

Resonanzwandler

Bei **Resonanzwandlern** (englisch: resonant converter) sorgt ein Resonanzkreis dafür, daß die Transistoren im Strom- oder Spannungsnulldurchgang ausgeschaltet werden können. Dadurch werden die Schaltverluste in den Transistoren, als auch die Funkstörungen vermindert. Man unterscheidet zwischen ZVS- und ZCS-Resonanzwandlern (ZVS: Zero Voltage Switching, ZCS: Zero Current Switching).

Für die Regelung der Ausgangsspannung werden Resonanzwandler in der Regel mit fester Pulslänge und variabler Frequenz angesteuert. Die Pulslänge ist dabei gleich der halben Schwingungsdauer des Resonanzkreises, sodaß im Schwingungsnulldurchgang die Transistoren wieder ausgeschaltet werden können.

Es gibt sehr viele verschiedene Variationen der Resonanzwandlertechnik. So kann der Resonanzkreis primärseitig oder sekundärseitig angeordnet sein. Oder es kann im Strom- oder im Spannungsnulldurchgang geschaltet werden, je nachdem, ob ein Serien- oder ein Parallelresonanzkreis eingesetzt ist. Keine Variante hat jedoch die Bedeutung der bisher beschriebenen Schaltnetzteile erreichen können.

Die Resonanzwandlertechnik wird im Folgenden am Beispiel des ZCS-Gegentakt-Resonanzwandler erläutert.

2.4.1 ZCS-Gegentakt-Resonanzwandler:

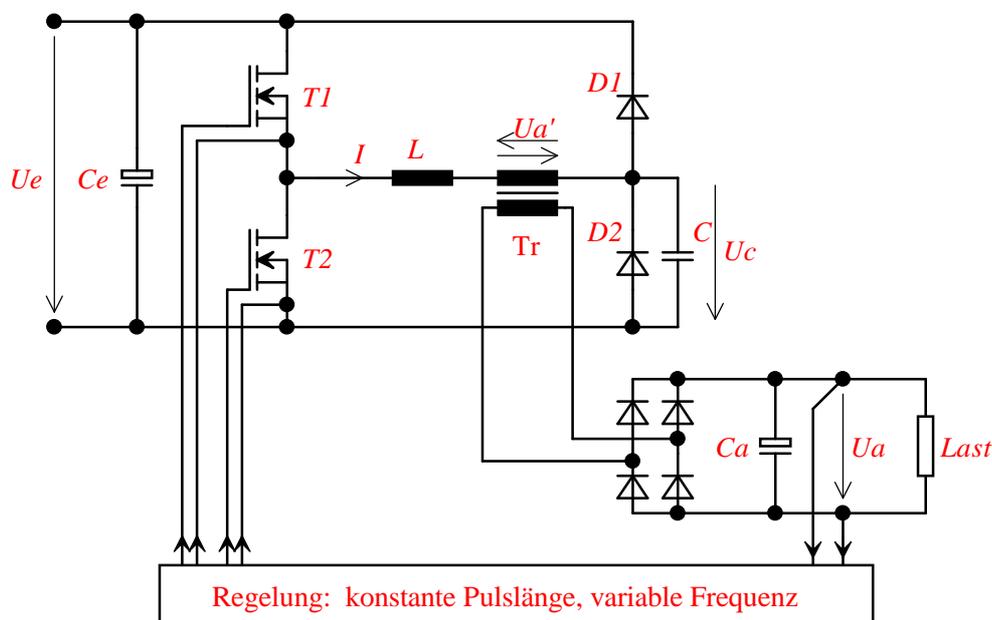


Abbildung 2.4.1: Der ZCS- Gegentakt-Resonanzwandler

Abbildung 2.4.1 zeigt den ZCS- Gegentakt-Resonanzwandler.

Der Resonanzkreis wird von L und C gebildet. Die Spannung an C sei zunächst Null Volt. Schaltet nun Transistor T_1 ein, entsteht eine Strom-Sinushalbschwingung über T_1 , L , Tr , C und C_e . Der Kondensator C wird während dieser Halbschwingung aufgeladen von Null Volt auf U_e . Wenn diese Halbschwingung abgeschlossen ist, wird T_1 aus- und T_2 etwas später eingeschaltet und es ergibt sich eine Halbschwingung in umgekehrte Richtung, in der Kondensator C wieder zurück von U_e auf Null Volt geladen wird.

Bei jedem Umschwingen wird eine bestimmte Energiemenge von der Primärseite auf die Sekundärseite des Transformators abgegeben. Der Transformator Tr verhält sich dabei primärseitig wie eine Spannungsquelle. Solange die Stromhalbschwingung anhält, wird die Ausgangsspannung U_a auf die Primärseite des Transformators transformiert und wirkt dem Strom entgegen. Die während jeder Halbschwingung an die Sekundärseite abgegebene Energie beträgt $W = U_a' \cdot \int i(t) dt$. Diese Energie wird zweimal während jeder Periode abgegeben, sodaß sich die Ausgangsleistung $P_a = W \cdot 2f_{Schalt}$ ergibt (f_{Schalt} : Schaltfrequenz des Wandlers). Abbildung 2.4.2 zeigt ein Ersatzschaltbild für eine Halbschwingung.

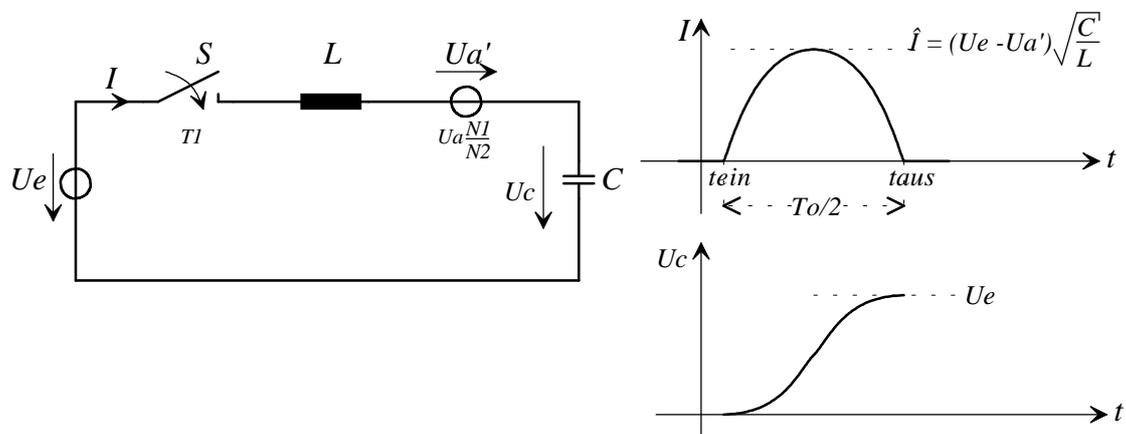


Abbildung 2.4.2: Ersatzschaltbild für eine Halbschwingung beim ZCS-Resonanzwandler

Die Resonanzfrequenz beträgt:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Hieraus ergibt sich die notwendige Leitendzeit der Transistoren. Sie muß etwas größer als die halbe Periodendauer sein.

Die maximale Energieabgabe vom Primärkreis zum Sekundärkreis erfolgt, wenn die auf die Primärseite rücktransformierte Ausgangsspannung gerade halb so groß ist, wie die Eingangsspannung. Daraus ergibt sich das notwendige Windungszahlenverhältnis für den Transformator:

$$U_a' = \frac{1}{2}U_e \quad \Rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_e}{U_a}$$

Die je Halbschwingung übertragene Energie hängt von der Wahl von C und L ab. Je größer C und je kleiner L für eine gewählte Resonanzfrequenz ist, desto größer wird die Energie, die je Halbschwingung übertragen wird (siehe auch den Stromsichelwert in Abbildung 2.4.2 und 2.4.3).

Für eine bestimmte Ausgangsleistung P_a und mit $U'_a = U_e/2$ gilt für L und C :

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\left(\frac{U_e}{2}\right)^2 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{f_{\text{Schalt}}}{f_0}}{P_a} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot f_0} \quad \text{und} \quad L = \left(\sqrt{\frac{L}{C}}\right)^2 \cdot C$$

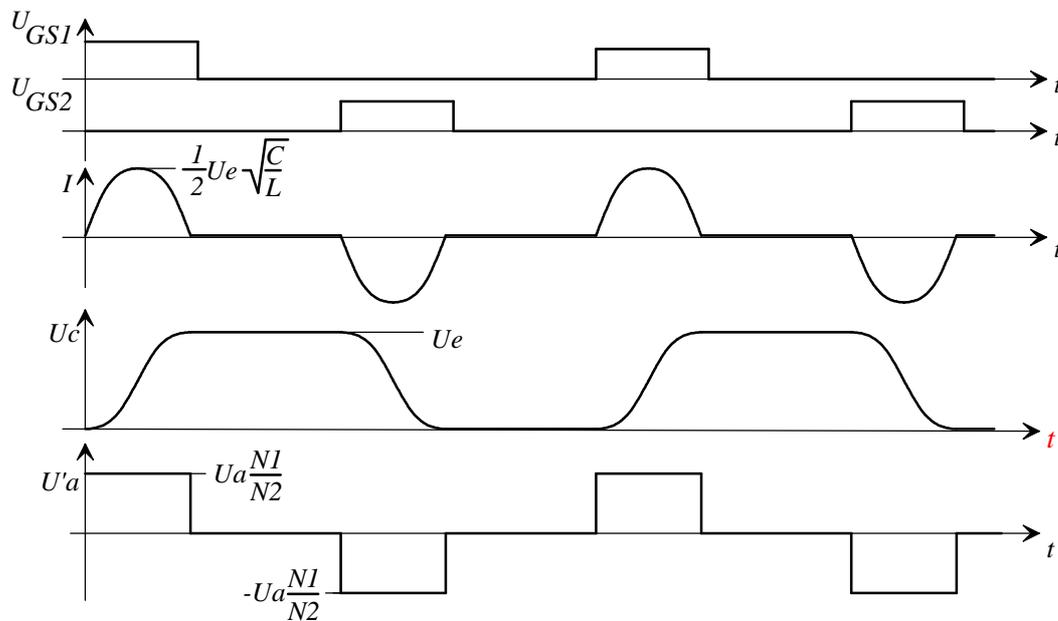


Abbildung 2.4.3: Spannungen und Ströme beim ZCS-Gegentakt-Resonanzwandler

Insgesamt hat dieser Wandler einige bemerkenswerte Vorteile gegenüber traditionellen Schaltnetzteilen:

- ♦ Der ZCS-Gegentakt-Resonanzwandler kann wie der Sperrwandler mehrere Ausgangsspannungen über einen Regler regeln. Da mehrere Ausgangsspannungen auf der Primärseite des Transformators wie parallelgeschaltet erscheinen, fließt die Energie immer in die niedrigste Ausgangsspannung.
- ♦ Leerlauf- und Kurzschlußfestigkeit funktionieren ohne elektronische Überwachung.
- ♦ Geringe Schaltverluste und Funkstörungen.