

Dimmer

Inhalt

	Seite
1 Einleitung	1
2 Verschiedene Dimmerschaltungen	1
2.1 Potentiometer	1
2.2 Phasenanschnittsteuerung	2
▪ Diac und Triac	2
2.3 Phasenabschnittsteuerung	3
2.4 Pulsweitenmodulation	4
3 Dimmen von Entladungslampen	5
4 Elektronische Transformatoren	5
5 Quellenangabe	6

1. Einleitung

Dimmer werden genutzt, um die Leistung von elektrischen Lampen, Leuchten oder Motoren zu regulieren. Dabei ist eine Aussteuerung in einem Bereich von 0 bis 100% der zur Verfügung stehenden Leistung gewünscht.

Beim Ansteuern von Glühlampen ist es nur dann sinnvoll einen Dimmer einzusetzen, wenn die Leistung der Lampe nur zeitweise reduziert werden soll. Der Wirkungsgrad einer Glühlampe hängt stark von der Temperatur der Wendel ab und ist bei der vollen Leistung der Lampe maximal. Trotzdem setzt eine gedimmte Glühlampe wenig Leistung um als die gleiche Lampe bei Nennspannung.

2. Verschiedene Dimmerschaltungen

Im Folgenden soll auf mehrere Möglichkeiten zur Realisierung eines Dimmers eingegangen werden. Da es sehr viele Schaltungsmöglichkeiten gibt, werden hier nur die Wichtigsten angesprochen.

2.1. Potentiometer

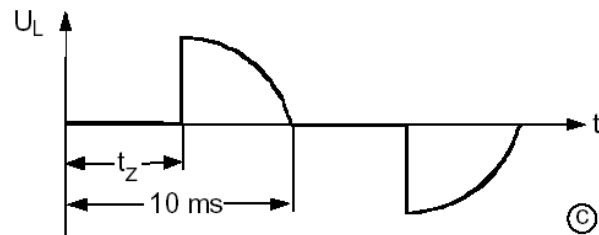
Eine Spannungsteilerschaltung, genannt Potentiometerschaltung, stellt die einfachste Möglichkeit dar, einen Dimmer zu konzipieren. Da sich die Spannung proportional zu den Widerstandswerten verhält, über denen sie abfällt, lässt sich durch ändern des Widerstandes die Leistung und damit z.B. die Helligkeit einer Lampe steuern.

Nachteil der Schaltung ist, dass am Widerstand immer Leistung in Wärme umgesetzt wird, unabhängig davon wie viel Leistung gerade z.B. zur Beleuchtung benö-

tigt wird. Daher ist diese Art der Dimmerschaltung nur selten zu finden, dient aber zum Verständnis der Grundidee eines Dimmers.

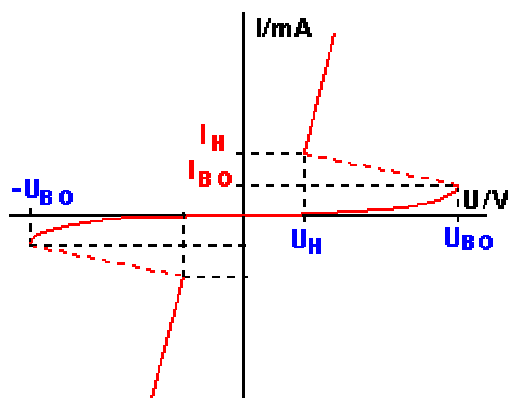
2.2. Phasenanschnittsteuerung

Bei der Phasenanschnittsteuerung wird die umgesetzte Leistung dadurch reduziert, dass an den Verbraucher nicht der ganze Teil der Sinuswelle der Netzspannung weitergegeben wird. Der Anfang der Sinuswelle wird angeschnitten, wie in nebenstehender Skizze zu sehen ist.



Um eine Phasenanschnittsteuerung zu konstruieren, wird meist eine Schaltung verwendet, in der u.A. ein Diac und ein Triac die Aufgabe des Schaltens übernehmen. Deswegen soll hier kurz auf die Funktion der Bauteile eingegangen werden.

Diac (Diode alternating current switch)

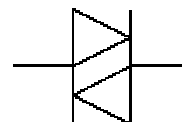


auch von einem bidirektionalen Schalter. Der Diac bleibt im niederohmigen Zustand, bis eine Haltespannung U_H unterschritten wird.

Der Diac ist ein Halbleiterbauelement mit Schaltereigenschaften. Er hat einen hochohmigen und einen niederohmigen Zustand.

Der Diac schaltet bei der Durchbruchspannung U_{BO} (auch Zündspannung genannt, ca. 30-40V) vom hochohmigen in den niederohmigen Zustand. Das Kippen in den niederohmigen Zustand erfolgt bei beiden Stromrichtungen.

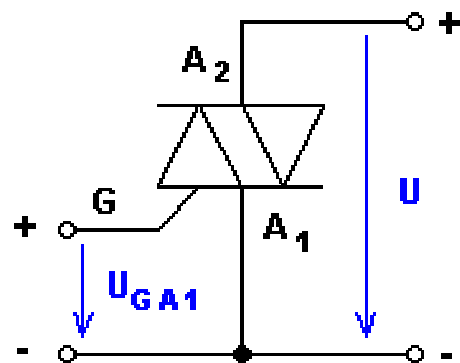
Man spricht beim Diac deshalb



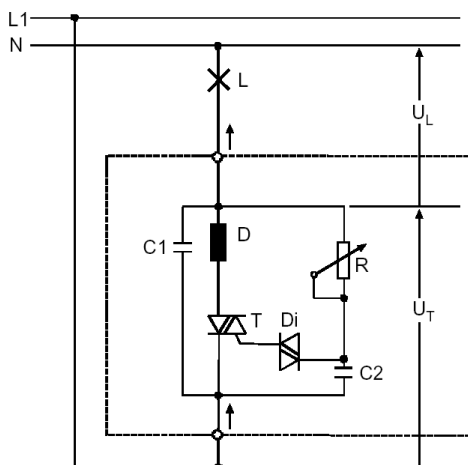
Schaltzeichen:

Triac (Triode alternating current switch)

Der Triac ist vom Prinzip her eine Antiparallelschaltung von zwei Thyristoren. Dadurch ist es möglich, beide Halbwellen einer Wechselspannung zu steuern. Im Triac ist allerdings für die beiden Thyristoren nur ein gemeinsamer Steueranschluss nötig, das Gate G. Somit kann der Triac mit positivem und negativem Steuerimpuls U_{GA1} in den niederohmigen Zustand gekippt werden. Die Steuerelektrode G verliert nach der Zündung des Triacs seine Wirksamkeit. Er bleibt im niederohmigen Zustand, bis die Haltespannung U_H unterschritten wird. Dann kippt er zurück in den hochohmigen Zustand.



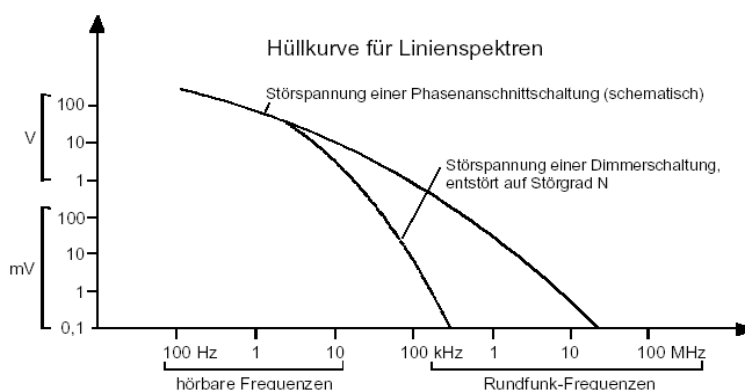
Phasenanschnittsteuerung mit Diac und Triac



In dieser Schaltung ist zu Beginn jeder Sinushalbwellen der Diac und dadurch auch der Triac nicht leitend. Der Kondensator C2 lädt sich über R auf, bis die Zündspannung des Diac erreicht ist. C2 entlädt sich schlagartig über den Diac und das Gate des Triac. Dadurch zündet der Triac, wodurch die volle Netzspannung an der Last L liegt. Am Ende der Netzspannungshalbwellen wird die Haltespannung des Triac unterschritten, wodurch dieser wieder sperrt. Die Last liegt also nicht während der gesamten Netzspannungshalbwellen an der Stromversorgung, sondern um eine verminderte Zeit, die sich über das Zeitglied R und C2 einstellen lässt.

Der Kondensator C1 und die Drossel D dienen in dieser Schaltung der Funkentstörung. Durch den Anschnitt der Netzspannung werden steile Spannungsflanken erzeugt, der Verbraucherstrom weicht also stark von der Sinusform ab. Zerlegt man diese Spannung nach Fourier in harmonische Signale, ergibt sich ein hochfrequenter Anteil, der bis in den Rundfunk-Bereich wirkt. Daher ist eine Entstörung der Schaltung unabdingbar. Durch geeignete Kapazitäten und Induktivitäten werden die Schwingungen gedämpft, allerdings bringt dies Blindstromanteile und ein erhöhtes Gewicht des Dimmers mit sich.

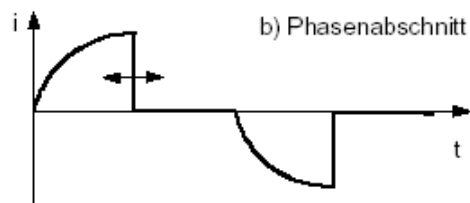
Der Typische Frequenzverlauf der Störspannungen einer Phasenanschnittsteuerung ist im nebenstehenden Diagramm zu sehen.



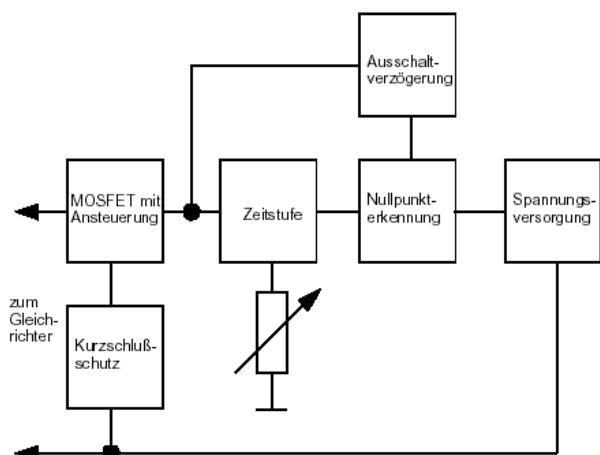
Phasenanschnittsdimmer eignen sich nicht zum Steuern von Transformatoren, da sich durch die Entstörmaßnahmen am Dimmer mit dem Transformator Schwingkreise unterschiedlicher Resonanzfrequenzen bilden, die zu Funktionsstörungen und Beschädigung der Schaltungen führen können.

2.3. Phasenabschnittsteuerung

Um elektronische Transformatoren zu regeln, bietet sich die Phasenabschnittsteuerung an. Sie reduziert die Leistung im Verbraucher nach dem gleichen Prinzip wie die Phasenanschnittsteuerung, nur wird hier die Netzspannung vom Nulldurchgang an zum Verbraucher geschaltet und nach einer bestimmten Zeit abgeschaltet (siehe Abbildung).



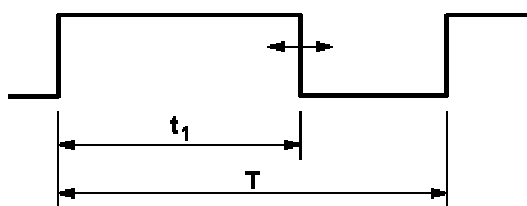
Dadurch ergeben sich keine steilen Spannungsflanken beim Einschalten. Die steilen Flanken beim Abschalten werden entweder durch eine Schaltung abgeflacht oder im Falle eines elektronischen Transformators als Last einfach durch die induktive Last des Transformators.



Eine Beispielschaltung wird nun anhand eines Blockschaltbildes erläutert. Als Schalter wird ein MOSFET verwendet, der durch die Zeitstufe angesteuert wird. Die Zeitstufe kann z.B. durch einen Monoflop realisiert werden, der den Transistor für eine Zeit durchschaltet, die über das Potentiometer eingestellt wird. Die Nullpunkt-erkennung sorgt für eine korrekte Taktung des Monoflops.

Die Phasenabschnittsteuerung ist zwar aufwändiger und teurer als eine Phasenanschnittsteuerung, dafür erzeugt sie aber nicht so starke Störspannungen und eignet sich zum Dimmen von elektronischen Transformatoren. Wie auch die Phasenanschnittsteuerung bringt sie durch die Abweichung von der Sinusform Blindströme in den Zuleitungen der Stromversorgungsunternehmen mit sich.

2.4. Pulsweitenmodulation (PWM)

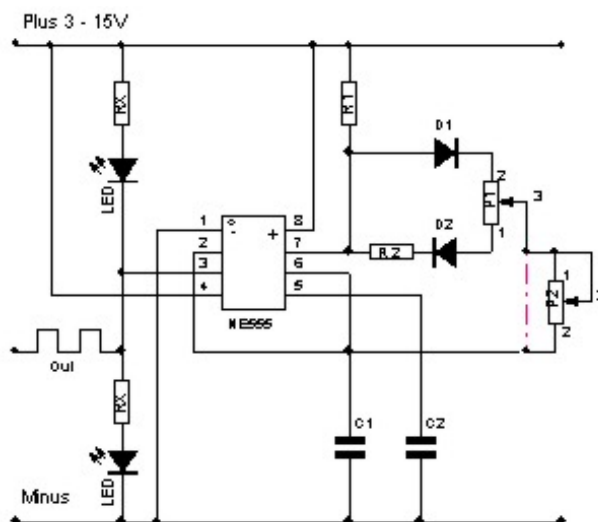


Bei der Pulsweitenmodulation wird die Leistung dadurch gesteuert, dass ein Rechtecksignal fester Frequenz in seinem Tastverhältnis verändert wird (siehe Abbildung).

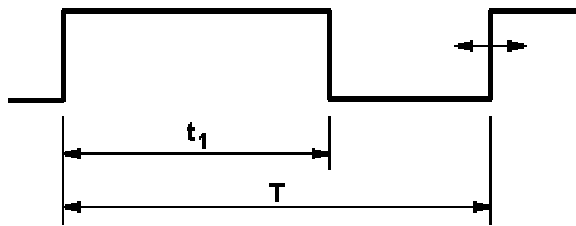
Diese Art der Schaltung ist universell einsetzbar, sowohl für Hochvolt-Glühlampen, elektronische Transformatoren, Leuchtdioden als auch für Motoren. Da auch hier steile Spannungsflanken auftreten, muss die Schaltung funkentstört werden. Dies ist aber gut realisierbar, so wird beispielsweise mit hohen Frequenzen (z.B. 20 kHz) moduliert und die Amplitude des Rechtecksignals sinusförmig geändert. Es ergibt sich also ein nahezu sinusförmiger Spannungsverlauf, eine zusätzliche Funkentstörung ist dann nicht mehr nötig.

Eine Möglichkeit zum Aufbau einer PWM-Schaltung ergibt sich mit dem Timer-IC NE555:

Auf die Funktion des NE555 soll hier nicht eingegangen werden, es sei auf das bereits gehörte Referat über diesen Baustein verwiesen. In der vorliegenden Schaltung wird die Tastfrequenz über den Kondensator C1 bestimmt, die Pulsweite wird über die Potentiometer P1 und P2 bestimmt.

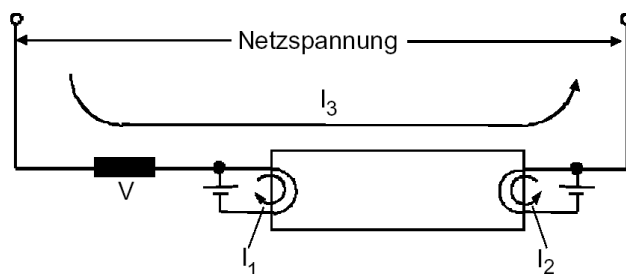


Mit dem Rechtecksignal am Ausgang können bereits Leuchtdioden betrieben werden. Um größere Lasten zu treiben, müsste an den Ausgang z.B. ein MOSFET gelegt werden.



Eine Abwandlung der Pulsweitenmodulation ist die **Frequenzmodulation**. Sie ist der PWM sehr ähnlich, allerdings wird dabei bei fester Pulsweite die Tasterfrequenz variiert.

3. Dimmen von Entladungslampen



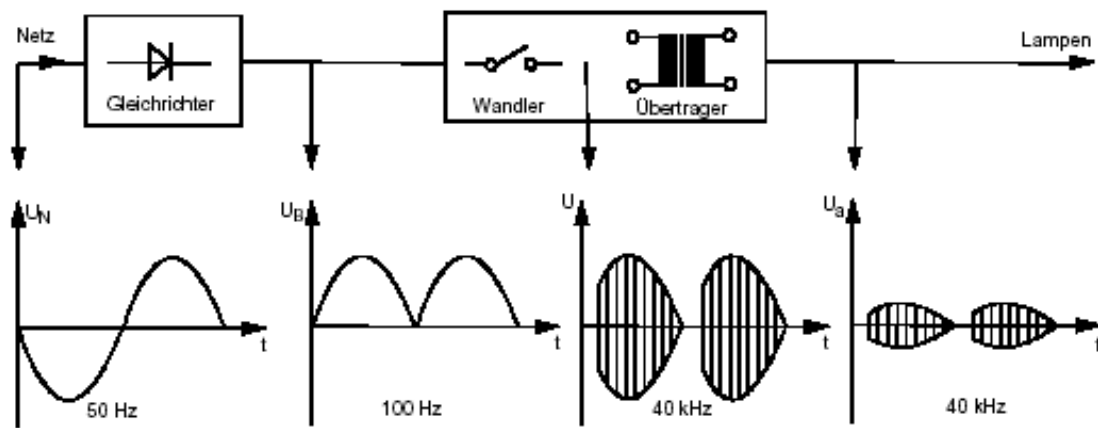
Das Dimmen von Entladungslampen ist grundsätzlich nur mit speziellen Vorschaltgeräten möglich. Um die Gasentladung zu ermöglichen, muss durch die Glühelktroden der Lampen ein gewisser Heizstrom fließen, damit Elektronen emittieren. Wird nun ein Dimmer ohne Zusatzschaltung vor die

Lampe gelegt, so kann der nötige Heizstrom durch die Strombegrenzung des Dimmers unterschritten werden, die Lampe erlischt. Um Entladungslampen trotzdem dimmen zu können, ist eine Zusatzheizung für die Glühelktroden notwendig. Dies wird durch das Vorschaltgerät realisiert. Der Strom, der in der Lampe fließen soll (I_3), kann dann unabhängig vom Heizstrom (I_1 bzw. I_2) geregelt werden.

4. Elektronische Transformatoren

Elektronische Transformatoren (Bezeichnung: elektronische Trafos / Schaltnetzteile SNT oder kurz „TRONIC-Trafos“) sind mit dem Ziel entwickelt worden, die Transformatoren möglichst klein und leicht zu konstruieren. Durch kleine Spulen und Eisenkerne wird nicht nur Gewicht gespart, sondern der Transformator stellt auch eine geringere Induktivität dar, wodurch er sich besser von einem Dimmer ansteuern lässt.

Es wurde festgestellt, dass sich das Volumen eines Transformators umgekehrt proportional zur übertragenen Frequenz verhält. Um Gewicht einzusparen, muss also die übertragene Frequenz erhöht werden. In heute gebräuchlichen Tronic-Trafos wird genau dies getan, die Frequenzen liegen dabei im kHz-Bereich.



In obenstehender Beispielschaltung zum Betrieb von Niedervolt-Halogenlampen wird die Netzspannung mit $f = 50 \text{ Hz}$ zunächst gleichgerichtet und anschließend die Frequenz auf 40 kHz erhöht. Im Vergleich zu einem herkömmlichen 50 Hz-Trafo wird hier nur eine kleine Spule und ein kleiner Eisenkern benötigt. Diese kleine induktive Last lässt sich gut mit einem geeigneten Dimmer (z.B. Phasenabschnittsteuerung) regeln.

5. Quellen

- GIRA Elektronik-Handbuch
- www.tfh-berlin.de
- www.dimmer.de
- www.elektronik-kompodium.de