

Leistungselektronik und Energie- speicher

Teil 1

Leistungselektronik

Ausgabe 0.1, 1.05.2019
Autoren: Stephan Rupp

Kontakt: stephan.rupp@srupp.de
Web: <http://www.srupp.de>

Veröffentlicht unter [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Inhaltsverzeichnis

1. Umrichtertechnologien.....	5
1.1. Direkte Umrichter.....	5
1.2. Umrichter mit Zwischenkreis.....	5
1.3. Spannungsquellen (Voltage Source Converter).....	5
1.4. Stromquellen (Current Source Converter).....	5
1.5. Hochsetzsteller.....	6
1.6. Tiefsetzsteller.....	6
2. Signalverarbeitung und Pulsbreitenmodulation.....	7
2.1. Zwei-Level Konverter.....	7
2.2. Drei-Level Konverter.....	7
2.3. Multi-Level Konverter.....	7
2.4.	8
2.5.	8
2.6.	8
3. Umrichtertopologien.....	9
3.1. H-Brücken.....	9
3.2. Dreiphasige Umrichter.....	9
3.3. Multi-Level Konverter.....	10
3.4. Kaskadierte H-Brücken.....	10
3.5.	10
3.6.	11
4. Betrachtungen zum Wirkungsgrad.....	12
4.1. Durchlassverluste.....	12
4.2. Schaltverluste.....	12
4.3.	12
4.4.	12
5. Signalgüte und Störeinflüsse.....	14
5.1. Filter.....	14
5.2. Auswirkungen von Fehlern durch die PWM.....	14
5.3.	14
5.4.	14
6. Aufbau und Skalierung auf Systemebene.....	16
6.1.	16
6.2.	16
6.3.	16
6.4.	16

- 7. 18
 - 7.1. 18
 - 7.2. 18
 - 7.3. 18
 - 7.4. 18
- 8. 20
 - 8.1. 20
 - 8.2. 20
 - 8.3. 20
 - 8.4. 20

1. Umrichtertechnologien

Schalter, Ventile und Energiespeicher => Leistungselektronik

1.1. Direkte Umrichter

... ohne Energiespeicher

Frage 1.1.1:

Frage 1.1.2:

Frage 1.1.3: .

Frage 1.1.4:

Frage 1.1.5:

Frage 1.1.6:

Frage 1.1.7:

Lösung:

Frage 1.1.8:

1.2. Umrichter mit Zwischenkreis

... Gleichungen für L und C → Simulation

... Dimensionierung des Zwischenkreises nach Energieformel

Frage 1.2.1: ...

Lösung:

Frage 1.2.2:

Lösungsbeispiel:

Frage 1.2.3:

Frage 1.2.4:

1.3. Spannungsquellen (Voltage Source Converter)

...

Frage 1.3.1: ...

Lösungsbeispiel:

Frage 1.3.2: ...

1.4. Stromquellen (Current Source Converter)

...

Frage 1.4.1: ..

Lösung:

Frage 1.4.2: ...

Lösungsbeispiel: .

Frage 1.4.3:

Lösung:

Frage 1.4.4: ...

Lösung:

Frage 1.4.5: ..

Frage 1.4.6:

1.5. Hochsetzsteller

...

Frage 1.5.1: ...

Lösung:

Frage 1.5.2:

Lösung:

Frage 1.5.3: ...

Lösung: ...

Frage 1.5.4: ...

1.6. Tiefsetzsteller

...

Frage 1.6.1: ...

Frage 1.6.2: ...

Frage 1.6.3: ...

Frage 1.6.4: ...

2. Signalverarbeitung und Pulsbreitenmodulation

...

2.1. Zwei-Level Konverter

...

Frage 2.1.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.1.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.1.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.1.4: ...

Lösung: ...

2.2. Drei-Level Konverter

...

Frage 2.2.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.2.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.2.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.2.4: ...

Lösung: ...

2.3. Multi-Level Konverter

...

Frage 2.3.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.3.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.3.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.3.4: ...

Lösung: ...

2.4. ...

...

Frage 2.4.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.4.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.4.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.4.4: ...

Lösung: ...

2.5. ...

...

Frage 2.5.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.5.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.5.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.5.4: ...

Lösung: ...

2.6. ...

...

Frage 2.6.1: ...

Lösung: ...

Frage 2.6.2: ...

Lösung: ...

Frage 2.6.3: ...

Lösung: ...

Frage 2.6.4: ...

Lösung: ...

3. Umrichtertopologien

3.1. H-Brücken

...

Frage 3.1.1:

Lösung:

Frage 3.1.2:

Lösung:

$$U_0 = R_0 \cdot I + U_1 + U_L \quad (3.1.3)$$

$$\dot{U}_1 = \frac{1}{C_1} \cdot I_2 = \frac{1}{C_1} \cdot I - \frac{1}{R_1 C_1} \cdot U_1 \quad (3.1.4)$$

$$P_L = U_L \cdot I \quad (3.1.5)$$

$$Q_{(t)} = Q_0 - \int_0^t I(\tau) \cdot d\tau \quad (3.1.6)$$

$$\text{SoC} = \frac{Q_{(t)}}{Q_n} \quad (3.1.7)$$

Frage 3.1.3:

Lösung:

Frage 3.1.4:

Abschnitt

Frage 3.1.5:

Lösung:

Frage 3.1.6:

Lösung:

Abschnitt

Frage 3.1.7:

Lösung:

Frage 3.1.8:

Lösung:

3.2. Dreiphasige Umrichter

...

Frage 3.2.1:

Lösung:

Frage 3.2.2:

Lösung:

Frage 3.2.3:

Frage 3.2.4:

Lösung:

Frage 3.2.5:

Lösung:

Frage 3.2.6:

Lösung:

3.3. Multi-Level Konverter

...

Frage 3.3.1:

Lösung:

Frage 3.3.2:

Lösung:

Frage 3.3.3:

Frage 3.3.4:

Lösung:

3.4. Kaskadierte H-Brücken

...

Frage 3.4.1:

Lösung:

Frage 3.4.2:

Lösung:

Frage 3.4.3:

Lösung: .

Frage 3.4.4:

Lösung:

3.5. ...

...

Frage 3.5.1: ...

Lösung: ...

Frage 3.5.2: ...

Lösung:

Frage 3.5.3:

Lösung:

Frage 3.5.4:

Lösung:

3.6. ...

....

Frage 3.6.1: ...

Lösung: .

Frage 3.6.2:

Lösung:

Frage 3.6.3:

Lösung:

Frage 3.6.4:

Lösung:

4. Betrachtungen zum Wirkungsgrad

4.1. Durchlassverluste

...

Frage 4.1.1: ...

Lösung: ...

Frage 4.1.2: ...

Lösung: ...

Frage 4.1.3: ...

Lösung: ...

Frage 4.1.4: ...

Lösung: ...

4.2. Schaltverluste

...

Frage 4.2.1: ...

Lösung: ...

Frage 4.2.2: ...

Lösung: ...

Frage 4.2.3: ...

Lösung: ...

Frage 4.2.4: ...

Lösung: ...

4.3. ...

...

Frage 4.3.1: ...

Lösung: ...

Frage 4.3.2: ...

Lösung: ...

Frage 4.3.3: ...

Lösung: ...

Frage 4.3.4: ...

Lösung: ...

4.4. ...

...

Frage 4.4.1: ...

Lösung: ...

Frage 4.4.2: ...

Lösung: ...

Frage 4.4.3: ...

Lösung: ...

Frage 4.4.4: ...

Lösung: ...

5. Signalgüte und Störeinflüsse

5.1. Filter

...

Frage 5.1.1: ...

Lösung: ...

Frage 5.1.2: ...

Lösung: ...

Frage 5.1.3: ...

Lösung: ...

Frage 5.1.4: ...

Lösung: ...

5.2. Auswirkungen von Fehlern durch die PWM

...

Frage 5.2.1: ...

Lösung: ...

Frage 5.2.2: ...

Lösung: ...

Frage 5.2.3: ...

Lösung: ...

Frage 5.2.4: ...

Lösung: ...

5.3. ...

...

Frage 5.3.1: ...

Lösung: ...

Frage 5.3.2: ...

Lösung: ...

Frage 5.3.3: ...

Lösung: ...

Frage 5.3.4: ...

Lösung: ...

5.4. ...

...

Frage 5.4.1: ...

Lösung: ...

Frage 5.4.2: ...

Lösung: ...

Frage 5.4.3: ...

Lösung: ...

Frage 5.4.4: ...

Lösung: ...

6. Aufbau und Skalierung auf Systemebene

6.1. ...

...

Frage 6.1.1: ...

Lösung: ...

Frage 6.1.2: ...

Lösung: ...

Frage 6.1.3: ...

Lösung: ...

Frage 6.1.4: ...

Lösung: ...

6.2. ...

...

Frage 6.2.1: ...

Lösung: ...

Frage 6.2.2: ...

Lösung: ...

Frage 6.2.3: ...

Lösung: ...

Frage 6.2.4: ...

Lösung: ...

6.3. ...

...

Frage 6.3.1: ...

Lösung: ...

Frage 6.3.2: ...

Lösung: ...

Frage 6.3.3: ...

Lösung: ...

Frage 6.3.4: ...

Lösung: ...

6.4. ...

...

Frage 6.4.1: ...

Lösung: ...

Frage 6.4.2: ...

Lösung: ...

Frage 6.4.3: ...

Lösung: ...

Frage 6.4.4: ...

Lösung: ...

7. ...

7.1. ...

...

Frage 7.1.1: ...

Lösung: ...

Frage 7.1.2: ...

Lösung: ...

Frage 7.1.3: ...

Lösung: ...

Frage 7.1.4: ...

Lösung: ...

7.2. ...

...

Frage 7.2.1: ...

Lösung: ...

Frage 7.2.2: ...

Lösung: ...

Frage 7.2.3: ...

Lösung: ...

Frage 7.2.4: ...

Lösung: ...

7.3. ...

...

Frage 7.3.1: ...

Lösung: ...

Frage 7.3.2: ...

Lösung: ...

Frage 7.3.3: ...

Lösung: ...

Frage 7.3.4: ...

Lösung: ...

7.4. ...

...

Frage 7.4.1: ...

Lösung: ...

Frage 7.4.2: ...

Lösung: ...

Frage 7.4.3: ...

Lösung: ...

Frage 7.4.4: ...

Lösung: ...

8. ...

8.1. ...

...

8.2. ...

...

8.3. ...

...

8.4. ...

...

Englisch - Deutsch

Active power	Wirkleistung
Apparent power	Scheinleistung
Capacitor	Kapazität
Circuit breaker	Leistungsschalter
Line voltage	Leiter-zu-Leiter Spannung (Effektivwert)
Inductor	Induktivität
Nominal power	Nennleistung
Nominal voltage	Nennspannung
Peak value	Spitzenwert
Phase voltage	Leiter-zu-Nullleiter Spannung (Effektivwert)
Reactive power	Blindleistung
Resistor	Widerstand
Transformer	Transformator
Transmission	Übertragung
Voltage source	Spannungsquelle
Winding	Wicklung
...	
...	

Abkürzungen

AC	Alternating Current, Wechselstrom
DC	Direct Current, Gleichstrom
$T = 1/f$	Schwingungsdauer, Periodendauer [s]
$f = 1/T$	Frequenz, Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit [1/s]
$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$	Kreisfrequenz, Winkelgeschwindigkeit der Kreisbewegung [1/s]
E	Energie [Joule, J, Nm, Ws, $\text{kg m}^2/\text{s}^2$] potentielle Energie $E_p = 1/2 k y^2$, kinetische Energie, Translation $E_k = 1/2 m v^2$, kinetische Energie, Rotation $E_r = 1/2 J \omega^2$, Energie elektrisches Feld $E_C = 1/2 CU^2$, Energie magnetisches Feld $E_L = 1/2 LI^2$
RMS	Root mean square (Effektivwert)
Z	komplexer Widerstand (Impedanz, impedance)
R	Wirkwiderstand (resistance)
X	Blindwiderstand (Reaktanz, reactance)
Y	komplexer Leitwert (Admittanz, admittance)
G	Wirkleitwert (conductance)
B	Blindleitwert (susceptance)
S	Scheinleistung (apparent power, in VA = Volt Ampere)
P	Wirkleistung (power, in Watt)
Q	Blindleistung (reactive power, in Var = Volt ampere reactive)
A	Ampere
deg	degrees (Phasenwinkel in Grad)
kV	Kilo Volt (1000V)
kVA	Kilo Volt Ampere (Scheinleistung S, zur Unterscheidung von kW = Wirkleistung))
kVar	Kilo Volt Ampere reactive (Blindleistung, Q)
MS	Mittelspannung
NS	Niederspannung
ONT	Ortsnetztransformator
p.u.	per unit (auf Nennwert und physikalische Einheit normierte Größe)
PV	Photovoltaik
W	Watt (Wirkleistung, P)

Literatur

- (1) Scilab/Xcos Open Source Simulationswerkzeug: <http://www.scilab.org/download/5.5.2>
- (2) Horst Kuchling, Taschenbuch der Physik, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG; 21. Auflage, 2014; ISBN-13: 978-3446442184
- (3) Klaus Heuck, Klaus-Dieter Dettmann, Detlef Schulz: Elektrische Energieversorgung: Erzeugung, Übertragung und Verteilung elektrischer Energie für Studium und Praxis, Vieweg+Teubner Verlag, 8. Auflage, 2010, ISBN 978-3834807366

Anhang A - ...

...

Anhang B - ...

...