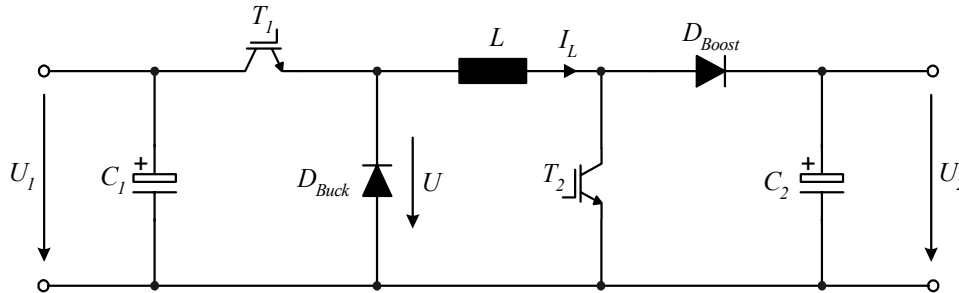


## B. Buck+Boost - Konverter

Kaskadierung eines Tiefsetzstellers und eines Hochsetzstellers (gemeinsame Induktivität) zur Realisierung eines DC/DC-Konverters mit weitem Eingangsspannungsbereich.



Angaben:  $U_1 = 320\text{V} \dots 720\text{V}$   
 $U_2 = 400\text{V}$   
 $P_2 = 5000\text{W}$   
 Schaltfrequenz:  $f_s = 25\text{kHz}$

Die Ausgangsspannung wird durch entsprechende Einstellung der Tastverhältnisse  $D_1$  (von Transistor  $T_1$ ) und  $D_2$  (von Transistor  $T_2$ ) mittels einer Regelung auf dem vorgegebenen konstanten Wert gehalten. Beide Transistoren arbeiten mit gleicher Schaltfrequenz. Der Rippel der Ausgangsspannung und des Stromes in der Induktivität können vernachlässigt werden. Der Strom in  $L$  zeige kontinuierlichen Verlauf.

- 1) Beide Transistoren werden mit gleicher relativer Einschaltdauer  $D_1 = D_2 = D$  betrieben.
  - a) Berechnen Sie die relative Einschaltdauer der Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  in Abhängigkeit des Spannungsübersetzungsverhältnisses  $U_2/U_1$ .
  - b) Berechnen Sie  $I_L$  in Abhängigkeit von  $D$ . Stellen Sie  $D$  und  $I_L$  über  $U_1$  graphisch dar und geben Sie die Zahlenwerte für  $U_1 = 320\text{V}$ ,  $U_1 = 400\text{V}$  und  $U_1 = 720\text{V}$  an.
- 2) Unter Punkt 1) wurde  $I_L$  in Abhängigkeit von  $U_1$  und der übrigen Betriebsparameter berechnet. In der Praxis wird die Induktivität entsprechend dem maximalen Strom  $I_{L,max}$  dimensioniert.
  - a) Bei welcher Bereichsgrenze  $U_1 = 320\text{V}$  oder  $U_1 = 720\text{V}$  tritt für  $D_1 = D_2 = D$  der Maximalwert  $I_{L,max}$  auf?
  - b) Um welchen Faktor könnte die Ausgangsleistung an der anderen Bereichsgrenze erhöht werden, wenn auf die Strombeanspruchung der Transistoren keine Rücksicht genommen und der Strom auf  $I_{L,max}$  erhöht würde?
- 3) Beide Transistoren sollen nun unterschiedliche Tastverhältnisse aufweisen können. Nehmen Sie an, dass das Einschalten der Transistoren gleichzeitig erfolgt.
  - a) Stellen Sie die Zeitverläufe der Spannung an  $L$  für  $U_1 = 320\text{V}$  und  $D_1 = 0.9$  bzw. für  $U_1 = 720\text{V}$  und  $D_2 = 0.1$  graphisch für jeweils eine Pulsperiode dar.
  - b) Berechnen Sie allgemein das Spannungsübersetzungsverhältnis als Funktion von  $D_1$  und  $D_2$ .

- c) Drücken Sie den Strom  $I_L$  als Funktion der vorgegebenen Betriebsparameter ( $U_1$ ,  $U_2$ ,  $P_2$ ) und in Abhängigkeit von  $D_1$  und  $D_2$  aus.
- d) Gelten die berechneten Beziehungen auch, wenn  $T_1$  und  $T_2$  nicht synchron schalten oder mit verschiedener Taktfrequenz arbeiten?

**Die weiteren Fragen sind für das Testat nicht erforderlich und dienen zur Vertiefung des Verständnisses:**

4) An den Transistoren  $T_1$  und  $T_2$  trete im eingeschalteten Zustand unabhängig vom Strom ein konstanter Spannungsabfall  $U_F = 2.5V$  auf. Alle übrigen Komponenten werden als ideal und verlustfrei betrachtet.

- a) Wie sind  $D_1$  und  $D_2$  zu wählen, damit die Verluste des Gesamtsystems minimal werden? Für das Spannungsübersetzungsverhältnis und den Wert von  $I_L$  können die unter 3) berechneten Beziehungen verwendet werden.
- b) Stellen Sie  $D_1$  und  $D_2$  und den Wirkungsgrad graphisch über  $U_1$  dar und geben Sie Zahlenwerte für  $U_1 = 320V$ ,  $U_1 = 400V$  und  $U_1 = 720V$  an.
- c) Berechnen Sie den Wirkungsgrad bei Steuerung nach Punkt 1) für die drei Arbeitspunkte und vergleichen Sie die Zahlenwerte.
- d) Wie hoch ist der maximale Wirkungsgradgewinn und in welchem Arbeitspunkt tritt er auf? Geben Sie eine anschauliche Begründung.

- 5) a) Berechnen Sie für den verlustminimalen Betrieb nach 4) den Strom  $I_L$  in Abhängigkeit von  $U_1$ . In welchem Arbeitspunkt tritt der maximale Strom  $I_{L,max}$  auf und wie hoch ist dieser? Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Ergebnis von Punkt 1) und begründen Sie den Unterschied.
- b) Wie gross ist  $L$  zu wählen, wenn die Amplitude  $\Delta i_L$  des Rippels von  $I_L$  im gesamten Eingangsspannungsbereich maximal den Wert  $\Delta i_L = 4A$  aufweisen darf?
  - c) Geben Sie die Zahlenwerte von  $\Delta i_L$  für  $U_1 = 320V$ ,  $U_1 = 400V$  und  $U_1 = 720V$  an.

**Erklärung:** Die vorgestellte Schaltung dient dazu, eine gewünschte Ausgangsspannung für einen grossen Eingangsspannungs-Bereich einzustellen. Die erforderliche Spannungsübersetzung wird dabei von den Einschalt Dauern beider Transistoren beeinflusst, d.h. mehrere Kombinationen aus  $D_1$  und  $D_2$  führen zur selben Spannungsübersetzung  $U_2/U_1$ . Dies bietet die Möglichkeit zu einer Optimierung, wie z.B. unter Punkt 4) in Form der Minimierung der Leitverluste beschrieben.