wicklung einwirken. Die Wicklung wird rund hergestellt und speziell abgestützt.

5.3.1.2 Erdschluss-Löschspulen

Sie sind einphasige Drosselspulen, die in induktiv geerdeten Netzen zwischen Sternpunkt und Erde geschaltet werden. Sie kompensieren die Grundschiwingung des im Erdschlussfall über die Fehlerstelle fließenden kapazitiven Netzstromes. Kleine Luftspulen werden eingesetzt in der Elektronik oder in der Elektroakustik z.B. als Frequenzweiche. Auf diese Anwendung wird später eingegangen.

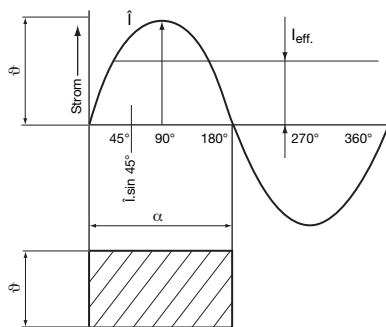
Luftdrossel-Spule



5.3.2 Drosselspule mit Eisenkern für Wechselstrom

5.3.2.1 Scheitelwert und Effektivwert

Sinusförmige Wechselspannung von z.B. 10 V_{eff.} hat den gleichen Wert wie 10 V ideeller Gleichspannung.



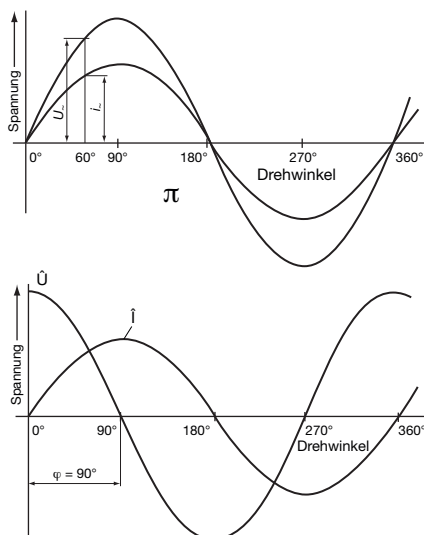
10 A_{eff.} hat den gleichen energetischen Wert, wie 10 A ideeller Gleichstrom.

$$I_{eff} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{100\%}{1,41} = 70,7\%$$

$$\text{Mittelwert} = 100\% \times \frac{2}{\pi} = 64\%$$

$$\text{Formfaktor} = \frac{70,7\%}{64\%} = 1,11$$

5.3.2.2 Phasenverschiebung



Phasengleiche periodische Vorgänge bei Belastung mit einem Wirkwiderstand z.B. Glühlampe, Heizkörper.

Phasenverschiebung durch Belastung mit einer reinen Induktivität. Der Strom eilt der Spannung 90° nach. Bei kapazitiver Belastung eilt der Strom der Spannung 90° voraus.

Rein induktive Blindwiderstände lassen sich nicht herstellen und enthalten immer einen Anteil Wirkwiderstand z.B. Drossel oder Motor etc.

5.3.2.3 Wechselstromwiderstände

Der induktive **Blindwiderstand** einer Spule ist umso grösser, je grösser die Induktivität der Spule und je höher die Frequenz ist.

Induktive Reaktanz $X_L = 2 \times \pi \times f \times L$, (L in Henry)

z.B. für eine Spule mit 2H bei 50 Hz: $X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 2\text{H} = 628 \text{ Ohm}$

Da jede Spule zum Blindwiderstand auch einen Wirkwiderstand enthält der um 90° verschoben ist, können die Werte nur geometrisch addiert werden. Diesen Wert nennt man:

$$\text{Scheinwiderstand (Impedanz } Z) = \sqrt{R_w^2 + X_L^2} \longrightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z}, \text{ (} R_w \text{ in Ohm)}$$

Wie hoch ist Z und φ einer Spule von L = 200 mH und R = 40 Ohm an 200 kHz oder an 50 Hz?
Z bei 200 kHz = 251000 Ohm und $\cos \varphi = 0,000159$, Z bei 50 Hz = 74 Ohm und $\cos \varphi = 0,54$

Beim Kondensator ist es umgekehrt. Der kapazitive Blindwiderstand wird umso kleiner, je höher die Frequenz ist.

$$X_C = \frac{1}{\omega \times C}, \text{ (Omega } \omega = \text{ Kreisfrequenz } 2 \times \pi \times f)$$

5.3.2.4 Wechselstromkreis mit reiner Induktivität

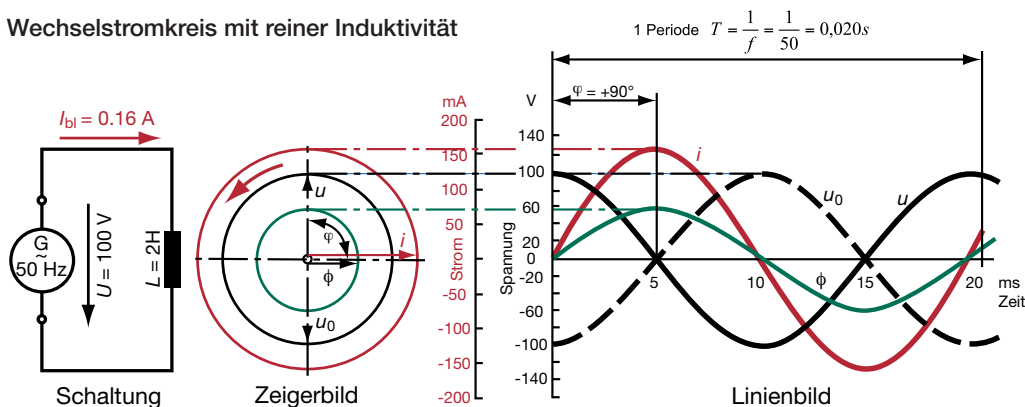


Bild 5.3.2.4.1: Wechselstromkreis mit reiner Induktivität

Der Strom I erzeugt einen phasengleichen magnetischen Fluss Φ . Als Folge der Flussänderung entsteht die Gegenspannung U_0 . Die stärkste Flussänderung ergibt sich jeweils im Nulldurchgang der Flusskurve. In diesem Moment erreicht die Gegenspannung ihren Scheitelwert. Die Gegenspannung wirkt in jedem Zeitpunkt der Netzspannung entgegen. Der Spulenstrom erreicht seinen Scheitelwert jeweils $\frac{1}{4}$ Periode = 90° später als die angelegte Spannung.

5.3.2.5 Einsatz von Drosseln im Wechselstromkreis

Wechselstromdrosseln liegen direkt im Wechselstromkreis und werden für Netzstromkreise oder für tonfrequente Stromkreise in allen Bereichen der Elektrotechnik, Fernmelde- Funktechnik, Elektroakustik und Elektronik eingesetzt. Z.B. auf der Primär- oder Sekundärseite eines Stromrichtertransformators zur Begrenzung der Stromaufnahme und Rückstörungen auf das Netz. Im Primärkreis bestehen bessere Abstimmöglichkeiten mit Anzapfungen, da kleinere Ströme, als im Sekundärkreis auftreten. Die Anzapfungen sind einfacher auszuführen.

Entkopplungsdrosseln sind Drosseln die in Wechselstromleitungen mehrerer voneinander unabhängig arbeitender Stromrichter an einer gemeinsamen Transformatorwicklung auftreten oder an einem gemeinsamen Netz betrieben werden.

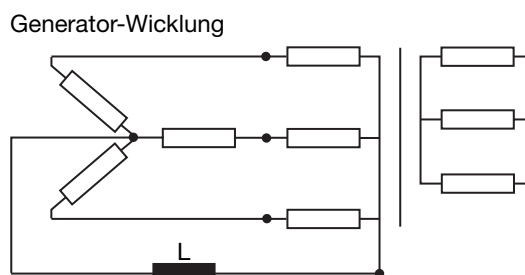
Erdschlusslöschspulen sind einphasige Drosselspulen, die in induktiv geerdeten Netzen zwischen Sternpunkt und Erde geschaltet werden. Sie kompensieren die Grundschiwingung des im Erdschlussfall über die Fehlerstelle fließenden kapazitiven Netzstromes.

Sternpunkt-Erdungsdrosselspulen. In geerdeten Netzen können die Sternpunkte einzelner Transformatoren über einphasige, niederohmige Sternpunkt-Erdungsdrosseln geerdet werden. Die im Erdschlussfall auftretenden Spannungen und Ströme zw. Sternpunkt und Erde können so begrenzt werden.

Nullleiterdrosseln werden eingesetzt zur Eliminierung der 3. oder 5. Oberwelle je nach System. z.B.: Gen. 270KVA, 400A, 3 x 400V, 50 Hz. 5.Oberwelle (250 Hz) Nullleiter max. 100A, 13.5V

$$\text{Induktivität der Drossel: } L = \frac{13,5V}{2 \times \pi \times 250\text{Hz} \times 100A}$$

Damit in der Drossel gleiche Verluste entstehen wie bei 50 Hz muss für die 250 Hz die Induktion herabgesetzt werden, wegen der Erwärmung und Verluste im Kern.



Kompensationsdrosseln sind zur Kompensierung der kapazitiven Ladeleistung langer, schwach belasteter Leitungen zur Begrenzung von Überspannungen.

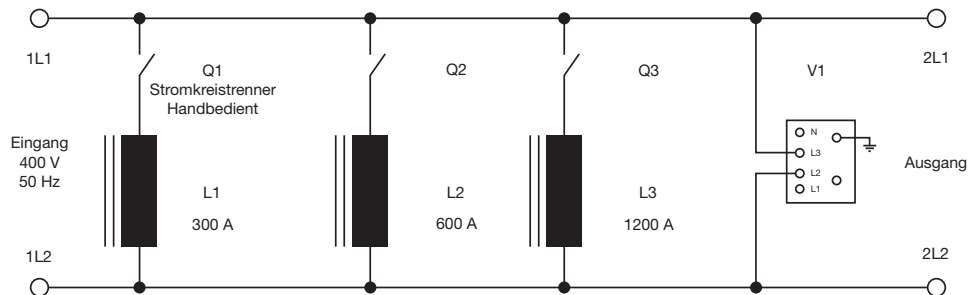
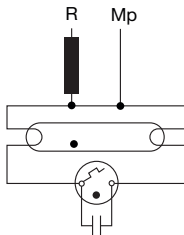


Bild 5.3.2.5.1: KDL 840 Anlage für Kabelmessprüfeinrichtungen.

Strombegrenzungsdrossel für Leuchtstofflampen

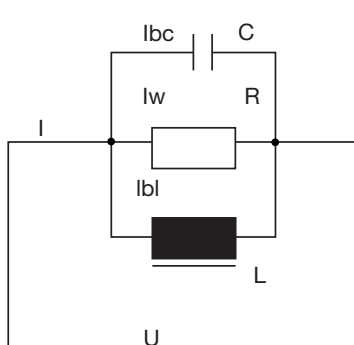
Die hohe Zündspannung für den Start der Lampe wird durch die vorgeschaltete Drossel in Verbindung mit einem sogenannten Zünder oder Starter erzeugt. Wenn die Glimmladung aufhört, öffnet der Starter. Diese Unterbrechung des Stromkreises hat durch die Selbstinduktion in der Drossel einen Spannungstoß von etwa 1000 V zur Folge. Im Betrieb dient die Drossel zur Strombegrenzung, sodass nur noch eine Brennspannung von ca. 100V an der Lampe liegt.



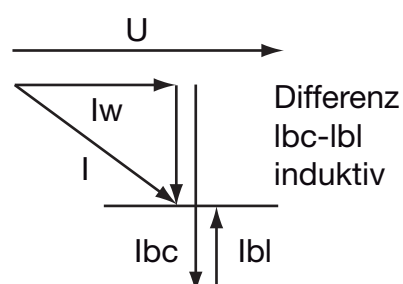
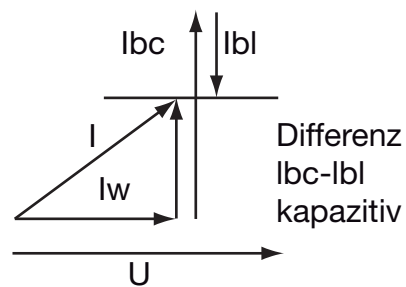
Filterdrosseln

Filterdrosseln werden entweder parallel oder in Serie mit einem Kondensator betrieben. In den Drosseln fließt die Grundwelle und die Oberwelle, die gefiltert oder gesperrt werden soll.

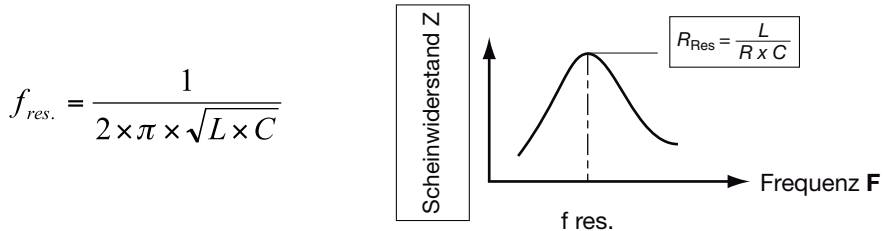
Parallelschaltung von C – L – R



$$I = \sqrt{I_w^2 + (I_{bl} - I_{bc})^2}$$



Ist der Strom in der Induktivität größer als der Strom in der Kapazität, so wirkt die Schaltung wie ein induktiver Verbraucher. Sind die Ströme durch die Induktivität und durch die Kapazität gleich gross, tritt der **kleinste** Strom in der Leitung auf. Der Schwingkreis hat den grössten Widerstand. Es entsteht eine Eigenfrequenz. Hat die zugeführte Frequenz die gleiche Grösse, so tritt Resonanz ein.



Den Parallelschwingkreis benutzt man, um aus einem Frequenzgemisch eine bestimmte Frequenz, die Resonanzfrequenz herauszusieben.

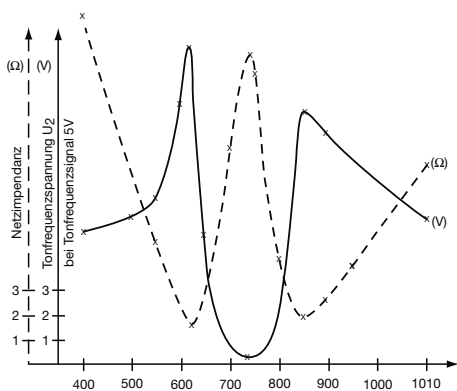
Beispiel:

Zwischen Antenne und Erde liegen alle Frequenzen welche die Antenne empfangen kann. Schaltet man einen Parallelschwingkreis dazwischen, werden alle **Frequenzen ausser der Resonanzfrequenz kurz geschlossen**. Abstimmung auf einen bestimmten Sender.

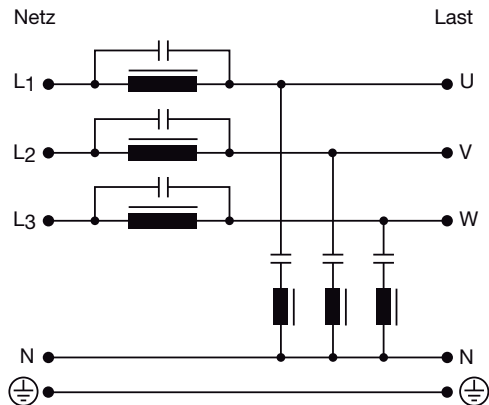
Schaltet man den Parallelschwingkreis in Reihe mit dem Verbraucher, so sperrt er die Resonanzfrequenz, weil bei ihr der hohe Resonanzwiderstand auftritt. In dieser Schaltung nennt man den Parallelschwingkreis auch **Sperrkreis** z.B. zur Dämpfung der Netzkommadosignale.

In Elektrizitätsverteilernetzen werden der Netzspannung Tonfrequenzsignale überlagert, um damit ferngesteuerte Schaltungen vorzunehmen. Diese Signale verringert ein Filterkreis der auf die genaue Impulsfrequenz abgestimmt ist.

Impedanzkurve 3ph Filterkreis 3 x 400 V, 50/60 Hz
16 A, F = 745 Hz

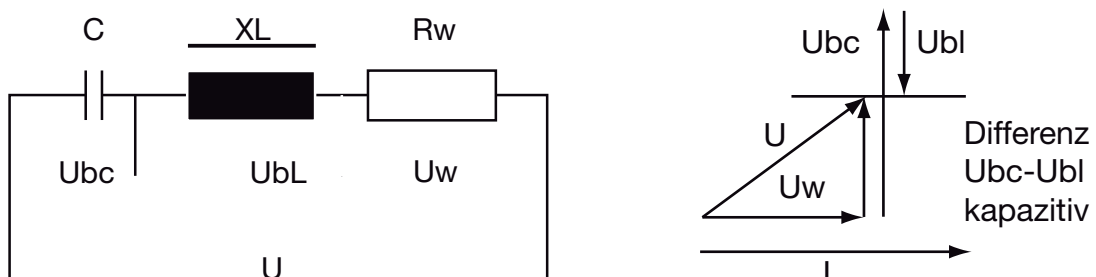


Schaltschema

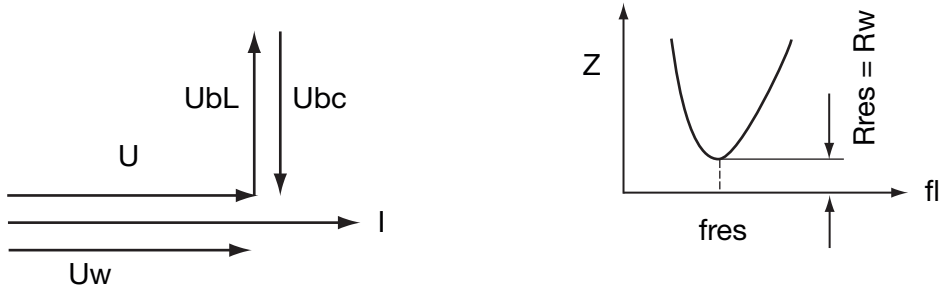


Reihenschaltung

Reihenschaltung von Wirkwiderstand, induktivem und kapazitivem Blindwiderstand. Es entstehen entgegengesetzte Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung.



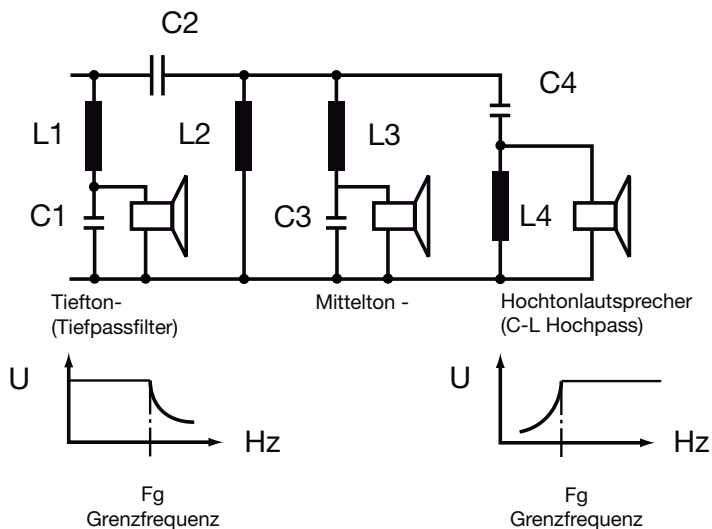
Reihenschwingkreis



Der Reihenschwingkreis wirkt bei Resonanz nur noch wie ein Wirkwiderstand. Dieser Wirkwiderstand ist der Resonanzwiderstand R_{res} . Der Reihenschwingkreis hat bei Resonanz seinen kleinsten Widerstand. An Spule und Kondensator tritt Spannungsüberhöhung auf.

Den Reihenschwingkreis benutzt man, um in einem Frequenzgemisch die Resonanzfrequenz zu unterdrücken. Schaltet man ihn an einen Wechselspannungserzeuger, der ein Frequenzgemisch erzeugt, so schließt er seine Resonanzfrequenz kurz. Man nennt den Reihenschwingkreis in dieser Schaltung auch Saugkreis.

Beispiel einer 3 Weg Frequenzweiche.

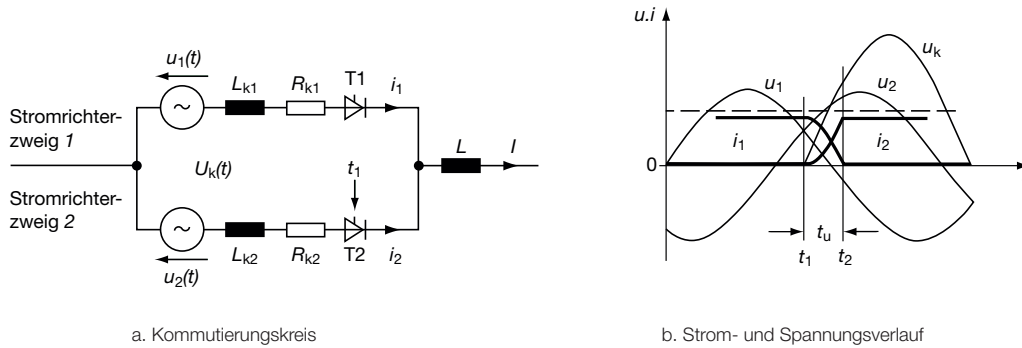


Dank der Spule L_1 werden die tiefen Frequenzen zum Tiefton-Lautsprecher geleitet. Die hohen und mittleren Frequenzen gehen über C_2 zu den andern Lautsprechern. C_2 ist ein Hindernis für tiefe Frequenzen bis ca. 4000 Hz. L_1 ist ein Hindernis für hohe Frequenzen. L_2 leitet die durchgegangenen tiefen Frequenzen nach unten ab, bzw. werden kurzgeschlossen. C_1 , C_3 , L_4 wirken als Bypass für die durchgegangenen Frequenzen. Durch entspr. Werte der Spulen und Kondensatoren können die Frequenzen selektiv den Lautsprechern zugeführt werden.

Kommutierungsrosseln

Die Kommutierungsrossel L_{k1} und L_{k2} soll den Kurzschlussstrom während der Kommutierung begrenzen. Kommutierung ist der Übergang des Stromes von einem Zweig des Stromrichters in einen anderen, wobei während der Überlappungszeit t_u beide Zweige Strom führen.

Bild 5.3.2.5.2: Natürliche Kommutierung



Beispiel für WR (Wechselrichter)

Für elektronisch geregelte WR erhält die Kommutierungsdrossel KD eine Mittelanzapfung. Für magnetisch geregelte WR braucht die Drossel 2 getrennte Wicklungen mit entgegengesetztem Wickelsinn.

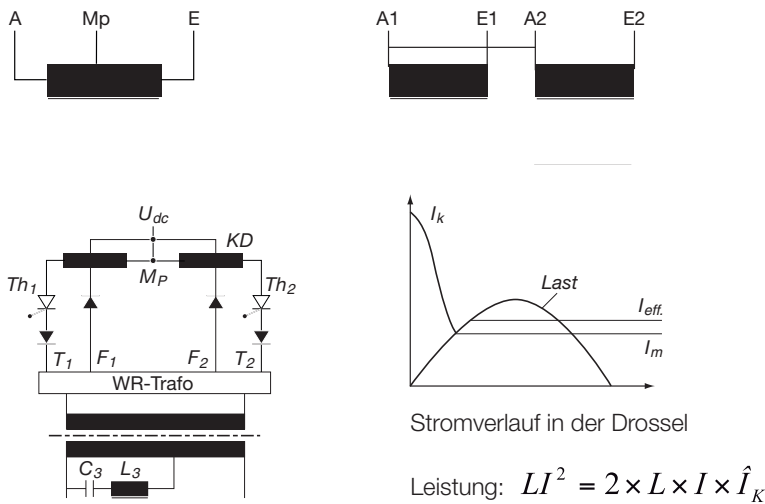


Bild 5.3.2.5.3: Kommutierungsdrossel im WR - Stromkreis mit Spannungskonstanthalter.

5.3.2.6 Formel für die Berechnung von Induktivität L, Strom I und Spannung U

$$L = \frac{U}{2 \times \pi \times f \times I} \quad \text{in Henry,} \quad I = \frac{U}{2 \times \pi \times f \times L} \quad \text{in Amper,} \quad U = L \times I \times \omega \quad \text{in Volt}$$

Die Drosselleistung für sinusförmigen Wechselstrom ergibt sich aus:

$$P = 2 \times \pi \times f \times L \times I_{eff.} \quad \text{oder} \quad P = V \times I_{eff.} \quad (\hat{I} = \text{Strom im Scheitelwert, Dach oder Spitze})$$

Wenn \hat{I} größer ist als $\sqrt{2} \times I_{eff.}$, muss die Drossel entsprechend vergrößert werden.

Da die Drossel nur eine Wicklung hat, nicht zwei wie ein Trafo mit getrennter Primär- und Sekundärwicklung, beträgt die Baugröße nur etwas mehr als die Hälfte vom Trafo. Dies ist abhängig vom Strom und Luftspalt.

5.3.3 Drosselpule mit Eisenkern für Gleichstrom

5.3.3.1 Glättungsdrosseln

Drosselpulen auf der Gleichstromseite des Stromrichters sind Glättungsdrosseln, die im Hauptstromkreis liegen und vom gleichgerichteten Strom durchflossen werden. Der pulsierende Gleichstrom soll geglättet werden.

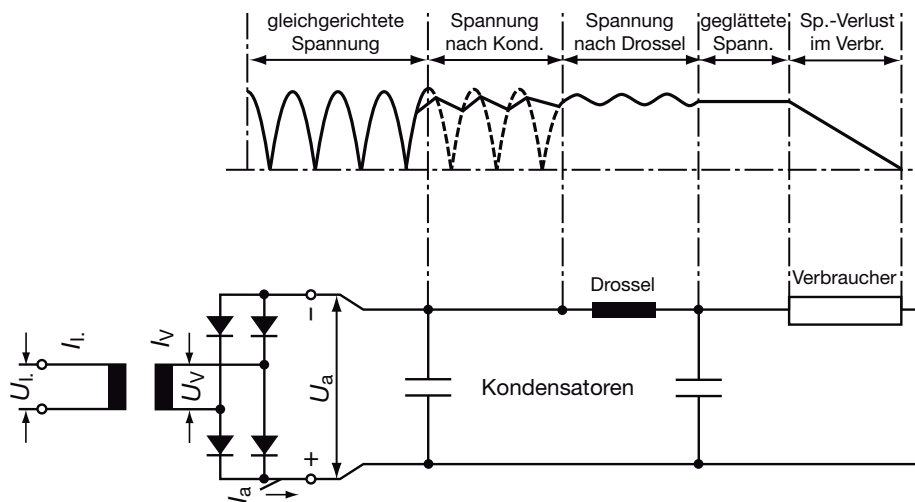


Bild 5.3.3.1.1: Siebkette

Eine Siebkette besteht aus 2 oder 3 quergeschalteten Kondensatoren und 1 oder 2 längsgeschalteten Drosselpulen. Die Drosselpulen stellen den Pulsationen einen grossen induktiven Widerstand entgegen und schwächen sie. Der nicht pulsierende Gleichstromanteil hat nur den geringen ohmschen Widerstand zu überwinden. Die Kondensatoren leiten die Pulsationen wie Wechselströme von der Plus- zur Minusleitung. Sie laden sich außerdem bei den einzelnen Impulsen auf und geben die Ladung zwischen den Impulsen wieder an die Leitung ab, wodurch die Glättung unterstützt wird. Für ganz kleine Leistungen können anstelle der Drosselpulen ohmsche Widerstände verwendet werden.

Stromrichter erzeugen durch die nicht linearen Schaltfunktionen der Stromrichterventile Oberschwingungen in der Spannung und im Strom sowohl auf der Wechsel- bzw. Drehstromseite als auch auf der Gleichstromseite. Bei Anschnittsteuerungen sind die Oberschwingungen noch grösser. Die Pulszahl der Stromrichterschaltung bestimmt die Ordnungszahl der auftretenden Oberschwingungen. Die Grösse der auftretenden Oberschwingungen hängt dann nur noch von der Ordnungszahl ab.

Je nach Steuerwinkel und Gleichstromwelligkeit werden die Oberschwingungen beeinflusst. Für die Berechnung der Drossel müssen diese Oberwellen miteingerechnet werden.

Für die Herstellung von Drosseln ist die Berücksichtigung der Pulszahl – die Frequenz – wichtig.

Siehe Tabelle:

Bei Netzspannung 50 Hz		Pulszahl	Frequenz
1 Ph.	Brückenschaltung	2	100 Hz in der Drossel,
3 Ph.	Sternschaltung und halbgesteuert	3	150 Hz erste Harmonische
3 Ph.	Brücken- oder Doppelsternschaltung, vollgesteuerte Schaltungen (6 Thyristoren)	6	300 Hz

Je nach Schaltung beträgt die Welligkeit des Gleichstromes 1,21-1,03 % was auf die Glättung und die Drosselgröße Einfluss hat.

Die Bauleistung von Glättungsdrosseln steigt linear mit der Induktivität und quadratisch mit dem Gleichstrom im Arbeitspunkt an. Gleichstromdrosseln haben wegen ihrer Gleichstromvormagnetisierung eine stark stromabhängige Induktivität. Die Kurzschlussinduktivität ist wegen der Sättigung des Eisenkerns viel kleiner als die Nenninduktivität.

Drosseln mit Eisenkern für höhere Frequenzen und Stromsteilheiten müssen wegen der Wirbelströme mit dünnen Ring- oder Schnittbandkernen gebaut und durch mehrere Luftspalten im Eisen unterteilt werden.

Beispiel 1: Glättungsdrossel zu 1Ph. Brückengleichrichter $L = 3\text{mH}$ $I_{GL} = 30\text{A}$ $\hat{I} = 47,6\text{A}$

$$I_{O_{eff.}} = \frac{\hat{I} - I_{GL}}{\sqrt{2}} = \frac{47,6 - 30}{1,41} = 12,4\text{A} \quad \text{bei } 100\text{Hz}, \quad I_{eff.} = \sqrt{30^2 + 12,4^2} = 32,5\text{A}$$

Bauleistung Drosseltyp $LI^2 = L \times I_{eff.} \times \hat{I} : 1000 = 3 \times 32,5 \times 47,6 : 1000 = 4,6$

Für $LI^2 = 4,6$ ergibt sich eine Baugröße von EI 150/49,6 Blech 0.5 mit 24 cm^2 Eisenquerschnitt.

$$\sqrt{\frac{L \times 10^5 \times \delta}{1,25 \times Q_{Fe}}} = \sqrt{\frac{3\text{mH} \times 10^5 \times 0,4\text{cm}}{1,25 \times 24}} = 63\text{Wdg}, \quad (\delta = \text{delta} - \text{Luftspalt})$$

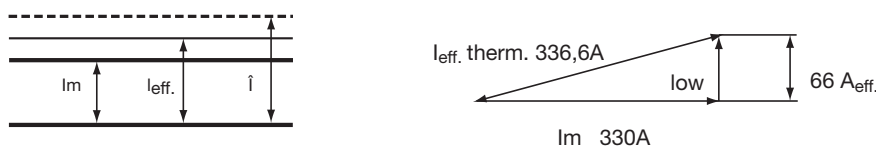
Nachdem die Drossel prov. zusammengestellt ist, muss sie eingestellt werden. Die 3mH ergeben eine Spannung bei einem Strom von ca. 80 % von 25A

$$U = L \times I \times 0,314 = 3 \times 25 \times 0,314 = 23,6\text{V}$$

Auf die Drosselspule wird nun $23,6\text{V}$ eingespeist und die Luftspaltdicke angepasst, bis die $25\text{A} \pm 5\%$ erreicht sind. Für Wechselstromdrosseln sollte die Differenz höchstens 2% betragen.

Beispiel 2: Gleichstromdrossel für Gleichrichter 6 pulsig ($F=300\text{Hz}$) $L = 0,34\text{mH}$ $I_m = 330\text{A}$ $I_{eff.} = 336,5\text{A}$.
Oberwellengehalt $low = 20\%$ Rippel.

$$low\ 20\% \times 330\text{A} = 66\text{A} \times 1,41 = \hat{I}_{low}\ 93\text{A} \quad \hat{I} = I_m + low = 330 + 93 = 423\text{A}$$

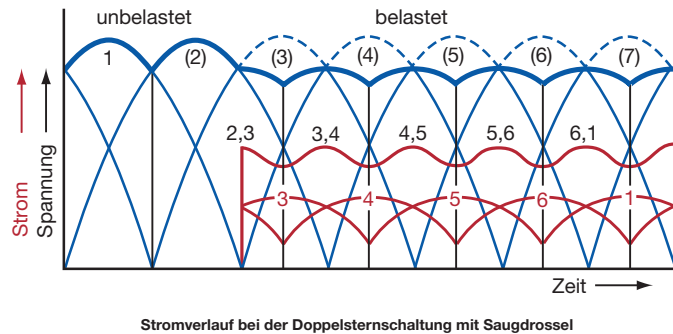
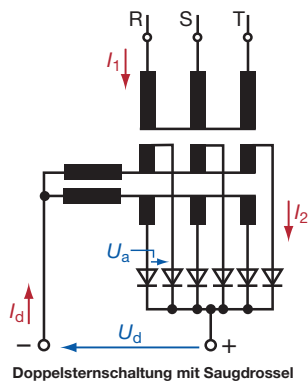


Typenleistung $LI^2 = L \times I_{eff.} \times \hat{I} : 1000 = 0,34 \times 336,5 \times 423 : 1000 = 48,4$ das ergibt eine

Baugröße von UI 180/78 in Isol. Klasse F, kornorientiertes Blech und sechs Luftspalten. Da der Strom gross ist wird die Wicklung parallel auf zwei Säulen geschaltet. Dadurch halbiert sich der Strom in der Wicklung. Jede Säule erhält dann 28 Windungen. Das hat einen Vorteil für die Verarbeitung und kleinere Kupferverluste. Für den Anwender können die Angaben der Verluste und der Linearität wichtig sein. Für diese Drossel wären die Verluste $P_{V_{CU}}$ ca. 170W $P_{V_{FE}}$ ca. 50Watt . Die Drossel arbeitet beim Spitzenstrom immer noch linear bei $1,2\text{ Tesla}$.

5.3.3.2 Saugdrosseln

Saugdrosseln sind magnetisch miteinander verkettete Glättungsdrosseln. Ihre Wicklungen werden von den gleichgerichteten Strömen parallel geschalteter Phasen, oder versetzter Kommutierungsgruppen durchflossen. Bei Saugdrosseln hebt sich die Vormagnetisierung bei symmetrischer Belastung der parallel geschalteten phasenversetzten Kommutierungsgruppen auf. Die Bauleistung wird daher geringer als bei Glättungsdrosseln. Der Luftspalt fällt weg oder wird ganz klein. Saugdrosseln müssen die Spannungsdifferenz gleichzeitig arbeitender Phasen aufnehmen. An ihnen liegt eine nichtsinusförmige Wechselspannung doppelter, dreifacher oder sechsfacher Netzfrequenz je nach Schaltung. Der Magnetisierungsstrom der Saugdrossel überlagert sich dem Gleichstrom.



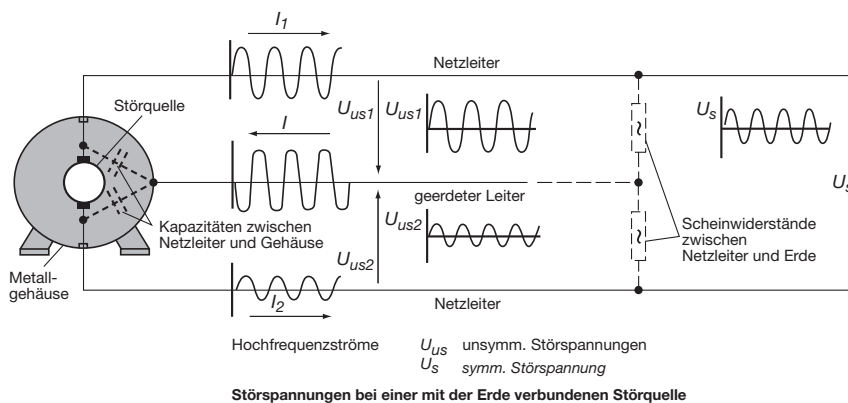
Bei größerer Belastung erzeugt der zurückfließende Gleichstrom in der Drossel einen kräftigen Magnetismus. Beim Übergang der Belastung von einem Strang auf den andern ändert sich in der Drossel die Richtung des Magnetfeldes. Die Drossel versucht den Zustand beizubehalten, sie bremst also den Übergang auf den neuen Strang und saugt aus dem vorhergehenden Strang noch Strom ab. Dadurch erzwingt diese Saugdrossel die Arbeit von jeweils 2 Strängen. Die Bauleistung des Transformators ist ca. 1,3 mal so groß wie die Gleichstromleistung.

5.3.4 Entstördrosseln

Funktentstördrosseln werden verwendet für elektrische Handwerkzeuge und Haushaltsmaschinen mit Kollektormotoren.

Verwendet werden hierbei:

Ringkern-, Stab-, Stromkompensierte Drosseln für Schaltnetzteile. HF-Drosseln für die Industrie und Unterhaltungselektronik in der Ausführung als Ringkerne, E – I – U oder Schalenkerne aus Ferrit und zum Teil mit HF-Litzen wegen den hohen Frequenzen. Entstördrosseln für Thyristoren, Breitbanddrosseln zur Unterdrückung von Strahlungen bei Rundfunk, Fernsehgeräten sowie für Zündanlagen. Perlendrosseln zur Unterdrückung von unerwünschten HF-Schwingungen und Rückkopplungseffekten. Ringkerndrosseln verursachen weniger Störungen und haben eine bessere Ausnützung durch das homogene Feld, bedingen jedoch eine spezielle Wickeltechnik.



Der Motor wirkt als Funkstörquelle. Die in ihr entstehenden hochfrequenten Ströme rufen in der Leitung und im Motor hochfrequente Spannungsabfälle hervor. Funkstörspannungen gelangen über das Netz und durch Strahlung in die Empfangsanlagen von Radio und Fernsehen. Sie werden durch Stromwendermotoren, Schleifringmotoren, Schalter, Temperaturregler oder Zündkerzen etc. hervorgerufen.

Eine Funkentstörung ist auch mit Drosseln möglich, die in Reihe mit der Störquelle geschaltet werden. Sie lassen den hochfrequenten Störstrom nicht ins Netz. Da Drosseln teurer sind als Widerstände, werden sie nur bei schwierigen und grösseren Entstörungsaufgaben eingesetzt.

