

Leistungen einer Endstufe.

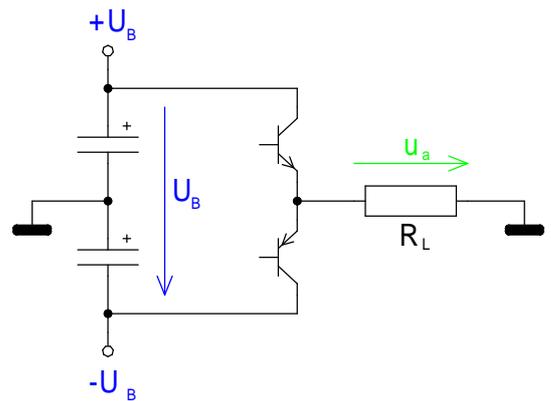
Eine Gegentakt-Endstufe mit symmetrischer Speisung liefert eine sinusförmige Spannung u_a an einen Lastwiderstand R_L .

Es sollen die folgenden Leistungen berechnet werden:

- Die maximale Leistung an R_L .
- Die maximale Gleichstromleistung die das Netzteil liefern muss.
- Die maximale Verlustleistung an den Transistoren.

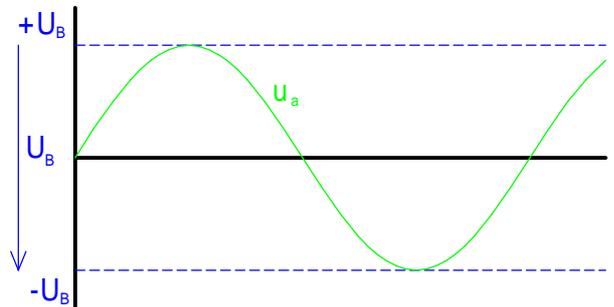
Festlegung:

- Die Spannung des Netzteils ist symmetrische. Bei einer Spannung von $\pm 10V$ ist U_B daher 20V !.



Die Beispielrechnung erfolgt mit:

$$U_B := 20 \cdot V \quad R_L := 4 \cdot \Omega$$



a) Die maximale Leistung an R_L .

Die Amplitude von u_a kann maximal die halbe Betriebsspannung erreichen.

$$u_a := \frac{U_B}{2} \quad \text{Für die maxima Ausgangsleistung gilt} \quad \left(\frac{u_a}{\sqrt{2}} \right)^2 \quad \text{Das Einsetzen von } U_B \text{ ergibt}$$

$$P_{a_max} := \frac{U_B^2}{8 \cdot R_L}$$

$$P_{a_max} = 12.5 \text{ W}$$

b) Die maximale Gleichstromleistung des Netzteils.

Betrachtet wird nur eine Halbwelle der Wechselspannung, da für die nächste wieder das Gleiche gilt. Gleichstromleistungen werden mit Arithmetischen Mittelwerten berechnet. P_{Gleich} ist U_d mal I_d

$$\frac{U_B}{2} \cdot \frac{2 \cdot i_{max}}{\pi} \quad i_{max} \text{ wird ersetzt durch} \quad i_{max} := \frac{U_B}{2 \cdot R_L} \quad \text{daraus folgt} \quad \frac{U_B}{2} \cdot \frac{2 \cdot U_B}{\pi \cdot 2}$$

$$P_{\text{Gleich}} := \frac{U_B^2}{2 \cdot \pi \cdot R_L}$$

$$P_{\text{Gleich}} = 15.915 \text{ W}$$

c) Die Verlustleistung an den Transistoren.

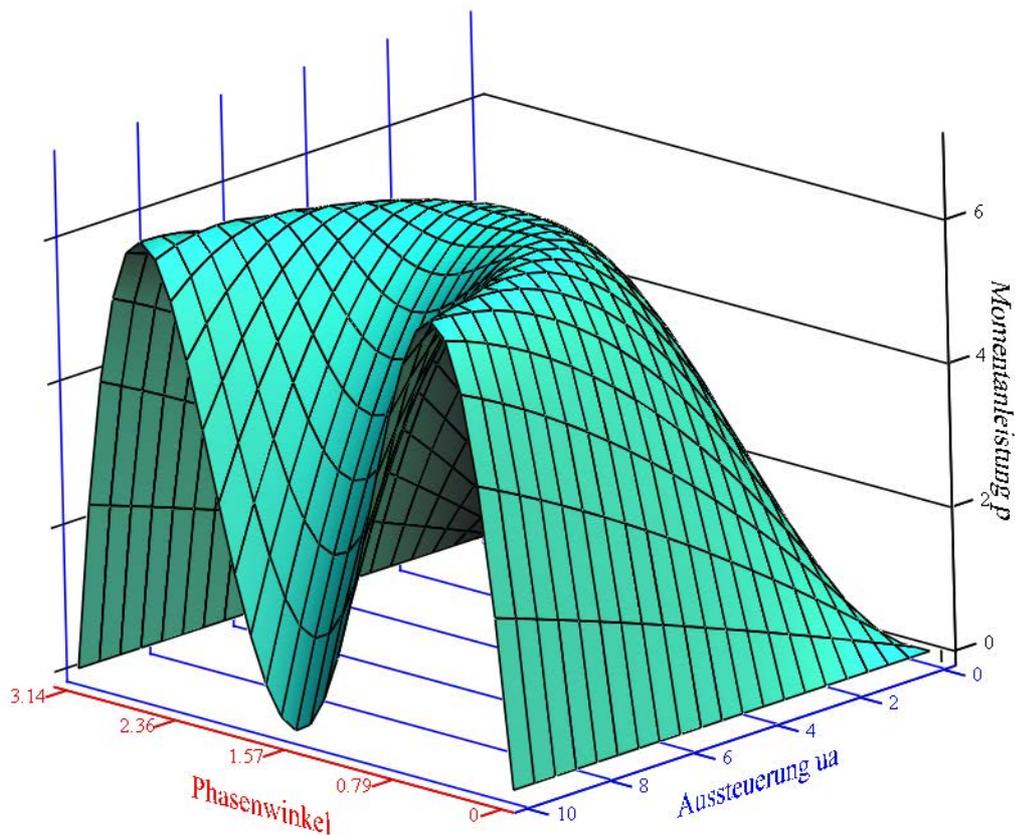
Die Verlustleistung an einem Transistor ist das Produkt aus dem momentanen Strom i mit der Spannungsdifferenz $U_B - u_a$. Die Verluste entstehen wechselweise an den Transistoren. Die mittlere Leistung an beiden Transistoren bekommt den Namen P_V . Die Momentanleistung ist p_V . Die Berechnung erfolgt für eine sinusförmige Wechselspannung von u_a , wobei auch verschiedene Maximalwerte der Ausgangsspannung berücksichtigt werden. Im 3D-Diagramm sind die Abhängigkeiten dargestellt.

$$p_V = \text{Strom} \times \text{Spannungsdifferenz}$$
$$p_V(\alpha, u_a) := \frac{u_a \cdot \sin(\alpha)}{R_L} \cdot \left(\frac{U_B}{2} - u_a \cdot \sin(\alpha) \right)$$

Die blaue Achse gibt den Wert für die Aussteuerung an (u_a).

Die rote Achse gibt den Wert des Phasenwinkels an (α).

Die schwarze Achse ist die Leistung (p_V).



P_V

Es ist zu erkennen, dass die mittlere Leistung an den Transistoren von der Höhe der Aussteuerung der Wechselspannung bestimmt wird. Mit zunehmender Spannung u_a wird die Leistung immer größer. Im Bereich 6V hat sie ein Maximum erreicht, um dann wieder kleiner zu werden !! (Zu sehen an dem Einknicken der Momentanleistung im mittleren Bereich der Sinusspannung α ca 1,5)

Bei welcher Ausgangsspannung ist die Verlustleistung am größten und welchen Wert kann sie maximal erreichen ?

Die mittlere Leistung P_V an einem Transistor wird durch Integration der Momentanleistung über eine halbe Periode bestimmt.

$$p_v = \frac{U_B \cdot u_a \cdot \sin(\alpha)}{2R_L} - \frac{u_a^2 \cdot \sin(\alpha)^2}{R_L}$$

$$P_V = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^\pi \left(\frac{U_B \cdot u_a \cdot \sin(\alpha)}{2R_L} - \frac{u_a^2 \cdot \sin(\alpha)^2}{R_L} \right) d\alpha$$

$$P_V = \frac{U_B \cdot u_a}{2 \cdot \pi \cdot R_L} \cdot \int_0^\pi \sin(\alpha) d\alpha - \frac{u_a^2}{\pi \cdot R_L} \cdot \int_0^\pi \sin(\alpha)^2 d\alpha$$

$$P_V = \frac{U_B \cdot u_a}{2 \cdot \pi \cdot R_L} \cdot (2) - \frac{u_a^2}{\pi \cdot R_L} \cdot \left(\frac{\pi}{2} \right)$$

$$P_V = \frac{U_B \cdot u_a}{\pi \cdot R_L} - \frac{u_a^2}{2 \cdot R_L}$$

Man erhält eine Formel für die mittlere Leistung an einem Transistor während einer Halbwelle. Durch Differenzieren mit u_a erhält man die Spannung u_a bei der die größte Leistung auftritt.

$$P_V = \frac{U_B \cdot u_a}{\pi \cdot R_L} - \frac{u_a^2}{2 \cdot R_L} \quad \frac{d}{du_a} \left(\frac{U_B \cdot u_a}{\pi \cdot R_L} - \frac{u_a^2}{2 \cdot R_L} \right)$$

Durch Nullsetzung erhält man den Spitzenwert der Ausgangsspannung bei der die Leistung an den Transistoren ihr Maximum erreicht.

$$\frac{U_B - u_a \cdot \pi}{\pi \cdot R_L} = 0 \quad u_a = \frac{U_B}{\pi}$$

Diesen Wert setzt man in die Gleichung für P_V ein und erhält die Formel für die maximale Verlustleistung der Endstufentransistoren.

$$P_V = \frac{U_B \cdot u_a}{\pi \cdot R_L} - \frac{u_a^2}{2 \cdot R_L}$$

$$P_V := \frac{U_B^2}{2 \cdot \pi^2 \cdot R_L}$$

$$P_V = 5.066 \text{ W}$$