

MPP-Tracking

Stellglieder für MPP-Tracker

von Peter Adelman

Um aus einem Solarmodul die maximale Leistung zu entnehmen, muß das Produkt des entnommenen Stromes und der entnommenen Spannung maximal sein. Dies wird dann erreicht, wenn das Solarmodul mit dem optimalen Lastwiderstand beschaltet wird. Da Strom und Spannung wegen schwankender Beleuchtung und Temperatur im Punkt Maximaler Leistung nicht konstant sind, ändert sich auch der Wert dieses optimalen Lastwiderstandes. Das Stellglied hat deshalb die Aufgabe, für das Solarmodul den optimalen Lastwiderstand zu bilden und die so aus dem Modul entnommene Leistung an den Verbraucher weiterzugeben. Dieser variable Lastwiderstand wird durch einen Gleichspannungswandler gebildet. Bei diesen Gleichspannungswandlern hat die Ausgangsspannung einen anderen Wert als die Eingangsspannung. Die üblichen Gleichspannungswandler können in drei Gruppen eingeteilt werden: Hochsetzer, Tiefsetzer und Inverswandler.

Diese Gleichspannungswandler bestehen im wesentlichen aus einer Diode, einem Schalter und einer Drossel. Eine weitere Gemeinsamkeit besteht in der Ansteuerung des Schalters, die durch Pulsbreitenmodulation erfolgt. Die Höhe der Ausgangsspannung wird dabei durch Verändern der Ein- und Ausphasen des Transistors gesteuert. Bei dieser sog. Pulsbreitenmodulation wird die Frequenz konstant gehalten, das Verhältnis der Ein- und Ausphasen zueinander jedoch verändert (Abb. 1). Die Abhängigkeit von Eingangs- zu Ausgangsspannung wird durch das Tastverhältnis, welches sich nach (1) berechnet, bestimmt.

$$(1) \quad V = \frac{t}{T}$$

$V = \text{Tastverhältnis}$
 $t = \text{Einschaltzeit}$
 $T = \text{Periodendauer}$

Diese Pulsbreitenmodulation wird am einfachsten durch fertige Schaltbausteine erzeugt. Diese Bausteine verlangen am Eingang eine Gleichspannung, deren Höhe proportional zu dem erzeugten Pulsbreitenverhältnis ist. Auch hier ist, wie bei allen anderen Schaltungsteilen wichtig, daß nur solche Bausteine in Betracht kommen, die wenig Energie konsumieren.

Durch die Ansteuerung aller Schaltungen durch Pulsbreitenmodulation

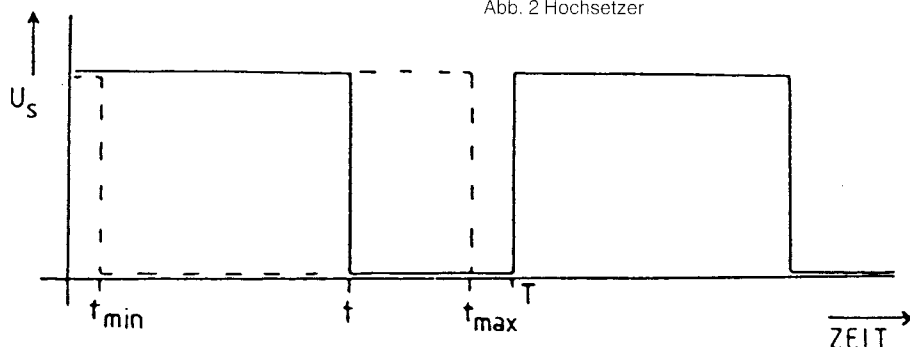


Abb. 1 Pulsbreitenmodulation

kann der Regler vom Stellglied unabhängig entwickelt werden. Lediglich eine Potentialanpassung kann in verschiedenen Fällen erforderlich sein.

Hochsetzer

Eine sehr häufig verwendete Schaltung ist der unter Abb. 2 dargestellte Drossel-Aufwärtswandler. Diese Schaltung wird auch als Boost-Wandler oder Hochsetzer bezeichnet. Wie der Name schon sagt, liegt hier die Ausgangsspannung über der Eingangsspannung. Wird bei dieser Schaltung der Schalter S leitend, baut sich in der Drossel L ein Magnetfeld auf. Dieses Magnetfeld versucht

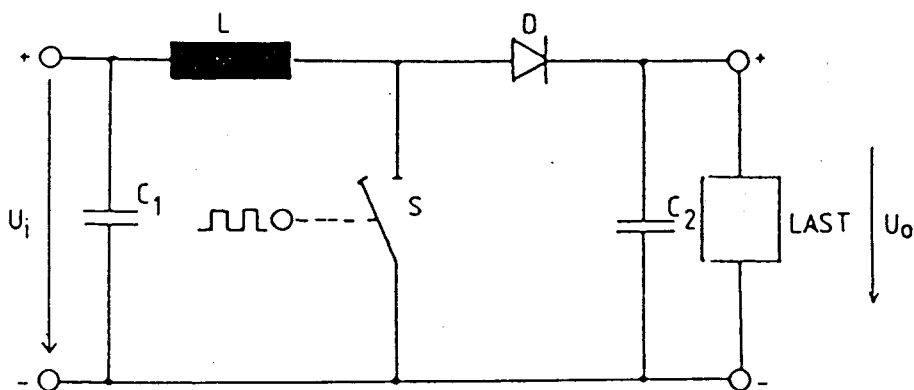


Abb. 2 Hochsetzer

dann, wenn der Schalter in den nichtleitenden Zustand tritt, den erreichten Strom aufrecht zu erhalten. Die Drosselspannung U_L addiert sich dabei auf die Eingangsspannung, was eine Erhöhung der Ausgangsspannung gegenüber der Eingangsspannung bewirkt. Die Kondensatoren C_1 und C_2 werden zur Glättung benötigt. Die Abhängigkeit der Ausgangsspannung zu dem Tastverhältnis ist in (2) dargestellt.

$$(2) \quad U_o = \frac{1}{1-V} \cdot U_i$$

$U_o = \text{Ausgangsspannung}$
 $U_i = \text{Eingangsspannung}$

Tiefsetzer

Eine weitere Schaltungsvariante zur Leistungsanpassung ist der in Abb. 3 dargestellte Abwärtswandler. Dieser Wandler wird auch als Buck Converter bezeichnet. Wird bei diesem Wandlertyp der Schalter S leitend, baut sich in der Drossel ein Magnetfeld auf. Ist der Schalter S wieder nichtleitend, versucht diese Induktivität den momentanen Strom durch die Diode D weiter zu treiben. Wegen der Reihenschaltung der Drossel L und des Verbrauchers R muß die Ausgangsspannung geringer sein als die Eingangsspannung. Der Kondensa-

tor C_1 wird benötigt, um die während der Nichtleitendphase des Schalters S anfallende Eingangsenergie zwischenspeichern. Der Kondensator C_o ist für die Glättung der Ausgangsspannung zuständig. Die Ausgangsspannung ist nach (3) vom Taktverhältnis abhängig.

$$(3) \quad U_o = V \cdot U_i$$

Inverswandler

Die dritte Grundschaltung (Abb. 4) für MPP-Stellglieder ist der Inverswandler, auch Flyback-Converter genannt. Auch hier wird bei leitendem Schalter S in der Drossel L ein Magnetfeld aufgebaut. Während der Sperrphase wird dann von diesem Magnetfeld ein Strom durch den Verbraucher über die Diode D getrieben. Die der Last abfallende Ausgangsspannung kann dabei größer oder kleiner sein als die Eingangsspannung. Die Spannung an der Last hat dabei umgekehrte Polarität wie die Eingangsspannung, was auch durch den Namen Inverswandler angedeutet wird. Der Kondensator C_1 wird auch hier zur Zwischenspeicherung benötigt. Der Kondensator C_2 wird, wie bei den vorangegangenen Schaltungen, zur Glättung der Ausgangsspannung benutzt. Bei der Ansteuerung mittels Pulsweitenmodulation ergibt sich die Ausgangsspannung nach (4).

$$(4) \quad U_0 = -V \cdot U_i$$

Verluste

Um einen MPP-Tracker wirtschaftlich einzusetzen, muß das Stellglied einen hohen Wirkungsgrad erreichen, d.h. die Ausgangsleistung darf nur wenige Prozent unter der Eingangsleistung liegen. Aber auch der Preis der Schaltung muß möglichst

gering gehalten werden. Diese Voraussetzungen werden zum einen durch die Auswahl der Bauteile, zum anderen durch zusätzlichen Schaltungsaufwand erreicht. Die Verluste setzen sich nach (5) zusammen.

$$(5) \quad \begin{aligned} P_{v_{ges}} &= P_{v_d} + P_{v_s} + P_{v_l} \\ P_{v_{ges}} &= \text{Gesamtverluste} \\ P_{v_d} &= \text{Diodenverluste} \\ P_{v_s} &= \text{Schalterverluste} \\ P_{v_l} &= \text{Drosselverluste} \end{aligned}$$

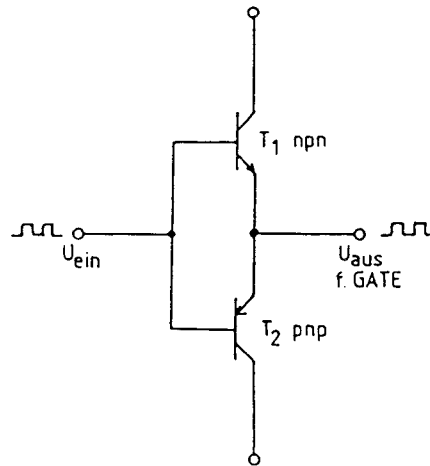


Abb. 5 Treiberschaltung für MOS-FET Transistoren

Die Verluste des Schalters setzen sich aus Durchlaßverlusten und Schaltverlusten zusammen. Um die Durchlaßverluste möglichst gering zu halten, werden MOS-FET Leistungstransistoren eingesetzt. Diese Leistungstransistoren haben einen geringen Durchgangswiderstand im Bereich von ca. 0,03 bis 0,1 Ohm. Diese Durchlaßverluste steigen quadratisch mit zunehmendem Strom. Die Schaltverluste sind von den Schaltzeiten des MOS-FET und der Leistungsfähigkeit der Treiberschaltung abhängig. MOS-FET Transistoren benötigen zwar so gut wie keine Leistung am Gate, um den momentanen Schaltzustand zu erhalten, beim Umladen der Eingangskapazität fließen jedoch große Ströme, die für schnelles und damit leistungsarmes Schalten erforderlich sind. Diese hohen Ströme werden durch die in Abb. 5 schematisch dargestellte Treiberschaltung ermöglicht.

Die Diodenverluste beruhen auf der an der Diode abfallenden Durchlaßspannung. Diese Durchlaßspannung ist abhängig vom Diodenstrom. Die Verluste steigen deshalb überproportional mit dem Strom. Durch Verwendung von Schottkydioden werden diese Verluste relativ gering gehalten.

Die Verluste der Drossel lassen sich in ohmsche und in von der Induktivität abhängige innere Verluste unterteilen. Die ohmschen Verluste, die den Hauptteil der Drosselverluste ausmachen, lassen sich direkt berechnen. Die anderen Verluste sind abhängig von verschiedenen Parametern und müssen dem Datenblatt des Herstellers entnommen werden. Durch Verwendung von Speicherdrosseln, die speziell für diesen Anwendungsbereich entwickelt wurden, lassen sich die Drosselverluste gering halten.

Problematisch ist auch die Dimensionierung der Speicherdrossel. Beim Betrieb von Solargeneratoren kann sich durch die starke Schwankung der Beleuchtungsstärke eine große Bandbreite von Betriebsfällen einstellen. Bei Generatoren mit einem Spitzenstrom von 10 A können an trübten Wintertagen durchaus Ströme von nur einigen 100 mA fließen. Die notwendige Induktivität der Drossel wird hierbei um so größer, desto kleiner die noch ausnutzbaren Ströme werden. Es wird also eine Drossel mit hoher Induktivität benötigt, die auch hohe Ströme verträgt. Solche Speicherdrosseln sind jedoch sehr teuer, was wiederum die Wirtschaftlichkeit gefährden kann. In vielen Anwendungsfällen kann trotzdem mit einem Kompromiß zwischen Preis und kleinstem verwertbarem Strom

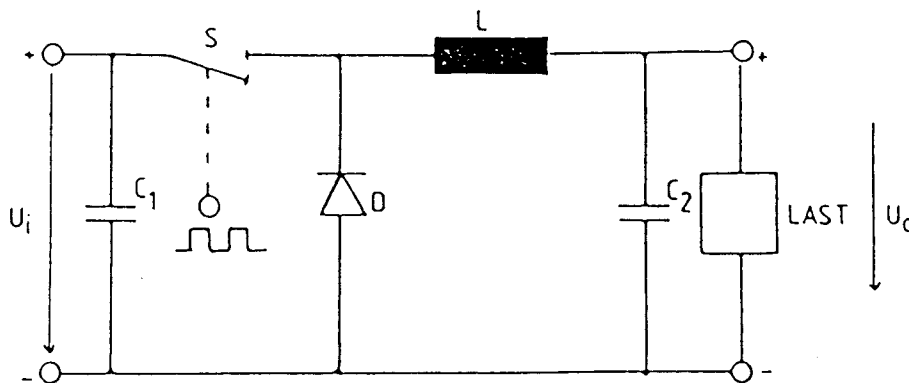


Abb. 3 Tiefsetzer

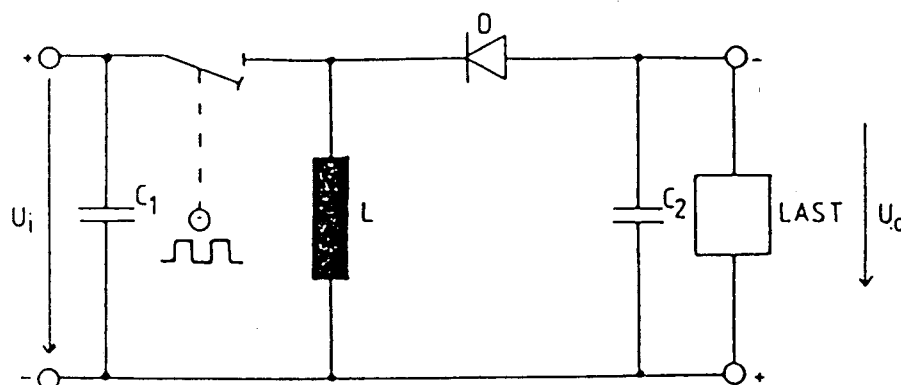


Abb. 4 Inverswandler

gearbeitet werden. Ist eine Ausnutzung der großen Bandbreite unumgänglich, kann mit der Schaltung in Abb. 6 gearbeitet werden. Diese Schaltung besteht aus zwei Drosseln, wobei die Drossel L_1 eine geringe Induktivität besitzt, aber einen großen Strom verträgt. Die Drossel L_2 hingegen ist nur für kleine Ströme geeignet, hat aber eine große Induktivität. Liefert nun das Solarmodul einen großen Strom, wird der Schalter S (MOS-FET) leitend und die Drossel L_2 unwirksam. Bei kleinen Strömen ist der Schalter S nichtleitend. Die beiden Spulen sind dann in Reihe geschaltet und addieren ihre Induktivität. Dies ist billiger als die Verwendung einer Speicherdrossel mit großem Strom und großer Induktivität.

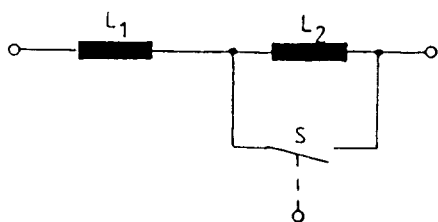


Abb. 6 Drosselschaltung für große Bandbreite

Auswahl der Grundschaltung

Will man die passende Schaltung auswählen, ist vor allem von Bedeutung, ob die Modulspannung größer oder kleiner als die Batterienennspannung ist. Beim Neuaufbau von Solargeneratoren kann durch Reihen- und Parallelschalten von Modulen die Generatorspannung in bestimmten Grenzen frei gewählt werden. Bei kleineren photovoltaischen Solaranlagen beträgt die Batterienennspannung zumeist 12 V oder 24 V, da für diese Basisspannungen viele Akkumulatoren und Verbraucher verfügbar sind. Die Solarmodule sind entsprechend auf diese Spannung ausgerichtet und haben ihren MPP bei den verschiedenen Betriebsfällen zumeist zwischen 11 V und 18 V. Einige Solarmodulhersteller haben die Paneele intern so verschaltet, daß auch das Parallelschalten von zwei Strängen möglich ist und damit die halbe Nennspannung entnommen werden kann. Die Modulspannung ist deshalb von Bedeutung, weil diese auf die Batteriespannung umgesetzt werden muß. So kann z.B. eine 18 V Modul-

ausgangsspannung nicht auf eine 12 V Batteriespannung hochgesetzt werden, sondern dieser Betriebsfall ist nur mit einem Tiefsetzer oder Inverswandler zu bewältigen.

Bei der Konstruktion von MPP-Stellgliedern ist es am einfachsten, einen Hochsetzer zu konstruieren. Bei Tiefsetzern hat man dagegen Potentialprobleme. Diese ergeben sich dadurch, daß die üblichen MOS-FET Transistoren in N-Kanal-Technik ausgeführt sind. Um diese durchzuschalten, ist ein Gate-Spannungspotential nötig, das ca. 5 V über dem Source-Spannungspotential liegt. Dies ist nur mit zusätzlichem, nicht unerheblichem Schaltungsaufwand möglich. Wird dieser MOS-FET hingegen in den Spannungsweig zwischen Solarmodul- und Verbrauchermasse gelegt, ist die Ansteuerung leicht möglich. Es ergeben sich aber dann dadurch Probleme, daß die Masse der Generatorspannung und der Meßwerterfassung am Verbraucher getrennt sind. Beim Inverswandler treten wegen der gegenpoligen Ausgangsspannung ähnliche Probleme auf. ■

Schwabenhallen

Umweltbewußtes Management - das geht nicht nur die Großindustrie an. Gefordert sind heute auch klein- und mittelständische Betriebe. In der so ausschließlich auf Umwelt ausgerichteten Solarbranche ebenso wie in jedem anderen Wirtschaftszweig.

Aktuelles Fachwissen zu diesem sensiblen Themenbereich wird im Rahmen der Fachtage Umweltschutz Augsburg (FUA) vermittelt, die vom 30. Juni bis 3. Juli 1988 in den neuen Augsburger Schwabenhallen stattfinden. Referenten von Rang und Namen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik garantieren das Niveau.

Den Mittelpunkt der Fachtage Umweltschutz Augsburg bildet eine neu konzipierte Messe, bei der innovative Technologien und aktuelle Trends in Sachen Umweltschutz präsentiert werden. Als eine Kombination von Fachausstellung und Fachtagung



Fachtage Umweltschutz Augsburg

Trends Technologien Management

Vom 30. Juni bis 3. Juli im neuen Messezentrum

will die Veranstaltung dem sachkundigen Publikum aus Industrie, Verwaltung und Handwerk ebenso wie der interessierten Öffentlichkeit einen Überblick über einen rapide wachsenden Markt vermitteln. Abfallbeseitigung und -verwertung, Wasseraufbereitung, Luftreinhaltung sowie Meß- und Regeltechnik sind nur einige Bereiche, in

denen Firmen aus dem gesamten Bundesgebiet ihre Leistungen darstellen. Fehlen wird natürlich auch nicht der Bereich der Solartechnik. Die Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) beteiligt sich ebenfalls an den FUA.

Entsprechend der Grundkonzeption wird bei den Fachtagen Umweltschutz Augsburg besonderer Wert auf den regionalen Charakter der Veranstaltung gelegt. So kommen auch für die Region spezifische und durchaus heikle Themen zur Sprache, wie etwa das heiß umstrittene Projekt der Müllentsorgung im Raum Augsburg.

Die Schirmherrschaft für die FUA hat Augsburgs Oberbürgermeister Hans Breuer übernommen.

Für die Veranstaltung zeichnet verantwortlich: die FIRMA WÖRL&PARTNER VERANSTALTUNGS GMBH in der Garmischer Str. 8, 8000 München 2, Tel.: (089) 50 10 66.