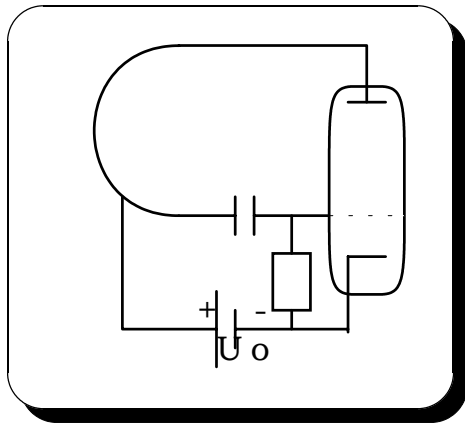


2.2 Elektromagnetische Wellen

2.2.1 Elektrische Dipolschwingungen

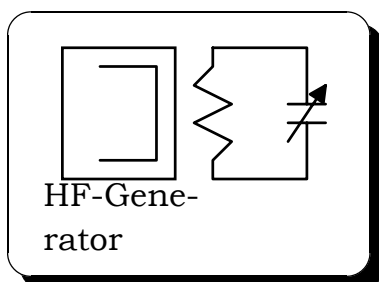
Der Hertzsche Dipol

Elektromagnetische Schwingungen mit sehr hohen Frequenzen (bis zu vielen Millionen Hertz) finden in der Technik vielfältige Anwendungen (Mikrowellenherd, Nachrichtentechnik). Zu ihrer Erzeugung kann eine modifizierte Dreipunktschaltung dienen, bei der die Schwingkreisspule zu einer einzigen Drahtschleife verkümmert ist ("Kurzwellenbügel"), während die Kapazität im wesentlichen von der Kapazität zwischen Gitter und Anode gebildet wird:



Ein Nachweis der elektrischen Schwingungen gelingt zum Beispiel durch induktive Ankopplung eines Sekundärkreises an einen bestehenden Schwingkreis. Scheitelspannungen und -ströme erreichen ein Maximum, wenn der Sekundärkreis auf Resonanz abgestimmt ist.

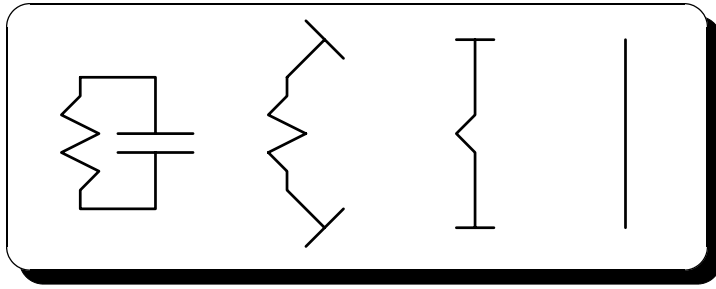
Beispiel:



Für höhere und höchste Frequenzen müssen dazu wegen

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

zur Anpassung L und C immer kleiner werden. Dies kann wiederum dadurch erreicht werden, dass die Spule zu einer einzigen Windung verkümmert und der Kondensator zu den Enden der Zuleitungsdrähte entartet:



Ein Nachteil des "normalen" Schwingkreises ist, dass die elektromagnetischen Wechselfelder im wesentlichen auf Kondensator, Spule und die nächste Umgebung beschränkt sind. Abhilfe bietet das "Aufbiegen" des Schwingkreises, bis ein gerader leitender Stab, ein offener Schwingkreis, entsteht. Dadurch werden auch Induktivität und Kapazität noch kleiner. Ein solcher Stab heißt auch Dipolantenne oder Hertzscher Dipol (Heinrich Hertz, 1857 - 1894). Ein solcher Stab wird in Zukunft induktiv an die oben beschriebene Röhrenschialtung angekoppelt.

Strom und Spannung am Hertzschen Dipol

Die Frage, ob der offene Schwingkreis dasselbe leistet wie der geschlossene, d. h. ob Elektronen hin und her schwingen, kann mit den folgenden Versuchen entschieden werden:

1. Versuch: In die Nähe eines HF-Generators bringt man einen Stab veränderlicher Länge, in dessen Mitte ein Lämpchen als Stromnachweisgerät eingebaut ist.

Ergebnis: Das Glühlämpchen leuchtet auf, wenn Dipol und Kurzschlussbügel des HF-Generators parallel stehen. Besonders hell leuchtet das Lämpchen, wenn die Dipollänge gleich der halben Wellenlänge ist, die man aus der Frequenz des Generators nach der für Wellenvorgänge gültigen Gleichung

$$c = \lambda \cdot f$$

ermitteln kann. Der Stab zeigt also eine Eigenfrequenz.

Die Lampe in der Dipolmitte dient lediglich zum Stromnachweis, ist also nicht für die Funktion des Dipols als offener Schwingkreis entbehrlich.

Dass tatsächlich ein einfacher Hertz-Dipol schwingen kann, zeigt der nächste Versuch:

2. Versuch: Der Hertz-Dipol wird induktiv an die Schwingkreisspule angekoppelt, der Dipol mit Lämpchen dient als Nachweisgerät.

Ergebnis: Die Übertragung elektromagnetischer Schwingungen ist auf größere Entfernungen möglich.

In Zukunft wird der angekoppelte Stabdipol als Sendedipol, der Nachweisdipol als Empfangsdipol oder Empfangsantenne bezeichnet.

3. Versuch: In einen Nachweisdipol sind mehrere Lämpchen eingebaut.
Ergebnis: Das Lämpchen in der Mitte leuchtet besonders hell, die Stromstärke ist also in der Mitte höher als an den Rändern.

4. Versuch: Eine bis kurz unterhalb ihrer Zündung vorgespannte Glimmlampe wird am Sendedipol entlanggeführt.
Ergebnis: An den Enden leuchtet die Lampe hell auf, in der Mitte bleibt sie dunkel; an den Enden herrscht also die höchste Spannung.

Vorläufige Zusammenfassung: Der Hertzsche Dipol ist ein offener Schwingkreis, dessen Eigenfrequenz durch seine Länge gegeben ist. Resonanz liegt vor, wenn $l = \frac{\lambda}{2}$ ist. Spannung und Stromstärke verteilen sich inhomogen auf den Dipol.

Erklärungen: Elektronen in der Stabmitte schwingen nicht von einem Stabende zum anderen, da dort sehr schnell ein Ladungsstau auftritt, der zu den Spannungsmaxima an den Dipolenden führt. In der Mitte können dagegen die Elektronen am ungestörtesten schwingen; daher ist dort die Stromstärke am höchsten, während sie an den Stabenden Null ist.

Felder während einer Schwingung

Zu Beginn einer Schwingung sei - ohne Beschränkung der Allgemeinheit - die obere Hälfte des Dipols positiv geladen. Dies hat ein elektrisches Feld zur Folge. Beim Zusammenbrechen dieses Feldes fließt ein Strom. Es baut sich ein magnetisches Wirbelfeld auf, das - allerdings inhomogen - den Leiter umschließt und nach der Lenzschen Regel den Stromanstieg zu bremsen versucht. Die Eigeninduktivität des Dipols bewirkt, dass nach dem Zusammenbruch der Spannung das sich ändernde Magnetfeld ein entgegengesetztes Aufladen der Dipolenden erzwingt. Dann beginnt der Vorgang in entgegengesetzter Richtung von neuem (vgl. Skizzen).

Elektrische Dipolschwingungen

