

E5 GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN

PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

Grundbegriffe: Gleichrichtung, pn-Übergang, Halbleiterdiode, Effektivwerte von Strom und Spannung.

Gleichrichterschaltungen dienen der Umwandlung von Wechselspannungen in Gleichspannungen. Hierzu verwendet man als Gleichrichter bezeichnete Bauelemente (Halbleiter- oder Vakuumdioden), deren elektrischer Widerstand von der Polarität der angelegten Spannung abhängt.

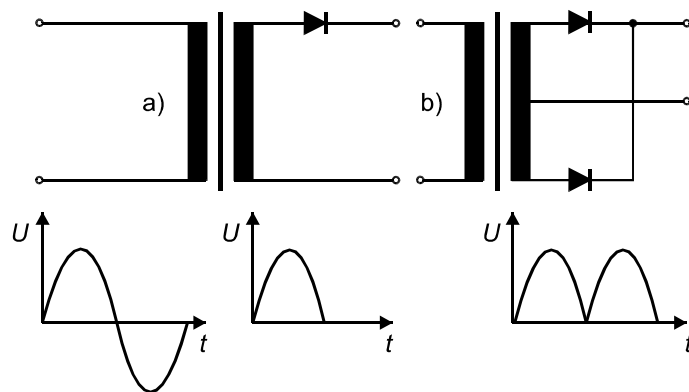


Abb. 1 GLEICHRICHTERSCHALTUNGEN

Anliegen einer harmonischen Wechselspannung $u = U_m \sin \omega t$ zeigt Abb. 1. Während bei der Einweggleichrichtung (Abb. 1a) nur die positiven (oder nur die negativen) Halbwellen ausgenutzt werden, tragen bei der Zweiweggleichrichtung (Abb. 1b) beide Halbwellen zur Gleichspannung bei. Die Zweiweggleichrichtung setzt allerdings einen Transformator mit Mittelanschluss voraus. Um die gleiche Amplitude wie bei der Einweggleichrichtung zu erreichen, muss von jeder Teilwicklung die gleiche Spannung wie bei der Einweggleichrichtung erzeugt werden. Die gleichgerichteten pulsierenden Gleichspannungen können durch einen zum Spannungsausgang parallel geschalteten Kondensator (Abb. 4) geglättet werden. Den zeitlichen Verlauf einer geglätteten Spannung für eine Einweggleichrichtung zeigt qualitativ Abb. 2 (ausgezogene Linie). Die verbleibende Welligkeit der gleichgerichteten Spannung hängt von der Größe des Kondensators, der Belastung und dem Innenwiderstand des Gleichrichters ab.

Für die eine Halbwelle einer anliegenden Wechselspannung stellen sie einen geringen Widerstand (Durchlassrichtung), für die andere Halbwelle einen großen Widerstand (Sperrrichtung) dar. Wechselspannungen werden durch Gleichrichter in pulsierende Gleichspannungen umgewandelt. Zwei häufig angewandte Gleichrichterschaltungen sowie die gleichgerichteten Ausgangssignale bei

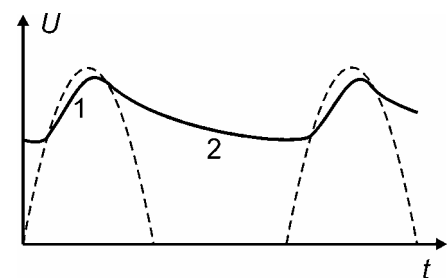


Abb.2

Die mathematische Beschreibung des Ladevorganges (Teil 1 der Kurve) ist schwierig, da sich die Ladespannung zeitlich ändert (gestrichelte Kurve) und der Innenwiderstand des Gleichrichters im Allgemeinen nicht konstant ist. Der Entladevorgang (Teil 2 der Kurve) erfolgt exponentiell mit negativem Exponenten.

Anzeige der Messinstrumente: Werden Drehspulinstrumente als Gleichspannungsmessgeräte verwendet, ist der Zeigerausschlag proportional dem Spannungsmesswert. Pulsiert die Gleichspannung, so wird wegen der Trägheit des Messsystems bei genügend großer Folgefrequenz $f = 1/T$ (T = Periodendauer) der zeitliche Mittelwert der Spannung

$$\bar{U} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (1)$$

angezeigt. Bei Drehspulinstrumenten als Wechselspannungsmessgerät ist ein Gleichrichter vorgeschaltet, und der Zeigerausschlag zeigt Effektivwerte an, die durch die Beziehung

$$U_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt \quad (2)$$

definiert sind. Aufgrund dieser Unterschiede von Gleich- und Wechselspannungsinstrumenten zeigt der Spannungsmesser V_2 (Abb. 4) unterschiedliche Werte an, je nachdem welcher Instrumententyp verwendet wird. Die folgende Zusammenstellung der zeitlichen Mittelwerte und Effektivwerte bei unbelasteter Einweg- und Zweiweggleichrichtung ohne Glättungskondensator erklärt diesen Unterschied.

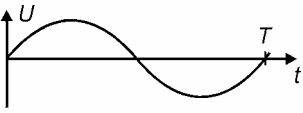
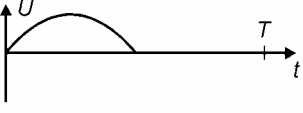
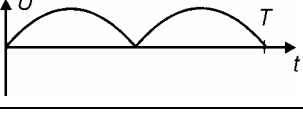
		Mittelwert \bar{U}	Effektivwert U_{eff}
Wechselspannung		0	$\frac{U_m}{\sqrt{2}}$
Gleichspannung (Einweg)		$\frac{U_m}{\pi}$	$\frac{U_m}{2}$
Gleichspannung (Zweiweg)		$\frac{2U_m}{\pi}$	$\frac{U_m}{\sqrt{2}}$

Abb. 3 MITTEL - UND EFFEKTIVWERTE

AUFGABEN

- Messung der zeitlichen Mittelwerte \bar{U} der Gleichspannungen als Funktion des Laststromes I für Ein- und Zweiweggleichrichtung jeweils mit und ohne Kondensator ($10 \mu\text{F}$). Grafische Darstellung der Ergebnisse in einem gemeinsamen Diagramm und Ergebnisdiskussion.
- Getrennt für die Einweg- und die Zweiweggleichrichtung sollen in jeweils gemeinsamen Diagrammen die Spannungsverläufe dargestellt werden für die Fälle:
 - keine Belastung, ohne Ladekondensator,
 - keine Belastung, mit Ladekondensator,

- c) mittlere Belastung, mit Ladekondensator.
3. Für die Einweg- und die Zweiweggleichrichtung bestimme man im Leerlauf die Gleichspannung \bar{U} und die Wechselfspannung U_{eff} und berechne aus beiden Angaben die Amplitude U_m (vgl. Tabelle in Abb. 3).

VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Die Schaltung der Zweiweggleichrichtung (Abb. 4) wird unter Verwendung von Halbleiterdioden aufgebaut. Der Laststrom wird mit dem Regelwiderstand R eingestellt. Aus der aufge-

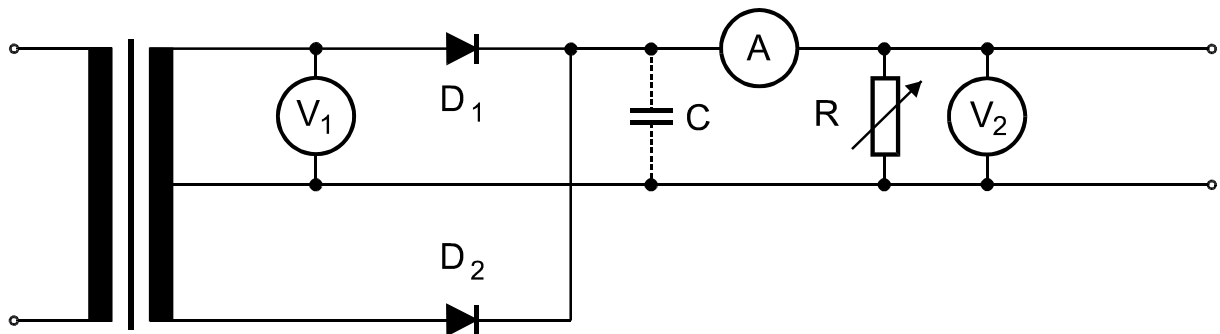


Abb. 4 SCHALTUNG ZUM VERSUCH

bauten Zweiweggleichrichtung erhält man die Einweggleichrichtung durch Unterbrechung des Katoden- oder Anodenanschlusses von D_2 . Für V_1 verwende man ein für Wechselfspannungen (Effektivwertanzeige U_{eff}) geeichtes Messgerät. Für Aufgabe 2 werden die Spannungsverläufe vom Bildschirm des Oszillografen abgezeichnet. Für Aufgabe 3 werden Lastwiderstand R und Kondensator C aus der Schaltung entfernt. Man vergleiche die aus den Messungen mit V_1 und V_2 ermittelten Amplitudenwerte.

FRAGEN

1. Erläutern Sie das Wirkprinzip einer Halbleiterdiode (Stroppe, S. 436).
2. Erläutern Sie die Wirkungsweise eines Oszillographen.
3. Erläutern Sie die Vor- und Nachteile der Einweg- gegenüber der Zweiweggleichrichtung.
4. Berechnen Sie die Mittelwerte (Gl. (1)) und die Effektivwerte (Gl. (2)) für die in der Tabelle angegebenen Spannungsverläufe.