



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN
University of Applied Sciences

Stromversorgung elektronischer Geräte

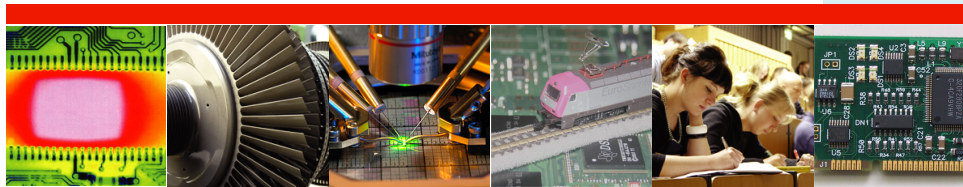
Prof. Dr.-Ing. Sven Tschirley

Version



Handout

Notizen



Prof. Dr.-Ing. Sven Tschirley

SEG4 1/49

Teil I

Regelung von DC/DC-Wandlern



Handout

Notizen

Prof. Dr.-Ing. Sven Tschirley

SEG4 Teil 1: Regelung von DC/DC-Wandlern 2/49



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

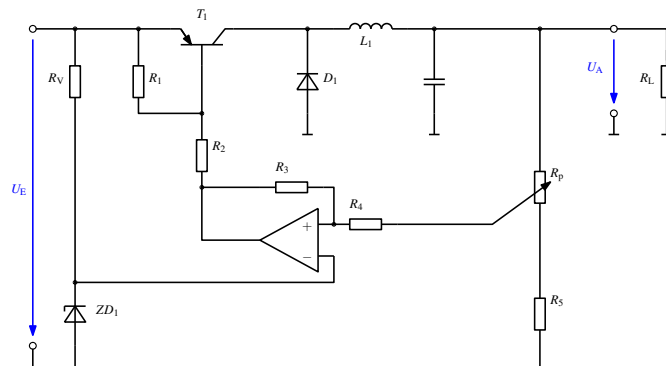
Regler als P-Regler

Teil VI

Regelung von DC/DC-Wandlern

Notizen

Einfaches Schaltnetzteil



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

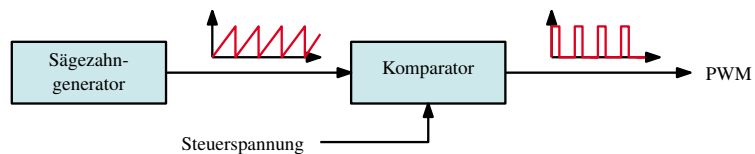
Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

PWM Erzeugung



Handout

Einfaches Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

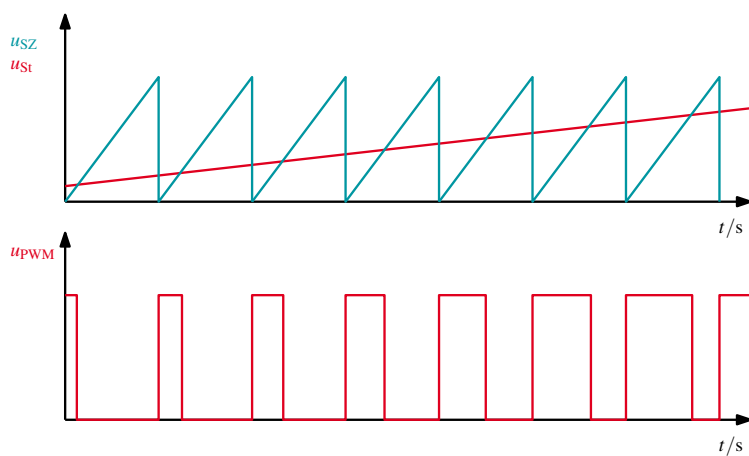
Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Sägezahnspannung



Handout

Einfaches Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

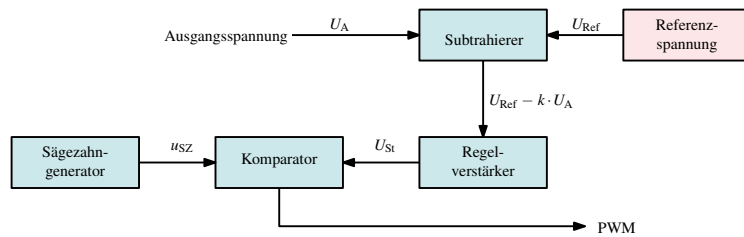
Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Prinzip einer einfachen geregelten PWM-Erzeugung



- Regelverstärker kann analog oder digital realisiert werden
- PI-Regler ist üblich

- Für Reglerdimensionierung macht Kenntnis der Strecke notwendig
- Schaltung ist nur stabil, wenn Regler **und** Strecke zusammen stabil sind
- Strecke ist komplex, z. B. durch Nicht-Linearitäten wegen Lück-Betrieb



Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

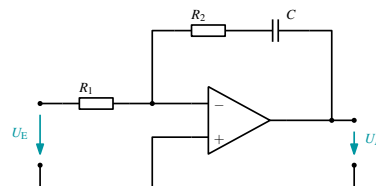
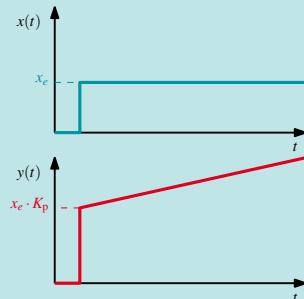
Regler als P-Regler

Analoger PI-Regler

Reglergleichung

$$y_{PI}(t) = K_P \cdot e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (1)$$

Sprungantwort



Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

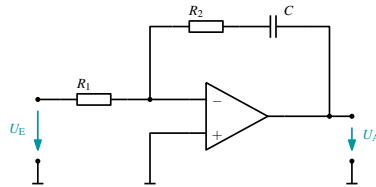
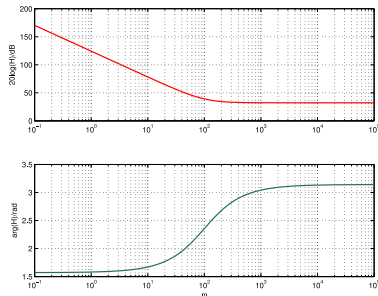
Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Notizen

Analoger PI-Regler



$$H_{PI}(j\omega) = - \left(\frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{j\omega R_1 C} \right) \quad (2)$$



Handout

Einfaches Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregel

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Digitaler PI-Regler

Einfachster Ansatz:

- Die Gleichung des Reglers wird zu diskreten Zeitpunkten ausgewertet, genau zu diesen Zeitpunkten wird ein Fehlerwert $e(kT_A)$ aus gemessenen Soll- und Istwerten bestimmt und der Ausgangswert $y(kT_A)$ bestimmt:

$$y_{\text{PI}}(kT_A) = K_P \cdot e(kT_A) + K_I \int_0^{kT_A} e(\tau) d\tau \quad (3)$$

```
errSum = errSum + e;           // errSum is the sum
                                // of all former errors
y = KP * e + KI * Ta * eSum;    // Ta ist the sampling time of
                                // the digital system
```



Handout

Einfaches Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregel

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

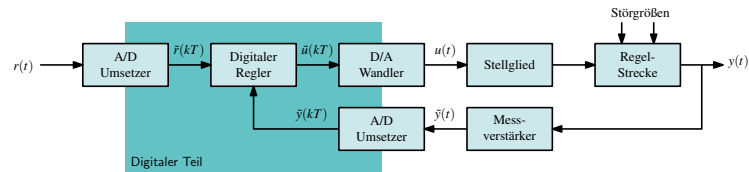
Notizen

[illegible]

Notizen

[illegible]

Strukturen mit digitalem Regler



Handout

Einfaches
Schaltenteil

Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

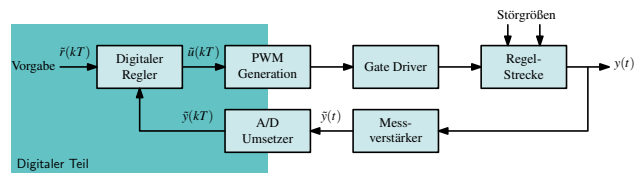
Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Strukturen mit digitalem Regler und PWM Erzeugung



Handout

Einfaches
Schaltenteil

Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Notizen

Ein paar Worte zur Stabilität

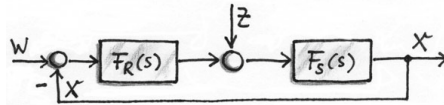


Bild: [Tieste]

$$F_W(s) = \frac{F_R(s) F_S(s)}{1 + F_R(s) F_S(s)} \quad (4)$$

- Regelkreise werden problematisch, wenn aus Gegenkopplung eine Mitkopplung wird
- In stabilen Systemen haben alle Polstellen von $F_W(s)$ einen negativen Realteil, *das ist im Einzelfall zu prüfen*



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Ziele der Bemühungen

Ziele

- Um die Regelung zu realisieren muss die Übertragungsfunktion der Regelstrecke bestimmt werden.
- Diese Strecke ist z. B. ein Tiefsetzsteller, die Störgrößen sind
 - Sprünge der Last durch Widerstandsänderungen
 - Sprünge der Zwischenkreisspannung

Was wir brauchen, ist ein mathematisches Modell der Regelstrecke.
→ Wir machen also mathematische Modellbildung.



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

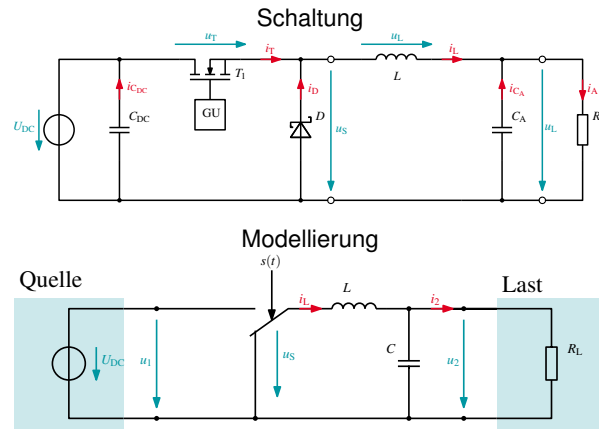
Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

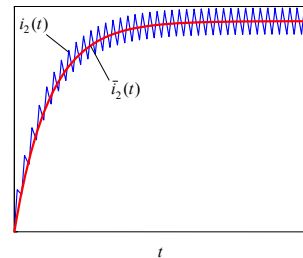
Notizen



Prinzip des dynamischen Mittelwerts



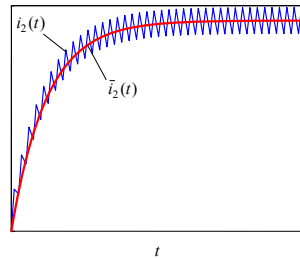
- Pulsende Anteile sind Teil der leistungselektronischen Schaltungen
- Ein Ansatz für einen Regelungsentwurf ist der Verzicht auf die Betrachtung der Pulse:
 - Pulse sind störend bzw. unerheblich
 - Regelung soll Pulse **nicht** ausregeln



$i_2(t)$: Momentanwertmodell

$\bar{i}_2(t)$: Mittelwertmodell

- Dynamische Mittelwertbildung bedeutet Abstraktion von Schaltvorgang
- **Ziel:** Beschreibung des zeitlichen Verhaltens *ohne* Schwankungen durch die Pulsung von Strom und Spannung



- Man berechnet einen Mittelwert einer Größe in einer k -ten Schaltperiode der Dauer T_S :
 $i_2(t)$: Momentanwertmodell
 $\bar{i}_2(t)$: Mittelwertmodell

$$\bar{x}(k) = \frac{1}{T_S} \int_{kT_S}^{(k+1)T_S} x(t) dt \quad (5)$$



Handout

Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Mittelwertmodell Widerstand

Aus dem Zusammenhang

$$u(t) = R i(t) \quad (6)$$

folgt sofort

$$\bar{u}(k) = R \bar{i}(k) \quad (7)$$



Handout

Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen



Grundgleichung für Momentanwerte

$$u(t) = \frac{di(t)}{dt} \quad (8)$$

Mittelwertbildung liefert

$$\int_{kT_S}^{(k+1)T_S} L \frac{d}{dt} i_L(\tau) d\tau = \int_{kT_S}^{(k+1)T_S} u_L(\tau) d\tau$$

umgeschrieben wird daraus

$$\frac{d}{dt} \int_{kT_S}^{(k+1)T_S} i_L(\tau) d\tau = \overline{u}_L(t) \quad (9)$$

$$\bar{u}(t) = \frac{d\bar{i}(t)}{dt} \quad (10)$$

Einfaches
Schaltnetzteil

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsreg

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler



- Das Verfahren der Mittelwertbildung ist auf alle Arten zeitinvarianter DGLn übertragen. Aus:

$$\dot{x}(t) = A x(t) + B u(t)$$

$$y(t) = C x(t) + D u(t)$$

wird im Mittelwertmodell

$$\dot{\bar{x}}(t) = A \bar{x}(t) + B \bar{u}(t)$$

$$\bar{y}(t) = C \bar{x}(t) + D \bar{u}(t)$$

Einfaches
Schaltnetzteil

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsreg

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

[illegible][illegible]



- Schalter bedürfen besonderer Betrachtung.

Momentanwerte für den Vierpol-Schalter

$$u_2(t) = s(t) u_1(t) \quad (11)$$

$$i_1(t) = s(t) i_2(t) \quad (12)$$

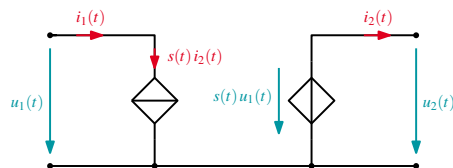
Die Schaltfunktion $s(t)$ ist

- unabhängig von Strom und Spannung anzusehen
- aber nicht zeitinvariant

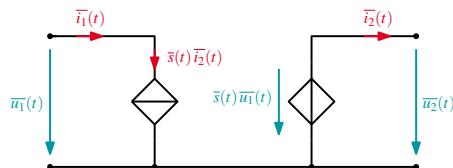
Notizen



Momentanwerte



Mittelwerte



Notizen

Im nichtlückenden Fall gilt die Differenzialgleichung

$$\dot{\bar{i}}_2(t) = \frac{1}{L} (d(t) \bar{u}_1(t) - \bar{u}_2(t)) \quad (22)$$

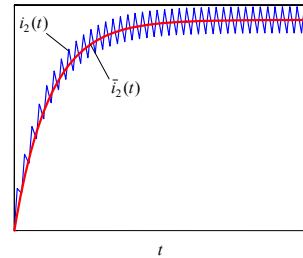
Im Lückbetrieb gilt allerdings die algebraische Gleichung

$$\bar{i}_2(t) = \frac{d^2(t)}{2L} \left(\frac{\bar{u}_1^2(t)}{\bar{u}_2(t)} - \bar{u}_1(t) \right) \quad (23)$$

Die Lückgrenze ist erreicht bei

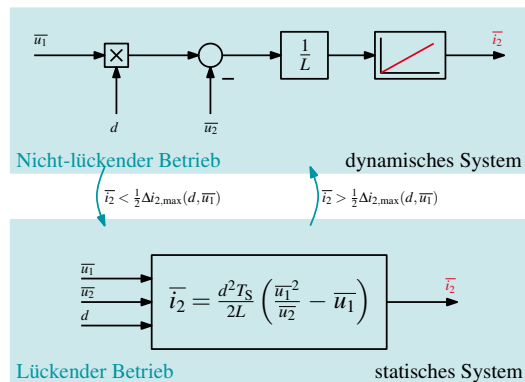
Ausgleichsvorgang des Tiefsetzstellers bei $d = \text{const.}$

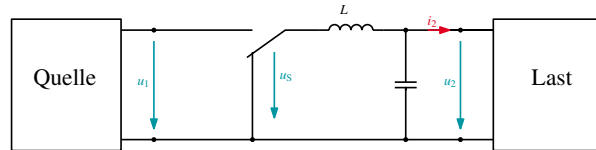
$$\bar{i}_2(t) = \frac{1}{2} \Delta i_{2,\max}(d, \bar{u}_1) = \frac{d(t) (1 - d(t)) T_S \bar{u}_1(t)}{2L} \quad (24)$$



Zustandsgraph des Tiefsetzstellers

Hybrider Zustandsgraph als dynamisches Mittelwertmodell des Tiefsetzstellers mit Umschaltung zwischen lückendem und nicht-lückendem Betrieb



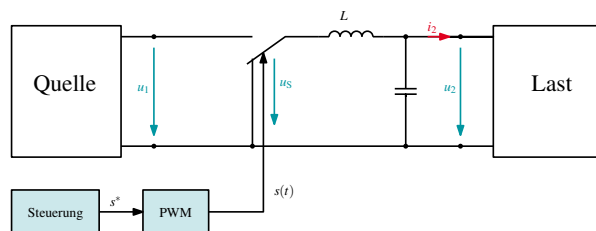


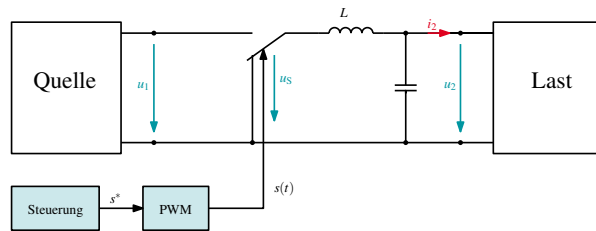
Steuerung bei konstantem Tastverhältnis

- Einfache Anforderung: Ansteuerung mit konstantem Tastverhältnis

$$D = s^* = \frac{u_2^*}{U_1}$$

- keine Kompensation einer sich ändernden Eingangsspannung (*line regulation*)
- keine Kompensation von Spannungsfehlern durch Kommutierungsvorgänge
- keine Beeinflussung des dynamischen Verhaltens im Betrieb





Mittelwertgleichungen für Drossel und Kondensator im Laplace-Bereich

$$sL \bar{i}_L(s) = \bar{u}_S(s) - \bar{u}_2(s) \quad (25)$$

$$sC \bar{u}_C(s) = \bar{i}_L(s) - \bar{i}_2(s) \quad (26)$$



Handout

Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

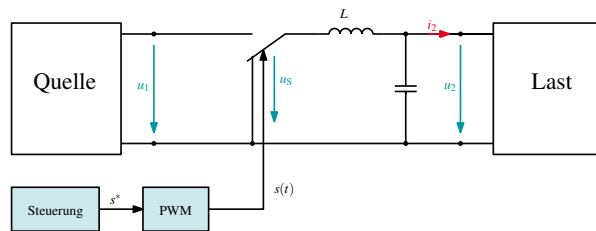
Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen



Das Verhalten des Schalters kann nicht einfach in den Laplace-Bereich überführt werden (Multiplikation → Faltung)

$$\bar{u}_S(t) = \bar{s}(t) \bar{u}_1(t) \quad (27)$$

Von der PWM wird angenommen, dass $s(t)$ den Sollwert genau einstellt

$$\bar{s}(t) = s^*(t) \quad (28)$$



Handout

Einfaches Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

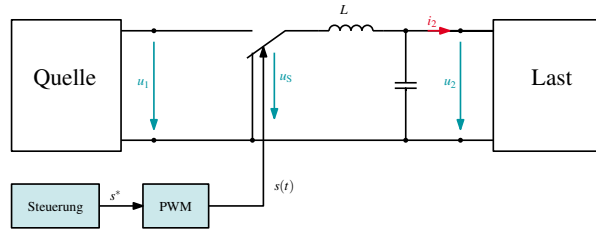
Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen



Von der PWM wird im Mittelwertmodell abstrahiert, es wird als *Vorsteuerung* das stationäre Tastverhältnis verwendet:

$$G_f'(s) = \frac{1}{U_1} \quad (29)$$



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

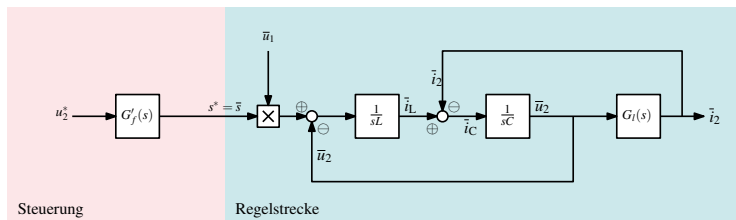
Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Strukturbild



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen



$$\bar{u}_2(s) = \frac{1}{sC} [\bar{i}_L - \bar{i}_s] \quad (30)$$

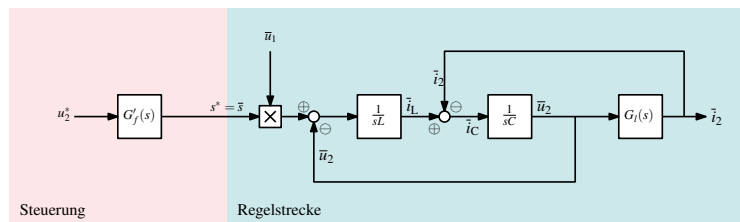
$$\bar{u}_2(s) = \frac{1}{sC} \left[\frac{1}{sL} (\bar{u}_s - \bar{u}_2(s)) - \bar{i}_2(s) \right] \quad (31)$$

$$\bar{u}_2(s) \left[1 + \frac{1}{s^2 LC} \right] = \frac{1}{s^2 LC} \bar{u}_s(s) - \frac{1}{sC} \bar{i}_2(s) \quad (32)$$

$$\bar{u}_2(s) [s^2 LC + 1] = \bar{u}_s(s) - sL \bar{i}_2(s) \quad (33)$$

$$\bar{u}_2(s) = \frac{1}{s^2 LC + 1} \bar{u}_s(s) - \frac{sL}{s^2 LC + 1} \bar{i}_2(s) \quad (34)$$

Strukturbild und Übertragungsverhalten

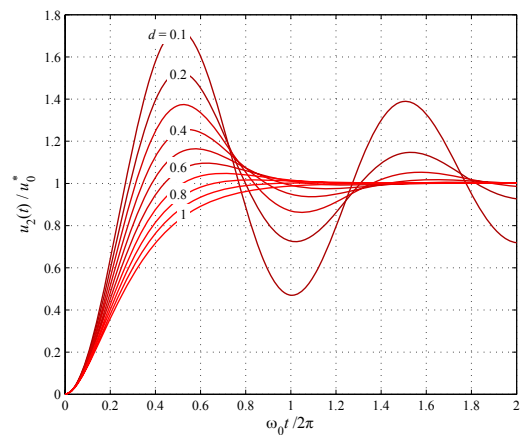


Für die Strecke gilt also:

$$\bar{u}_2(s) = \frac{1}{s^2 LC + 1} \bar{u}_2(s) - \frac{sL}{s^2 LC + 1} \bar{i}_2(s) \quad (35)$$

Man erkennt Polstellen bei $\pm j\omega_0$, die Strecke ist schwingungsfähig

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (36)$$



Handout

Einfaches

Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Subsection 5

Einschleifige Spannungsregelung



Handout

Einfaches

Schaltnetzteil

Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

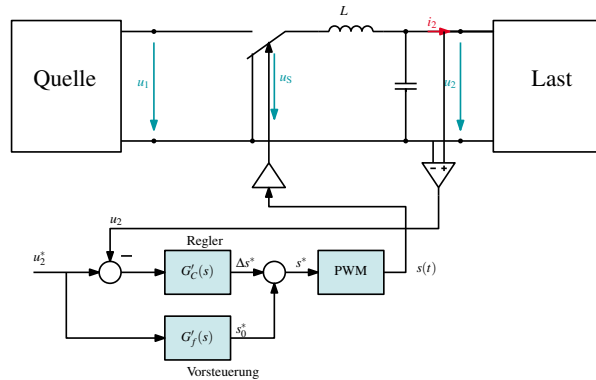
Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Tiefsetzsteller mit Vorsteuerung und Spannungsreglung



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

Einschleifige
Spannungsregelung

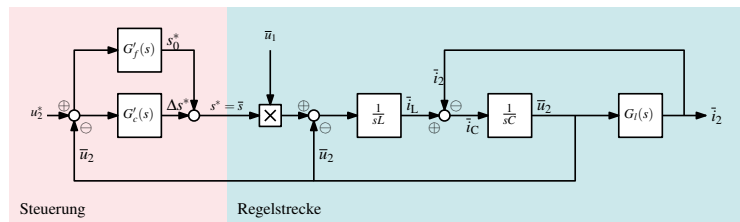
Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

Tiefsetzsteller mit Vorsteuerung und Spannungsreglung



- Ist u_1 nicht konstant, so wird der Regelkreis nichtlinear.
- Messung von u_1 ist aber machbar und ermöglicht eine exakte Linearisierung
- ➔ Achtung, das ist eine Annäherung
 - Nichtideale Kommutierungen
 - Abtastung von u_1 in digitalen Regelsystemen
 - Fehler wird mit \bar{u}_d modelliert



Handout

Einfaches
Schaltnetzteil
Stabilität

Dynamik eines
Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des
Tiefsetzstellers

Regelung des
Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Tastverhältnis

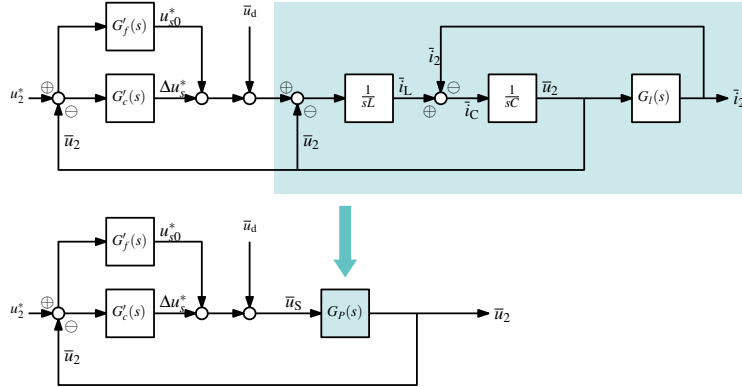
Einschleifige
Spannungsregelung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen



Subsection 8

Regler als P-Regler





Der Spannungsregler wird als P-Regler ausgeführt, die Last ist ein ohmscher Widerstand

$$G_C(s) = K \quad (37)$$

$$G_{Last}(s) = \frac{1}{R} \quad (38)$$

Man errechnet $\bar{u}_S(s)$ zu

$$\bar{u}_S(s) = G_C(s) (u_2^*(s) - \bar{u}_2(s)) + G_F(s) u_2^*(s) + \bar{u}_d(s) \quad (39)$$

$$= K (u_2^*(s) - \bar{u}_2(s)) + u_2^*(s) + \bar{u}_d(s) \quad (40)$$



Das Übertragungsverhalten ist demnach

$$\bar{u}_2(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_0} s^2 + \frac{2\delta}{\omega_0} s + 1} \bar{u}_S(s) \quad (41)$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{\omega_0} s^2 + \frac{2\delta}{\omega_0} s + 1} [K (u_2^*(s) - \bar{u}_2(s)) + u_2^*(s) + \bar{u}_d(s)] \quad (42)$$

$$\bar{u}_2(s) \left[\frac{1}{\omega_0} s^2 + \frac{2\delta}{\omega_0} s + 1 + K \right] = (K + 1) u_2^*(s) + \bar{u}_d(s) \quad (43)$$



Die Form ist

$$\bar{u}_2(s) = T(s)u_2^*(s) + T_d(s)\bar{u}_d(s) \quad (44)$$

Mit der Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{K+1}{\omega_0} s^2 + \frac{2\delta}{\omega_0} s + 1 + K \quad (45)$$

$$T(s) = \frac{1}{\frac{1}{\omega_{0c}^2} s^2 + \frac{2\delta_c}{\omega_{0c}} s + 1} \quad (46)$$

und der Störübertragungsfunktion

$$T_d = \frac{1}{K+1} \frac{1}{\frac{1}{\omega_{0c}^2} s^2 + \frac{2\delta_c}{\omega_{0c}} s + 1} \quad (47)$$

Einfaches
Schaltnetzteil

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tasteverhältnis

Einschleifige
Spannungsregel

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit
Vorsteuerung

Regler als P-Regler



Einfaches
Schaltnetzteil

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des
Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem
Testverhältnis

Einschleifige

Spannungsregelung
Spannungsregelung mit

Vorsteuerung
Spannungsregelung mit

Regler als P-Regler

$$T_d = \frac{1}{K+1} \frac{1}{\frac{1}{\omega_{0c}^2} s^2 + \frac{2\delta_c}{\omega_{0c}} s + 1} \quad (48)$$

$$\omega_{0c} = \omega_0 \sqrt{K+1} \quad (49)$$

$$\delta_c = \frac{1}{\sqrt{K+1}} \quad (50)$$

- Abklingzeitkonstante $\tau = \frac{1}{\omega_0 \zeta}$ verändert sich nicht
- Die Dynamik des Regelkreises verbessert sich nicht:
 - Die absolute Dämpfung wird nicht verändert
 - Die Schwingungsfrequenz wird nicht erhöht

Notizen

Notizen



Vertiefung (Pflicht)

- Wie verändert sich das Verhalten des geregelten Tiefsetzstellers, wenn ein PI-Regler eingesetzt wird?
- Was bedeutet der Einsatz eines PID-Reglers? Welche Performance ist zu erwarten?
- Wie verändert sich das Systemverhalten, wenn der Regler digital ausgeführt wird und bei einer Abtastfrequenz von $f = 500 \text{ kHz}$ arbeitet.

Vertiefung (Pflicht)

- Wenden Sie diese Regelung für Hochsteller und Inverswandler an.

Einfaches
Schaltnetzteil

Dynamik eines Tiefsetzstellers

Modellierung des Tiefsetzstellers

Dynamik des Tiefsetzstellers

Regelung des Tiefsetzstellers

Steuerung mit konstantem Tastverhältnis

Einschleifige Spannungsregelung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Spannungsregelung mit Vorsteuerung

Regler als P-Regler

Notizen

[illegible]Literatur –
Stromversorgungen,
Leistungselektronik

Teil VII

Literatur

Notizen

[illegible]

Literatur

Literatur –
Stromversorgungen,
Leistungselektronik

 Prof. Dr.-Ing. Sven Tschirley

 regulator SEG4 Teil 7: Literatur 49/49
 November 1999, Texas Instruments,
 Doc.No SLYT187, www.micrel.com

[illegible][illegible]