

## Lösungen zu Kapitel 7:

### Aufgabe 7.1: Tiefsetzsteller

- a) Siehe Bild 7.4.
- Kondensator  $C_1$ : Bildet im Falle eines Solarmoduls am Eingang einen Zwischenspeicher für die Solarenergie.
  - Mosfet: Stellt einen schnellen, verschleißlosen steuerbaren Schalter dar
  - Spule  $L$ : Dient zur Verstärkung des Ausgangsstromes
  - Kondensator  $C_2$ : Dient zur Glättung der Ausgangsspannung
  - Diode  $D$ : Freilaufdiode, die den Strom weiterfließen lässt, wenn der Mosfet sperrt
- b) Bei einer hohen Taktfrequenz können kleine Induktivitäten und Kapazitäten verwendet werden, ohne dass es zum unerwünschten Lückbetrieb kommt.
- c) Hohe Taktfrequenzen bewirken stärkere Schaltverluste. Aus diesem Grund sollten geeignete schnelle, verlustarme Schalter (z.B. aus Siliziumcarbid) verwendet werden.

### Aufgabe 7.2: Einspeisevarianten

Siehe die Bilder 7.8 und 7.9.

### Aufgabe 7.3: Wechselrichtervarianten

- a) Siehe Abschnitt 7.2.2.
- b) Die Stromform ist fast exakt sinusförmig und erhöht daher die Qualität der Netzspannung.
- c) i) Bei Dünnschichtmodulen.  
ii) Bei speziellen c-Si-Modulen (z.B. Sunpower, Evergreen).  
iii) Im Fall aller Module, die nicht ausdrücklich für den Betrieb mit traflosen Wechselrichtern freigegeben sind.
- d) Er wird eingesetzt, wenn eine galvanische Trennung erreicht werden soll und man gleichzeitig die Nachteile eines Netztrafos (geringer Wirkungsgrad, hohes Gewicht, etc.) vermeiden will.
- e) i) Das Netz wird symmetrisch versorgt.  
ii) Der Augenblickswert der eingespeisten Leistung ist annähernd konstant, so dass nur kleine Speicherkondensatoren im Wechselrichter notwendig sind.  
iii) Zwei zusätzliche Schaltelemente (50 % mehr) bringen 71 % mehr Leistung

### Aufgabe 7.4: Wechselrichter-Dimensionierung

Daten aus Tabelle 6.1 und 7.2 sowie Bild 7.22:

#### Solarmodul:

$$\begin{aligned} U_L &= 29,7 \text{ V}, & U_N &= 24,4 \text{ V} \\ I_K &= 8,7 \text{ A}, & I_N &= 8,1 \text{ A} \\ P_N &= 200 \text{ Wp} & TK_U &= -0,34 \text{ \% / K} \end{aligned}$$

#### Wechselrichter:

$$\begin{aligned} U_{DC\_N} &= 350 \text{ V}, & U_{MPP} &= 333 \text{ bis } 500 \text{ V} \\ U_{WR\_Max} &= 700 \text{ V}, & I_{WR\_Max} &= 25 \text{ A} \\ P_{DC\_N} &= 8,25 \text{ kW}, & P_{AC\_N} &= 8 \text{ kW} \end{aligned}$$

- a)  $U_{L_{(-10^{\circ}\text{C})}} \approx U_L \cdot [1 + TK_U \cdot (\vartheta - \vartheta_{STC})] = \underline{33,2 \text{ V}}$   
 $n_{\text{Max}} = \frac{U_{\text{WR\_Max}}}{U_{L_{(-10^{\circ}\text{C})}}} = 21,1 = \underline{21 \text{ Module}}$
- b)  $U_{\text{MPP\_Modul}(70^{\circ}\text{C})} \approx U_{\text{MPP}} \cdot [1 + TK_U \cdot (\vartheta - \vartheta_{STC})] = \underline{20,7 \text{ V}}$   
 $n_{\text{Min}} = \frac{U_{\text{MPP\_Min}}}{U_{\text{MPP\_Modul}(70^{\circ}\text{C})}} = 16,1 = \underline{17 \text{ Module}}$
- c)  $n_{\text{String\_Max}} = \frac{I_{\text{WR\_Max}}}{I_{\text{String\_Max}}} = \frac{I_{\text{WR\_Max}}}{1,25 \cdot I_{\text{MPP}}} = 2,5 = \underline{2 \text{ Strings}}$

Somit können minimal 1 x 17 Module und maximal 2 x 21 = 42 Module eingesetzt werden.

- d) Bei der Leistungsdimensionierung empfiehlt sich ein Auslegungsfaktor von maximal 1. Dies führt mit Gleichung (7.21) auf:  
 $\Rightarrow P_{\text{STC}} \leq 1 \cdot P_{\text{AC\_N}} = 8 \text{ kW}$

Die optimale Anlagenkonfiguration ergibt sich somit zu zwei Strings zu jeweils 20 Modulen. Denkbar wären auch zwei Strings mit je 19 oder zur Not auch 21 Modulen.

#### Aufgabe 7.5: Batteriesysteme

- a) Schon bei den normalen Lade-/Entladezyklen des Akkus entsteht im Laufe der Zeit eine wachsende Sulfatschicht, die beim Ladevorgang nicht mehr vollständig abgebaut wird. Hierdurch sinkt die aktive Fläche der Elektroden und damit Kapazität des Akkus. Bei Tiefentladungen verstärkt sich dieser Effekt. Extreme Tiefenladungen können sogar zu einem Verbiegen der Elektroden und einem Kurzschluss zwischen Anode und Kathode führen.
- b) Ein KFZ-Akku (Starterakku) ist für den Pufferbetrieb optimiert, bei dem der Akku fast immer vollständig geladen ist und nur kurzzeitig hohe Ströme liefern muss. Die dazu notwendigen dünnen Gitterplatten würden durch den bei Inselanlagen vorherrschenden Zyklusbetrieb zu stark sulfatieren. Bei einer Tiefentladung kommt es hier unweigerlich zu Kurzschlüssen zwischen den dicht beieinander stehenden Platten. Außerdem weisen Starterakkus meist eine hohe Selbstentladung auf.
- c) Die Angabe bedeutet, dass der Akku im Fall, dass man ihn über 10 h entlädt, eine Kapazität von 150 Ah aufweist. Er kann also über 10 h mit einem Strom von 15 A entladen werden. Wird er stattdessen mit 20 A entladen, so wird die nutzbare Kapazität geringer sein. Laut Bild 7.28 liegt sie in diesem Fall bei etwa 140 Ah; der Akku würde also innerhalb von  $140 \text{ Ah} / 20 \text{ A} = 7 \text{ h}$  entladen sein.
- d) Bei diesem Ladeverfahren wird der Akku zunächst mit einem konstanten Strom geladen. Sobald die Ladeschlussspannung erreicht ist, geht man auf eine konstante Ladespannung über, um den Akku vollständig aufzuladen aber nicht zu überladen.
- e) i) Übergangswiderstand des Mosfets spielt keine Rolle  
 ii) Anlauf der Schaltung nach Tiefentladung funktioniert automatisch

#### Aufgabe 7.6: Inselsysteme

- a) Ein klassisches Solar Home System besteht aus einem 12 V oder 24 Volt System mit Solarmodul, Solarbatterie, Laderegler und Verbrauchern. Typische Verbraucher sind Energiesparlampen, Radio, Fernsehen und Handyladegerät.
- b) In einem Hybridsystem werden zusätzlich zum Solargenerator samt Akku und Laderegler weitere Energiequellen eingesetzt. Typisch sind z.B. Windgenerator, Dieselgenerator, Brennstoffzelle, etc. Der Vorteil liegt darin, dass unabhängig vom Wetter eine hohe Verfügbarkeit sichergestellt werden und der Solargenerator relativ klein gewählt werden kann.