

## Technical Explanations – Technische Erläuterungen

The electrical performance of a semiconductor device is usually expressed in terms of its characteristics and maximum ratings.

**Characteristics** are those values, which can be measured by use of suitable measuring instruments and setups, and provide information on the performance of the device under specified operating conditions (e.g. at a given bias). Depending on requirements, they are quoted either as typical or guaranteed values. Typical values are expressed as figures or as curves, and are subject to spreads.

**Guaranteed values** are preceded either by the symbol > (greater than) or < (less than). Sometimes the guaranteed spread limits are indicated by numbers with dots between them.

**Maximum ratings** are values which cannot be exceeded without risk of damaging the device. Changes in supply voltage, tolerances of other components in the circuit and also ambient temperature must be considered. No single maximum rating must be exceeded, even if the device is operated well within all other maximum ratings. The inclusion of the word "admissible" in a description means that the associated curve defines the maximum rating.

Using a semiconductor device continuously **under extreme load** (high temperature, current, voltage, mechanical stress etc) may reduce its reliability significantly even if the maximum ratings are not exceeded.

Die Eigenschaften eines Halbleiterbauelements werden üblicherweise durch die Angabe von Kenn- und Grenzwerten definiert.

**Kennwerte** sind Eigenschaften eines Halbleiterbauelements, die sich mit zweckentsprechenden Messgeräten oder Messanordnungen messen lassen und die das Betriebsverhalten oder bestimmte elektrische Parameter in einem definierten Arbeitspunkt ausdrücken. Sie werden je nach Bedarf als typische Werte oder Garantiewerte angegeben. Typische Werte sind durch eine Zahl, eine Kurve oder eine Kurvenschar ausgedrückt und Exemplarstreuungen unterworfen.

**Garantiewerte** werden entweder mit den Symbolen > (größer als) oder < (kleiner als) oder mit den Grenzen des garantierten Streubereiches angegeben.

**Grenzwerte** sind Werte, die der Anwender nicht überschreiten darf, ohne eine Zerstörung des Bauelements zu riskieren. Hierbei sind auch Schwankungen der Betriebsspannung, Toleranzen anderer Bauelemente sowie die Umgebungstemperatur zu berücksichtigen. Ein einzelner Grenzwert darf auch dann nicht überschritten werden, wenn andere Grenzwerte nicht voll ausgenutzt sind. Bei Kurven erkennt man an dem Wort "zulässige" in der Bezeichnung, dass die Kurve als Grenzwert zu betrachten ist.

Das dauerhafte Betreiben eines Halbleiterbauelementes **unter extremen Lasten** (hohe Temperaturen, Ströme, Spannungen, mechanischer Stress usw.) kann dessen Zuverlässigkeit deutlich reduzieren, auch wenn die Grenzwerte dabei nicht überschritten werden.

## Maximum ratings

### **V<sub>DC</sub> – DC Blocking voltage**

Maximum admissible value of permanently applied DC voltage in reverse direction. Required for AEC-Q101 qualification, therefore specified only for -AQ parts. It is a good practice not to exceed 50% of V<sub>RRM</sub> with the permanently applied DC voltage

### **V<sub>RRM</sub> – Repetitive Peak Reverse Voltage**

Maximum allowable peak value of short repetitive transient reverse voltages.

### **V<sub>RSM</sub> – Surge Peak Reverse Voltage**

Maximum allowable peak value of short isolated transient reverse voltages.

### **V<sub>V RMS</sub> –**

#### **Recommended Alternating Input Voltage**

Maximum value of the sinusoidal RMS input voltage under normal operating conditions with due allowance for maximum 10% voltage increase. An efficient transient suppressing network is required in case voltage transients exceeding V<sub>RRM</sub> are likely to occur.

### **V<sub>ISO</sub> – Isolation Voltage**

All bridge rectifier with specified V<sub>ISO</sub> rating are subjected to an insulation voltage test between the short-circuited terminals connected and the case respectively base plate. An alternating voltage of 2500 V is applied for 1 second.

If this test is repeated by the user either as an incoming inspection or as a test of the final device, in accordance with IEC publication 146 resp. DIN EN 60146 / VDE 0558 only a voltage slowly increasing up to the above value should be used. If the voltage is applied for one minute as recommended by the above standard then the specified value of 2000V should be taken.

During the test, all electrical terminals of the bridge rectifier must be connected with each other in order to avoid damage by inductively or capacitively induced voltage transients. The test voltage is applied between the connected terminals and the baseplate.

### **P<sub>tot</sub> – Total Power Dissipation**

Maximum value of a steady state power dissipation, temperatures and cooling conditions stated, with no margins allowed for overload.

### **P<sub>PPM</sub> – Peak Pulse Power Dissipation**

Maximum value of a single power peak, at stated pulse waveform and temperature.

## Grenzwerte

### **V<sub>DC</sub> – Sperrgleichspannung**

Höchstwert der dauernd anliegenden Gleichspannung in Sperr-Richtung. Wird verlangt für die Qualifizierung gemäß AEC-Q101, und wird deshalb nur für -AQ Bauteile definiert. Es empfiehlt sich, nicht mehr als 50% des V<sub>RRM</sub> als dauernd anliegende Gleichspannung vorzusehen.

### **V<sub>RRM</sub> – Periodische Spitzensperrspannung**

Höchstwert von periodisch auftretenden kurzzeitigen Spannungsspitzen.

### **V<sub>RSM</sub> – Stoßspitzensperrspannung**

Höchstwert von gelegentlich auftretenden kurzzeitigen Spannungsspitzen.

### **V<sub>V RMS</sub> –**

#### **Empfohlene Anschluss-Wechselspannung**

Effektivwert der höchsten Wechselspannung, an der ein Brückengleichrichter unter normalen Betriebsbedingungen und bei vorübergehenden Spannungserhöhungen um max. 10 % dauernd betrieben werden kann. Ein richtig bemessener Überspannungsschutz ist dann erforderlich, wenn Spannungsspitzen höher als V<sub>RRM</sub> auftreten können.

### **V<sub>ISO</sub> – Isolationsspannung**

Bei jedem Brückengleichrichter mit spezifiziertem V<sub>ISO</sub>-Parameter wird die Isolierung zwischen den kurzgeschlossenen Anschlüssen und dem Gehäuse bzw. der Bodenplatte eine Sekunde lang mit einer Wechselspannung von 2500V geprüft.

Bei einer Wiederholung der Isolationsprüfung durch den Anwender, z. B. zu Kontrollzwecken oder bei der Isolationsprüfung des fertigen Gerätes, darf gemäß IEC-Publikation 146 bzw. DIN EN 60146 / VDE 0558 nur mit einer allmählich auf diesen Wert ansteigenden Spannung geprüft werden. Wird die Prüfspannung, wie in den genannten Bestimmungen vorgeschrieben, eine Minute lang aufrechterhalten, so ist mit dem dort vorgeschriebenen Wert von 2000V zu prüfen.

Bei der Prüfung sind sämtliche Anschlüsse des Brückengleichrichters miteinander zu verbinden, um eine unzulässige Beanspruchung der Dioden durch induktiv oder kapazitiv übertragene Spannungen zu verhindern. Die Prüfspannung wird zwischen den miteinander verbundenen Anschlüssen und der Bodenplatte angelegt.

### **P<sub>tot</sub> – Gesamte Verlustleistung**

Maximal zulässiger Wert der Dauerverlustleistung unter den angegebenen Betriebsbedingungen. Dabei sind keinerlei Überlastungen zulässig.

### **P<sub>PPM</sub> – Impuls-Verlustleistung**

Maximal zulässiger Wert der Impuls-Verlustleistung bei gegebener Kurvenform und Temperatur.

## Maximum ratings

### **I<sub>FAV</sub> –**

#### **Maximum Average Forward Rectified Current**

Maximum value of a continuous average forward current for the current waveform, temperatures and cooling conditions stated, with no margins allowed for overload.

### **I<sub>FRM</sub> – Repetitive Peak Forward Current**

Maximum allowable peak value of a forward current with frequency specified in the datasheet. The average value of this current is limited by the maximum admissible junction temperature  $T_{jmax}$ !

### **I<sub>FSM</sub> – Maximum Forward Surge Current**

Maximum peak value of a single half sine wave current with specified length superimposed on rated load. Immediately afterwards, the reverse voltage should not exceed 50 % of the repetitive peak reverse voltage for at least 10 ms.

### **i<sup>2</sup>t – Rating for Fusing**

Value for selection of a suitable fuse to protect the diode against short circuit overload. The i<sup>2</sup>t-value of the fuse over the specified time and for the input voltage applied must be less than the rating for fusing of the diode.

For a half sine wave with peak  $I_{PK}$  and length  $t_p$  it becomes:

$$i^2t = 0.5 * I_{PK}^2 * t_p$$

Use for an exponentially decreasing pulse

$$t_p = \tau \text{ (time constant) } = 1/\ln 2 * T_{1/2} \text{ (half-life)}$$

## Grenzwerte

### **I<sub>FAV</sub> –**

#### **Dauergrenzstrom**

Arithmetischer Mittelwert des höchsten dauernd zulässigen Durchlass-Stromes unter den angegebenen Betriebsbedingungen. Dabei sind keinerlei Überlastungen zulässig.

### **I<sub>FRM</sub> – Periodischer Spitzenstrom**

Höchstzulässiger periodischer Spitzenwert des Durchlass-Stromes mit der im Datenblatt angegebenen Wiederholfrequenz. Der Mittelwert dieses Stromes wird durch die maximal zulässige Sperrschichttemperatur  $T_{jmax}$  begrenzt!

### **I<sub>FSM</sub> – Maximaler Stoßstrom**

Höchstzulässiger Scheitelwert einer einmaligen Sinushalbwelle der im Datenblatt spezifizierten Länge bei Nennlast. Unmittelbar danach darf die Sperrspannung für 10 ms nicht mehr als 50% der Spitzensperrspannung betragen.

### **i<sup>2</sup>t – Grenzlastintegral**

Bezugsgröße für die Auswahl der für den Kurzschlusschutz einer Diode erforderlichen Sicherung. Der i<sup>2</sup>t-Wert der Sicherung im spezifizierten Zeitintervall und bei der vorgesehenen Anschluss-Spannung muss kleiner sein als das Grenzlastintegral der Diode.

Für eine Sinus-Halbwelle der Höhe  $I_{PK}$  und der Länge  $t_p$  gilt:

$$i^2t = 0.5 * I_{PK}^2 * t_p$$

Bei exponentiell abklingenden Strompulsen ist

$$t_p = \tau \text{ (Zeitkonstante) } = 1/\ln 2 * T_{1/2} \text{ (Halbwertszeit)}$$

## Characteristics

### $V_F$ – Forward Voltage Drop

At specified forward current and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. Has a negative temperature coefficient (decreases proportional with rising temperature).

### $I_R, I_D$ – Reverse Current

At specified reverse voltage and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. Increases exponentially with rising temperature.

### $V_Z, V_{BR}$ – Zener or Breakdown Voltage

At specified reverse test current and temperature. Measured with pulses, to avoid self-heating. The results of the single devices are distributed inside the given tolerance band. The often used E24 standard gives a tolerance band which is approximately, but not exactly inside  $\pm 5\%$  of the nominal value. Changes with temperature by the given temperature coefficient:

### $\alpha_{VZ}$ – Temperature Coefficient

Provided with unit [ $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ]. The drift of the Zener voltage can then be calculated by using this formula:

$$\Delta V_Z = (T_j - 25^{\circ}\text{C}) * \alpha_{VZ} * V_{Z(25^{\circ}\text{C})}$$

### $t_{rr}$ – Reverse Recovery Time

The time interval between the zero crossing of the forward current after reversing the diode's polarity and the point at which the decaying reverse current has reached the value given in the data sheet:

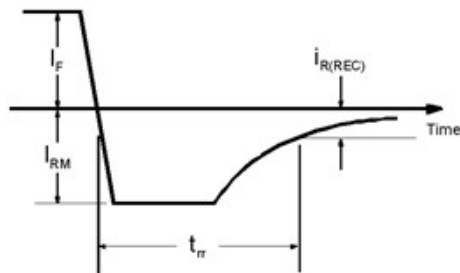


Figure 5.18 — DUT current waveform (condition B)

(From JESD282B.01)

The higher the rectified frequency, the smaller the reverse recovery time must be chosen, in order to keep switching losses small.

## Kennwerte

### $V_F$ – Fluss-Spannung

Bei gegebenem Vorwärtsstrom und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Hat einen negativen Temperaturkoeffizienten (sinkt proportional zu steigender Temperatur).

### $I_R, I_D$ – Sperrstrom

Bei gegebener Sperrspannung und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Steigt exponentiell mit steigender Temperatur.

### $V_Z, V_{BR}$ – Zener- oder Abbruchspannung

Bei gegebenem Teststrom und Temperatur. Gemessen mit Pulsen, um Selbsterwärmung zu vermeiden. Die Ergebnisse der einzelnen Bauelemente streuen innerhalb des spezifizierten Toleranzbandes. Die oft verwendete E24-Reihe ergibt ein Toleranzband, das ungefähr, aber nicht exakt  $\pm 5\%$  um den Nennwert herum liegt. Ändert sich mit der Temperatur gemäß dem gegebenen Temperaturkoeffizienten:

### $\alpha_{VZ}$ – Temperaturkoeffizient

Angegeben in der Einheit [ $10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ]. Die Drift der Zenerspannung kann somit über diese Formel ermittelt werden:

$$\Delta V_Z = (T_j - 25^{\circ}\text{C}) * \alpha_{VZ} * V_{Z(25^{\circ}\text{C})}$$

### $t_{rr}$ – Sperrverzugszeit

Zeit zwischen dem Nulldurchgang des Durchlass-Stromes nach dem Umpolen der Diode und dem Zeitpunkt, zu dem der abklingenden Sperrstrom den im Datenblatt angegebenen Wert erreicht hat:

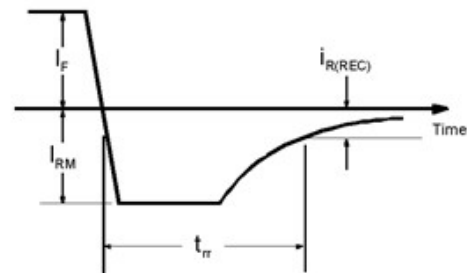


Figure 5.18 — DUT current waveform (condition B)

(Aus JESD282B.01)

Die Sperrverzugszeit muss umso kleiner gewählt werden, je höher die gleichgerichtete Frequenz ist, um die Schaltverluste klein zu halten.

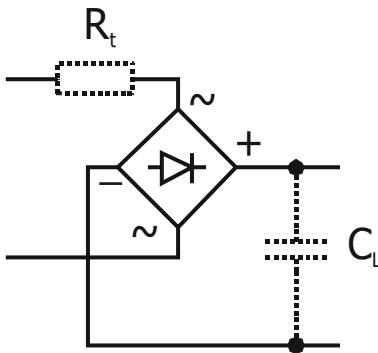
**Characteristics**

**C<sub>j</sub> – Junction Capacitance**

Includes beside the capacitance of the junction also that of the contact terminals of the device. Also called total capacitance or virtual junction capacitance. Changes with reverse voltage applied.

**C<sub>L</sub> – Capacitance of Load Capacitor  
R<sub>t</sub> – Protective Resistance**

The values of load capacitor and protective resistance provided in some bridge rectifier data sheets are recommendations for a safe operation of the device.



They are chosen in a way that the inrush current during initial turn-on with maximum admissible voltage amplitude does not overload the rectifier (parameter I<sub>FSM</sub>!):

$$R_t = V_{RRM} / I_{FSM}$$

The value of the equivalent resistance R<sub>t</sub> includes all components in the path loading the capacitor. If e. g. a transformer is used, the electrical impedance of its winding can be added to R<sub>t</sub>.

In case the R<sub>t</sub>C<sub>L</sub> time constant is less than a quarter of the 50 Hz mains period, C<sub>L</sub> can be charged within a single cycle duration:

$$C_L = 5 \text{ ms} / R_t$$

The inrush current per every bridge diode occurs then as a single pulse only!

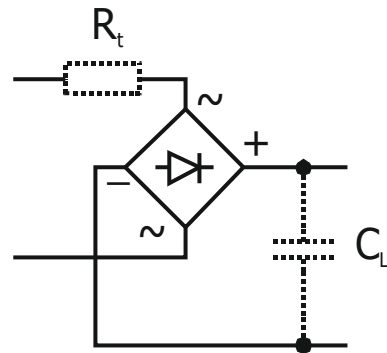
**Kennwerte**

**C<sub>j</sub> – Sperrschichtkapazität**

Beinhaltet neben der Sperrschichtkapazität auch die Kapazität der Kontaktanschlüsse des Bauteils. Wird daher auch Gesamtkapazität oder virtuelle Sperrschichtkapazität genannt. Ändert sich mit der angelegten Sperrspannung.

**C<sub>L</sub> – Kapazität des Ladekondensators  
R<sub>t</sub> – Schutzwiderstand**

Die Werte von Ladekondensator und Schutzwiderstand in einigen Datenblättern von Brückengleichrichtern sind Empfehlungen für einen sicheren Betrieb des Bauteils.



Sie sind so gewählt, dass der Ladestromstoß beim Einschalten mit der höchsten zulässigen Spannungsamplitude den Gleichrichter (Parameter I<sub>FSM</sub>!) nicht überlasten:

$$R_t = V_{RRM} / I_{FSM}$$

Der Ersatzwiderstand R<sub>t</sub> schließt die Widerstände aller Elemente in dem vom Ladestrom durchflossenen Stromkreis ein. So kann z. B. die Impedanz der Wicklung eines vorhandenen Transformators zu R<sub>t</sub> hinzugerechnet werden.

Falls die R<sub>t</sub>C<sub>L</sub> Zeitkonstante kleiner ist als ¼ der 50 Hz-Netzperiode, kann C<sub>L</sub> innerhalb einer einzigen Periodendauer aufgeladen werden:

$$C_L = 5 \text{ ms} / R_t$$

Der Einschaltstromstoß tritt dann pro Brückendiode nur als Einzelpuls auf!

## List of Symbols – Symbolverzeichnis

$\alpha_{IP}$	Temperature coefficient alpha $I_P$	Temperaturkoeffizient Alpha $I_P$
$\alpha_{VZ}$	Temperature coefficient alpha $V_Z$	Temperaturkoeffizient Alpha $V_Z$
$C_j$	(Virtual) junction capacitance	(Virtuelle) Sperrschichtkapazität
$C_{tot}$	Total capacitance	Gesamtkapazität
$C_L$	Capacitance of load capacitor	Kapazität des Ladekondensators
$\Delta_{XY}$	Delta/difference between X and Y	Delta/Differenz zwischen X und Y
$E_{RSM}$	Non-repetitive peak reverse avalanche energy	Einmalige Avalanche-Energie in Sperr-Richtung
$f$	Frequency	Frequenz
$f_p$	Pulse frequency	Impulsfrequenz
$f_T$	Gain-bandwidth product	Transitfrequenz
$F$	Noise figure	Rauschmaß
$F_{pmax}$	Maximum pressing force	Maximale Einpresskraft
$g_{FS}$	Forward transconductance	Übertragungsteilheit
$h_{FE}$	DC current gain	Kollektor-Basis Stromverhältnis
$i^2t$	Rating for fusing	Grenzlastintegral
$i_f$	Instantaneous forward current	Augenblickswert des Durchlassstromes
$I_{B(M)}$	(Maximum) Base current	(Maximaler) Basis-Strom
$I_{BO}$	Breakover current	Durchbruchstrom
$I_{C(M)}$	(Maximum) Collector current	(Maximaler) Kollektor-Strom
$I_{D(M)}$	(Maximum) Drain current	(Maximaler) Drain-Strom
$I_F$	Forward current	Durchlass-Strom
$I_{FAV}$	Maximum average forward current of a diode / at the output of a bridge rectifier	Dauergrenzstrom einer Diode / am Ausgang eines Brückengleichrichters
$I_{FRM}$	Repetitive peak forward current	Periodischer Durchlass-Spitzenstrom
$I_{FSM}$	Surge forward current (non-repetitive)	Stoßstrom (nicht periodisch)
$I_{FSM1}$	... of lowest current or reverse voltage class	... der niedrigsten Strom- oder Spannungsklasse
$I_K$	Cathode current	Kathodenstrom
$I_P$	Pinch-off current, regulator current	Begrenzerstrom
$I_{PM}$	Peak trigger current	Trigger Strom (Spitzenwert)
$I_{PPM}$	Peak pulse current	Impulsstrom (Spitzenwert)
$I_R$	Reverse (leakage) current; reference current	Sperrstrom, Leckstrom; Referenzstrom
$I_{RSM}$	Non-repetitive peak reverse avalanche current	Einmaliger Avalanche-Strom in Sperr-Richtung
$I_Z$	Zener current, operating current in breakdown	Zener-Strom, Arbeitsstrom im Abbruch
$I_{Zmax}$	Maximum admissible Zener current	Maximal zulässiger Zener-Strom
$I_{Ztest}$	Zener current used for testing $V_Z$	Zener-Strom zur Messung von $V_Z$
$I_{XYO}^1)$	Current from X to Y, 3 <sup>rd</sup> pin open	Strom von X nach Y, 3. Anschluss offen
$I_{XYS}^1)$	Current from X to Y, 3 <sup>rd</sup> pin short	Strom von X nach Y, 3. Anschluss kurz
$i^2t$	Rating for fusing	Grenzlastintegral
$P_{M(AV)}$	Steady state power dissipation	Verlustleistung im Dauerbetrieb
$P_{PPM}, P_{ZSM}$	Peak pulse power dissipation	Impuls-Verlustleistung
$P_{tot}$	Total power dissipation	Gesamt-Verlustleistung
$R_{DS(on)}$	Drain-Source on-resistance	Drain-Source Einschaltwiderstand

1 X, Y = C, E, B, or/oder D, S, G

$R_{thC}$	Thermal resistance junction to case (= metallic part of the case / heat flange)	Wärmewiderstand Sperrschicht – Gehäuse (= metallischer Teil des Gehäuses / Kühlfahne)
$R_{thL}$	Thermal resistance junction to lead	Wärmewiderstand Sperrschicht - Anschlussdraht
$R_{thT}$	Thermal resistance junction to terminals	Wärmewiderstand Sperrschicht - Kontaktfläche
$R_{thA}$	Thermal resistance junction to ambient	Wärmewiderstand Sperrschicht - Umgebung
$R_t$	Protective resistance, e. g. transformer equivalent impedance	Schutzwiderstand, z. B. äquivalente Transformatorimpedanz
$r_{zj}$	Dynamic resistance of Zener characteristic	Differentieller Widerstand der Zener-Kennlinie
$t_{fr}$	Forward recovery time	Durchlassverzug
$t_{on}$	turn-on time	Einschaltzeit
$t_{off}$	turn-off time	Ausschaltzeit
$t_p$	Pulse duration	Impulsdauer
$t_{rr}$	Reverse recovery time	Sperrverzug
$T$	Temperature, Duration of a full cycle	Temperatur, Periodendauer
$T_A$	Ambient temperature	Umgebungstemperatur
$T_j$	Junction temperature	Sperrschichttemperatur
$T_S$	Storage temperature	Lagerungstemperatur
$T_T$	Temperature of the terminals (SMD)	Temperatur der Kontaktflächen (SMD)
$V_{AK}$	Peak operating voltage	Maximale Arbeitsspannung
$V_{BR}$	Breakdown voltage	Abbruchspannung
$V_{BO}$	Breakover voltage	Blockier-, Durchbruchspannung
$V_C$	Clamping voltage	Begrenzerspannung
$V_{CEsat}$	Collector-Emitter saturation voltage	Kollektor-Emitter Sättigungsspannung
$V_{DC}$	Maximum DC blocking voltage	Maximale Gleichspannung in Sperr-Richtung
$V_F$	Forward voltage drop	Durchlass-Spannung
$V_{F1}$	... of lowest current or reverse voltage class	... der niedrigsten Strom- oder Spannungsklasse
$V_{F125}$	... at 125°C	... bei 125°C
$V_{GS(th)}$	Gate-Source threshold voltage	Gate-Source Schwellspannung
$V_{ISO}$	Isolation voltage	Isolationsspannung
$V_{KA}$	Cathode voltage	Kathoden-Spannung
$V_L$	Limiting voltage	Grenzspannung
$V_R$	Reverse voltage	Sperrspannung
$V_{RD}$	Rated DC voltage in half-wave rectification	Anschlussgleichspannung in Einweggleichrichtung
$V_{REF}$	Reference voltage	Referenzspannung
$V_{RRM}$	Repetitive peak reverse voltage	Periodische Spitzensperrspannung
$V_{RSM}$	Surge peak reverse voltage	Stoßspitzensperrspannung
$V_{VRMS}$	Maximum alternating input voltage	Maximale Eingangswechselspannung
$V_{WM}$	Maximum stand-off voltage	Maximale Sperrspannung
$V_{XYO}^{1)}$	Voltage between X and Y, 3 <sup>rd</sup> pin open	Spannung zwischen X und Y, 3. Anschluss offen
$V_{XYS}^{1)}$	Voltage between X and Y, 3 <sup>rd</sup> pin short	Spannung zwischen X und Y, 3. Anschluss kurz
$V_Z$	Zener voltage	Zener-Spannung, Referenzspannung
$Z_{KA}$	Dynamic output impedance	Ausgangsimpedanz
$Z_{th}$	Transient thermal impedance	Transienter Wärmewiderstand

1 X, Y = C, E, B, or/oder D, S, G