

Typenbezeichnung

HALBLEITERGLEICHRICHTERDIODEN

Halbleitergleichrichterdiode sind spannungsrichtungsabhängige Halbleiterwiderstände und dienen zur Gleichrichtung von Wechselspannungen. Ihr Widerstand ist in der einen Richtung (Sperrichtung) um einige Zehnerpotenzen größer als in der anderen (Durchlaßrichtung), so daß ein Wechselstrom praktisch nur in einer Halbwelle durchgelassen wird. In der anderen Halbwelle wird er bis auf einen unterhalb der „Sperrspannung“ minimalen und daher vernachlässigbaren „Sperrstrom“ gesperrt. Diese Ventilwirkung ist an eine innerhalb des Halbleitermaterials erzeugte „Sperrschicht“ (pn-Übergang) gebunden. Der Durchlaßwiderstand liegt in der Größenordnung von 1 Ohm, d. h. also, daß im Betriebsfall der Spannungsabfall und damit die Verluste sehr gering sind. Das günstige Gleichrichterverhältnis hat einen sehr hohen Wirkungsgrad zur Folge.

LEISTUNGSZENERDIODEN

Zenerdiode dienen zur Stabilisierung und Begrenzung von Spannungen. Das Charakteristikum der Zenerdiode besteht darin, daß ihr Sperrwiderstand bei kleinen Spannungen sehr hoch ist ($\geq 10 \text{ M}\Omega$), von einer bestimmten (typenobhängigen) Spannung an aber plötzlich sehr klein wird. Die Sperrkennlinie knickt sehr scharf ab, und der dynamische Widerstand dieser Sperrkennlinie beträgt dann nur noch einige Ohm. Zenerdiode werden hauptsächlich zum Konstanthalten von Spannungen benutzt, indem sie selbst die fiktive Spannungsquelle darstellen oder als Bezugspunkt dienen. Sie können auch zum Schutz von Meßinstrumenten, zur Nullpunktunterdrückung oder zur Meßbereichsdehnung eingesetzt werden. Mit den Zenerdiode wird die bisher bei den Stabilisatoren bestehende Lücke in den unteren Spannungsbereichen geschlossen und dem Anwender ein vielseitig einsetzbares Bauelement angeboten.



Schaltzeichen
für
Gleichrichter



Schaltzeichen
für
Zenerdiode

Typenbezeichnung

Allgemeine Begriffe

HALBLEITERGLEICHRICHTERDIODEN FÜR ALLGEMEINE ANWENDUNG

Die Typenbezeichnung für Halbleitergleichrichterdiode besteht aus folgenden Buchstaben und Ziffernschlüssel:

- G = Germanium
- S = Silizium
- A = Diode allgemein
- Y = Gleichrichterdiode bis $I_{FN} = 10 \text{ A}$
- Z = Zenerdiode

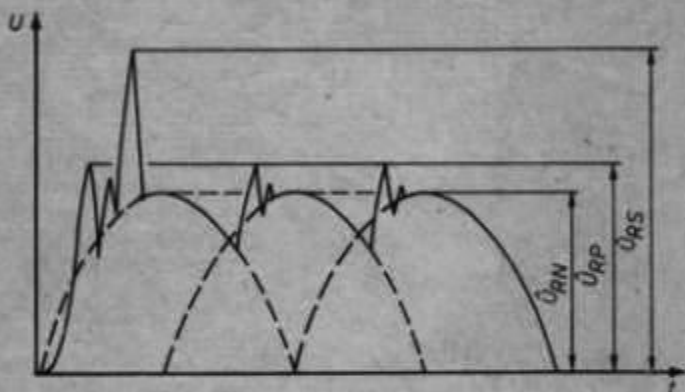
Bei den Hochleistungszellen bedeutet bei VSF 200/6 -54

- V = Ventil
- S = Silizium
- F = Forcierte Kühlung
- 200 = Nenn durchlaßstrom in Ampere
- 6 = Nennsperrspannung in 100 V
- 54 = Nenn durchlaßspannung in 10 mV

U_{RN}	Nennsperrspannung
U_{RP}	Periodische Spitzensperrspannung
U_{RS}	Stoßspannung
U_S	Schleusenspannung
U_Z	Zenerspannung
\bar{I}_{FM}	Dauergrenzstrom
\bar{I}_{FN}	Nenn durchlaßstrom
\hat{I}_{FP}	Periodischer Spitzendurchlaßstrom
\hat{I}_{FS}	Stoßstrom
I_Z	Zenerstrom
\bar{I}_{FU}	Oberlaststrom
\bar{I}_{FK}	Kurzzeitstrom
R_{th}	Wärmewiderstand
R_{thi}	Innerer Wärmewiderstand
R_{the}	Äußerer Wärmewiderstand
R_F	Durchlaßwiderstand
R_R	Sperrwiderstand
r	Differentieller Widerstand
r_Z	Zenerwiderstand
T	Absolute Temperatur in °K
θ, t	Temperatur in °C
θ_a, t_a, T_a	Umgebungstemperatur
θ_c, t_c, T_c	Gehäusetemperatur
θ_j, t_j, T_j	Sperrschichttemperatur
θ_k, t_k, T_k	Kühlmitteltemperatur
θ_s, t_s, T_s	Lagerungstemperatur
t_p	Impulsdauer

Erläuterung der wichtigsten Kenndaten

t_{tr}	Durchlaßerholzeit	\hat{U}_{RN}	Nennsperrspannung ist der vom Hersteller empfohlene Scheitelwert der Sperrspannung bei sinusförmiger Anschlußspannung. Dabei sind betriebsmäßig auftretende Überspannungen berücksichtigt.
t_{rr}	Sperrerholungszeit	\hat{U}_{RP}	Periodische Spitzensperrspannung heißt der höchste zulässige Augenblickswert von periodischen Spannungen in Sperrichtung bei einer Frequenz von 50 Hz.
KUZ	Temperaturbeiwert der Zenerspannung	\hat{U}_{RS}	Stoßspannung ist der höchste zulässige Augenblickswert von nicht periodisch auftretenden Spannungsspitzen mit einer maximalen Dauer von 10 ms. Als Betriebswert oder in mehrfach aneinander anschließender Wiederholung nicht zulässig.
K_{rz}	Temperaturbeiwert des Zenerwiderstandes	\bar{I}_{FN}	Nenndurchlaßstrom einer Zelle ist der empfohlene arithmetische Mittelwert des dauernd zulässigen Durchlaßstromes, bezogen auf eine volle Periode. Er gilt nur unter definierten Kühlbedingungen. Diese sind vom Hersteller entsprechend in den Kenndatenblättern angegeben.
C_0	Nullpunktkapazität	\hat{I}_{FP}	Periodischer Spitzendurchlaßstrom heißt der höchste zulässige Spitzenwert des Stromes innerhalb einer Periode auch bei nichtsinusförmigem Stromverlauf bzw. bei kleinen Stromflußwinkeln bei einer Frequenz von 50 Hz.
		\hat{I}_{FS}	Stoßstrom heißt der höchste zulässige Augenblickswert einer Sinus-halbwellen bei 50 Hz aus dem Nennbetrieb heraus. Danach muß eine Betriebspause von mindestens 1 Min. erfolgen. Derartige Stromimpulse dürfen sich nicht mehrfach aneinander anschließend wiederholen und dürfen auch nicht betriebsmäßig geplant werden.



Definition
der Sperrspannungsgrößen

I_{FM} Dauergrenzstrom. Der Dauergrenzstrom ist der höchste dauernd zulässige arithmetische Mittelwert des Durchlaßstromes in Einphasen-Einwegschaltung bei reiner Widerstandslast und einer Gehäusetemperatur $\vartheta_c = 100^\circ\text{C}$ bei Silizium-Gleichrichterdioden.

R_{th} Bei Betrieb mit Dauergrenzstrom ist eine Überlastung nicht mehr zulässig. Wärmewiderstand eines Mediums ist der Quotient aus dem Temperaturgradienten in Richtung des Wärmeflusses und der durchfließenden Wärmeleistung.

R_{thi} Innerer Wärmewiderstand heißt das Verhältnis der Differenz zwischen der Sperrschichttemperatur T_J und der Gehäusetemperatur T_c der Zelle zum Gesamtverlust P .

$$R_{thi} = \frac{T_J - T_c}{P}$$

R_{the} Äußerer Wärmewiderstand heißt das Verhältnis der Differenz zwischen der Gehäusetemperatur T_c der Zelle und der Kühlmitteltemperatur T_k zum Gesamtverlust P .

$$R_{the} = \frac{T_c - T_k}{P}$$

Der äußere Wärmewiderstand setzt sich aus dem thermischen Übergangswiderstand zwischen Zelle und Kühlkörper, dem thermischen Widerstand des Kühlkörpers selbst und dem thermischen Übergangswiderstand zwischen dem Kühlkörper und der Umgebung zusammen. Daraus ist zu entnehmen, daß verschieden große Zellen auf dem gleichen Kühlkörper verschieden große thermische Übergangswiderstände haben und daher auch verschieden große äußere Wärmewiderstände bei gleichem Kühlkörper auftreten.

T_k Kühlmitteltemperatur heißt die Temperatur des Kühlmittels, mit der es der Zelle oder ihrem Kühlkörper im Betrieb zuströmt. Sie wird an den Zutrittsstellen des Kühlmittels zur Zelle oder zum Kühlkörper gemessen.

T_c Gehäusetemperatur; sie wird an einer definierten Stelle der Oberfläche der Gleichrichterzelle gemessen.

T_J Sperrschichttemperatur heißt der räumliche Mittelwert der Temperatur im Sperrschichtbereich des Silizium-Kristalls.

T_s Lagerungstemperatur sind die Grenzwerte, in deren Temperaturbereich die Zellen ohne elektrische Beanspruchung gelagert werden können.

Betriebstemperaturbereich heißt der Bereich zwischen den Grenzwerten der Kühlmitteltemperatur, innerhalb dessen die Zellen betrieben werden dürfen. Die Zellen dürfen im ganzen Betriebstemperaturbereich mit ihrer Nennsperrspannung beansprucht werden, strommäßig entsprechend der zulässigen Kristalltemperatur.

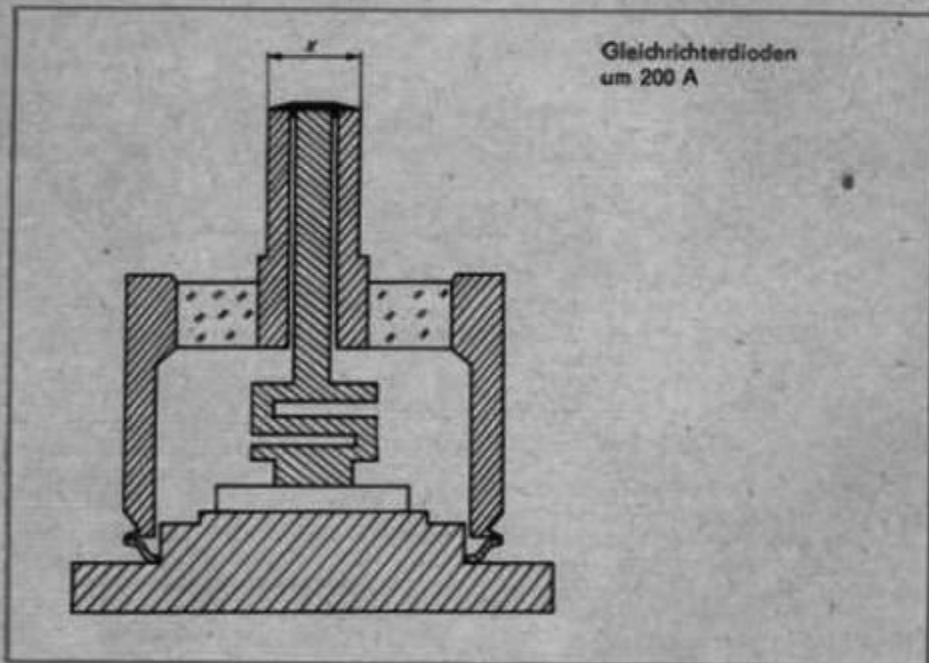
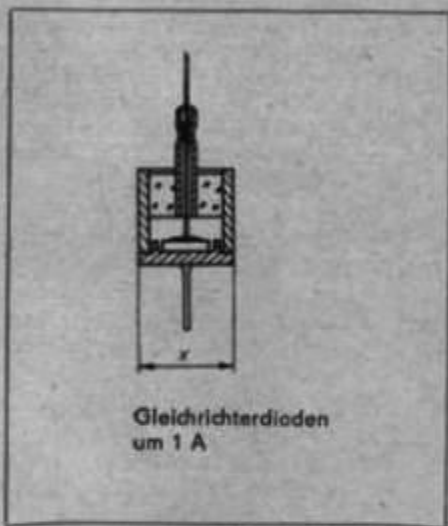
Schwingungs- und Stoßfestigkeit ist ein Maß für die Beschleunigung, der die Bauelemente in verschiedenen Richtungen bei einer bestimmten Frequenz ausgesetzt werden können.

Anzugsmoment heißt dasjenige Drehmoment, mit welchem der am Boden der Zelle befindliche Gewindestutzen bzw. die Schrauben zur Befestigung der Zelle beansprucht werden dürfen und müssen.

Aufbau von Silizium-Gleichrichterzellen

Durch die unterschiedlichen Anforderungen, die an die Bauelemente gestellt werden, ergeben sich stark unterschiedliche Bauformen. Maßgebliche Gesichtspunkte in der Gestaltung des Gehäuses sind Stabilität, kleinstmöglicher thermischer Widerstand zwischen Kristall und dem Kühlkörper und dem Platzbedarf der Bauelemente.

An zwei Beispielen sollen einmal die verschiedensten Gehäusekonzeptionen aufgezeigt werden.



Anwendung von Gleichrichterzellen

PARALLELSCHALTUNG

In manchen Anwendungsfällen reicht die Strombelastbarkeit der einzelnen Zelle nicht mehr aus, darum werden mehrere Zellen parallel geschaltet.

Die fertigungstechnisch unvermeidbaren Streuungen der Durchlaßkennlinien haben eine ungleichmäßige Stromaufnahme bei der Parallelschaltung zur Folge. Die Temperaturabhängigkeit der Kennlinien (Abnahme der Schleusenspannung, Zunahme des Bahnwiderstandes bei steigender Temperatur) bewirkt überwiegend eine Verringerung der Durchlaßspannung mit steigender Temperatur, woraus sich für die Zellen mit niedriger Durchlaßspannung eine weitere Erhöhung des Durchlaßstromes ergibt. Die daraus resultierende Instabilität kann dann das Bauelement thermisch zerstören. Es müssen also Möglichkeiten gefunden werden, um Parallelschaltungen maximal auszunutzen zu können ohne die maximal zulässigen Sperrschichttemperaturen zu überschreiten.

1. Aussuchen der Hochleistungsgleichrichterzellen nach Gruppen, d. h., es werden nur solche Zellen parallel geschaltet, die die gleiche Gruppe haben. Gruppe heißt, die Zellen haben einen definierten Durchlaßspannungsabfall.

2. Thermische Kopplung, d. h., es werden mehrere Zellen auf einen Kühlkörper mit größerer Wärmeleitfähigkeit montiert. So kann mit annähernd gleichen Gehäusetemperaturen der einzelnen Zellen gerechnet werden. So wird eine Vergrößerung der Durchlaßkennlinien-Unterschiede durch ungleiche Temperatureinflüsse vermieden.

3. Durch Vorwiderstände vor jede einzelne Zelle kann eine bessere Stromaufteilung erzwingen werden. Der Vorwiderstand muß so bemessen sein, daß sein Spannungsabfall den doppelten Wert der Durchlaßspannung beim Scheitelwert des Durchlaßstromes hat. (Abb. 6)

Die durch den Vorwiderstand entstehende Verlustleistung verschlechtert aber den Gesamtwirkungsgrad der Gleichrichterschaltung. Wird der Vorwiderstand niederohmiger gewählt, so muß der Durchlaßstrom der einzelnen Gleichrichterzelle reduziert werden.

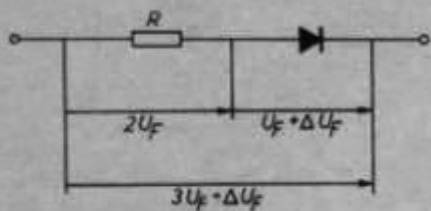
4. Um eine verlustarme, gleichmäßige Stromaufteilung zu erzwingen, werden Ausgleichsdrosseln vorgeschaltet. Bei der Ausgleichsdrossel sind auf einem Kern zwei gegensinnig geschaltete Windungen aufgebracht, die in den Zuleitungen der parallelgeschalteten Gleichrichterzellen liegen. (Abb. 7)

Nachteile dieser Schaltung sind Spannungsspitzen, die bei Schaltvorgängen an den Drosseln entstehen, zusätzlicher Raumbedarf und hohe Kosten.

Da man die Fertigungstechnik für Halbleiter schon gut beherrscht, ist es möglich geworden, Gleichrichterzellen mit engem Streubereich der Durchlaßkennlinien herzustellen, so daß man die vorher beschriebenen aufwendigen Methoden kaum noch anwendet. Es wird jetzt günstiger, den Durchlaßstrom etwas zu reduzieren und dafür mit entsprechend mehr Zellen zu arbeiten. Der Reduzierfaktor ist je nach Anzahl der parallelgeschalteten Zellen unterschiedlich.

REIHENSCHALTUNG

Überschreitet die geforderte Sperrspannung die Nennsperrspannung einer Zelle, müssen mehrere Zellen in Reihe geschaltet werden. Bei Reihenschaltung von Einkristallgleichrichterzellen ergibt sich eine ungleichmäßige Aufteilung der Gesamtsperrspannung auf die einzelnen Zellen auf Grund unterschiedlicher Sperrkennlinien und unterschiedlichen Umschaltverhaltens. Durch RC-Glieder oder Varistoren (spannungsabhängige Widerstände), die parallel zu jeder Zelle angeordnet werden, kann



$R_V =$ Vorwiderstand
 $U_F =$ Durchlaßspannung

Abb. 6

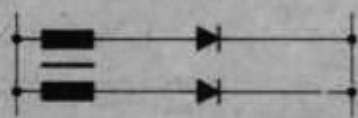


Abb. 7

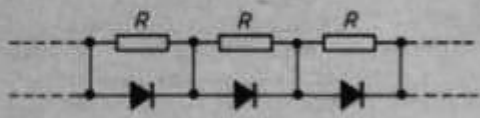


Abb. 8

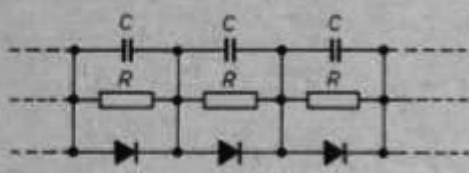


Abb. 9

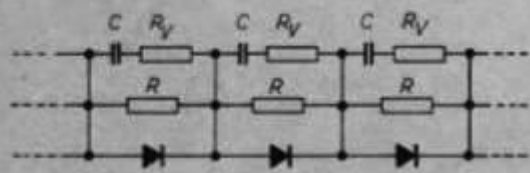


Abb. 10

man eine gleichmäßige Sperrspannungsaufteilung erreichen.

Durch den fertigungstechnisch bedingten Streubereich der Sperrkennlinien kann es durch den gemeinsamen Sperrstrom bei der Reihenschaltung zu ungünstigen Sperrspannungsaufteilungen kommen. Diese Sperrspannungsaufteilung kann so ungünstig werden, daß Gleichrichterzellen spannungsmäßig überlastet und dadurch zerstört werden.

Durch Parallelwiderstände kann aber eine gleichmäßige Sperrspannungsaufteilung erzwungen werden. (Abb. 8)

Bei schnellen Übergängen vom Durchlaß in den Sperrbereich sowie bei Stoßspannungsspitzen in Sperrichtung wird eine unterschiedliche Spannungsaufteilung bewirkt:

- durch unterschiedliche Sperrverzugs-
ladung der einzelnen Zellen, die ein
unterschiedlich schnelles Sperren der
Zellen zur Folge haben,
- durch unterschiedliche Sperrschicht-
kapazitäten,
- durch unterschiedliche Schaltkapazi-
täten der einzelnen Zellen gegen Masse.

Diese Nachteile können durch Parallelkondensatoren zu den einzelnen Gleichrichterzellen behoben werden. Die Parallelkondensatoren müssen so bemessen sein, daß der Spannungsanstieg im wesentlichen durch die RC-Kombination und nicht durch das unterschiedliche Schaltverhalten der einzelnen Zellen bestimmt wird. (Abb. 9)

Diese für die Potentialaufteilung empfohlene RC-Kombination reicht auch aus, um Überspannungen als Folge des Trägheitsverhaltens der Zellen genügend zu bedämpfen.

Durch die Kondensatoren – in Verbindung mit den vorhandenen Schalt- und Leitungsinduktivitäten – können unerwünschte Schwingungen entstehen; dies kann man durch eine Bedämpfung mit niederohmigen Widerständen verhindern. (Abb. 10)

Statt dieser RC-Kombination gegen ungleichmäßige Sperrspannungsaufteilung können auch VDR (spannungsabhängige Widerstände) verwendet werden. Diese VDR-Widerstände sind wie die Parallelwiderstände zu bemessen.

Schutz von Gleichrichterzellen

Schutzbeschaltung gegen Überspannung

Überspannungen können Innerhalb einer Anlage entstehen

durch

Netzüberspannung, Schalten des Gleichrichtertransformators, das Trägheitsverhalten der Zellen, Schalten auf der Verbraucherseite.

Hiermit sind nur die wichtigsten Ursachen aufgezählt worden.

Wegen der Vielzahl der möglichen Ursachen für das Auftreten von Überspannungsspitzen läßt sich keine allgemeingültige Dimensionierungsvorschrift für die Schutzbeschaltung geben. Es können lediglich Richtlinien für die am häufigsten auftretenden Ursachen gegeben werden. Eine optimale Dimensionierung der Schutzbeschaltung setzt voraus, daß die tatsächlich vorkommenden Überspannungsspitzen von Fall zu Fall oszillographisch ermittelt und gemessen werden.

Da Einkristalhalbleiter durch Überspannung mit einer Dauer von wenigen Mikrosekunden zerstört werden können, erfordert deren Überspannungsschutz besondere Sorgfalt.

Als Schutz gegen Überspannungen hat sich die Beschaltung mit Kondensatoren oder Kombinationen aus ohmschen Widerständen und Kondensatoren bewährt. Ihre Wirkung gegen die verschiedenen Arten von Überspannungen hängt davon ab, wo sie eingesetzt werden.

Die Schutzbeschaltung kann man wie folgt untergliedern:

1. TRANSFORMATORBESCHALTUNG

Eine RC-Beschaltung auf der Primärseite des Transformators. Sie kommt hauptsächlich dort zur Anwendung, wo auf der Sekundärseite Hochspannungsgeräte angeschlossen sind. Hierbei wird ein RC-Reihenglied über die Transformatoranschlüßklemmen gelegt.

Nach folgender Faustformel können die Werte errechnet werden. Sie gelten aber nur für eine Betriebsfrequenz von 50 Hz.

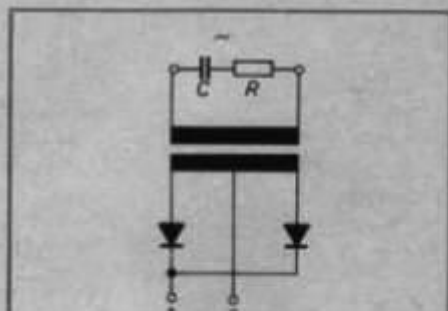


Abb. 11

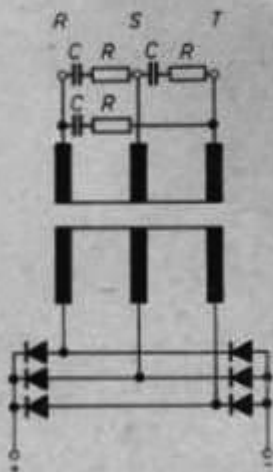


Abb. 12

$$C = \frac{I_{FN} \cdot (25 \cdot / . 50)}{U \cdot U_{\text{Primär}}}$$

$$P_R = \left(\frac{U_{\text{Primär}}}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \right) \cdot (4 \cdot / . 6) \cdot R$$

$$R = \frac{318}{C}; X_c = \frac{3180}{C}$$

Hierbei ist Voraussetzung, daß die Typenleitung des Transformators etwa der des nachgeschalteten Gleichrichtersatzes entspricht.

Schaltbeispiel dafür sind die Abbildungen 11 und 12.

Eine RC-Beschaltung auf der Sekundärseite des Transformators ist eine der günstigsten Schutzschaltungen.

Hier gilt folgende Faustformel für eine Betriebsfrequenz von 50 Hz.

$$C = \frac{I_{FN} \cdot (25 \cdot / . 50)}{U_{\text{Sekundär}}}$$

$$P_R = \left(\frac{U_{\text{Sekundär}}}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} \right) \cdot (4 \cdot / . 6) \cdot R$$

$$R = \frac{318}{C}; X_c = \frac{3180}{C}$$

Hierbei bedeuten:

- I_{FN} = Nennstrom der Zelle in A
- $U_{\text{Primär}}$ = Primärspannung des Transformators in V
- $U_{\text{Sekundär}}$ = Sekundärspannung des Transformators in V
- P_R = Verlustleistung des Widerstandes in W
- X_c wird eingesetzt in Ω
- R wird eingesetzt in Ω
- C wird eingesetzt in μF
- D = $\frac{U_{\text{Primär}}}{U_{\text{Sekundär}}}$

(Abbildungen 13, 14, 15, 16)

Abb. 13

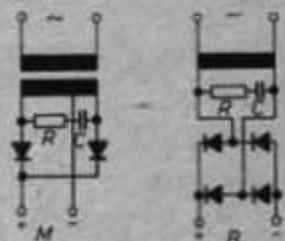


Abb. 14



Abb. 15

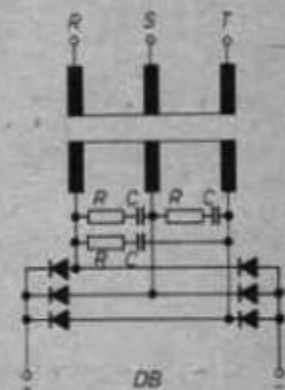
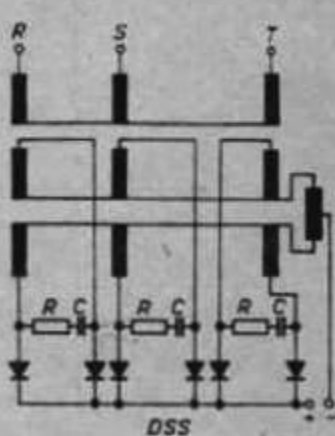


Abb. 16



2. ZELLENBESCHALTUNG

Sie kommt häufig bei Einwegschaltung mit induktiver Last zur Anwendung. Sie soll dort die Auswirkung des Trägheitsverhaltens der Halbleiter bedämpfen. Diese Art der Beschaltung ist von Bauelement zu Bauelement verschieden und sollte immer mit Hilfe eines Oszillographen kontrolliert werden.

In den Datenblättern werden je nach Typ Kapazitätswerte von 0,1 μF bis 2 μF für den Schutzkondensator gegen den Trägerstauereffekt empfohlen. Es handelt sich hierbei nur um Richtwerte.

Bei der Reihenschaltung reicht die RC-Beschaltung für die gleichmäßige Sperrspannungsaufteilung in den meisten Fällen schon aus und macht eine zusätzliche Beschaltung überflüssig.

Schaltbeispiel für Schutz gegen Überspannung durch Kommutierung Abb. 17.

3. LASTBESCHALTUNG

Beim Schalten induktiver Verbraucher entstehen in den meisten Fällen energiereiche Überspannungen. Zum Schutz der Zellen

gegen diese Überspannungen reicht die sekundärseitige Transformatorbedämpfung, ausgenommen bei Einwegschaltung, aus. Es gibt jedoch auch Anwendungsfälle, bei denen bewußt eine Bedämpfung gegen Überspannungen genannter Art am induktiven Verbraucher erfolgt, z. B. um den Schalter gegen Kontaktobrand zu schützen. Dabei wird die beste Bedämpfung erreicht, wenn

$$R = R_v \text{ und } C = \frac{L_v}{R_v^2}$$

gewählt wird (vollkommene Kompensation). Wenn die theoretisch berechneten Werte für C zu groß sind, genügt in den meisten Fällen eine unvollkommene Kompensation. Dazu müssen die optimalen Größen von C experimentell ermittelt werden.

Schaltbeispiel für Lastbeschaltung Abb. 18. Die Wirksamkeit von Beschaltungsmöglichkeiten bei verschiedenen Ursachen von Überspannungsspitzen.

Parameter sind Schaltung und Art der Beschaltung.

Die Tabelle gibt an, welchen Schutz die Beschaltung gewährt.

Schaltung E, B, M, DB, S, DS, DSS	Schutz- beschaltung	Ursache der Überspannung			
		Netzspan- nungsspitzen	Schalten des Transformators	Schalten der Last	Träger- stauereffekt
	Primärseite des Transformators	mittleren	gut	keinen	keinen
	Sekundärseite des Transformators	gut	gut	gut*	gut*
	an der Zelle	mittleren	mittleren	gut	gut
	an der Last	keinen	keinen	mittleren	keinen bei B u. DB gut

* Bei Einwegschaltung mit induktiver Last muß die Zelle zusätzlich bedämpft werden.

Schutz gegen Überstrom

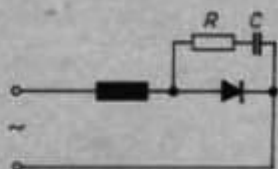


Abb. 17

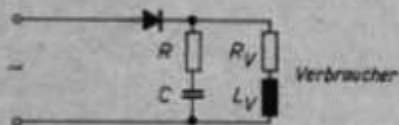


Abb. 18

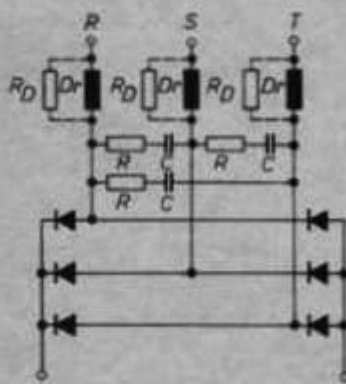


Abb. 19

Da die Wärmekapazität der Einkristallhalbleiter-Bauelemente sehr klein ist, können bereits kurzzeitige Stromüberlastungen zur Zerstörung der Gleichrichterzellen führen. Zum Schutz gegen solche Überlastungen, die die Bauelemente zerstören würden, stehen verschiedene Geräte zur Verfügung.

Z. B. Thermische Überstromrelais oder -schütze, Kurzschließer, Schnelleistungstrenner, Gleichstromschalter und Spezialsicherungen. Alle diese Geräte müssen eine Voraussetzung haben, sehr schnell abzuschalten, hauptsächlich solche, die den Strom in den ersten 10 ms begrenzen müssen.

Da die Kurzschluß- und Überlastungsverhältnisse von Anlage zu Anlage verschieden sind, können keinerlei allgemeingültige Angaben gemacht werden, sondern der Schutz muß entsprechend der Anlage, den Überstromkennlinien der Elemente angepaßt werden. Einen großen Anwendungsbereich nehmen dabei die Spezialsicherungen ein. Man verwendet meist eine Schutzkombination, wobei die Schmelzeinsätze den Kurzschlußschutz übernehmen, während die zusätzliche Schutzvorrichtung den Überlastungsschutz übernimmt.

BESONDERHEIT BEI DIREKTEM NETZANSCHLUSS VON GLEICHRICHTERZELLEN

Bei unmittelbarem Anschluß von Gleichrichterdioden an das Netz ist folgendes zu beachten. Die durch atmosphärische Störungen oder Schaltvorgänge von Motoren, Transformatoren oder ähnlichen induktiven Stromverbrauchern entstehenden Überspannungen treffen direkt auf die Zellen. Hier sollte die fehlende Dämpfung durch den Transformator durch Vorschaltrosseln ersetzt werden. Zusätzlich noch eine RC-Kette nach folgendem Beispiel, s. Abb. 19:

Allgemeine Hinweise

Jede dieser Drossel soll für etwa 2% der Netzspannung ausgelegt werden.

Die Induktivität der Drossel

$$L_{Dr} = \frac{2 \cdot U_N}{100 I_{Str} \omega}$$

U_N = Netzspannung in V

I_{Str} = Strangstrom in A (Effektivwert)

ω = $2 \pi f$ (Netzfrequenz)

Da es sich immer nur um wenige Windungen handelt, kann der Kupferquerschnitt so groß gemacht werden, daß der ohmsche Widerstand der Drossel vernachlässigt werden kann.

Die Verlustleistung der Drossel

$$P_{Dr} = X_{Dr} I_{Str}^2$$

Es besteht die Möglichkeit, daß die Drosseln durch Netzkapazitäten zu Einschwingvorgängen angeregt werden. Aus diesem Grunde sollte man die Drosseln durch einen Parallelwiderstand R_{Dr} (wie im Bild angedeutet) dämpfen. Der günstigste Wert des Widerstandes hat etwa die Größe

$$R_{Dr} = 2\pi \cdot L_{Dr} \cdot 10^3$$

R_{Dr} in Ω ; L_{Dr} in mH

Die Verlustleistung des Widerstandes

$$P_{R_{Dr}} = \left(\frac{2 \cdot U_N}{100} \right)^2 \cdot \frac{1}{R_{Dr}}$$

U_N in V; I_{Str} in A; R_{Dr} in Ω ; $P_{R_{Dr}}$ in W

Diese Widerstände müssen induktivitätsarm sein.

Die Schutzbeschaltung soll in diesem Fall mit RC-Gliedern vorgenommen werden, bei denen die Kapazitäten zwischen 0,1 bis 0,5 μF betragen, dann gilt für den Widerstand

$$R = \frac{150}{C} \quad R \text{ in } \Omega; C \text{ in } \mu F$$

Bei Halbleiterbauelementen ist zu unterscheiden zwischen Kenn-, Nenn- und Grenzwerten.

Kennwerte sind meßbare Eigenschaften oder Merkmale, die für einen Bauelement-Typ bzw. für eine Typenreihe charakteristisch sind.

Nennwerte sind vom Hersteller empfohlene Betriebsdaten unter Berücksichtigung zu erwartender Überlastungen.

Grenzdaten geben die höchstzulässigen Betriebsbedingungen an und dürfen unter keinen Umständen überschritten werden, da sonst das Bauelement zerstört oder seine Lebensdauer vermindert werden kann.

Elektrische Daten, insbesondere Nennwerte, gelten, sofern nichts anderes definiert ist, für einphasige Einwegschaltung, Wirklast, sinusförmige Speisepannung von 50 Hz und Aufstellungshöhe bis 1000 m über dem Meer.

Die thermischen Belastungen sind abhängig von der maximal zulässigen Sperrschichttemperatur. Damit diese nicht überschritten wird, muß die beim Betrieb eines Silizium-Gleichrichters entstehende Verlustwärme abgeführt werden. Die Verlustwärme rührt fast ausschließlich von den Durchlaßverlusten her. Die Sperrverluste können im normalen Anwendungsfall vernachlässigt werden. Die aus wirtschaftlichen Gründen hohe Stromdichte und die geringe Wärmekapazität des Halbleiterbauelementes fordern große Aufmerksamkeit für die Kühlprobleme, damit die Zellen nicht durch thermische Überlastung zerstört werden.

Bei Betrieb in größerer Höhe als 1000 m ü. M. muß wegen der geringeren Luftdichte und der deshalb ungünstigeren Abführung der Verlustwärme die zulässige Strombelastung herabgesetzt werden.

Gleichrichterzellen sind gegen atmosphärische Einflüsse hermetisch abgeschlossen. Jede Undichtigkeit des Gehäuses hat eine

Montagehinweise für die Leistungszenerdiode

Verringerung der Lebensdauer zur Folge. Daher müssen die Zellen vor harten Stößen geschützt werden. Nicht zulässig sind ferner das Festhalten des Gehäuses mit einer Zange, die Benutzung von Einspannvorrichtungen außerhalb des Sechskants und das Transportieren an dem Anodenbolzen. Jede unnötige Überbeanspruchung von Anschlußdrähten ist zu vermeiden. Die Anschlußdrähte der Kleinleistungs-Gleichrichter sollen nicht in unmittelbarer Nähe des Gehäuses abgelenkt werden. Um bei Leistungsgleichrichtern einen guten Wärmekontakt zum Kühlblech bzw. Kühlkörper zu erreichen, empfiehlt es sich, den Gehäuseboden vor der Montage leicht mit Siliconfett zu bestreichen. Die angegebenen Anzugsdrehmomente sind einzuhalten. Bei Verwendung anderer Kühlsysteme, die nicht vom Hersteller der Halbleiter geliefert werden, ist besonders auf die Ebenheit der Oberfläche der Kühlsysteme zu achten, da sonst Schäden an den Zellen auftreten können.

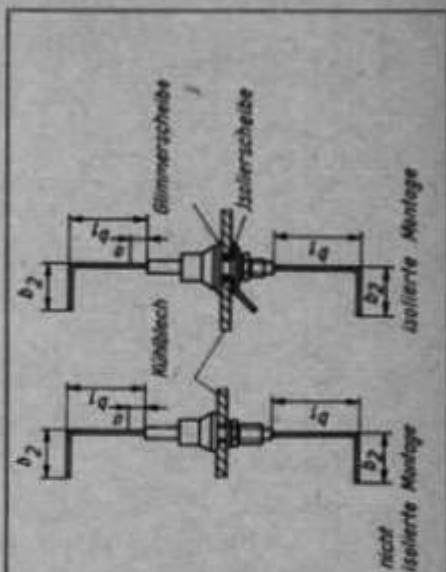


Abb. 20

Montageanleitungen für die anderen Bauelemente sind den entsprechenden Kenndaten- und Projektierungsblättern zu entnehmen.

Spannung und Strom in verschiedenen Gleichrichter- schaltungen

(Abb. 21)

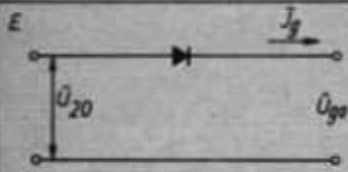
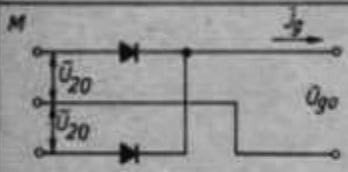
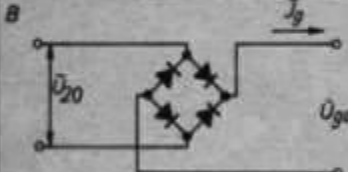
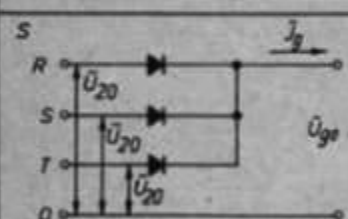
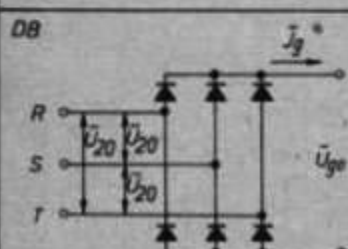
Erläuterung der Formelzeichen

- U_{01} = arithmetischer Mittelwert der Ausgangsspannung
- U_{1r2} = Effektivwert der Transformator-Wechselspannung
- U_{03} = Effektivwert der Ausgangsspannung
- U_M = Scheitelwert einer sinusförmigen Sperrspannung
- U_{04} = Scheitelwert der Ausgangsspannung
- w = Welligkeit
- U_{w5} = Effektivwert der Welligkeitsspannung
- I_1 = arithmetischer Mittelwert des Durchlaßstromes
- I_2 = arithmetischer Mittelwert des Ausgangstromes
- I_3 = Effektivwert des Durchlaßstromes
- I_4 = periodischer Spitzenwert des Durchlaßstromes
- I_5 = Effektivwert des Transformatorstromes
- E = Einwegschaltung
- B = Brückenschaltung
- M = Mittelpunktschaltung
- S = Sternschaltung
- DB = Drehstrom-Brückenschaltung
- DS = Doppelsternschaltung
- DSS = Doppelsternschaltung mit Sangdrossel

Schaltung	E	M	B	S	DB	DS	DSS
Spannungsverlauf							
U_{01} / U_{r2} U_{r2} / U_{01}	0,45 2,22	0,9 1,11	0,9 1,11	1,17 0,855	2,34 0,428	1,35 0,74	1,17 0,855
U_{03} / U_{01} U_{04} / U_{01} U_{05} / U_{01}	1,57 3,14 3,14	1,11 1,57 3,14	1,11 1,57 1,57	1,02 1,21 2,09	1,00 1,05 1,05	1,00 1,05 2,09	1,00 1,05 2,42
$w = U_{05} / U_{01}$	1,21	0,481	0,481	0,183	0,042	0,042	0,042
J_1 / J_2 J_3 / J_2 J_4 / J_2 J_5 / J_2	1,0 1,57 3,14 1,57	0,5 0,785 1,57 0,785	0,5 0,785 1,57 1,11	0,333 0,588 1,21 0,588	0,333 0,577 1,05 0,816	0,167 0,408 1,05 0,408	0,167 0,293 0,805 0,293

Gleichrichterschaltungen

Angaben gelten nur
für Übersichtsrechnungen

Schaltung	maximal zulässige Anschlußspannung \bar{U}_{20}	
	maximal entnehmbarer Gleichstrom \bar{I}_g	
	Widerstandsbelastung	Belastung m. Gegenspannung
<p>E</p> 	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 2 \cdot I_{FN}$	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{2\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 0,3 \cdot 0,6 \cdot I_{FN}$
<p>M</p> 	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{2\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 2 \cdot I_{FN}$	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 0,6 \cdot 1,5 \cdot I_{FN}$
<p>B</p> 	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 2 \cdot I_{FN}$	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 0,6 \cdot 1,5 \cdot I_{FN}$
<p>S</p> 	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}\sqrt{3}}$ $\bar{I}_g = 27,3 \cdot I_{FN}$	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{2\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 27,3 \cdot I_{FN}$
<p>DB</p> 	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 27,3 \cdot I_{FN}$	$\bar{U}_{20} = \bar{U}_{RN} \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\bar{I}_g = 27,3 \cdot I_{FN}$