Fachhochschule Südwestfalen

Hochschule für Technik und Wirtschaft



E l e k t r o n i k I

Dr.-Ing. Arno Soennecken

EEX European Energy Exchange AG
Neumarkt 9-19
04109 Leipzig

Mob.: *(+49)173/361 73 70*
Fax: *(+49)341/2156-109*
Email: *arno.soennecken@eex.de*

Vorlesung „Gleichrichter etc “
im WS 2002/03

Elektronik I

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- **3. Gleichrichterschaltungen**
  - Wechselstrom (bzw. Drehstrom) ist vorteilhaft für die Energieerzeugung und den -transport
  - Üblicher Gleichstrombedarf (Industrieländer) ~ (20 - 25) % der elektrischen Energie

  → Gleichrichter haben die Funktion, Ein- & Mehrphasenwechselstrom in Gleichstrom umzuformen
  - Wesentl. Bestandteile eines Gleichrichters: Transformator, Diode, Schaltung zur Spannungsglättung
  - Relevante Größen: Spannung, Stromstärke, Wirkungsgrad, Verluste, ...
  - Annahme für das Weitere:
    - Ideale Bauelemente ohne Verluste
    - Reine ohm´sche Verbraucher

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- **3.1 Einweggleichrichter-schaltung M1**
  - Prinzip der Schaltung (s.Bild): zugehörige Schaltung ≡ Reihen-schaltung von Widerständen

$$I = \frac{U}{R_{ges}} \quad \text{mit} \quad R_{ges} = R_D + R_L$$

$$I = \frac{U}{R_D + R_L}$$

  - *Durchlaßrichtung:* $R_D \approx 0$: gesamte Speisespannung U_2 liegt am Verbraucher
  - *Sperrichtung:* $R_D \approx \infty$: gesamte Speisespannung U_2 liegt an der Diode

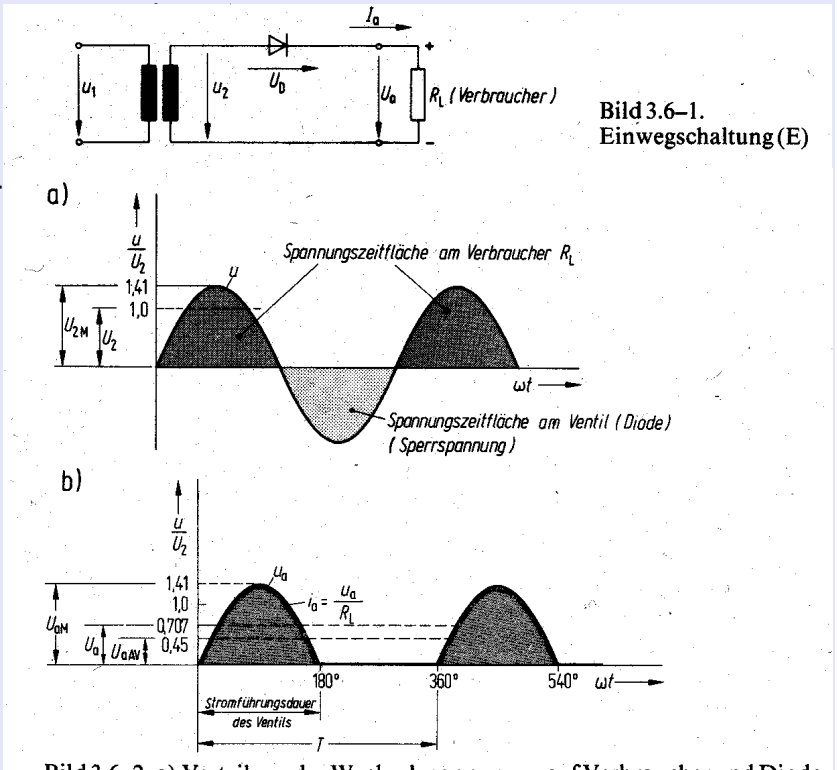


Bild 3.6–1. Einwegschaltung (E)

Bild 3.6–2. a) Verteilung der Wechselspannung u_2 auf Verbraucher und Diode b) Spannungs- und Stromverlauf am Verbraucher

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

- Pro Wechselspannung nur ein Spannungspuls aktiv → einpulsige Schaltung (Pulszahl: p=1) → “M1“

- Gleichrichtwert (arithmetisches Mittel):

$$U_{aAV} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u \, dt$$

- Effektivwert (quadratisches Mittel):

$$U_a = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T u^2 \, dt}$$

$$\rightarrow U_{a,AV} = 0{,}318 \cdot U_{2M} = 0{,}45 \cdot U_2$$

U_{2M}: Scheitelwert der Sekundärspannung U_2
U_2: Effektivwert von u_2

$$\rightarrow U_a = \sqrt{\frac{U_{2M}^2}{4}} = 0{,}5 \cdot U_{2M} = 0{,}707 \cdot U_2$$

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

- *Scheitelfaktor:*

$$S = \frac{\text{Maximalwert}}{\text{Effektivwert}}$$

- *Formfaktor:*

$$F = \frac{\text{Effektivwert}}{\text{Gleichrichtwert}}$$

- *Welligkeit:*

$$w = \frac{\text{Effektivwert der Oberschwingung}}{\text{Gleichrichtwert}} = \sqrt{F^2 - 1}$$

- **3.2 Mittelpunktschaltungen (M2 & M3)**

  Gleichspannung U_a generiert sich aus zwei oder mehreren Spannungspulsen pro Periode T

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- *2-pulsige Mittelpunktschaltung M2:*

Prinzip der Schaltung (s.Bild)

- u_2´und u_2“ Phasenverschiebung von 180º (Mittelpunktsbildung über M)
- Während der ersten posit. Halbwelle D_1 leitend; während der zweiten D_2 leitend
- Ausgangsstrom ergibt sich aus Summe der beiden Teilströme i_I, i_{II}
- Welchen Spannungsabfall müssen die beiden Dioden jeweils standhalten ? ...

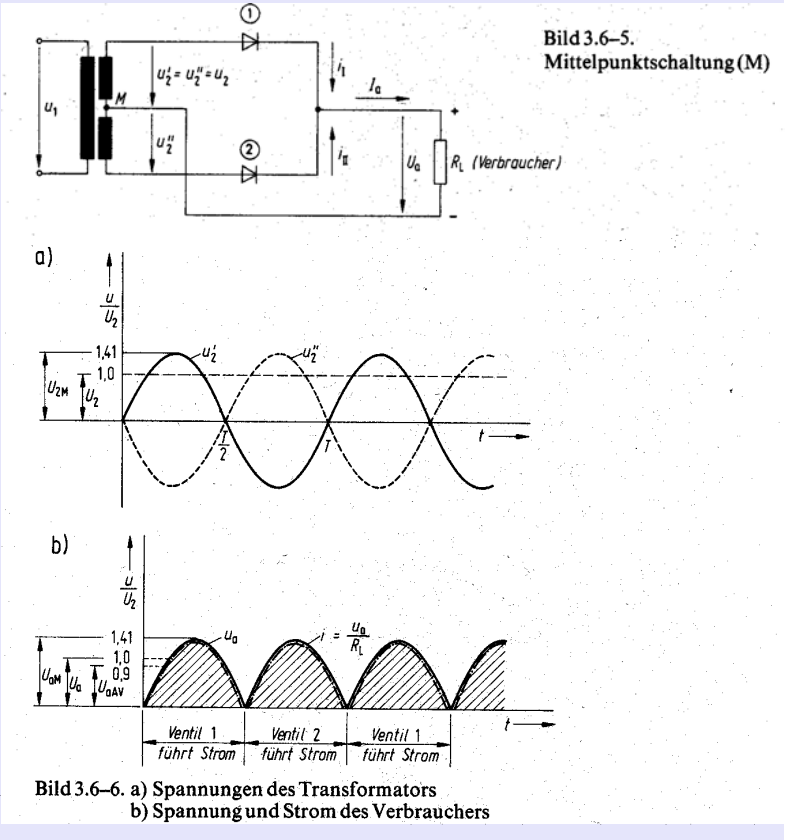


Bild 3.6–6. a) Spannungen des Transformators
b) Spannung und Strom des Verbrauchers

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- *3-pulsige Mittelpunktschaltung M3:*

Prinzip der Schaltung (s.Bild)

- Erforderlicher Drehstrom-Transformator mit sekundär. Sternpunkt
- u_R, u_S und u_T Phasenverschiebung von jeweils 120°
- Wirksame Spannung mit dem höchsten Augenblickswert, zugehörige Diode wird leitend
- Kritischer Spannungsabfall über die einzelne Diode ? ...

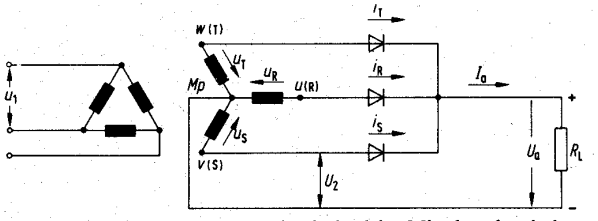


Bild 3.6–7. Sternschaltung (S) oder dreipulsige Mittelpunktschaltung

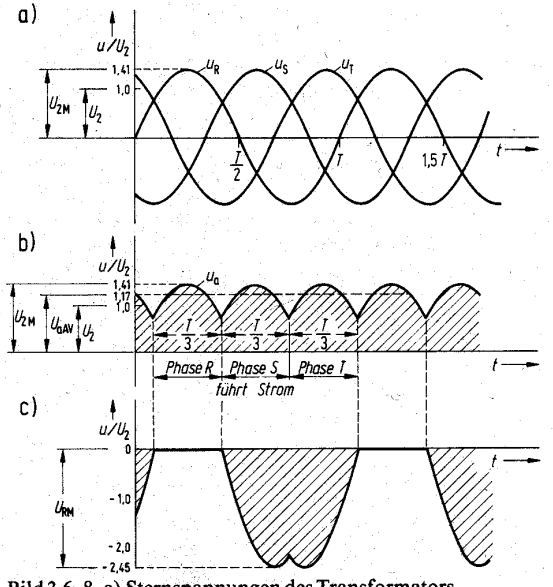


Bild 3.6–8. a) Sternspannungen des Transformators
b) Die Ausgangsspannung u_a der Sternschaltung entspricht den positiven oder negativen Kuppen der Sternspannungen, je nach Einbaurichtung der Ventile
c) Verlauf der Sperrspannung am Ventil R.
Im Sperrbereich liegt am Ventil die Außenleiterspannung.

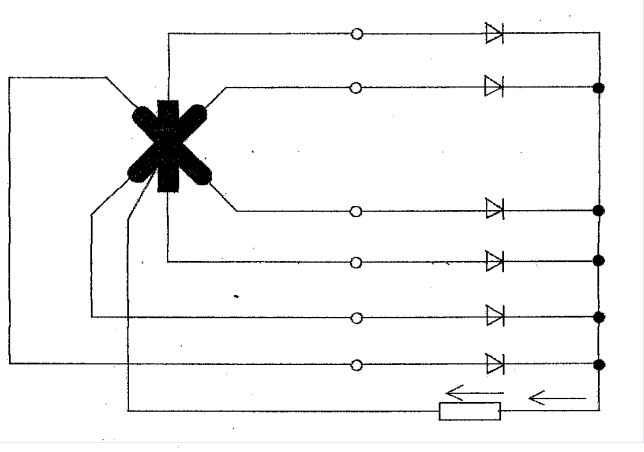
Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

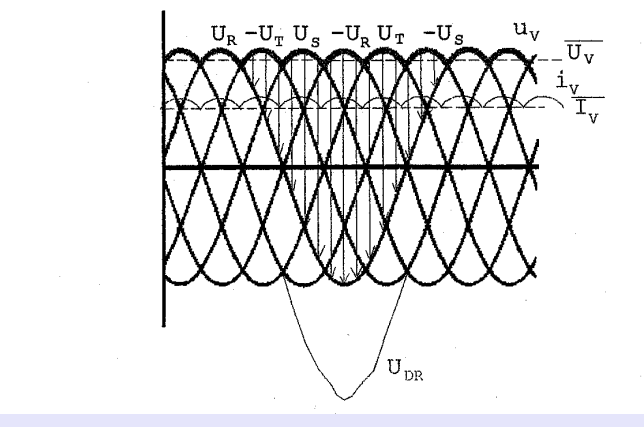
Vorlesung „Gleichrichter“

- *6-pulsige Mittelpunktschaltung M6:*

Prinzip der Schaltung (s.Bild)



- Erforderlicher Sechsphasen-Transformator mit sekundär. Sternpunkt
- u_R, u_S , u_T , $-u_R$, $-u_S$ und $-u_T$ Phasenverschiebung von jeweils 60º
- Wirkungsweise analog zu M3
- Kritischer Spannungsabfall über die einzelne Diode ? ...



Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

- **3.3 Brückenschaltungen**

  Gründe, warum Brückenschaltungen gegenüber Mittelspunktschaltungen favorisiert werden:

  - Brückenschaltung nutzt beide (positive & negative) Halbwellen aus
  - Größere Transformatorbaugröße bei Mittelpunktschaltungen, da durch Sekundärwicklung pulsierender Gleichstrom und kein Wechselstrom fließt
  - Kritischer Spannungsabfall über einzelne Ventile günstiger...

  (Nachteil: doppelte Anzahl an Ventilen)

  - *2-pulsige Brückenschaltung B2:*

  Wirksamkeit von zwei Spannungspulsen pro Periode

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

Prinzip der Schaltung (s.Bild)

- Antiparalleler Anschluß zweier Dioden je Sekundärklemme des Transformators
- Positives Potential an Klemme ① des Trafos: Stromfluß über n_1, R_L, n_4 zur Klemme ② (negativ)
- Negatives Potential an Klemme ① des Trafos: Stromfluß über n_2, R_L, n_3 zur Klemme ①
- Kritischer Spannungsabfall über Diode lediglich negative Halbwelle der Wechselspannung

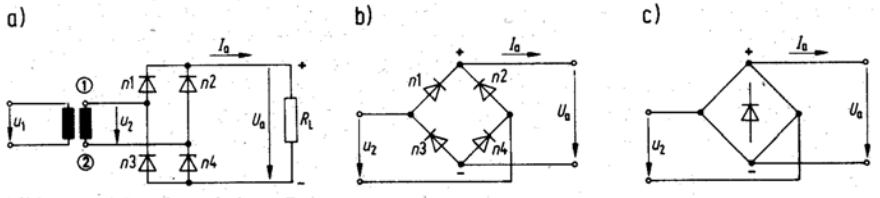
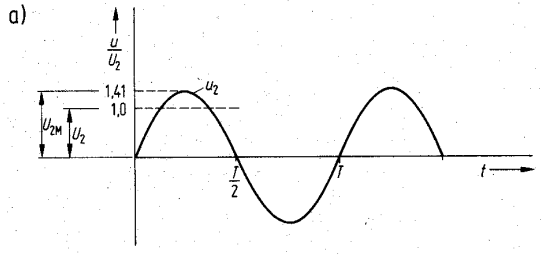


Bild 3.6–9. a) Brückenschaltung B
b) Darstellung in Brückenform
c) Kurzschaltzeichen



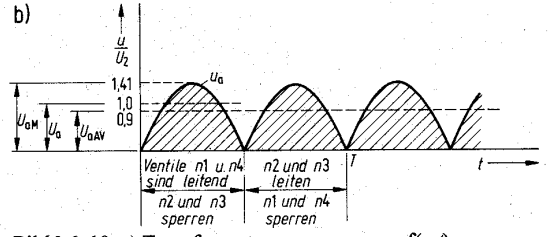


Bild 3.6–10. a) Transformatorspannung $u_2 = f(\omega t)$
b) Ausgangsspannung der Brückenschaltung (Verbraucherspannung)

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

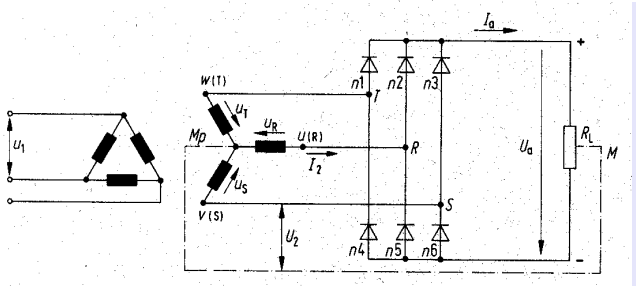


Bild 3.6–11. Drehstrom-Brückenschaltung (DB)

- *6-pulsige Brückenschaltung B6*

Wirksamkeit von 6 Spannungspulsen pro Periode

- Als Verbraucherspannung u_a wirken die höchsten positiven und negativen Augenblickswerte der drei Spannungen u_R, u_S , u_T
- Wirkungsweise analog zu B2: paarweise jeweils leitend n_2, n_4; n_3, n_4; n_3, n_5; ...

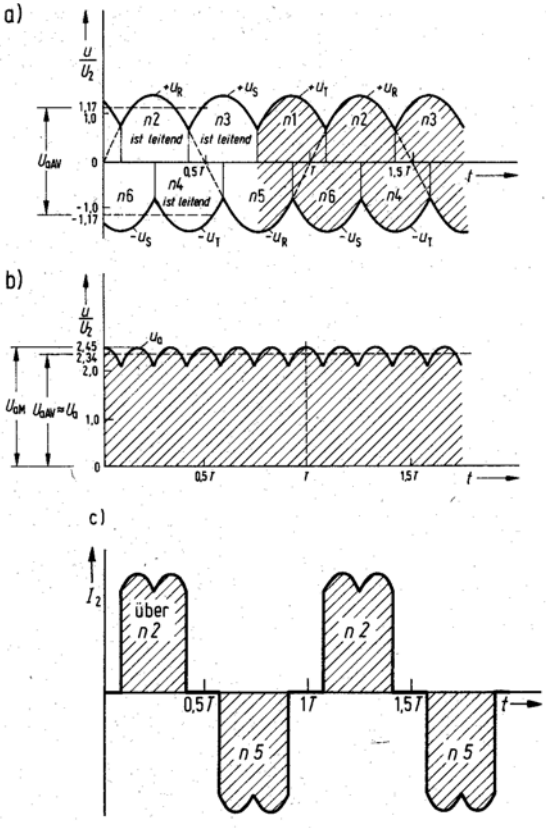


Bild 3.6–12. a) Die Ventile mit den höchsten positiven und negativen Werten der Sternspannungen sind leitend. An der Plus-Klemme des Verbrauchers R_L wirken die positiven Kuppen der Sternspannungen, an der Minusklemme die negativen.
b) Der Verlauf der Gleichspannung u_a ergibt sich aus der Summe der höchsten positiven und negativen Augenblickswerte.
c) Sekundärstrom (Phase *R*) des Transformators

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- Verlauf der Sperrspannung eines Ventils vergleichbar mit M3
- B6 kommt sehr häufig zum Einsatz - insbesondere bei größeren Leistungen (Welligkeit nur 4 %)

3.4 Vergleich der Gleichrichterschaltungen

über Verhältnis Gleichrichtwert(arithmetrisches Mittel) und Effektivwert der zugeführten Wechselspannung

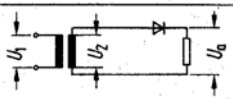
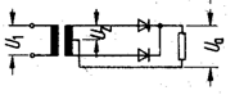
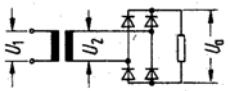
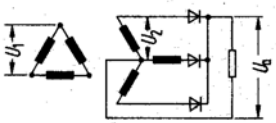
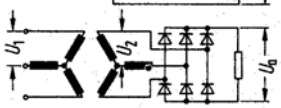
- *M1 (Einweggleichrichterschaltung):* $\frac{U_{a,AV}}{U_2} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} = 0{,}45;$ $U_{a,AV} = \frac{U_{2M}}{2\pi} \cdot \int_0^{\pi} \sin\omega t \, d\omega t$
- *B2, M2 (Zweiphasenschaltung):* $\ldots = \frac{2 \cdot\sqrt{2}}{\pi} = 0{,}9;$ $U_{a,AV} = \frac{U_{2M}}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} \sin\omega t \, d\omega t$
- *M3 (Dreiphasenschaltung):* $\ldots = \frac{3 \cdot\sqrt{2 \cdot\sqrt{3}}}{2\pi} = 1{,}17;$ $U_{a,AV} = \frac{U_{2M}}{\frac{2}{3}\cdot\pi} \cdot \int_{\pi/6}^{5/6\pi} \sin\omega t \, d\omega t$
- *B6 (Sechsphasenschaltung):* $\ldots = \frac{6 \cdot\sqrt{2}}{2\pi} = 1{,}3;$ $U_{a,AV} = \frac{2 \cdot U_{2M}}{\frac{2}{3}\cdot\pi} \cdot \int_{\pi/6}^{5/6\pi} \sin\omega t \, d\omega t$

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

Tabelle 3.6–1. Zusammenstellung der Gleichrichterschaltungen

Schaltbild	$U_a = f(t)$	Gleichspannung U_a: $\frac{U_{a\,AV}}{U_2}$	$\frac{U_a}{U_2}$	$\frac{U_{a\,AV}}{U_{aM}}$	F_u	w	Ventil: $\frac{I_{F\,AV}}{I_{a\,AV}}$	$\frac{U_{RM}}{U_{a\,AV}}$	$\frac{I_{FM}}{I_{a\,AV}}$ *)	$\frac{I_{F\,RMS}}{I_{a\,AV}}$	Transformator: $\frac{I_2}{I_{a\,AV}}$	$\frac{P_{S1}}{P_{di}}$	$\frac{P_{Bau}}{P_{di}}$
E Einwegschaltung		0,45	0,707	0,318	1,57	1,21	1,0	3,14	R 3,14	1,57	1,57	2,69	3,09
M Mittelpunkt-schaltung		0,9	1,0	0,637	1,11	0,48	0,5	3,14	R 1,57	0,785	0,785	1,23	1,48*)
									L 1,0	0,707	0,707	1,11	1,34
B Brückenschaltung		0,9	1,0	0,637	1,11	0,48	0,5	1,57	R 1,57	0,785	1,11	1,23	1,23*)
									L 1,0	0,707	1,0	1,11	1,11
S Drehstrom-Sternschaltung		1,17	1,19	0,826	1,017	0,18	0,333	2,09	R 1,21	0,588	0,588	1,23	1,37*)
									L 1,0	0,577	0,577	1,21	1,35
DB Drehstrom-Brückenschaltung		Y 2,34 Δ 1,35	Y 2,34 Δ 1,35	0,955	1,0008	0,04	0,333	1,05	1,05	0,577	0,816	1,05	1,05

Indizes

1	Primärseite des Transformators
2	Sekundärseite des Transformators
a	Ausgang der Gleichrichterschaltung
d	
di	Ideelle Gleichstromgröße
AV	arithmetischer Mittelwert (average)
EFF	quadratischer Mittelwert (root mean square)
RMS	
F	Durchlaßrichtung (forward on-state)
M	Scheitelwert (maximum)
R	Sperrichtung (reverse)

Formelzeichen

F_u	Formfaktor der Gleichspannung $F_u = U_a / U_{a\,AV}$
w	Welligkeit der Gleichspannung $w = U_{\text{Oberwelle EFF}} / U_{a\,AV} = \sqrt{F_u^2 - 1}$
P_{S1}	Primärseitige Transformator-Scheinleistung
P_{Bau}	Bauleistung des Transformators
U_2	Sekundärspannung des Transformators (Effektivwert der Strangspannung)
U_a	Effektivwert der Gleichspannung
U_{RM}	Sperrspannung des Ventils (Scheitelwert)
I_2	Sekundärstrom des Transformators (Effektivwert des Leiterstroms)
I_{FAV}	Strom eines Ventils (Durchlaßrichtung, arithmetischer Mittelwert)
P_{di}	Ideelle Gleichstromleistung $P_{di} = I_{a\,AV} \cdot U_{a\,AV}$
*)	obere Zahl für Widerstandslast R untere Zahl für induktive Last L

3.5 Glättung der Gleichspannung bzw. des Gleichstromes

Welligkeit der Ausgangsspannung u_a bei Gleichrichterschaltungen erfordert schaltungstechnische Maßnahmen zur Glättung:

- Kondensatoren (Lade- oder Glättungskondensatoren)
- Induktivitäten (Glättungsdrosseln)
- Siebschaltungen (RC- oder LC-Glieder)

Leistung des Verbrauchers und zulässige Welligkeit sind entscheidend für die Wahl der Maßnahme:

- Antriebstechnik mit Leistungen zw. 3 kW und einigen 1.000 kW: ausschließlich Glättungsdrosseln
- Kleinere und mittlere Leistungen: weitestgehend Ladekondensatoren
- Leistungsschwache Signale der Steuerungs- & Regelungstechnik: Siebschaltungen

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- *Glätten mit Ladekondensator*

→ Parallelschaltung des Kondensators zum Verbraucher (s. Prinzip der Schaltung); Energiespeicherfunktion zur Spannungshaltung:

$$i = C \cdot \frac{du}{dt} !$$

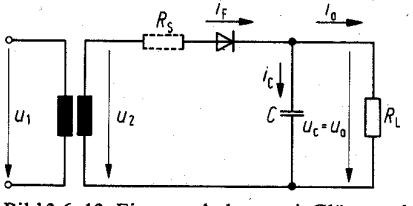


Bild 3.6–13. Einwegschaltung mit Glättungskondensator C, Schutzwiderstand zum Begrenzen des Ladestromes wird meistens vorgesehen

- *Leitendes Ventil:* Aufladung des Kondensators auf Scheitelwert der Gleichrichter-Ausgangsspannung durch i_F (Funktion von R_s)

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- *Sperrendes Ventil:* Entladung des Kondensators über i_a (bzw. R_L)

Glättungsprinzip bleibt auch bei mehrpulsigen Schaltungen erhalten - Parallelschaltung des Glättungskondensators zum Verbraucher; Entladung: e-Funktion mit Zeitkonstante $T_s = R_L \cdot C$

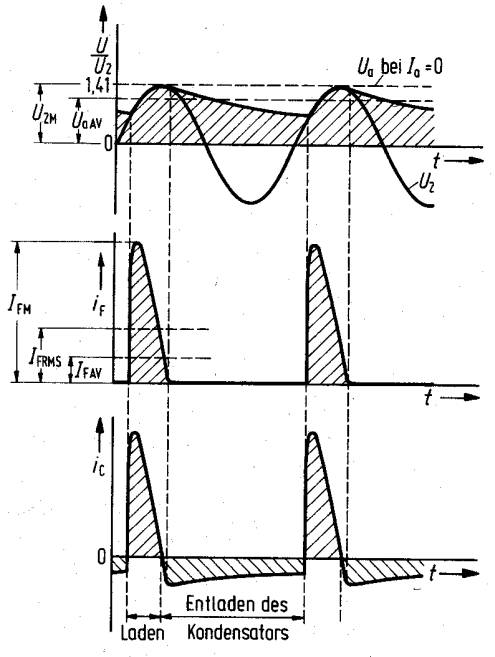


Bild 3.6–14. Einfluß des Glättungskondensators auf
a) den Verlauf der Verbraucherspannung u_a
b) den Verlauf des Ventilstromes i_F
c) den Verlauf des Kondensatorstromes i_C

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

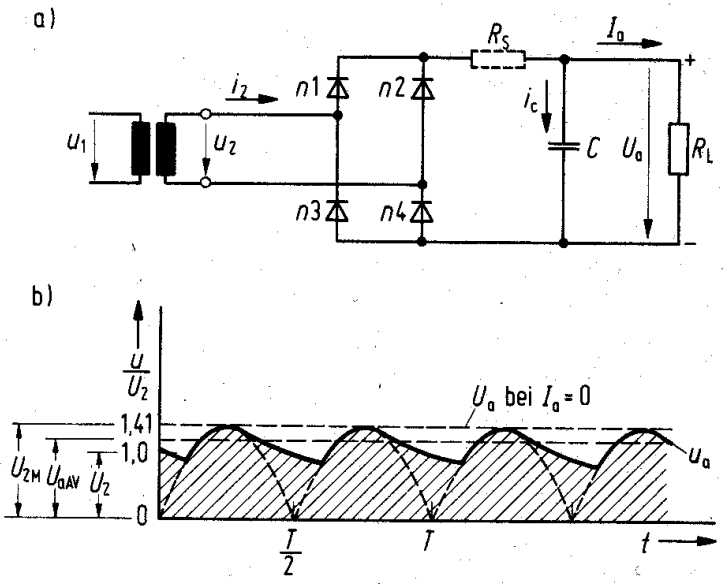


Bild 3.6–15. Brückenschaltung mit Glättungskondensator C,
a) Schaltbild
b) Spannungsverlauf

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

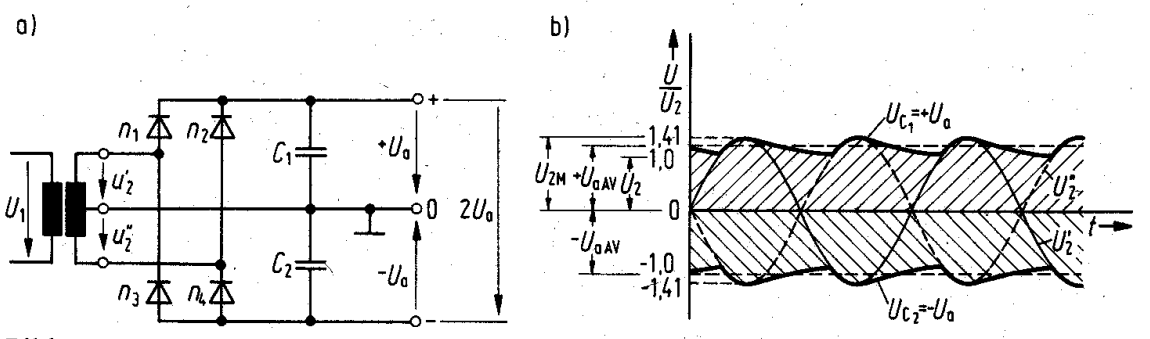


Bild 3.6–16. Brückenschaltung für symmetrische Ausgangsspannungen $\pm U_a$
a) Schaltbild
b) Spannungsverlauf

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Auslegung des Glättungskondensator

- Einfaches Netzgerät:

$$T_s = 10 \cdot T = \frac{1}{p \cdot f_{Netz}}$$

(T: Periodendauer der Oberschwingung;
p: Pulszahl der Schaltung)

$$C = \frac{T_s}{R_L} = \frac{10}{R_L \cdot p \cdot f_{Netz}}$$

z.B. Netzgerät mit Gleichrichter-Brückenschaltung; $U_a = 24\ V$; $I_a = 1\ A$
$\rightarrow C = ?$

$$R_L = \frac{U_a}{I_a} = \frac{24\ V}{1\ A} = 24\ \Omega$$

$$C = \frac{10}{R_L \cdot p \cdot f_{Netz}} = \frac{10}{24\ \Omega \cdot 2 \cdot 50\ Hz} = 4.167\ \mu F$$

- Zusätzliche Berechnungsgrundlage bei hochwertigen Netzgeräten:
  Welligkeit w $\rightarrow$ Kondensatorauslegung über grafisches Verfahren nach Schade
  (Skizzierung des Vorgehens an einem Beispiel)

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

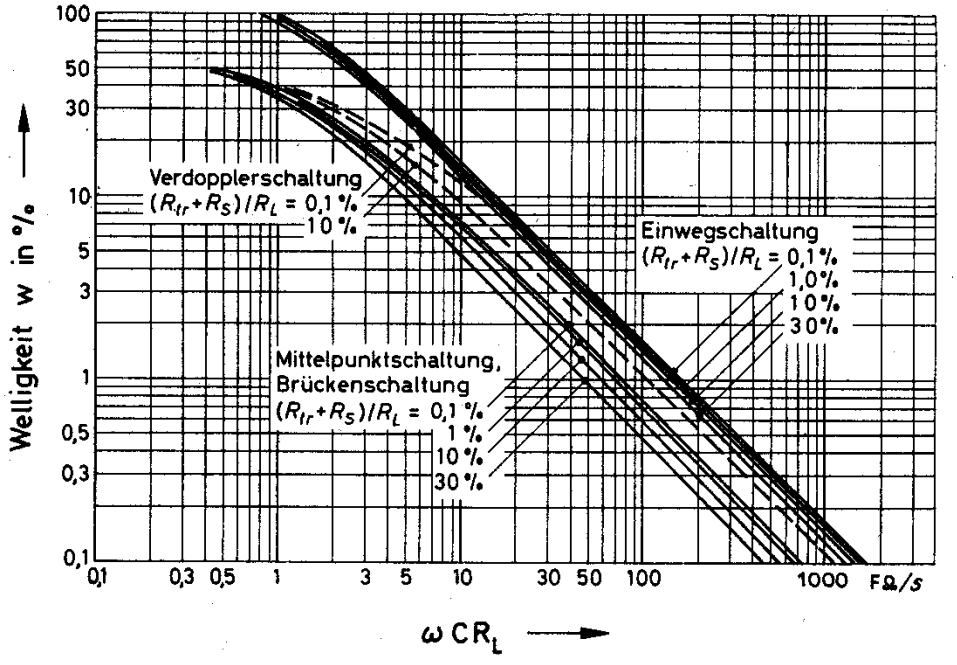


Bild 3.6–17. Welligkeit w der Verbraucherspannung in Abhängigkeit vom Produkt $\omega \cdot C \cdot R_L$ für Gleichrichterschaltungen mit Glättungskondensator

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

z.B. Netzgerät mit $U_a = 24\ V$; $I_a = 1\ A$; Brückenschaltung mit Glättungskondensator;
zulässige Welligkeit w = 1,0 %

$\rightarrow$ ⊡ Verbraucherwiderstand:

$$R_L = \frac{U_a}{I_a} = \frac{24\ V}{1\ A} = 24\ \Omega$$

⊡ mit $P_d := U_{a,AV} \cdot I_{a,AV} = 24\ VA$
Transformator-Innenwiderstand (Grafik)

$$R_{tr} = 0{,}2 \cdot R_L = 4{,}8\ \Omega$$

⊡ Schutzwiderstand R_s: (10 % von R_L) = 2,4 Ω

$$\frac{(R_{tr} + R_s)}{R_L} = \frac{(4{,}8\ \Omega + 2{,}4\ \Omega)}{24\ \Omega} = 0{,}3 \equiv 30\ \%$$

⊡ Ermittlung des Produktes $\omega C R_L$ bei w = 1,0 % und obigem Wert (Grafik):
48 FΩ/s

$$C = \frac{48\ F\Omega/s}{\varpi \cdot R_L} = \frac{48\ F\Omega/s}{2\pi f \cdot R_L} = 6.370\ \mu F$$

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

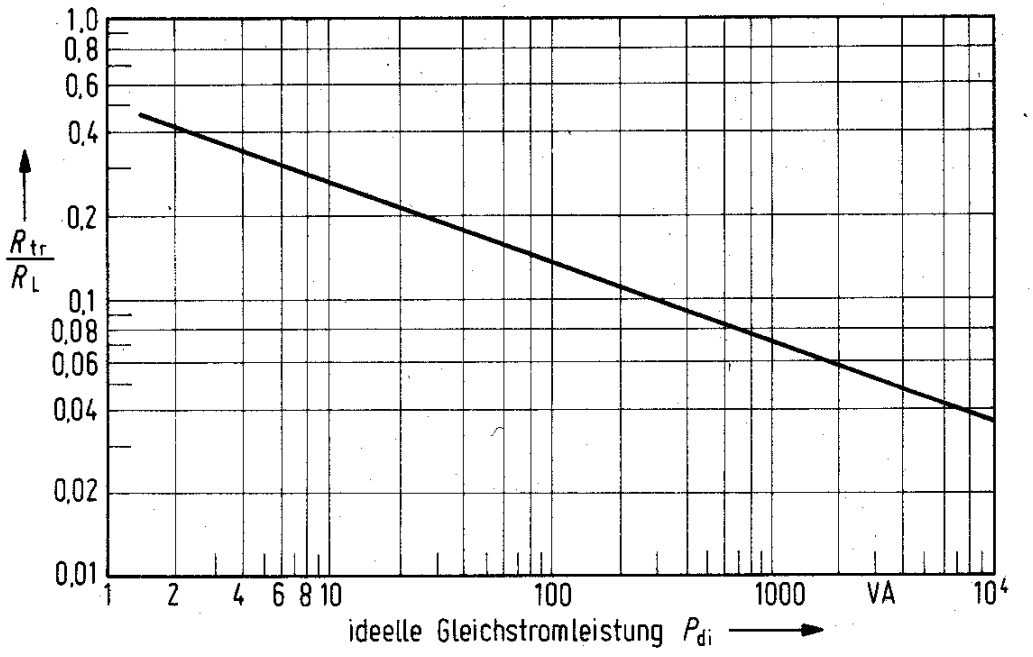


Bild 3.6–18. Richtwerte zur Bestimmung des Transformator-Innenwiderstandes

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

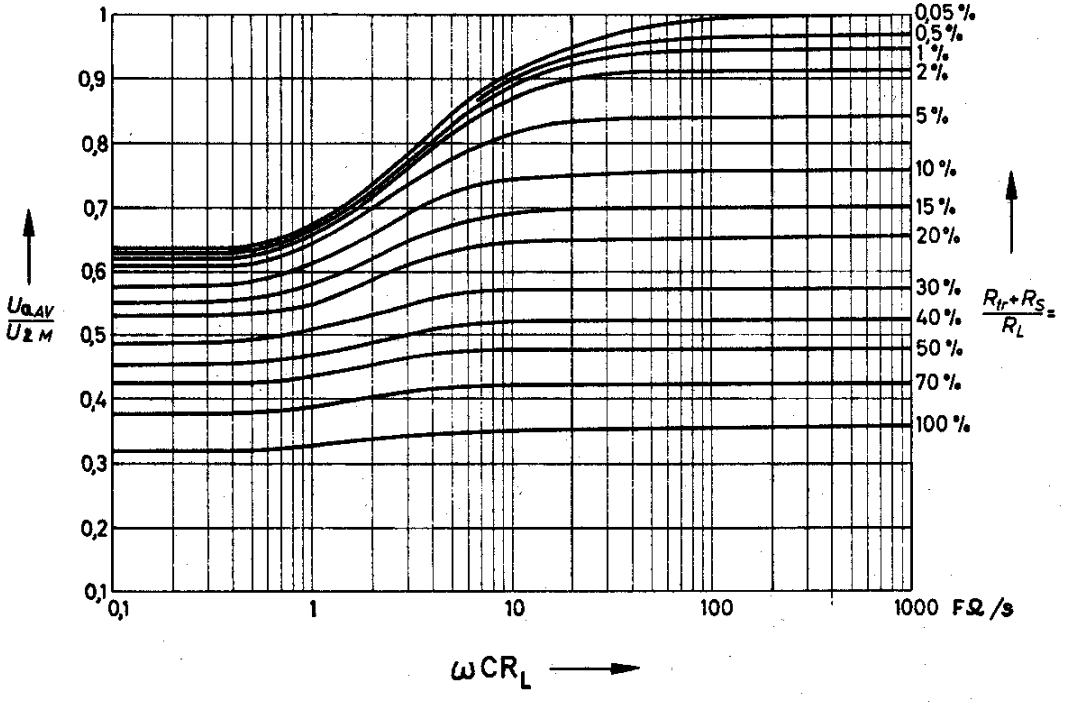


Bild 3.6–19. Spannungsverhältnis $U_{a\,AV}/U_{2\,M}$ in Abhängigkeit vom Produkt ωCR_L für Mittelpunktschaltung M und Brückenschaltung B

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

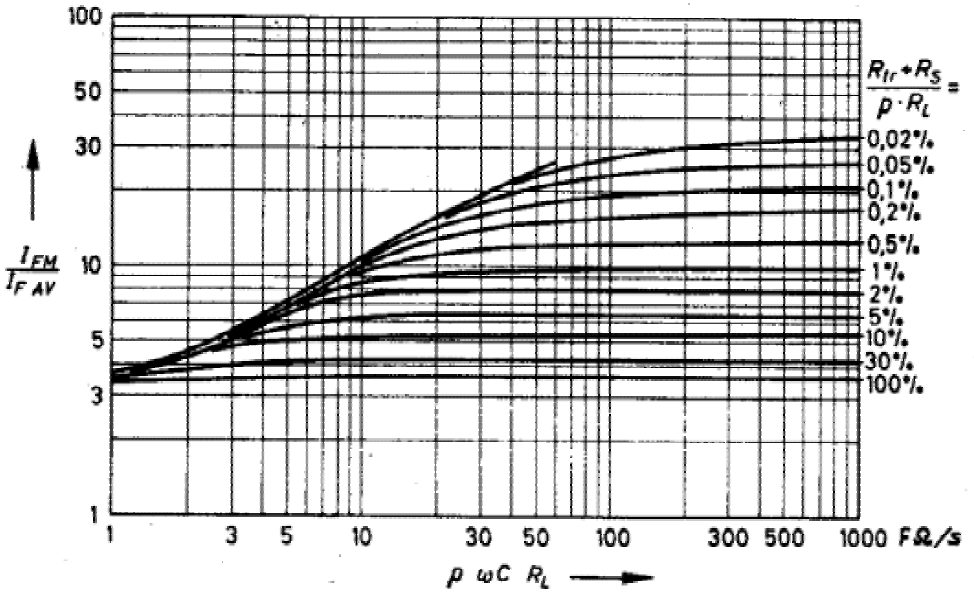


Bild 3.6–20. Verhältnis des Scheitelwertes zum arithmetischen Mittelwert des Ventilstromes (I_{FM}/I_{FAV})
$p = 1$ bei Einwegschaltung
$p = 2$ bei Mittelpunkt- und Brückenschaltung
$p = 0{,}5$ bei Spannungsverdoppler-Schaltung

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

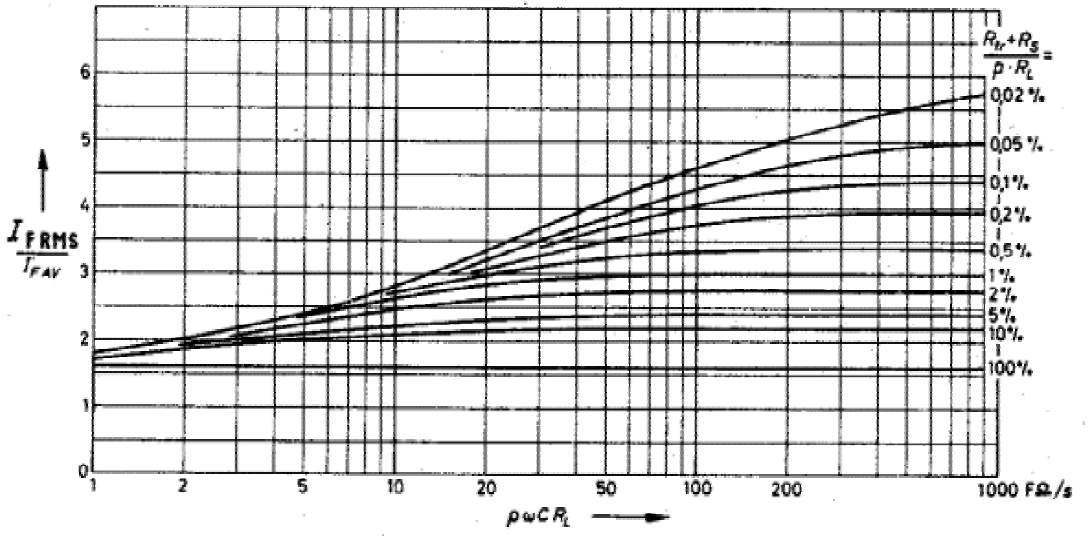


Bild 3.6–21. Verhältnis des Effektivwertes zum arithmetischen Mittelwert des Ventilstromes (I_{FRMS}/I_{FAV})
$p = 1$ bei Einwegschaltung
$p = 2$ bei Mittelpunkt- und Brückenschaltung
$p = 0{,}5$ bei Spannungsverdoppler-Schaltung

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

- Bauleistung des Transformators:
  - Sekundärspannung des Trafos (U_2):

    $U_2 = 0{,}707 \cdot U_{2M} = 29{,}7\ V$

    mit $\frac{U_{a,AV}}{U_{2M}} = 0{,}57$ (Grafik) $U_{2M} = \frac{24\ V}{0{,}52} = 42\ V$

  - Sekundärstrom des Trafos (I_2):
    (Wechselstrom-Brückenschaltung: positive und negative Strompulse)
    Strombelastung eines Ventils (Wechselstrom-Brückenschaltung, arithmetrischer Mittelwert I_{FAV}): $I_{FAV} = 0{,}5 \cdot 1A = 0{,}5\ A$
    Strommittelwert nur während der kurzen Ladezeit, relativ hoher Spitzenwert (Grafik): $I_{FM} = 4{,}2 \cdot I_{FAV} = 2{,}1\ A$

    Ermittlung des Ventilstroms $\frac{(R_{tr} + R_s)}{p \cdot R_L} = 15\ \%$:

    $I_{FRMS} = 2{,}1 \cdot I_{FAV} = 1{,}05\ A$

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Ermittlung des Sekundärstroms beim Trafo bei Wechselstrom-Brückenschaltung (zusätzliche Berücksichtigung der negativen Strompulse)

$$I_2 = \sqrt{I_F^2 + I_F^2} = \sqrt{2} \cdot I_{FRMS} = \sqrt{2} \cdot 1{,}05\ A = 1{,}48\ A$$

- Bauleistung des Transformators:

$$P_{bau} = I_2 \cdot U_2 = 44{,}1\ W$$ (1,84x größer als ideelle Gleichstromleistung !)

- für höhere Verbraucherleistungen:
  - Sehr große Kondensatoren
  - Hohe periodische Spitzenströme

  (diese Nachteile mit Glättungsdrossel vermeidbar)

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences

Elektronik I

Vorlesung „Gleichrichter“

- *Glätten mit Glättungsdrossel*

→ Reihenschaltung der Induktivität mit Verbraucher (s. Prinzip der Schaltung); Energiespeicherfunktion zur Stromhaltung:

$$u = - L \cdot \frac{di}{dt}$$ Gegenspannung !

- Auslegungsrichtwerte der Glättungsdrossel:

$$L = \frac{10 \cdot R_L}{p \cdot f_{Netz}} = \frac{10 \cdot 24\ \Omega}{2 \cdot 50\ Hz} = 2{,}4\ H$$

Meistens sind für die Glättung von Gleichstromnetzen zusätzliche Siebglieder erforderlich (Auslegung des Schwingkreises auf Frequenz der Oberschwingungen)

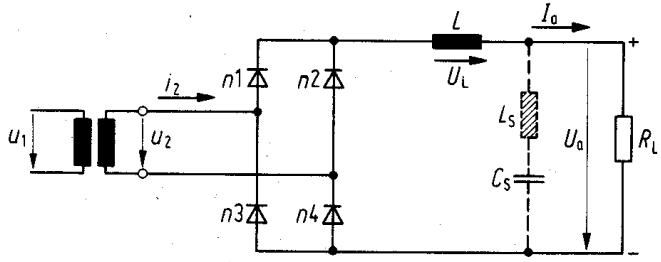


Bild 3.6–22. Brückenschaltung mit Glättungsdrossel

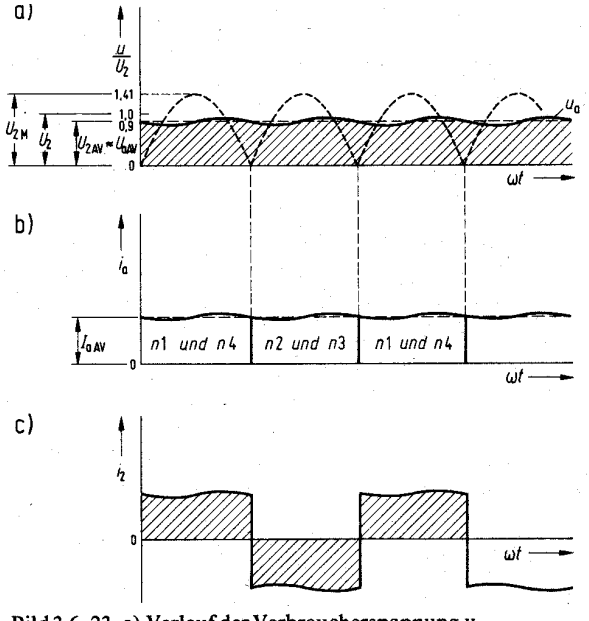


Bild 3.6–23. a) Verlauf der Verbraucherspannung u_a
b) Die Induktivität widersetzt sich jeder Änderung des Stromes, sie glättet den Strom.
Der Verbraucherstrom i_a setzt sich aus Stromblöcken zusammen.
c) Verlauf des Stromes i_2
(Sekundärstrom des Transformators)

Fachhochschule Südwestfalen
Hochschule für Technik und Wirtschaft
University of Applied Sciences