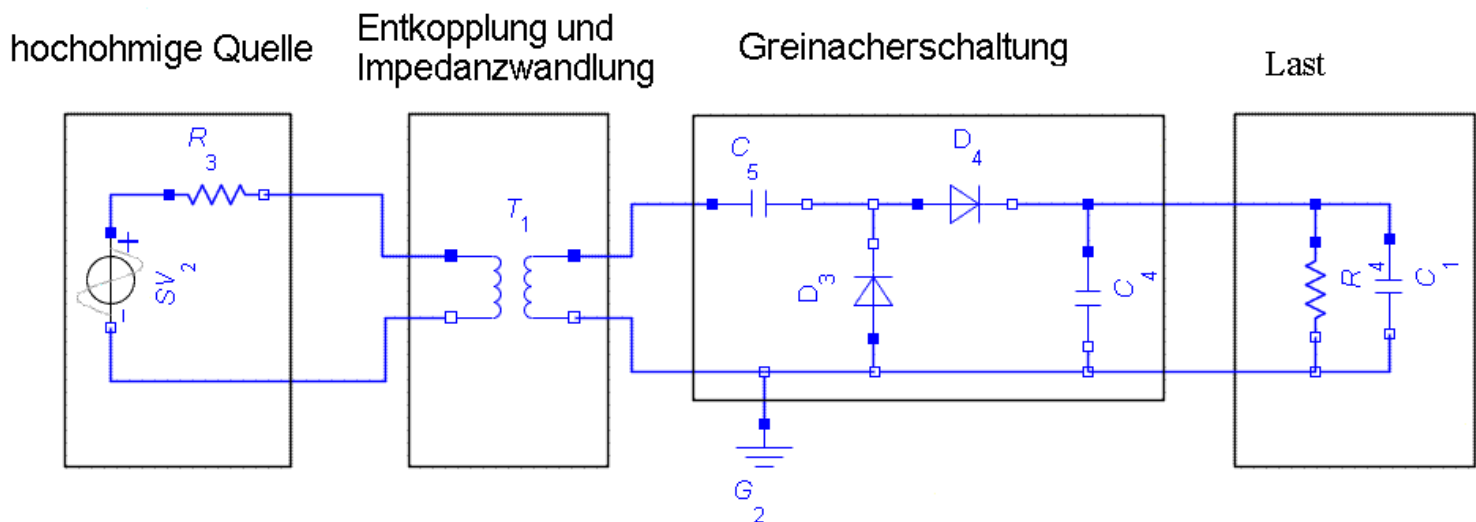


Greinacherschaltung

Dieses Worksheet beschreibt Anwendung und Funktionsweise der Greinacherschaltung, benannt nach dem Schweizer Physiker Heinrich Greinacher. Hinweis: In dieser Worksheet-Ansicht sind die eigentlichen Mapleanweisungen ausgeblendet, sie lassen sich in der Menueleiste unter View/"ShowHide Contents" wieder einblenden, indem man dort das Input-Häkchen setzt.

Schaltung

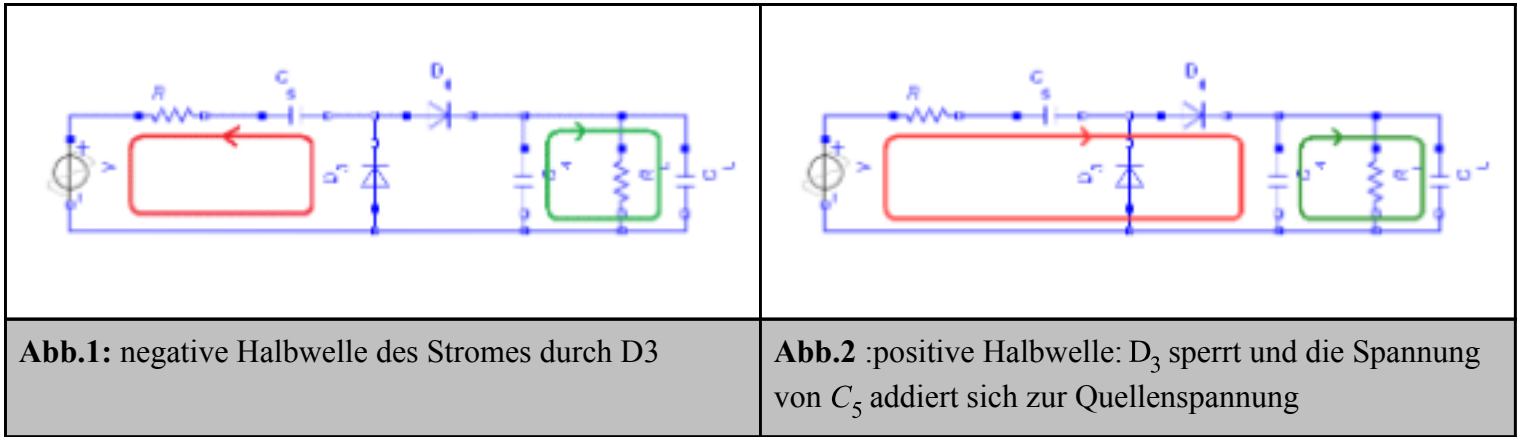
Bild 1:



Funktionsbeschreibung

Quelle SV_2 , Innenwiderstand R_3 und Transformator T_1 aus Bild 1 lassen sich zu einer Ersatzspannungsquelle zusammenfassen. Der ideale Transformator habe ein Übersetzungsverhältnis von n . Die Dioden seien ebenfalls als ideal angenommen, d.h. die Schleusenspannung ist null Volt, es gibt keine parasitären Impedanzen und keinen Sperrstrom. Die Kondensatoren C_4 und C_5 seien ungeladen.

Die Elemente der Ersatzspannungsquelle sind $V = n \cdot SV_2$ und $R = \frac{R_3}{n^2}$



Der Kondensator C4, an dem letztendlich der Verbraucher angeschlossen wird, wird schubweise geladen. Zunächst betrachten wir den Fall, dass D4 sperrt und D3 leitet. Über die Spannungsquelle V wird der Kondensator C5 mit der Zeitkonstanten $\tau = R \cdot C5$ aufgeladen. Dies geschieht so lange, wie der Strom durch D3 größer null ist. Nulldurchgänge des Stromes (rote Masche in Abb.1) werden nicht mit den Nulldurchgängen der Spannungsquelle V zusammenfallen, da es wegen der RC-Kombination eine Phasenverschiebung gibt und weil C5 später auch teilweise schon geladen sein kann.

▼ 1. Schritt: DGL-System für den Ladevorgang am Kondensator C5

Um bei der negativen Halbwellen zu starten, hat die Sinusfunktion eine Phasenverschiebung um den Faktor π .

Maschenumlauf (rot), Abb. 1:

$$-V_0 \sin(\omega t) = u_{c5}(t) + R i_1(t) \quad (2.1.1)$$

Strom-Spannungsbeziehung am Kondensator:

$$i_1(t) = C_5 \left(\frac{d}{dt} u_{c5}(t) \right) \quad (2.1.2)$$

Anfangsbedingung für die Aufladung:

$$u_{c5}(0) = u_0 \quad (2.1.3)$$

Dieses Gleichungssystem läßt sich für diese Anfangsbedingung noch exakt lösen.

$$i_1(t) = - \frac{\left(-V_0 \omega R C_5 + u_0 + u_0 \omega^2 R^2 C_5^2\right) e^{-\frac{t}{RC_5}}}{\left(1 + \omega^2 R^2 C_5^2\right) R} - \frac{V_0 \sin(\omega t) \omega^2 R^2 C_5^2 + V_0 \cos(\omega t) \omega R C_5}{\left(1 + \omega^2 R^2 C_5^2\right) R} \quad (2.1.4)$$

$$u_{c5}(t) = \frac{-e^{-\frac{t}{RC_5}} V_0 \omega R C_5 + e^{-\frac{t}{RC_5}} u_0 + e^{-\frac{t}{RC_5}} u_0 \omega^2 R^2 C_5^2 + V_0 \cos(\omega t) \omega R C_5 - V_0 \sin(\omega t)}{1 + \omega^2 R^2 C_5^2} \quad (2.1.4)$$

Bei späteren Ladeperioden ($t > 0$) verschwindet der exponentiell abklingende Anteil nicht mehr, hier hilft nur noch eine numerische Berechnung der Nullstellen.

2.Schritt: C5 und Spannungsquelle entladen sich in Reihe

Zum Zeitpunkt $t = \tau_1$ sperrt die Diode D3 und D4 ist geöffnet (Abb.2). Der Innenwiderstand R, C5 und der Kondensator C4, an dem der Verbraucher angeschlossen wird, sind in Reihe geschaltet. Es gilt jetzt das folgende Gleichungssystem:

Maschenumlauf gemäß Abb. 2 (rot):

$$V_0 \sin\left(\omega \left(t - \pi - \tau_1\right)\right) = R i_2(t) + u_{c5}(t) + u_{c4}(t) \quad (2.2.1)$$

$$i_2(t) = (C_4 + C_L) \left(\frac{d}{dt} u_{c4}(t)\right) + \frac{u_{c4}(t)}{R_L} \quad (2.2.2)$$

$$i_2(t) = C_5 \left(\frac{d}{dt} u_{c5}(t)\right) \quad (2.2.3)$$

Die Anfangsbedingungen müssen bei jeder Ladeperiode neu angepaßt werden.

$$u_{c5}(\tau_1) = u_{51}, u_{c4}(\tau_1) = u_{41} \quad (2.2.4)$$

Der Einschwingvorgang, simuliert von MapleSim

Der Innenwiderstand der Quelle ist 50Ω , Quellspannung $1V$. Das Windungsverhältnis ist $1:1$

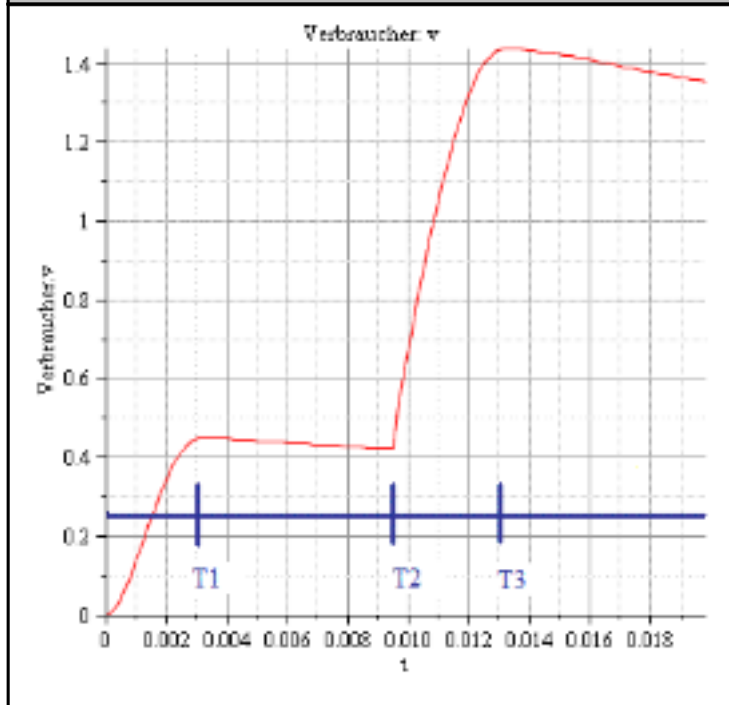


Abb. 3 : Deutlich lassen sich die einzelnen Ladephasen unterscheiden:

[0..T1]: Der Kondensator C4, der der Lastimpedanz parallel liegt, lädt sich gemäß Abb.2 (rot) über die Spannungsquelle auf.

[T1..T2]: siehe Abb. 1. Der Kondensator C5 lädt sich auf (rote Masche), gleichzeitig entlädt sich C4 über die Last. Abhängig von deren Größe macht sich diese in Abb.3 in einer mehr oder weniger stark ausgeprägten negativen Steigung des Graphen bemerkbar.

[T2..T3]: Der Ladevorgang wiederholt sich, wobei sich hier bereits die Vorladung von C5 in einem größeren Spannungshub bemerkbar macht.

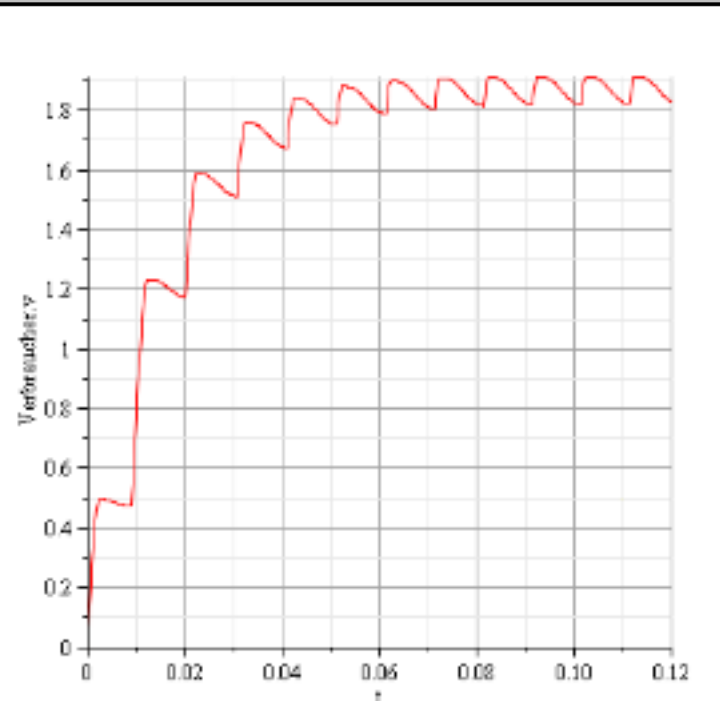


Abb.4 : Simulation eines längeren Zeitabschnittes

Es ist gut zu erkennen, wie sich die Ausgangsspannung auf den Endwert etwa der doppelten Quellenspannung einpendelt. Durch Anpassung der Kondensatoren läßt sich der Spannungsabfall während der Entladungsphase reduzieren.

Es lassen sich nun beliebige Einflußparameter untersuchen, so ließe sich beispielsweise der ideale Transformator durch einen ersetzen, der die charakteristischen Induktivitäten berücksichtigt.