Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 37 (1964)

Heft: 8

Artikel: Vom Elektron zur Elektronik [Fortsetzung]

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-562922

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 06.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

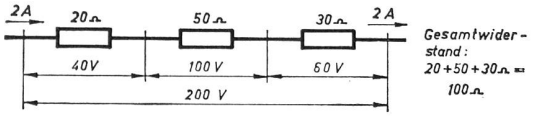
621.38

Funk und Draht

Beilage zum «Pionier» zur fachtechnischen Ausbildung der Übermittlungstruppen

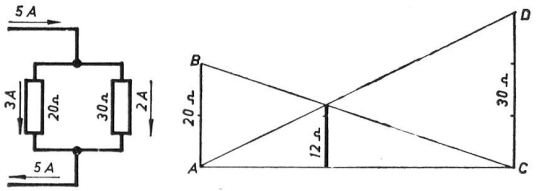
Vom Elektron zur Elektronik

In einer Serieschaltung ist der Gesamtwiderstand gleich der Summe der einzelnen Teilwiderstände. Alle Seriewiderstände werden vom gleichen Strom durchflossen. Nach dem Ohmschen Gesetz müssen deshalb Spannungsabfälle im Verhältnis ihrer Widerstandswerte auftreten (6.6). Rechne die Werte mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes nach!



6.6 Serieschaltung

In einer Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand kleiner als der kleinste Einzelwiderstand, da der Strom durch mehrere nebeneinander laufende Wege fliessen kann. Für zwei parallel geschaltete Widerstände lässt sich der Gesamtwiderstand zeichnerisch ermitteln: Ziehe eine beliebige, aber möglichst lange Grundlinie, und errichte an ihren Endpunkten Senkrechte, deren Längen in einem passenden Maßstab den Widerstandswerten entsprechen. Nun verbinde die Punkte A mit D und B mit C. Der Abstand des Schnittpunktes dieser Verbindungslinien von der Grundlinie entspricht dem Gesamtwiderstand der beiden Teilwiderstände (6.7).



6.7 Parallelschaltung

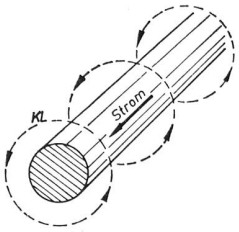
In einem Stromkreis können keine Elektronen verloren gehen; deshalb gilt: Bei einer Parallelschaltung von Widerständen ist der Gesamtstrom gleich der Summe der einzelnen Teilströme (6.7). Die Teilwiderstände liegen alle an der gleichen Spannung.

Die Berechnung des Gesamtwiderstandes einer Gruppenschaltung erfolgt schrittweise. In einer Widerstandgruppe nach Fig. 6.5 ist zuerst der Gesamtwiderstand der beiden parallel geschalteten Widerstände zu bestimmen. Dieser «Ersatzwiderstand» liegt dann mit dem ersten Teilwiderstand in Serie.

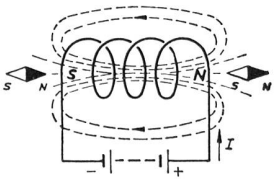
Magnetismus und Induktion

Jeder Stromfluss erzeugt ein magnetisches Kraftfeld, das man sich in Kraftlinien (KL) unterteilt vorstellen kann, die den Leiter kreisförmig umschliessen (7.1). Formen wir den Leiter zu einer Spule, vereinigen sich diese KL zu einem magnetischen Feld (7.2). Die Stärke des Feldes wächst mit zunehmender Stromstärke und Windungszahl der Spule. Die KL können mit Eisenfeilspänen sichtbar gemacht oder durch die Ablenkung einer Kompassnadel nachgewiesen werden. Diese Erscheinungen nennt man Elektromagnetismus.

Mit Hilfe zweier Kompassnadeln lässt sich feststellen: Die Spulenenden besitzen verschiedenartige magnetische Polaritäten, die man mit Nord- und Südpol bezeichnet. Ungleiche magnetische Pole ziehen sich an, gleiche stossen sich ab! (7.2).

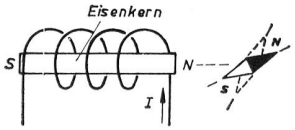


7.1 Kraftlinien um Stromleiter

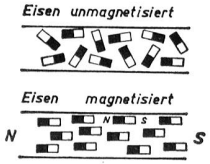


7.2 Spule und Kraftfeld

Schieben wir einen Eisenkern in die Spule, wird die Magnetnadel viel mehr abgelenkt (7.3) — das Magnetfeld ist stärker geworden! Man erklärt sich diese Tatsache durch die Wirkung kleinster Molekularmagnetchen, die im unerregten Eisen wahllos angeordnet sind, so dass sich ihre Einzelfelder gegenseitig aufheben. Durch das Spulenfeld werden sie nun gerichtet und vereinigen ihre Felder zu einem starken Gesamtfeld (7.4).

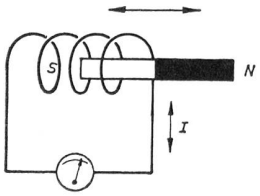


7.3 Spule mit Eisen

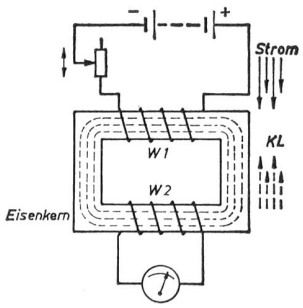


7.4 Molekularmagnetismus

Wir führen den Versuch (7.3) mit einem Spulenkern aus Aluminium, weichem Eisen und gehärtetem Stahl nochmals durch. Beobachtungen: Aluminium verändert die Feldstärke überhaupt nicht; weiches Eisen erhöht die Feldstärke sehr stark, bleibt aber nach dem Herausnehmen unmagnetisch. Der harte Stahlkern dagegen behält auch später das magnetische Kraftfeld bei — er ist selbst ein Magnet geworden! Es gibt also nichtmagnetische, weichmagnetische und dauermagnetische (permanentmagnetische) Stoffe. Ausser Eisen, Nickel und Kobalt sind alle Elemente nichtmagnetisch. Stärkste Dauermagnete werden heute aus Legierungen (z. B. Aluminium-Nickel-Kobalt) oder aus keramischen Verbindungen (z. B. Bariumferrit) hergestellt.



7.5/7.6 Induktion



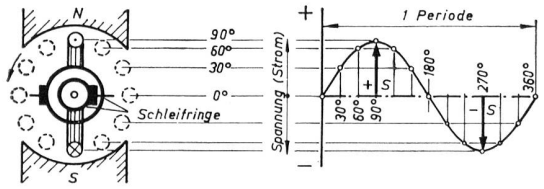
Bewegen wir einen Magneten in der Spule (7.5), zeigt das Instrument einen Ausschlag an. Schneiden also magnetische KL einen Leiter, wird eine Spannung erzeugt — induziert. Diese Erscheinung heisst deshalb Induktion; dabei ist es gleichgültig, ob Spule oder Feld bewegt werden. Die Stromrichtung hängt von der KL- und Bewegungsrichtung ab.

In der Spule W_2 (7.6) tritt eine Induktionsspannung auf, wenn der Strom (durch Verschieben des Widerstandabgriffes) und

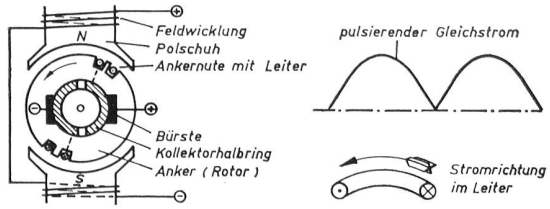
damit das Kraftfeld verändert werden. Die Grösse dieser induzierten Spannung wächst mit der Windungszahl von W_2 und mit der Geschwindigkeit der Strom-(Feld-)Veränderung.

Generatoren und Motoren

Die Stromerzeugung durch Generatoren beruht auf dem Induktionsprinzip. Dreht man eine Leiterschlaufe durch ein magnetisches Kraftfeld (8.1), laufen die Leiter bei 0° entlang den KL (keine Induktion), fangen dann zusehends an, sie zu schneiden, bis bei 90° die grösste KL-Zahl geschnitten wird (Scheitelwert + S der induzierten Spannung). Bei einer ganzen Umdrehung ergibt sich aus dem Aneinanderreihen der induzierten Einzelspannungen eine volle Wechselspannungskurve. Diese Kurvenform heisst Sinuskurve, der hervorgerufene Strom Wechselstrom.

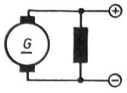


8.1 Wechselstromerzeugung

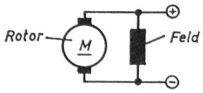


8.2 Gleichstrommaschine

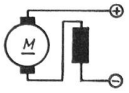
Der gleiche Generator kann auch Gleichstrom abgeben, wenn die Leiterschlaufe nach jeder halben Umdrehung über einen Stromwender (Kollektor) umgepolt wird (8.2). Der Kollektor dreht sich mit dem Anker und legt dadurch immer Leiterenden gleicher Polarität an die Schleifkohlen (Bürsten). Das Magnetfeld wird meist durch stromdurchflossene Spulen erzeugt, die parallel oder in Serie zum Anker liegen können; man spricht dann von Nebenschluss- oder Hauptschlussmaschinen (8.3—8.5). Die erste Spannung wird infolge des Restmagnetismus der Polschuhe induziert.



8.3 Nebenschluss-Generator



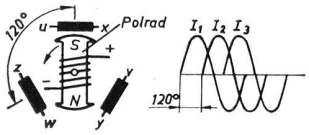
8.4 Nebenschlussmotor



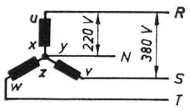
8.5 Hauptschlussmotor

Verbinden wir eine Stromquelle mit einer Gleichstrommaschine, dann läuft sie als Motor. Das Polfeld übt auf das Feld der stromdurchflossenen Ankerleiter eine Kraft aus, wodurch der Anker gedreht wird. Damit er nach Erreichen der Gegenpole nicht stehen bleibt, polt der Stromwender die Ankerleiter nach einer halben Drehung um. Durch Kreuzen der Anker- oder der Polfeldanschlüsse kann die Drehrichtung geändert werden. Universalmotoren sind als Hauptschlussmaschinen geschaltet und für Gleich- oder Wechselstrombetrieb geeignet.

Dreht sich ein magnetisches Polrad entlang dreier um 120° versetzter Spulen, werden drei um 120° versetzte (phasenverschobene) Ströme erzeugt (8.6). Die Generatorspulen können z. B. sternförmig geschaltet sein (8.7); der erzeugte Drehstrom steht uns dann über die drei Phasenleiter R, S und T zur Verfügung. Der Nulleiter N führt bei ungleichmässiger Belastung den Ausgleichstrom. In unserem Netz beträgt die Spannung zwischen Nulleiter und Phasenleiter je 220 V, zwischen zwei Phasenleitern je 380 V.

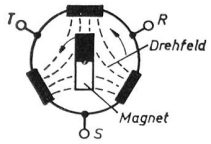


8.6 Drehstrom-Erzeugung

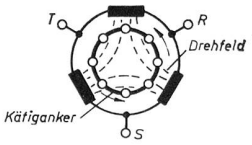


8.7 Drehstromnetz

Werden drei Spulen nach (8.8) mit dem Drehstromnetz verbunden, so dreht sich der Magnet gleichlaufend oder «synchron» mit dem vom Drehstrom hervorgerufenen Drehfeld (Synchronmotor). Befindet sich im Drehfeld ein geschlossener Drahtkäfig, schneiden die umlaufenden KL die Käfigleiter und rufen durch Induktionsströme ein Magnetfeld hervor (8.9). Der Käfig läuft dem Drehfeld mit einem gewissen Schlupf nach, weil sonst keine KL geschnitten und keine Spannung induziert würde. Ein solcher Motor heisst Asynchron-, Kurzschlussanker oder Induktionsmotor.



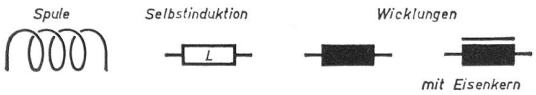
8.8 Drehstrom-Synchronmotor



8.9 Drehstrom-Asynchronmotor

Spulen und Transformatoren

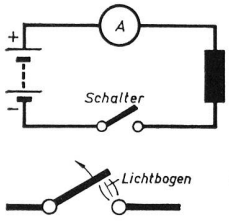
Verbinden wir eine Spule (9.1) mit einer Gleichstromquelle (9.2), dann erreicht der Strom nicht unmittelbar nach dem Einschalten seinen Endwert. Die KL der Spule schneiden während des Feldaufbaues die eigenen Spulenwindungen und induzieren in ihnen eine Gegenspannung: die Selbstinduktionsspannung. Diese wirkt der Spannung der Stromquelle entgegen und lässt den Strom erst nach einer gewissen Zeit — wenn das Feld

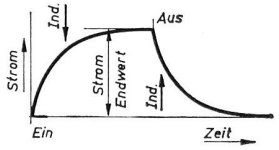


9.1 Spulensymbole

aufgebaut ist — auf seinen Endwert ansteigen. Beim Ausschalten des Stromes bricht das Feld zusammen und ruft nun einen Selbstinduktionsstrom hervor, der das Feld halten will und deshalb langsam ausklingt. Die beim Abschalten auftretende Selbstinduktionsspannung kann sehr hohe Werte erreichen und zwischen den Schalterkontakten kurzzeitig einen Lichtbogen ziehen (9.2)! Grössere Windungszahlen und ein Eisenkern erhöhen die Wirkung der Selbstinduktion (kurz: Induktion).

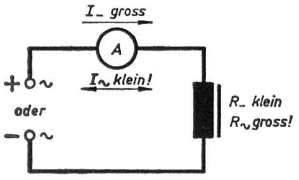
Eine Spule wird einmal an eine Gleichstrom-, dann an eine Wechselstromquelle gleicher Spannung gelegt (9.3). Beobachtung: Die Stromstärke des Wechselstromes ist viel kleiner als jene des Gleichstroms, der Wechselstromwiderstand also grösser als der Gleichstromwiderstand! Das Wechselfeld induziert nämlich eine Gegenspannung, die der angelegten Spannung entgegenwirkt und dadurch den Strom verringert, d. h. scheinbar den Widerstand vergrössert!



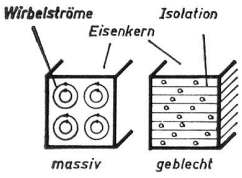


9.2 Wirkungen der Selbstinduktion

Befindet sich ein massiver Eisenkern im Wechselfeld der Spule, werden im Eisen (elekrischer Leiter!) «Wirbelströme» induziert, die den Kern erwärmen. Diese Energie geht dem Stromkreis verloren. Man verkleinert deshalb die unerwünschten Wirbelströme durch einen Kernaufbau aus gegenseitig isolierten Blechen (9.4).

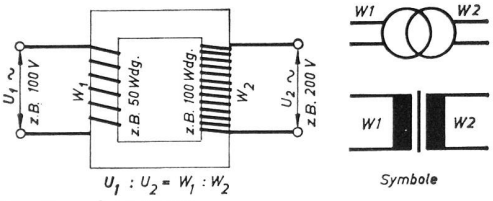


9.3 Wechselstromwiderstand



9.4 Wirbelströme

Fliesst ein Wechselstrom durch die Primärspule W_1 (9.5), so pulsiert im Kern ein Wechselfeld, das die Leiterwindungen der Sekundärspule W_2 schneidet. In dieser Spule wird eine Spannung induziert, deren Wert vom Windungszahlverhältnis der beiden Spulen abhängt. Durch die Wahl dieses Verhältnisses lässt sich also eine Wechselspannung beliebig umspannen = transformieren. Daraus leitet sich der Name Transformator ab; in der Fernmeldetechnik heisst er oft Übertrager.

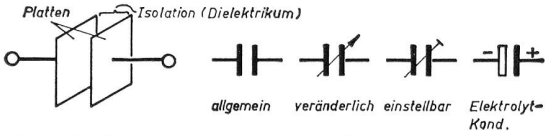


9.5 Transformatoren

Der Sekundärstrom verkleinert sich mit wachsender Spannung; da eine elektrische Leistung durch das Produkt aus Spannung mal Stromstärke gegeben ist, wählt man für die Fernübertragung elektrischer Energie hohe Spannungen (transformiert!) bei entsprechend verkleinerten Strömen. Dadurch werden die Leistungsverluste in den Leitungen geringer.

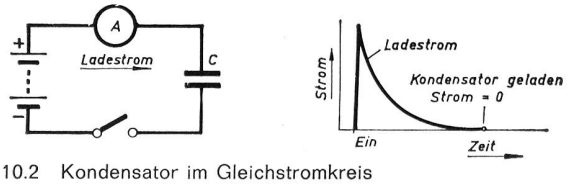
Kondensatoren

Ein Kondensator besteht grundsätzlich aus zwei benachbarten Platten, die durch das Dielektrikum elektrisch voneinander isoliert sind (10.1).



10.1 Kondensator Symbole

Verbinden wir die Kondensatorplatten mit einer Gleichstromquelle, «saugt» die Stromquelle Elektronen von der einen Platte und treibt sie auf die gegenüberliegende Platte: der Kondensator wird geladen! Während dieser Zeit fliesst ein Strom (10.2); nach dem Ladevorgang ist der Kondensator-

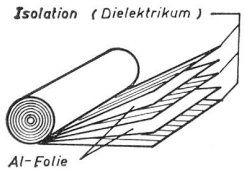


10.2 Kondensator im Gleichstromkreis

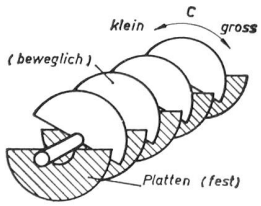
stromkreis für den Gleichstrom gesperrt. Der Kondensator ist nun auf die Spannung der Stromquelle aufgeladen und speichert dadurch eine gewisse Elektrizitätsmenge. Dieses Fassungsvermögen heisst Kapazität (C) eines Kondensators. Die Einheit ist das Farad (Faraday, engl. Physiker, 1791—1867).

1 Farad	= 1 F		
1 Mikrofarad	= 1 µF	= $^1/_{1\,000\,000}$ F	
1 Nanofarad	= 1 nF	= $^1/_{1\,000}$ µF	= $^1/_{1\,000\,000\,000}$ F
1 Picofarad	= 1 pF	= $^1/_{1\,000}$ nF	= $^1/_{1\,000\,000\,000\,000}$ F

Die Kapazität eines Kondensators wächst mit zunehmender Plattenfläche, sinkt dagegen bei grösserem Plattenabstand; auch das Dielektrikum beeinflusst den Kapazitätswert.
Entsprechend ihrer Verwendung sind die Kondensatoren ganz verschieden aufgebaut. Für die dielektrische Isolation eignen sich z. B. Papier, Glimmer, Kunststoffe, Keramik und Luft; statt Platten wählt man meistens dünne Aluminiumfolien (10.3), und bei kleinen Kondensatoren werden die leitenden Schichten oft unmittelbar auf den Isolierkörper gespritzt. Drehkondensatoren sind aus zwei voneinander isolierten Plattenpaketen aufgebaut, wovon das eine zur Kapazitätsänderung aus dem andern hinausgedreht werden kann (10.4). Bei Elektrolytkondensatoren lassen sich auf kleinem Raum grosse Kapazitätswerte erreichen. Sie dürfen nur mit reinem oder pulsierendem Gleichstrom (angeschriebene Polarität beachten) betrieben werden.

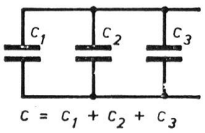


10.3 Wickelkondensator

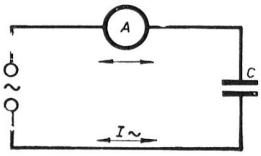


10.4 Drehkondensator

Manchmal werden Kondensatoren parallel geschaltet (10.5); dadurch vergrössert sich die Plattenfläche und deshalb auch die Gesamtkapazität. Eine Serieschaltung ist weniger gebräuchlich, weil sich dann die Gesamtkapazität verkleinert.



10.5 Parallelgeschaltete Kondensatoren



10.6 Kondensatoren im Wechselstromkreis

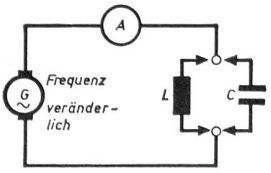
Legen wir einen Kondensator an eine Wechselstromquelle (10.6), dann zeigt das Amperemeter einen Stromfluss an. Durch das Dielektrikum können keine Elektronen fliessen, aber die Stromquelle verschiebt sie über den Stromkreis von der einen Platte zur andern — die Elektronen werden im Leiter hin und her bewegt. Man sagt deshalb, ein Kondensator lasse Wechselstrom durchtreten.

Spulen und Kondensatoren im Stromkreis

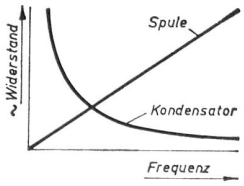
Allgemein wurde der Wechselstrom bereits erläutert. Erhöhen wir die Drehzahl eines Wechselstromgenerators (s. 8.1), dann werden je Sekunde auch mehr Stromwechsel (Perioden) erzeugt. Die Anzahl Perioden je Sekunde nennt man Frequenz (f), die Einheit ist das Hertz (Hertz, deutscher Physiker, 1857—1894).

1 Gigahertz = 1 GHz = 1000 MHz = 1 000 000 kHz = 1 000 000 000 Hz
1 Megahertz = 1 MHz = 1000 kHz = 1 000 000 Hz
1 Kilohertz = 1 kHz = 1000 Hz
1 Hertz = 1 Hz

Beispiele: Netzwechselstrom: 50 Hz, Nachrichtentechnik: bis zu einigen hundert GHz.
Wir wollen nun untersuchen, wie sich Spule und Kondensator in Wechselstromkreisen verschiedener Frequenz verhalten, indem wir einmal eine Spule und dann einen Kondensator an eine Wechselstromquelle mit veränderlicher Frequenz anschliessen (11.1) Anhand der Ströme lässt sich feststellen: Bei Spulen steigt der Wechselstromwiderstand mit zunehmender Frequenz, bei Kondensatoren sinkt er (11.2).

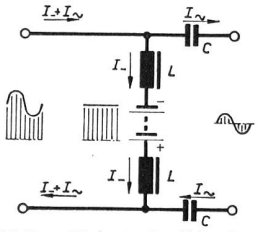


11.1 Wechselstromwiderstände

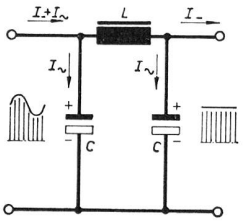


11.2 Abhängigkeit der Widerstände von der Frequenz

Mit Spulen und Kondensatoren lassen sich deshalb frequenzabhängige Widerstandsgruppen und elektrische «Weichen» zur Trennung von Gleich- und Wechselstrom aufbauen (11.3). Eine Siebkette (11.4) dient in Gleichrichtern zur Glättung des pulsierenden Gleichstromes. Der Wechselstromanteil dieses Stromes wird über die Kondensatoren abgeführt; die Drosselspule setzt dem Gleichstrom nur den kleinen Widerstand der Wicklung entgegen, während sie den Wechselstromanteil praktisch nicht durchlässt.

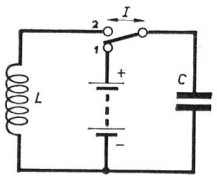


11.3 «Elektrische Weiche»

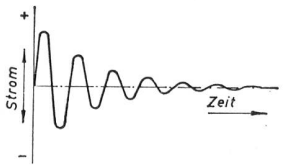


11.4 Siebkette

Legen wir in der Schaltung 11.5 den Schalter auf Stellung 1, dann lädt sich der Kondensator auf; in Stellung 2 entlädt er sich über die Spule: der Entladestrom baut ein Magnetfeld auf, das nach beendetem Stromfluss wieder zusammenbricht. Dabei wird in der Spule eine Selbstinduktionsspannung erzeugt, die den Kondensator umgepolt auflädt. Der Strom pendelt so lange hin und her, bis die ursprünglich aufgenommene Energie durch die Verluste der Leiterwiderstände aufgebraucht ist (gedämpfte Schwingung, 11.6). Mit einer Spule und einem Kondensator kann also ein Schwingkreis aufgebaut werden.

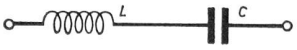


11.5 Parallelschwingkreis



11.6 Gedämpfte Schwingung

Die Frequenz der Schwingungen hängt nur von der Grösse der Selbstinduktion der Spule und von der Kapazität des Kondensators ab. Ausser den Parallelschwingkreisen (11.5) gibt es auch Serieschwingkreise (11.7).



11.7 Serieschwingkreis

Wird eine Wechselspannung an einen Schwingkreis gelegt, deren Frequenz mit jener des Schwingkreises übereinstimmt, dann kommt der Kreis zum Mitschwingen; man bezeichnet dies als Resonanz.

Eine kurze und leichtverständliche Einführung in die Elektrotechnik und Elektronik, erschienen im Selbstverlag des Autors Hugo Stauffer, Postfach 41, Industriepost, 4500 Solothurn. Einzelpreis des Büchleins für EVU-Mitglieder und Wehrmänner Fr. 4.40 (statt Fr. 5.50), pro 10 Expl. 1 Gratisexemplar.