

DIN EN 60747-6

ICS 31.080.20

Einsprüche bis 2013-03-21

Entwurf**Halbleiterbauelemente –
Einzel-Halbleiterbauelemente –
Teil 6: Thyristoren
(IEC 47E/444/CD:2012)**

Semiconductor devices –
Discrete devices –
Part 6: Thyristors
(IEC 47E/444/CD:2012)

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs discrets –
Partie 6: Thyristors
(CEI 47E/444/CD:2012)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-01-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 199 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Triac.....	7
3.2 Weitere Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Hauptströme.....	7
3.3 Weitere Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Steuerspannungen und -ströme	9
3.4 Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Leistungen, Energien und Verluste	9
3.5 Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Erholzeiten und sonstige Kennwerte.....	13
4 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für rückwärts sperrende und rückwärts leitende Thyristortrioden.....	20
4.1 Allgemeines	20
4.2 Bemessungswerte (Grenzwerte).....	20
4.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte).....	27
4.4 Kennwerte	27
5 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für Zweirichtungs-Thyristortrioden (Triacs)	33
5.1 Thermische Bedingungen.....	33
5.2 Spannungs- und Strombemessungswerte (Grenzwerte).....	34
5.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte).....	36
5.4 Elektrische Kennwerte (bei einer Umgebungs- oder Gehäusetemperatur von 25 °C, sofern nicht anders angegeben).....	36
6 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für GTO-Thyristoren (Ausschalthyristoren)	39
6.1 Thermische Bedingungen.....	39
6.2 Spannungs- und Strombemessungswerte (Grenzwerte).....	40
6.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte).....	42
6.4 Elektrische Kennwerte.....	43
7 Mess- und Prüfverfahren	46
7.1 Messverfahren für elektrische Kennwerte	46
7.2 Prüfverfahren zur Verifizierung von Bemessungswerten (Grenzwerten).....	84
8 Anforderungen an Typprüfungen und Stückprüfungen, Kennzeichnung von Thyristoren und Dauerprüfungen.....	103
8.1 Typprüfungen	103
8.2 Stückprüfungen	104
8.3 Mess- und Prüfverfahren	104
8.4 Kennzeichnung von Thyristoren	104
8.5 Dauerprüfungen.....	105

Bild 1 – Spitzenwerte von Durchlassströmen	8
Bild 2 – Teilleistungen (Teilverlustleistungen) eines Ausschaltthyristors bei relativ niedrigen Frequenzen	12
Bild 3 – Bestandteile der dynamischen Durchlass-Energieverluste eines Ausschaltthyristors bei relativ hohen Frequenzen	13
Bild 4 – Sperrverzögerungszeit: a) durch einen festgelegten Wert bestimmt, b) durch Extrapolation bestimmt	14
Bild 5 – Vorwärts-Sperrerholzeit: a) durch einen festgelegten Wert bestimmt, b) durch Extrapolation bestimmt	15
Bild 6 – Freiwerdezeit	15
Bild 7 – Zündeinschaltzeiten	17
Bild 8 – Zündabschaltzeiten	19
Bild 9 – Sperrverzögerungsladung Q_r	20
Bild 10 – Anwendung von Steuerspannungen bei Thyristoren	22
Bild 11a – Höchster Bemessungsspitzenwert eines sinusförmigen Durchlassstroms I_{TRM} (siehe Bild 11b) als Funktion der Impulsdauer t_p mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$	23
Bild 11b – Typischer Strom- und Spannungsverlauf eines sinusförmigen Durchlassstromimpulses; t_H ist die Schonzeit (siehe 3.5.3.4)	24
Bild 12a – Höchster Bemessungsspitzenwert eines trapezförmigen Durchlassstroms I_{TRM} für eine festgelegte Dauer t_w (siehe Bild 12c) als Funktion der Anstiegssteilheit des Durchlassstroms mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$	25
Bild 12b – Höchster Bemessungsspitzenwert eines trapezförmigen Durchlassstroms I_{TRM} mit festgelegter Steilheit di_T/dt (siehe Bild 12c) als Funktion der Dauer t_w mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$	25
Bild 12c – Typischer Strom- und Spannungsverlauf eines trapezförmigen Durchlassstromimpulses; t_H ist die Schonzeit (siehe 3.5.3.4)	26
Bild 13 – Vorwärts-Steuerspannung über dem Vorwärts-Steuerstrom	29
Bild 14 – Beispiele des Strom- und Spannungsverlaufs im Ausschaltzustand eines Thyristors unter verschiedenen Schaltungsbedingungen	30
Bild 15: a) Gesamtverlustenergie E_p während eines sinushalbwellenförmigen Durchlassstromimpulses der Dauer t_p und der Amplitude I_{TRM} . b) Einzelner sinusförmiger Durchlassstromimpuls	31
Bild 16: a) Gesamtverlustenergie E_p während eines einzelnen trapezförmigen Durchlassstromimpulses der Dauer t_w und der Amplitude I_{TRM} . b) Einzelner trapezförmiger Durchlassstromimpuls	32
Bild 17 – Sperrverzögerungsladung Q_r , Rückstromspitze I_{RM} , Sperrverzögerungszeit t_{rr} (idealisierte Verlauf)	33
Bild 18 – Vorwärts-Steuerspannung als Funktion des Vorwärts-Steuerstroms	39
Bild 19 – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Gleichstromverfahren)	47
Bild 20a – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Oszilloskop-Verfahren)	47
Bild 20b – Grafische Darstellung der Kennlinie der Durchlassspannung über dem Durchlassstrom	48
Bild 20 – Verfahren zur Messung des Augenblickswerts der Durchlassspannung mit einem Oszilloskop	48

	Seite
Bild 21 – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Impulsverfahren)	48
Bild 22 – Schaltung zur Messung des Rückwärts-Spitzensperrstroms	50
Bild 23 – Schaltung zur Messung des Einraststroms	51
Bild 24 – Kurvenform des Einraststroms	51
Bild 25 – Schaltung zur Messung des Haltestroms	52
Bild 26 – Schaltung zur Messung des Vorwärts-Sperrstroms (Gleichstromverfahren)	53
Bild 27 – Schaltung zur Messung des Vorwärts-Spitzensperrstroms	54
Bild 28 – Schaltung zur Messung des Zündstroms und/oder der Zündspannung	55
Bild 29 – Schaltung zur Messung des höchsten nichtzündenden Steuerstroms und/oder der höchsten nichtzündenden Steuerspannung	56
Bild 30 – Schaltung zur Messung der Zündverzugszeit und Zündeinschaltzeit	57
Bild 31 – Kurvenverlauf des Durchlassstroms eines Thyristors	58
Bild 32 – Kurvenverlauf der Vorwärts-Sperrspannung und des Steuerstroms eines Thyristors	59
Bild 33 – Strom- und Spannungsverlauf beim Abschalten eines Thyristors	60
Bild 34 – Grundschialtung	60
Bild 35 – Praktische Schaltung	61
Bild 36 – Messschaltung	63
Bild 37 – Spannungs- und Stromverläufe	64
Bild 38 – Schaltung zur Messung der kritischen Spannungsteilheit	67
Bild 39 – Spannungsverlauf	67
Bild 40 – Schaltung zur Messung des exponentiellen Anstiegs	68
Bild 41 – Schaltung zur Messung der kritischen Steilheit der Kommutierungsspannung	69
Bild 42 – Strom- und Spannungsverlauf	70
Bild 43 – Messschaltung für Hochstrom-Triacs	71
Bild 44 – Strom- und Spannungsverlauf bei a) großer und b) bei geringer Steilheit di/dt	72
Bild 45 – Schaltung zur Messung der Sperrverzögerungsladung und der Sperrverzögerungszeit (Sinushalbschwingungsverfahren)	74
Bild 46 – Stromverlauf durch den Thyristor T	75
Bild 47 – Schaltung zur Messung der Sperrverzögerungsladung und der Sperrverzögerungszeit (Rechteckschwingungsverfahren)	76
Bild 48 – Stromverlauf durch den Thyristor T	77
Bild 49 – Schaltung zur Messung der Freiwerdezeit eines rückwärts leitenden Thyristors	78
Bild 50 – Strom- und Spannungsverlauf während der Freiwerdezeit eines rückwärts leitenden Thyristors	79
Bild 51 – Schaltung zur Messung des Abschaltverhaltens eines Ausschaltthyristors	81
Bild 52 – Spannungs- und Stromverlauf während des Abschaltens	81
Bild 53 – Schaltung zur Messung des Bemessungswerts der nichtperiodischen Rückwärts- Stoßspitzensperrspannung	84
Bild 54 – Schaltung zur Messung des Bemessungswerts der nichtperiodischen Vorwärts- Stoßspitzensperrspannung	85
Bild 55 – Schaltung zur Messung des Stoßstrom-Grenzwertes	87

Bild 56a – Grundschialtung zur Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei angelegter Rückwärts-Sperrspannung.....	89
Bild 56b – Strom- und Spannungsverlauf bei der Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei angelegter Rückwärts-Sperrspannung	89
Bild 56 – Grundschialtung und Strom- und Spannungsverlauf für den sinusförmigen Durchlassstrom bei angelegter Rückwärts-Sperrspannung.....	89
Bild 57 – Erweiterte Schaltung zur Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei angelegter Rückwärts-Sperrspannung.....	90
Bild 58a – Grundschialtung und Strom- und Spannungsverlauf für den sinusförmigen Durchlassstrom bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung. Grundschialtung zur Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung	91
Bild 58b – Grundschialtung und Strom- und Spannungsverlauf für den sinusförmigen Durchlassstrom bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung. Strom- und Spannungsverlauf bei der Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung.....	92
Bild 59 – Erweiterte Schaltung zur Messung des sinusförmigen Durchlassstroms bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung.....	93
Bild 60 – Grundschialtung (a) und Strom- und Spannungsverlauf (b) für den trapezförmigen Durchlassstrom bei angelegter Rückwärts-Sperrspannung	95
Bild 61 – Grundschialtung a) und Strom- und Spannungsverlauf b) für den trapezförmigen Durchlassstrom bei unterdrückter Rückwärts-Sperrspannung	97
Bild 62 – Schaltung zur Messung der kritischen Stromsteilheit	99
Bild 63 – Verlauf des Durchlassstroms für den di/dt -Bemessungswert	101
Bild 64 – Schaltung zur Messung des Gehäusegrenzstroms	102
Bild 65 – Verlauf des Rückwärts-Sperrstroms I_R durch den zu prüfenden Thyristor	102
Tabelle 1 – Mindest-Typ- und Stückprüfungen für rückwärts sperrende Thyristortrioden	104
Tabelle 2 – Ausfallbestimmende Kennwerte für die Annahme nach Dauerprüfungen	105
Tabelle 3 – Bedingungen für Dauerprüfungen	106

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47E/444/CD:2012 „Semiconductor devices – Discrete devices – Part 6: Thyristors“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 47E „Discrete semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 631.1 „Einzel-Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Halbleiterbauelemente – Einzel-Halbleiterbauelemente – Teil 6: Thyristoren

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60747 enthält Festlegungen für folgende Arten von Einzel-Halbleiterbauelementen:

- rückwärts sperrende Thyristortrioden,
- rückwärts leitende Thyristortrioden,
- Zweirichtungs-Thyristortrioden (Triacs),
- Ausschaltthyristoren (GTO-Thyristoren).

ANMERKUNG Wenn keine Missverständnisse auftreten können, dürfen alle vorstehend aufgeführten Arten von Einzel-Halbleiterbauelementen als Thyristoren bezeichnet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse über die aktuell geltenden Internationalen Normen.

IEC 60747-1, Ed. 2.1: 2010-08, *Semiconductor devices – Part 1: General*

IEC 60749-ff, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods*

IEC 60050-521, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 521: Semiconductor devices and integrated circuits*

IEC 60050-702, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 702: Oscillations, signals and related devices*

3 Begriffe

ANMERKUNG Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-521, IEC 60050-702, IEC 60747-1:2006 und deren Änderung 1 (2010) sowie die folgenden Begriffe.

3.1 Triac

Rückwärts sperrende Zweirichtungs-Thyristortriode

3.2 Weitere Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Hauptströme

3.2.1 Überstrom im rückwärts leitenden Zustand ($I_{RC(OV)}$)

Strom im rückwärts leitenden Zustand, dessen kontinuierliche Anwendung zur Überschreitung des höchsten Bemessungswertes der Ersatz-Sperrschichttemperatur führen würde.

3.2.2 Stoßstrom im rückwärts leitenden Zustand (I_{RCSM})

Nichtperiodischer Rückwärts-Spitzenstromimpuls von kurzer Dauer und mit festgelegter Kurvenform.

3.2.3 Rückwärts-Leckstrom (I_{RR})

Rückwärtsstrom, der beim Anlegen der Rückwärts-Sperrspannung an das Bauelement auftritt.

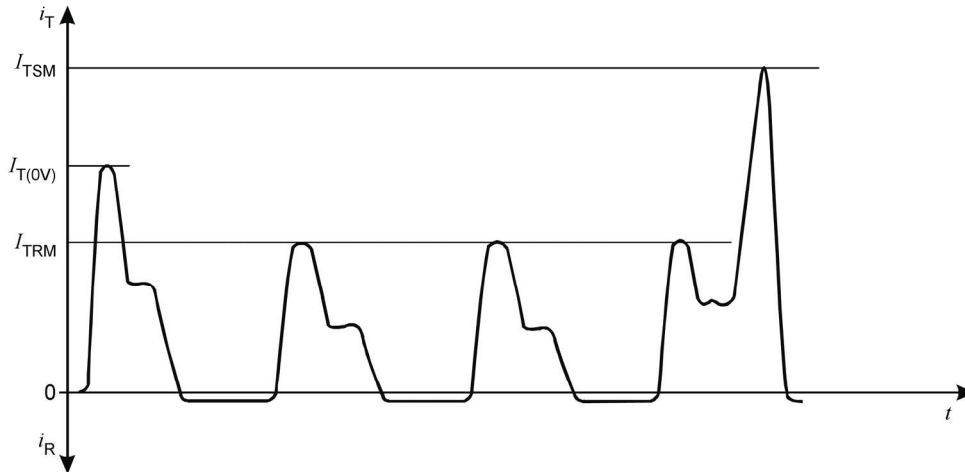


Bild 1 – Spitzenwerte von Durchlassströmen

3.2.4 Durchlass-Überstrom ($I_{T(OV)}$)

Durchlassstrom, dessen kontinuierliche Anwendung zur Überschreitung des höchsten Bemessungswertes der Ersatz-Sperrschichttemperatur führen würde (siehe Bild 1).

3.2.5 Stoßstrom-Grenzwert (I_{TSM})

Nichtperiodischer Durchlassstromimpuls von kurzer Dauer und mit festgelegter Kurvenform.

ANMERKUNG Das Auftreten von I_{TSM} führt zur Überschreitung des höchsten Bemessungswertes der Ersatz-Sperrschichttemperatur, jedoch wird angenommen, dass dieser Durchlassstromimpuls während der Betriebslebensdauer des Bauelements nur selten und in begrenzter Anzahl auftritt und als Folge unüblicher Schaltungsbedingungen (z. B. eines Fehlers) anzusehen ist (siehe Bild 1).

3.2.6 Schweißstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_Z)

Anodenstrom, der während der Schweißzeit fließt (siehe Bild 8).

3.2.7 Spitzen-Schweißstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_{ZM})

Spitzenwert des Schweißstroms, der kurz nach Beginn der Schweißzeit auftritt (siehe Bild 8).

3.2.8 Gehäusegrenzstrom (I_{RSMC})

Spitzenwert des Stroms, der nicht zu einem Bersten des Gehäuses oder zum Austritt eines Plasmastrahls führt.

3.3 Weitere Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Steuerspannungen und -ströme

3.3.1 Trage-Steuerstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_{FGSUS})

Kleinsten erforderlicher Vorwärts-Steuerstrom, um sicherzustellen, dass bei einem Abfall des Anodenstroms unterhalb des Wertes, der erforderlich ist, um alle unterteilten Kathodenbereiche leitend zu halten, diese Bereiche bei erneuter Erhöhung des Anodenstroms wieder leitend werden.

3.3.2 Abschalt-Steuerspannung (eines Ausschaltthyristors) (U_{RGQ})

Rückwärts-Steuerspannung während der Zeitspanne, in der der Thyristor abschaltet.

3.3.3 Abschalt-Spitzensteuerspannung (eines Ausschaltthyristors) (U_{RGQM})

Spitzenwert der Abschalt-Steuerspannung am Ende ihres raschen Anstiegs, nachdem der Spitzenwert des Abschalt-Steuerstroms (I_{RGQM}) erreicht wurde.

3.3.4 Abschalt-Steuersperrspannung (eines Ausschaltthyristors) (U_{RGQB})

Im Wesentlichen konstanter Wert der Abschalt-Steuerspannung, die am Ende des Abschaltvorgangs auftritt, vorausgesetzt die Steuerschaltung unterstützt diesen Vorgang durch Aufrechterhalten der Abschalt-Steuerspannung auf einen Wert, der höher als die Steuerspannung im Vorwärts-Sperrzustand ist.

3.3.5 Steuerspannung im Vorwärts-Sperrzustand (eines Ausschaltthyristors) (U_{RGB})

Rückwärts-Steuerspannung während der Zeitspanne, die dem Abschalten des Thyristors folgt.

3.3.6 Durchlass-Steuersperrstrom (I_{FGB})

Vorwärts-Steuerstrom während der Zeitspanne, die dem Einschalten des Thyristors folgt.

3.3.7 Abschalt-Steuerstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_{RGQ})

Rückwärts-Steuerstrom während der Zeitspanne, in der der Thyristor abschaltet.

3.3.8 Abschalt-Steuersperrstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_{RGQB})

Zur Abschalt-Steuersperrspannung U_{RGQB} gehöriger Steuerstrom.

3.3.9 Abschalt-Spitzensteuerstrom (eines Ausschaltthyristors) (I_{RGQM})

Spitzenwert des Rückwärts-Steuerstroms, der am Ende des raschen Anstiegs zu Beginn des Abschaltvorgangs erreicht wird.

ANMERKUNG Festlegungen beziehen sich auf den kleinsten Wert von I_{RGQM} , den der Abschalt-Steuerimpuls-Generator als Funktion des Spitzendurchlassstroms, der unter festgelegten Bedingungen abgeschaltet wird, zur Verfügung stellen kann.

3.4 Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Leistungen, Energien und Verluste

ANMERKUNG 1 Alle Definitionen sind im Hinblick auf Thyristortrioden abgefasst. Falls zutreffend, gelten sie auch für Thyristordioden.

ANMERKUNG 2 Sofern nicht anders festgelegt, beziehen sich alle Definitionen für Leistung, Energie und Verluste auf das Produkt von Anoden- oder Hauptstrom und Anoden- bzw. Hauptspannung.

ANMERKUNG 3 Zu Ausschaltthyristoren siehe Bild 2.

3.4.1 Augenblickswert der Leistung während einer Periode

ANMERKUNG 1 Die folgenden Definitionen beziehen sich auf eine chronologische Aufteilung der Periodenzeit in gesonderte Intervalle, während deren sich der Thyristor in einem bestimmten Zustand befindet oder in denen ein Zustandswechsel erfolgt.

ANMERKUNG 2 Es handelt sich um allgemeine Definitionen. Sie berücksichtigen nicht, dass Beginn und Ende der entsprechenden Zeitintervalle definiert werden sollten, um Festlegungen für die abgeleiteten Kennwerte des „mittleren Teilleistungsverlusts“ und des „Teilenergieverlusts“ sinnvoll zu treffen. Angaben zur Festlegung dieser Zeiten aber sind in den entsprechenden Anmerkungen enthalten.

3.4.1.1 Rückwärts-Leistung (P_R)

Leistung, wenn der Thyristor im Rückwärts-Sperrzustand ist.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, bezieht sich der Begriff auf die Leistung im Zeitintervall zwischen dem Ende der Abschaltzeit und dem Wechsel vom rückwärts sperrenden Zustand in den Vorwärts-Sperrzustand (entweder $I = 0$ oder $U = 0$).

3.4.1.2 Leistung im rückwärts leitenden Zustand (eines rückwärts leitenden Thyristors) (P_{RC})

Leistung, während der Thyristor im rückwärts leitenden Zustand ist.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, bezieht sich der Begriff auf die Leistung im Zeitintervall zwischen dem Ende der Abschaltzeit und dem Wechsel vom rückwärts leitenden Zustand in den Vorwärts-Sperrzustand (entweder $I = 0$ oder $U = 0$).

3.4.1.3 Vorwärts-Sperrleistung (P_D)

Leistung, während der Thyristor im Vorwärts-Sperrzustand ist.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, bezieht sich der Begriff auf die erzeugte Leistung im Zeitintervall zwischen dem Übergang vom Ursprung des rückwärts sperrenden (oder leitenden) Zustands in den Vorwärts-Sperrzustand ($I = 0$ oder $U = 0$) und dem Beginn der Einschaltzeit; zusätzlich bei Ausschaltthyristoren während des Zeitintervalls zwischen dem Ende der Abschaltzeit und dem Übergang vom Ursprung des Vorwärts-Sperrzustands in den rückwärts sperrenden (oder leitenden) Zustand.

3.4.1.4 Einschaltleistung (P_{TT})

Leistung im Zeitintervall, in dem der Thyristor einschaltet.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, entspricht dieses Zeitintervall der Einschaltzeit.

3.4.1.5 Abschaltleistung (P_{RQ}); bei Ausschaltthyristoren: (P_{DQ})

Leistung im Zeitintervall, in dem der Thyristor abschaltet.

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, entspricht dieses Zeitintervall der Abschaltzeit.

3.4.2 Mittlere Verlustleistung

3.4.2.1 Mittlere Teilverlustleistung

Mittelwert des Augenblickswerts der Verlustleistung innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls einer Periode, gemittelt über die volle Periode.

3.4.2.2 Mittlere Gesamtverlustleistung ($P_{\text{tot(AV)}}$)

Summe aller mittleren Teilverlustleistungen und der mittleren Steuerverlustleistung während einer vollen Periode

$$P_{\text{tot(AV)}} = P_{\text{T(AV)}} + P_{\text{add(AV)}} + P_{\text{G(AV)}}$$

3.4.2.3 Mittlere Durchlassverlustleistung ($P_{\text{T(AV)}}$)

Mittlere Teilverlustleistung, die durch die Durchlassleistung bedingt ist.

3.4.2.4 Mittlere zusätzliche Leistungsverluste ($P_{\text{add(AV)}}$)

Summe aus: $P_{\text{add(AV)}} = P_{\text{TT(AV)}} + P_{\text{RQ(AV)}} + P_{\text{D(AV)}} + P_{\text{R(AV)}}$

Bei Ausschaltthyristoren wird $P_{\text{RQ(AV)}}$ durch $P_{\text{DQ(AV)}}$ ersetzt.

3.4.2.5 Mittlere Einschaltverlustleistung ($P_{\text{TT(AV)}}$)

Mittlere Teilverlustleistung, die durch die Einschaltleistung bedingt ist.

3.4.2.6 Mittlere Abschaltverlustleistung ($P_{\text{RQ(AV)}}$); bei Ausschaltthyristoren: ($P_{\text{DQ(AV)}}$)

Mittlere Teilverlustleistung, die durch die Abschaltleistung bedingt ist.

3.4.2.7 Mittlere Vorwärts-Sperrverlustleistung ($P_{\text{D(AV)}}$)

Mittlere Teilverlustleistung, die durch die Vorwärts-Sperrleistung bedingt ist.

3.4.2.8 Mittlere Rückwärts-Verlustleistung ($P_{\text{R(AV)}}$)

Mittlere Teilverlustleistung, die durch die Rückwärts-Leistung bedingt ist.

3.4.2.9 Mittlere Steuerverlustleistung ($P_{\text{G(AV)}}$)

Steuerverlustleistung gemittelt über eine volle Periode.

3.4.3 Energieverluste

ANMERKUNG Zu Ausschaltthyristoren siehe Bild 3.

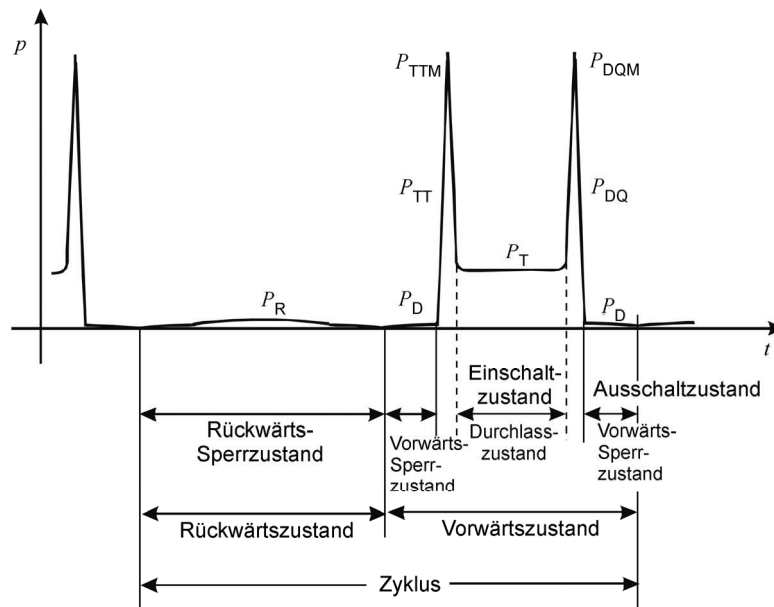
3.4.3.1 Dynamischer Durchlass-Energieverlust (E_{T})

Gesamter Energieverlust von dem Augenblick, in dem der ansteigende Durchlassstrom einen festgelegten unteren Wert erreicht, bis zu dem Augenblick, der den Beginn der Abschaltzeit bestimmt.

3.4.3.2 Maßgebender Durchlass-Energieverlust (E_{TB})

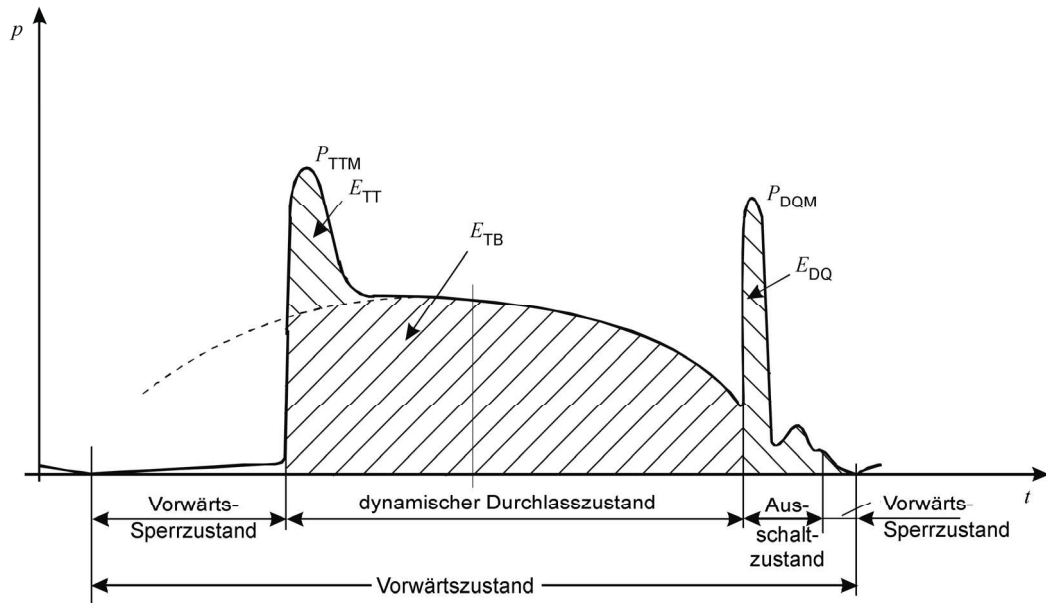
Energieverlust, der sich infolge des Durchlassstromflusses ergeben würde, wenn der Thyristor während der gesamten Durchlassperiode voll eingeschaltet wäre.

ANMERKUNG Dieser Energieverlust kann nur durch Berechnungen, auf der Grundlage der beobachteten Stromkurve, bestimmt werden. Die Berechnungsmethode ist festzulegen.



- P_R Rückwärts-Leistung
- P_D Vorwärts-Sperrleistung
- P_{DQ} Abschaltleistung
- P_T Durchlassleistung
- P_{TT} Einschaltleistung

Bild 2 – Teilleistungen (Teilverlustleistungen) eines Ausschaltthyristors bei relativ niedrigen Frequenzen



E_{TB} maßgebender Durchlass-Energieverlust

E_{TT} zusätzlicher Einschalt-Energieverlust

$E_T = E_{TB} + E_{TT}$ dynamischer (Gesamt-)Durchlass-Energieverlust

E_{DQ} Abschalt-Energieverlust

Bild 3 – Bestandteile der dynamischen Durchlass-Energieverluste eines Ausschaltthyristors bei relativ hohen Frequenzen

3.4.3.3 Zusätzlicher Einschalt-Energieverlust (E_{TT})

Berechnete Differenz zwischen dem dynamischen Durchlass-Energieverlust und dem maßgebenden Durchlass-Energieverlust.

$$E_{TT} = E_T - E_{TB}$$

3.4.3.4 Abschalt-Energieverlust (E_{RQ}); bei Ausschaltthyristoren: (E_{DQ})

Energieverlust während der Abschaltzeit.

3.5 Begriffe, Formelzeichen und Definitionen bezogen auf Bemessungs- und Kennwerte; Erholzeiten und sonstige Kennwerte

3.5.1 Durchlass-Ersatzwiderstand (r_T)

Widerstandswert, der sich aus der Steigung der Ersatzgeraden der Durchlasskennlinie, die diese Kennlinie an zwei festgelegten Punkten schneidet, errechnet.

3.5.2 Durchlass-Schwellenspannung ($U_{T(TO)}$, $U_{(TO)}$)

Wert der Durchlassspannung, welcher am Schnittpunkt der Ersatzgeraden mit der Spannungsachse erreicht wird.

3.5.3 Erholzeiten

3.5.3.1 Sperrverzögerungszeit (eines rückwärts sperrenden Thyristors) (t_{rr})

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Strom während der Änderung vom Durchlasszustand in den Rückwärts-Sperrzustand durch null geht, und
- dem Augenblick, in dem entweder der Rückwärtsstrom von seinem Spitzenwert I_{RM} auf einen festgelegten unteren Wert reduziert wird (wie in Bild 4a) dargestellt, der aber auch null sein kann) oder der extrapolierte Rückwärtsstrom null erreicht (wie in Bild 4b) dargestellt).

ANMERKUNG 1 Die Extrapolation wird, wie in der verallgemeinerten Form in Bild 4b) dargestellt, im Hinblick auf die festgelegten Punkte A und B durchgeführt. Punkt A kann als I_{RM} festgelegt sein.

ANMERKUNG 2 Festgelegte Werte von t_{rr} beziehen sich auf eine festgelegte Kurvenform des vorausgehenden Durchlassstromimpulses, die entweder einer Sinus-Halbkurve (durchgezogene Linie) oder einer trapezförmigen Kurve (gestrichelte Linie) entsprechen kann.

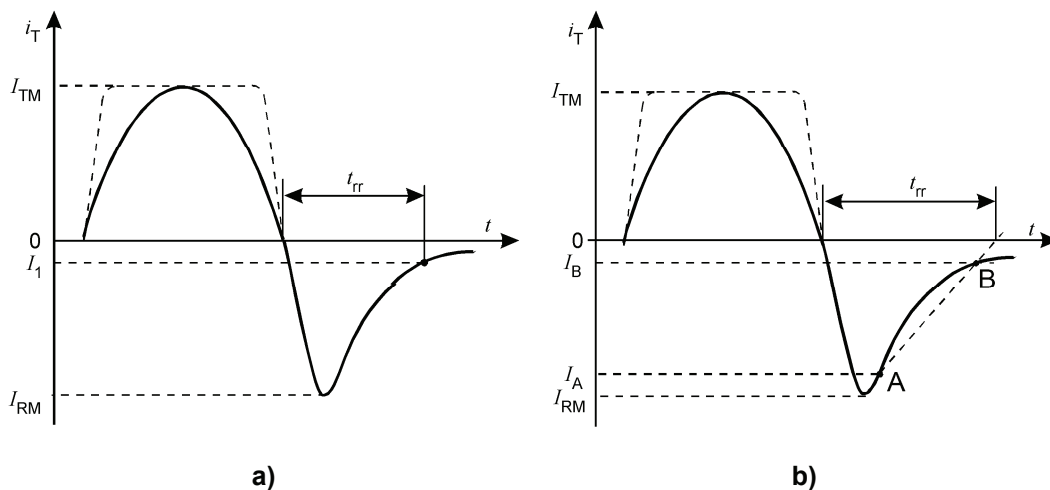


Bild 4 – Sperrverzögerungszeit: a) durch einen festgelegten Wert bestimmt, b) durch Extrapolation bestimmt

3.5.3.2 Vorwärts-Sperrerrholzeit (eines rückwärts leitenden Thyristors) (t_{dr})

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Strom während der Änderung vom rückwärts leitenden Zustand in den Vorwärts-Sperrzustand durch null geht, und
- dem Augenblick, in dem entweder der Vorwärts-Sperrstrom von seinem Spitzenwert I_{DM} auf einen festgelegten unteren Wert I_1 reduziert wird (wie in Bild 5a) dargestellt, der aber auch null sein kann) oder der extrapolierte Rückwärtsstrom null erreicht (wie in Bild 5b) dargestellt).

ANMERKUNG 1 Die Extrapolation wird, wie in der verallgemeinerten Form in Bild 5b) dargestellt, im Hinblick auf die festgelegten Punkte A und B durchgeführt. Punkt A kann als I_{DM} festgelegt sein.

ANMERKUNG 2 Festgelegte Werte von t_{dr} beziehen sich auf eine festgelegte Kurvenform des vorausgehenden Rückwärts-Stromimpulses, die entweder einer Sinus-Halbkurve (durchgezogene Linie) oder einer trapezförmigen Kurve (gestrichelte Linie) entsprechen kann.

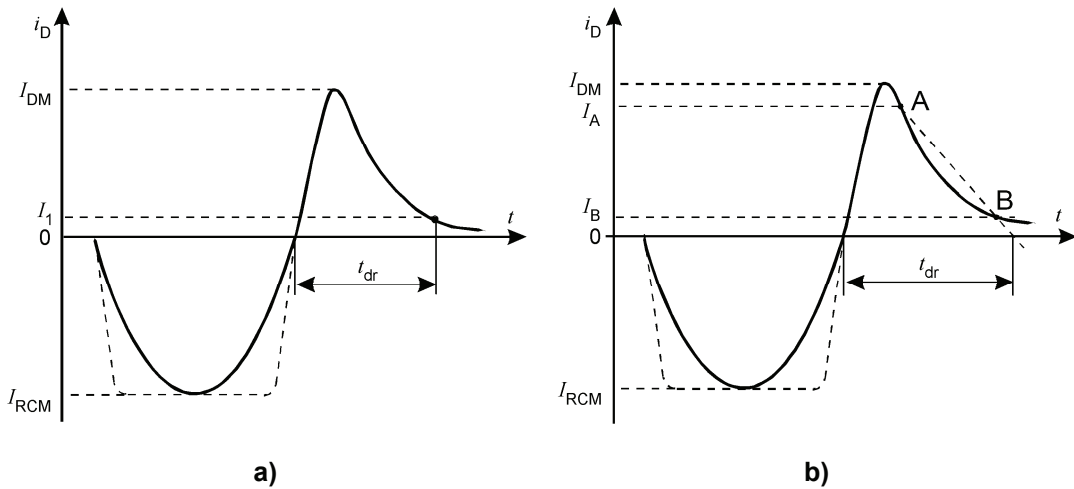


Bild 5 – Vorwärts-Sperrerrholzeit: a) durch einen festgelegten Wert bestimmt, b) durch Extrapolation bestimmt

3.5.3.3 Freiwerdezeit (t_q)

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Durchlassstrom nach dem externen Schalten der Hauptschaltung auf null zurückgegangen ist, und
- dem frühesten Augenblick, in dem eine steil ansteigende Vorwärts-Sperrspannung, die der Thyristor ohne zu kippen aushalten kann, entweder durch null geht (Kurve a) in Bild 6) oder bei einem niedrigen positiven Wert (Kurve b) in Bild 6) beginnt.

ANMERKUNG Kurve a) bezieht sich auf eine einfache rückwärts sperrende Thyristortriode. Kurve b) kann, bedingt durch die Induktivität der Diodenanschlüsse, auftreten, wenn der Thyristor durch eine externe oder interne umgekehrt gepolte Diode (rückwärts leitender Thyristor) überbrückt ist.

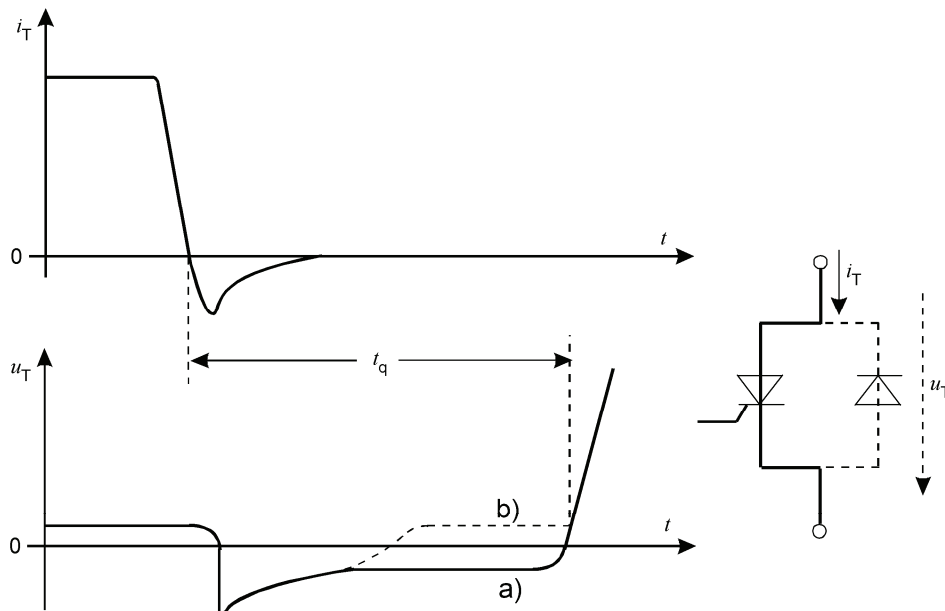


Bild 6 – Freiwerdezeit

3.5.3.4 Schonzeit (in einem Umformer) (t_H)

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Anodenstrom des Thyristors eines Umformers auf null zurückgegangen ist, und
- dem Augenblick, in dem an demselben Thyristor die Vorwärts-Sperrspannung auftritt.

ANMERKUNG Die Schonzeit ist kein Kennwert des Thyristors, sondern eine Betriebsbedingung des Umformers. Sie überschreitet die längste zu erwartende einzelne Freierdezeit, die ebenfalls von den Betriebsbedingungen des Umformers abhängt.

3.5.4 Charakteristische Zünd- und Anstiegszeiten des Einschaltvorgangs

ANMERKUNG 1 Die festgelegten Begriffe beziehen sich auf den Schaltvorgang eines Thyristors vom Vorwärts-Sperrzustand in den Durchlasszustand mittels eines Vorwärts-Steuertreiber-Stromimpulses (siehe Bild 7).

ANMERKUNG 2 Die Strom- und Spannungsbezugswerte, die in den folgenden Abschnitten angegeben werden, sind üblicherweise wie folgt festgelegt:

Steuerstrom:

- festgelegter unterer Wert: 10 % von I_{FGTM} ,
- festgelegter Pegel für die Messung von t_{gtw} und di_G/dt : 50 % von I_{FGTM} .

Anodenspannung:

- festgelegter oberer Wert: 90 % von U_D ,
- festgelegter unterer Wert: 10 % von U_D (wobei U_D die Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten ist),

Anodenstrom:

- festgelegter Pegel für die Messung von di_G/dt : 50 % von I_{TM} .

3.5.4.1 Zündverzugszeit (t_d)

Zeitintervall zwischen dem Augenblick, in dem der ansteigende Steuerstrom einen festgelegten unteren Wert erreicht, und dem Augenblick, in dem die abfallende Vorwärts-Sperrspannung einen festgelegten Wert nahe ihrem anfänglichen U_D -Wert erreicht.

3.5.4.2 Zünd-Einschaltanstiegszeit (Durchschaltzeit) (t_{gr})

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem die Vorwärts-Sperrspannung den festgelegten oberen Wert erreicht, auf den in 3.5.4.1 Bezug genommen wird, und
- dem Augenblick, in dem die abfallende Vorwärts-Sperrspannung den festgelegten unteren Wert nahe dem endgültigen Beharrungswert erreicht.

ANMERKUNG Wenn keine Missverständnisse auftreten können, darf der verkürzte Begriff „Einschaltanstiegszeit“ verwendet werden.

3.5.4.3 Zünd-einschaltzeit (t_{gt})

Summe der Zündverzugszeit und der Durchschaltzeit:

$$t_{gt} = t_{gd} + t_{gr}$$

ANMERKUNG Wenn keine Missverständnisse auftreten können, darf der verkürzte Begriff „Einschaltzeit“ verwendet werden.

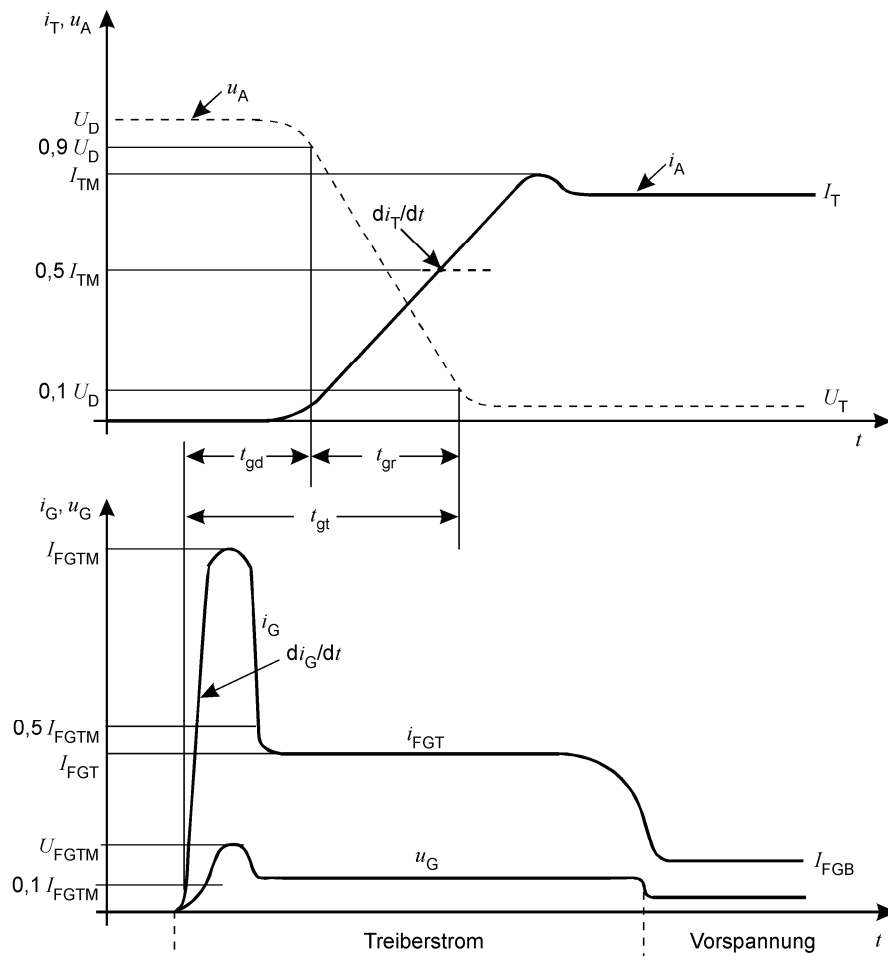


Bild 7 – Zünd- und Anstiegszeiten

3.5.5 Charakteristische Zünd- und Anstiegszeiten des Abschaltvorgangs

ANMERKUNG 1 Die festgelegten Begriffe beziehen sich auf den Schaltvorgang eines Ausschaltthyristors vom Durchlasszustand in den Vorwärts-Sperrzustand mittels eines Rückwärts-Steuertreiber-Stromimpulses, der durch einen zusätzlichen Rückwärts-Steuertreiber-Spannungsimpuls unterstützt wird und dem ein kleinerer Rückwärts-Steuersperrstrom folgt (siehe Bild 8).

ANMERKUNG 2 Die Strom- und Spannungsbezugswerte, die in 3.5.5.1 bis 3.5.5.6 angegeben werden, sind üblicherweise wie folgt festgelegt:

Steuerstrom:

- festgelegter unterer Wert nahe null: 10 % von I_{RGQM} ,
- festgelegter Pegel für die Messung von di_{RG}/dt : 50 % von I_{RGQM} ,

Anodenstrom:

- oberer Bezugswert: 90 % von I_T ,

Anodenspannung:

- festgelegter Pegel für die Messung von du_D/dt : 50 % von U_{DQM} .

3.5.5.1 Zünd-Abschaltverzugszeit (t_{dq})

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der ansteigende Rückwärts-Steuerstrom einen unteren Bezugswert nahe null erreicht, und
- dem Augenblick, in dem der Anodenstrom auf einen oberen Bezugswert nahe seinem anfänglichen Wert I_T gefallen ist.

ANMERKUNG Wenn keine Missverständnisse auftreten können, darf der verkürzte Begriff „Abschaltverzugszeit“ verwendet werden.

3.5.5.2 Zünd-Abschaltfallzeit (t_{fq})

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Anodenstrom den in 3.5.5.1 angegebenen oberen Bezugswert erreicht, und
- dem Augenblick, in dem der Anodenstrom, am Ende seines steilen Abfalls, den Talstrom I_{ZV} erreicht.

Wenn keine Missverständnisse auftreten können, darf der verkürzte Begriff „Abschaltfallzeit“ verwendet werden.

3.5.5.3 Zündabschaltzeit (t_{gq})

Summe der Zünd-Abschaltverzugszeit und der Zünd-Abschaltfallzeit:

$$t_{gq} = t_{dq} + t_{fq}$$

ANMERKUNG Wenn keine Missverständnisse auftreten können, darf der verkürzte Begriff „Abschaltzeit“ verwendet werden.

3.5.5.4 Schweifzeit (t_z)

Zeitintervall zwischen

- dem Augenblick, in dem der Anodenstrom auf den in 3.5.5.2 angegebenen Talstrom I_{ZV} gefallen ist, und
- dem Augenblick, in dem der extrapolierte Schweifstrom null erreicht

ANMERKUNG Sofern nicht anders festgelegt, wird die Extrapolation zwischen dem höchsten Punkt des Schweifstroms I_{ZM} und $I_{ZL} = 25 \% I_{ZM}$ (siehe Bild 8) durchgeführt.

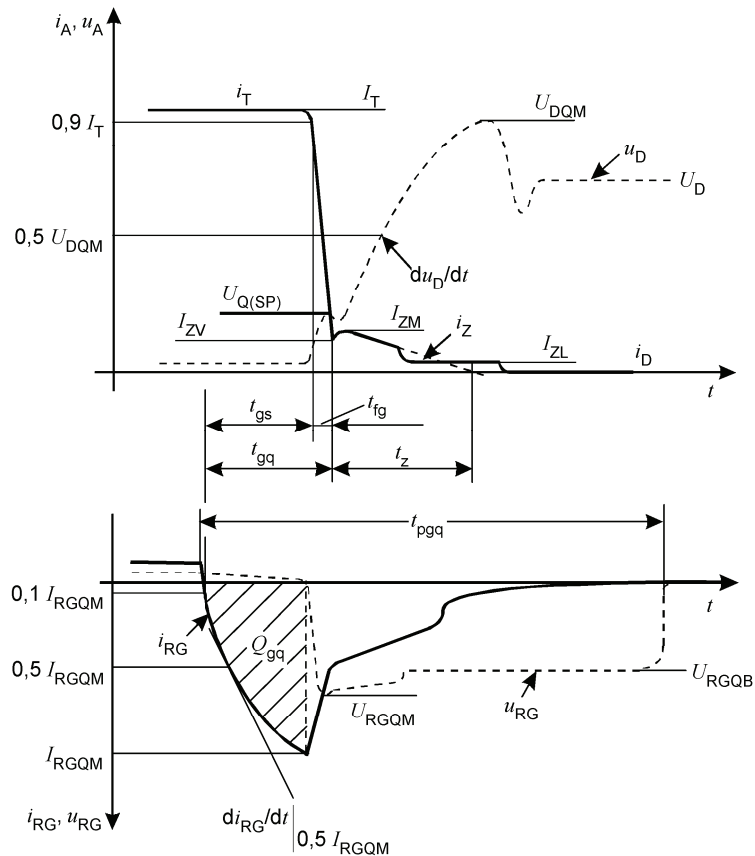


Bild 8 – Zündabschaltzeiten

3.5.5.5 Zündabschalt-Treiberimpulsdauer (t_{pgq})

Dauer des Rückwärts-Zündtreiberspannungsimpulses, gemessen zwischen zwei festgelegten Pegeln der Rückwärts-Zündtreiberspannung.

3.5.5.6 Kritische Zündabschalt-Treiberimpulsdauer ($t_{pgq(cr)}$)

Niedrigster Wert, auf den die Zündabschalt-Treiberimpulsdauer verringert werden kann, ohne dass der Thyristor nicht mehr abschaltet.

3.5.6 Sperrverzögerungsladungen

3.5.6.1 Sperrverzögerungsladung (einer rückwärts sperrenden Thyristortriode) (Q_r)

Gesamtladung, die von einem Thyristor während einer festgelegten Integrationszeit nach dem Umschalten von einer festgelegten Durchlassstrom-Belastung auf einen festgelegten Rückwärts-Sperrzustand abgegeben wird:

$$Q_r = \int_{t_0}^{t_0+t_i} i_R dt$$

Dabei ist

t_0 der Augenblick, in dem der Strom durch den Nullpunkt geht;

t_i das festgelegte Integrationsintervall (siehe Bild 9).

ANMERKUNG Die Sperrverzögerungsladung umfasst Bestandteile sowohl aus der Ladungsträgerspeicherung als auch aus der Kapazität der Verarmungsschicht.

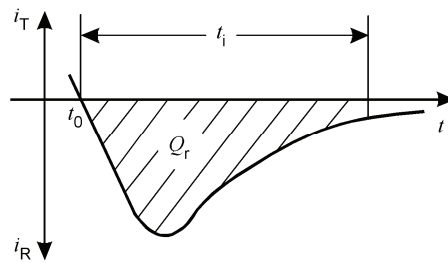


Bild 9 – Sperrverzögerungsladung Q_r

3.5.6.2 Verzögerungsladung im Vorwärts-Sperrzustand (einer rückwärts leitenden Thyristortriode) (Q_{dr})

Gesamtladung, die von einem Thyristor während einer festgelegten Integrationszeit nach dem Umschalten von einer festgelegten Rückwärtssperrstrom-Belastung auf einen festgelegten Vorwärts-Sperrzustand abgegeben wird:

ANMERKUNG Die in 3.5.6.1 angegebene Gleichung und Bild 9 gelten entsprechend.

3.5.6.3 Abschallladung im Steuerkreis (eines Ausschaltthyristors) (Q_{gq})

Gesamtladung, abgeleitet aus der Integration des Rückwärts-Steuerstroms zwischen dem Augenblick, in dem der abfallende Vorwärts-Steuerstrom die Nulllinie kreuzt, und dem Augenblick, in dem der Rückwärts-Steuerstrom seinen Spitzenwert I_{RGQM} (siehe Bild 8) erreicht.

4 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für rückwärts sperrende und rückwärts leitende Thyristortrioden

4.1 Allgemeines

Die Regeln nach IEC 60747-1, Abschnitt 5, gelten mit den folgenden Ergänzungen.

Die Bemessungsspannungen und -ströme gelten über den Bemessungsbereich der Betriebstemperaturen. Sind die Bemessungswerte temperaturabhängig, dann sollte diese Abhängigkeit angegeben werden.

4.2 Bemessungswerte (Grenzwerte)

4.2.1 Mindest- und Höchstwert der Lagertemperatur (T_{stg})

4.2.2 Mindest- und Höchstwert der Betriebsumgebungs- oder Gehäusetemperatur (T_a oder T_c)

4.2.3 Höchste Gesamtverlustleistung (P_{tot} oder P_C)

Wird der thermische Widerstand nicht als Kennwert angegeben, ist auch die höchste Gesamtverlustleistung als Funktion der Temperatur über den Bereich der Betriebstemperaturen anzugeben.

4.2.4 Besondere Anforderungen an Belüftung und/oder Befestigung

4.2.5 Anoden-Kathoden-Spannungen und -ströme

4.2.5.1 Höchste nichtperiodische Rückwärts-Stoßspitzensperrspannung (U_{RSM}) (bei rückwärts sperrenden Thyristoren)

Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.2 Höchste periodische Rückwärts-Spitzensperrspannung (U_{RRM}) (bei rückwärts sperrenden Thyristoren)

Unter festgelegten Impulsbedingungen. Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.3 Höchste Rückwärts-Scheitersperrspannung (U_{RWM}) (sofern zutreffend) (bei rückwärts sperrenden Thyristoren)

Mit Halbsinus-Kurvenform bei Netzfrequenz, üblicherweise 50 Hz oder 60 Hz (Dauer: 10 ms oder 8,3 ms).

4.2.5.4 Höchste Rückwärts-Gleichsperrspannung (U_R) (sofern zutreffend) (bei rückwärts sperrenden Thyristoren)

4.2.5.5 Höchster nichtperiodischer Rückwärts-Stoßspitzensperrstrom (I_{RSM}) (bei rückwärts leitenden Thyristoren)

Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.6 Höchster periodischer Rückwärts-Spitzensperrstrom (I_{RRM}) (bei rückwärts leitenden Thyristoren)

Unter festgelegten Impulsbedingungen. Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.7 Höchster Rückwärts-Gleichsperrstrom (I_R) (sofern zutreffend) (bei rückwärts leitenden Thyristoren)

Unter festgelegten Temperatur- und U_R -Bedingungen.

4.2.5.8 Nichtperiodische Vorwärts-Stoßspitzensperrspannung (U_{DSM})

Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.9 Höchste periodische Vorwärts-Spitzensperrspannung (U_{DRM})

Wenn dieser Wert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

4.2.5.10 Höchste Vorwärts-Gleichsperrspannung (U_D) (sofern zutreffend)

Unter festgelegten Bedingungen des Ansteuersignals und der Impedanz des Steuerstromkreises.

4.2.6 Steuerspannungen

Steuerspannungen werden bei einem kathodenseitig steuerbaren Thyristor zwischen Steueranschluss und Kathodenanschluss (Steueranschluss positiv bei Vorwärtssteuerspannung), bei einem anodenseitig steuerbaren Thyristor zwischen Anodenanschluss und Steueranschluss (Anode positiv bei Vorwärtssteuerspannung) angelegt. Siehe hierzu Bild 10.

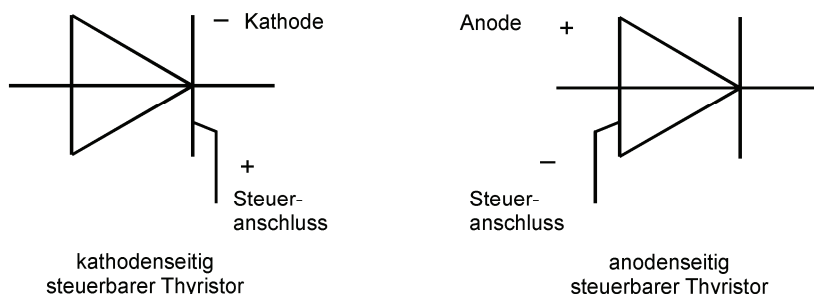


Bild 10 – Anwendung von Steuerspannungen bei Thyristoren

4.2.7 Durchlassströme

ANMERKUNG 1 Bauelemente dürfen Überlastströmen so oft ausgesetzt werden, wie es für den Einsatz erforderlich ist, während sie an üblichen Betriebsspannungen anliegen.

ANMERKUNG 2 Sofern nicht anders angegeben, beruhen Festlegungen für den Bemessungs-(Grenz-)Wert eines Durchlass-Überstroms auf einer Kurvenform, die im Wesentlichen der Kurvenform für den Bemessungswert des Durchlassstroms entspricht.

4.2.7.1 Höchster Dauergrenzstrom

Für den Dauerbetrieb bei Einwegschaltungen mit einem Stromflusswinkel von 180° und mit Rechteckimpulsen unterschiedlicher Stromflusswinkel von mindestens 180° und 120° bei 50 Hz oder 60 Hz, als Funktion der Umgebungs- oder Gehäusetemperatur.

4.2.7.2 Höchster periodischer Spitzendurchlassstrom (sofern zutreffend)

Bei Dauerbetrieb. Dieser Bemessungswert ist mit Bezug auf den Durchlass-Stromflusswinkel, die Kühlbedingungen und die Betriebsfrequenz anzugeben.

4.2.7.3 Höchster Durchlassstrom-Effektivwert (sofern zutreffend)

4.2.7.4 Höchster Durchlass-Überstrom (sofern zutreffend)

4.2.7.5 Höchster Durchlass-Stoßstrom

Beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur als Anfangsbedingung.

Stoßstrom-Grenzwerte sind für folgende Zeitspannen anzugeben:

- a) Für Zeiten kürzer als eine Halbperiode (bei 50 Hz oder 60 Hz), jedoch länger als etwa 1 ms als höchster Bemessungswert des Integrals

$$\int i^2 dt$$

Diese Bemessungswerte können als Kurve oder als festgelegte Werte angegeben werden. Sie gelten unter der Annahme, dass unmittelbar nach der Beanspruchung keine Rückwärts- oder Vorwärts-Sperrspannung auftritt.

Für schnell einschaltende Thyristoren oder schnelle Plasma ausbreitende Thyristoren, z. B. Thyristoren, deren Steueranschlüsse eine verzweigte oder eine Interdigitalstruktur aufweisen, können Zeiten unter 1 ms notwendig sein.

- b) Für Zeiten gleich einer oder länger als eine Halbperiode, jedoch kürzer als 15 Perioden (bei 50 Hz oder 60 Hz) in Form einer Kurve des höchsten Stoßstrom-Bemessungswertes als Funktion der Zeit. Dabei kann die Steuerfähigkeit vorübergehend verloren gehen.

Diese Bemessungswerte sollten vorzugsweise für eine Rückwärts-Sperrspannung von 80 % der höchsten periodischen Rückwärts-Spitzensperrspannung angegeben werden. Zusätzlich können Bemessungswerte für Rückwärts-Sperrspannungen von 50 % oder 100 % der höchsten periodischen Rückwärts-Spitzensperrspannung angegeben werden.

- c) Für die Zeitspanne einer Periode ohne nachfolgende Rückwärts-Sperrspannung.

4.2.7.6 Höchster Spitzenwert eines sinusförmigen Durchlassstroms bei höheren Frequenzen (sofern zutreffend)

Kurven des höchsten Durchlassstrom-Spitzenwertes als Funktion der Dauer der halbsinusförmigen Stromimpulse mit der Wiederholfrequenz als Parameter, unter folgenden Bedingungen:

- festgelegte Gehäusetemperatur;
- festgelegte Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten;
- festgelegte Rückwärts-Sperrspannung;
- festgelegte Bedingungen im Steuerstromkreis während des Ein- und Abschaltens;
- festgelegte RC-Beschaltung (Dämpfungsschaltung).

Bild 11a wird als Beispiel angegeben. Bild 11b dient nur zur Erläuterung.

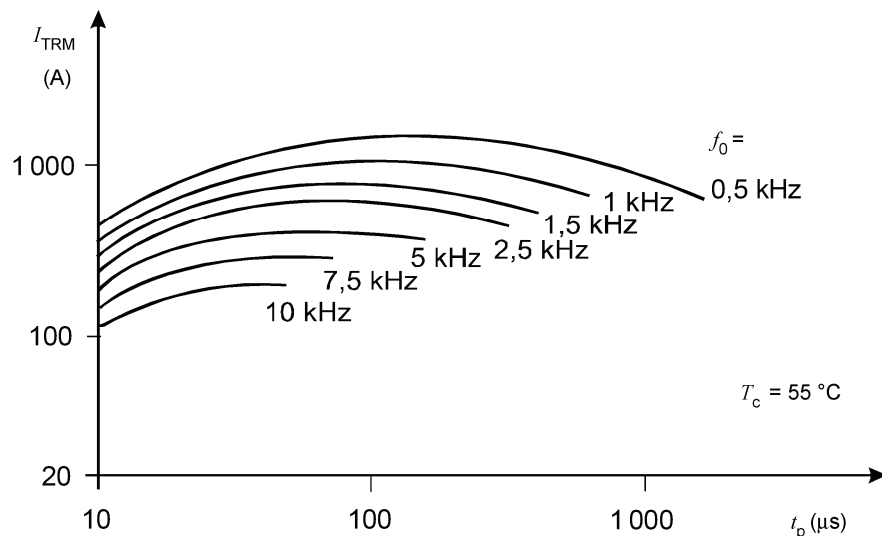


Bild 11a – Höchster Bemessungsspitzenwert eines sinusförmigen Durchlassstroms I_{TRM} (siehe Bild 11b) als Funktion der Impulsdauer t_p mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$

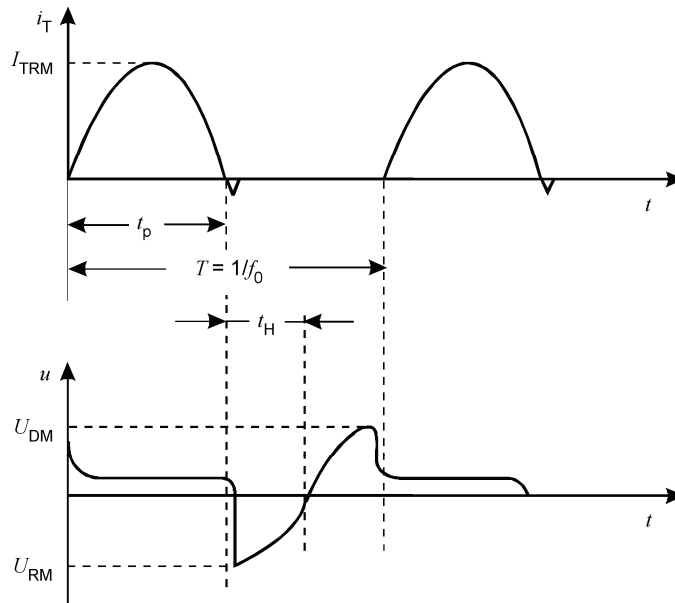


Bild 11b – Typischer Strom- und Spannungsverlauf eines sinusförmigen Durchlassstromimpulses; t_H ist die Schonzeit (siehe 3.5.3.4)

ANMERKUNG Der Stromverlauf enthält den durch die RC-Beschaltung verursachten Stromimpuls.

4.2.7.7 Höchster Spitzenwert eines trapezförmigen Durchlassstroms bei höheren Frequenzen (sofern zutreffend)

Kurven des höchsten Durchlassstrom-Spitzenwertes als Funktion der Anstiegssteilheit des Durchlassstroms, der Wiederholfrequenz und entweder des Tastverhältnisses oder der Impulsdauer, unter folgenden Bedingungen:

- a) festgelegte Gehäusetemperatur;
- b) festgelegte Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten;
- c) festgelegte Rückwärts-Sperrspannung;

ANMERKUNG Da die Werte stark von der auftretenden Rückwärts-Sperrspannung abhängen, wird empfohlen, zwei oder mehr Sätze von Kurven anzugeben.

- d) festgelegte Bedingungen im Steuerstromkreis während des Ein- und Abschaltens;
- e) festgelegte RC-Beschaltung (Dämpfungsschaltung);
- f) festgelegtes Tastverhältnis oder festgelegte Impulsdauer.

Die Bilder 12a und 12b werden als Beispiele angegeben. Bild 12c dient nur zur Erläuterung.

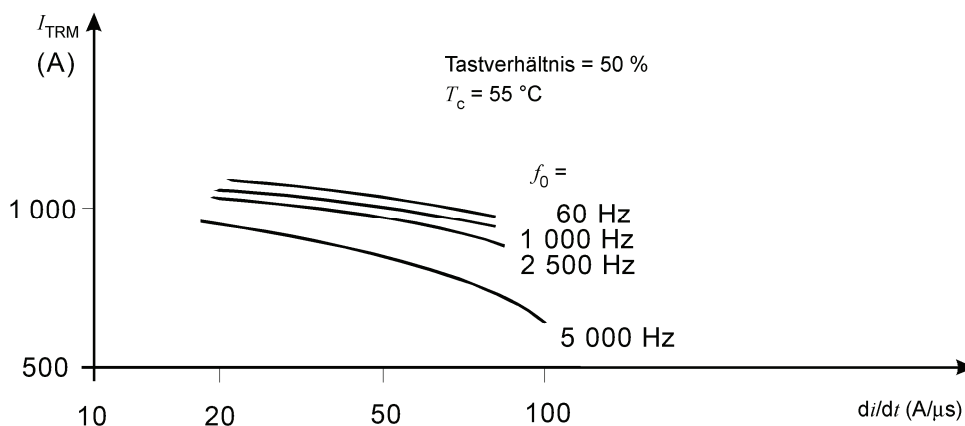


Bild 12a – Höchster Bemessungsspitzenwert eines trapezförmigen Durchlassstroms I_{TRM} für eine festgelegte Dauer t_w (siehe Bild 12c) als Funktion der Anstiegssteilheit des Durchlassstroms mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$

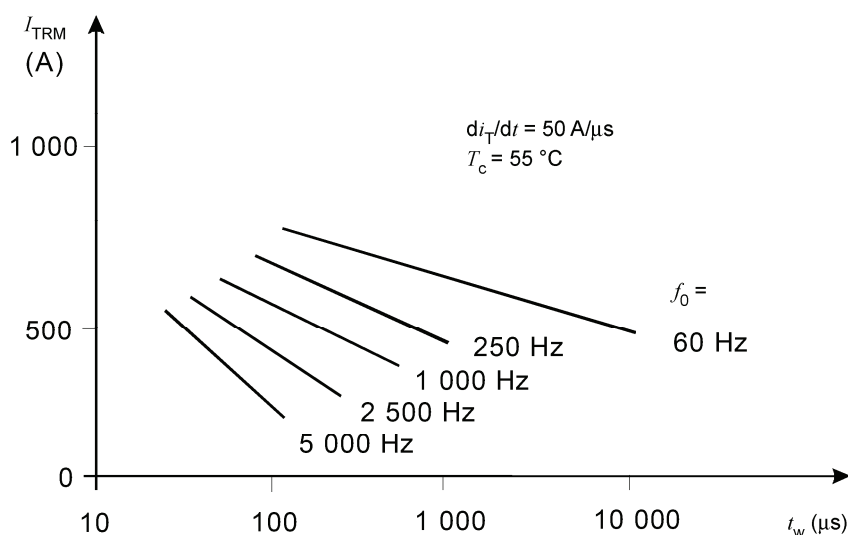


Bild 12b – Höchster Bemessungsspitzenwert eines trapezförmigen Durchlassstroms I_{TRM} mit festgelegter Steilheit di_T/dt (siehe Bild 12c) als Funktion der Dauer t_w mit dem Parameter: Wiederholfrequenz $f_0 = 1/T$

ANMERKUNG Für unterschiedliche di_T/dt -Werte sind unterschiedliche Kurvenscharen erforderlich.

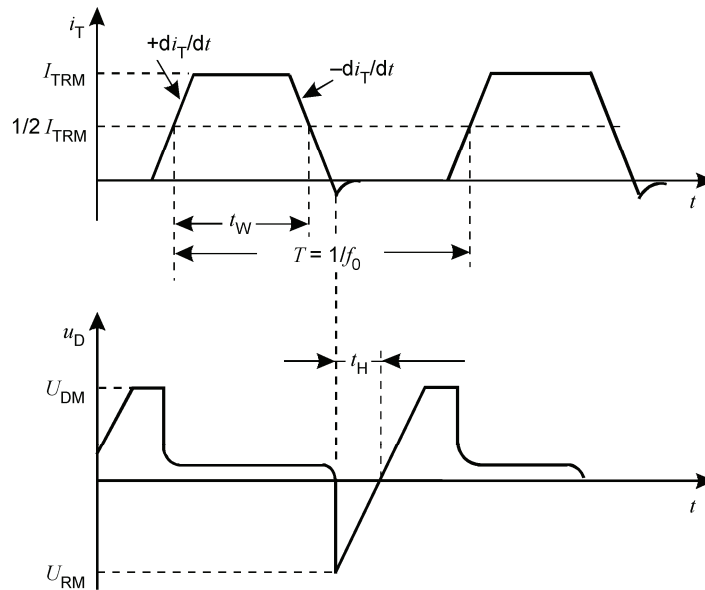


Bild 12c – Typischer Strom- und Spannungsverlauf eines trapezförmigen Durchlassstromimpulses; t_H ist die Schonzeit (siehe 3.5.3.4)

4.2.7.8 Höchste kritische Stromsteilheit

Unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- Vorwärts-Sperrspannung (vor dem Einschalten), vorzugsweise gleich 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- Spitzenwert des Durchlassstroms;
- Wiederholfrequenz, vorzugsweise 50 Hz oder 60 Hz;
- Umgebungs- oder Gehäusetemperatur gleich der höchsten Temperatur, bei der der Spitzenwert des Durchlassstroms zulässig ist;
- Ansteuerbedingungen;
- Prüfdauer (muss länger sein als die thermische Zeitkonstante des Bauelements, z. B. 5 s).

ANMERKUNG 1 di/dt -Bemessungswerte gelten nicht für Thyristoren für geringe Ströme.

ANMERKUNG 2 Der di/dt -Bemessungswert sollte für den Fall angegeben werden, dass dem Thyristor kein RC-Glied parallel geschaltet ist. Wird zusätzlich ein di/dt -Bemessungswert für den Fall einer vorhandenen RC-Beschaltung angegeben, so sind die zulässige Amplitude und Dauer des Entladestroms aus dieser oder die Werte des RC-Gliedes anzugeben.

4.2.7.9 Höchster I^2t -Wert (eines Durchlass-Stoßstroms) (I^2t_{max})

Wert zur Festlegung des Durchlass-Stoßstroms, gegeben als höchster Bemessungswert von

$$I^2t = \int_0^{t_i} i^2 dt$$

über eine festgelegte kurze Integrationszeit t_i .

4.2.7.10 Höchster Gehäusegrenzstrom (I_{RSMC}) (sofern zutreffend)

Wert eines Dreieckstroms mit festgelegtem Anstieg, vorzugsweise 25 A/μs und festgelegter Impulsdauer für eine festgelegte anfängliche Gehäusetemperatur von vorzugsweise 25°C.

ANMERKUNG 1 Der „Gehäusegrenzstrom“ ist für Hochstrom-Thyristoren erforderlich (mittlerer Stromgrenzwert von ungefähr 1 000 A und höher), die in großen Umformern installiert sind (in der Regel sind mehrere Bauelemente parallel geschaltet), wo ein Bauelement, das nicht mehr die Rückwärtsspannung sperrt, einen hohen, steil ansteigenden Kurzschlussstrom verursacht, der zum Brechen des Gehäuses führen und Beschädigungen an der Einrichtung hervorrufen kann, bevor eine Sicherung schaltet.

ANMERKUNG 2 Daher ist für die Bestimmung oder Verifizierung dieses Stromgrenzwerts eine Anlage für Hochstromprüfungen erforderlich; und die Kosten dieser Prüfungen sowie der Bauelemente, die während der Prüfung zerstört werden, sind beträchtlich und nur in den Fällen gerechtfertigt, in denen die oben beschriebene Gefahr tatsächlich besteht.

ANMERKUNG 3 Der Wert des Gehäusegrenzstroms hängt in hohem Maße vom Ort des anfänglichen Durchbruchs auf dem Siliziumplättchen ab und ist üblicherweise am niedrigsten, wenn der Durchbruch nahe der Kante auftritt.

4.2.8 Höchster Vorwärts-Spitzensteuerstrom

Bei festgelegter Polarität der Anoden-Kathoden-Spannung und allen sonstigen für diesen Bemessungswert maßgeblichen Bedingungen (z. B. Dauer, Energie usw.).

4.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte)

4.3.1 Höchst- und Mindestfrequenzen (sofern zutreffend)

4.3.2 Höchste Spitzensteuerverlustleistung

Bei festgelegter Impulsdauer.

4.4 Kennwerte

4.4.1 Rückwärts-Sperrstrom (I_{RR}) (bei rückwärts sperrenden Thyristoren)

Höchstwert bei der höchsten Rückwärts-Gleichsperrspannung und bei einem unteren Wert der Rückwärts-Sperrspannung bei 25 °C und einer höheren Temperatur.

4.4.2 Rückwärts-Sperrspannung (U_{RR}) (bei rückwärts leitenden Thyristoren)

Höchstwert beim höchsten Rückwärts-Gleichsperrstrom.

4.4.3 Vorwärts-Sperrstrom (I_{DR})

Höchstwert bei der höchsten Gleichsperrspannung und bei einem unteren Wert der Sperrspannung bei 25 °C und einer höheren Temperatur.

4.4.4 Vorwärts-Gleichspannung (U_T)

Höchstwert beim höchsten Bemessungswert des Vorwärts-Gleichstroms bei 25 °C.

Mindestwert bei einem unteren Wert des Vorwärts-Gleichstroms bei 25 °C.

4.4.5 Durchlasskennlinien (sofern zutreffend)

Kurven der Augenblickswerte der Durchlassspannung als Funktion des Durchlassstroms bis zum höchsten Bemessungswert des periodischen Spitzendurchlassstroms, bei einer Umgebungs- oder Gehäusetemperatur von 25 °C und einer anderen höheren Temperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

4.4.6 Durchlassspannung

Höchstwert beim π -fachen Bemessungswert des Dauergrenzstroms und beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur oder bei einer Gehäuse- oder Umgebungstemperatur von 25 °C.

ANMERKUNG 1 π darf gleich 3 gesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Der Bezugswert zur Ermittlung der Durchlassverlustleistung unter Betriebsbedingungen ist die Durchlassspannung bei der höchsten Ersatz-Sperrschichttemperatur. Falls jedoch eine gut begründete Korrelation zwischen diesem Wert und dem Wert bei 25 °C besteht, dann darf der letztgenannte Wert aus Gründen der Einfachheit für die Prüfungen herangezogen werden.

4.4.7 Haltestrom

Höchstwert und, sofern zutreffend, Mindestwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Quellenspannung in der Hauptschaltung, vorzugsweise gleich 12 V;
- b) Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung;
- c) Spitzenwert des anfänglichen Durchlassstroms.

ANMERKUNG Der Höchstwert des Haltestroms ist der niedrigste Strom, der alle Thyristoren einer bestimmten Bauart im Durchlasszustand hält. Der Mindestwert des Haltestroms ist der höchste Strom, unterhalb dessen alle Thyristoren einer bestimmten Bauart in den Vorwärts-Sperrzustand zurückgehen.

4.4.8 Einraststrom

Höchstwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Quellenspannung in der Hauptschaltung, vorzugsweise gleich 12 V;
- b) Ansteuerimpuls: Anstiegszeit, Abfallzeit, Dauer, Amplitude und Widerstand des Steuergenerators.

ANMERKUNG Der Höchstwert des Einraststroms ist der niedrigste Strom, der alle Thyristoren einer bestimmten Bauart im Durchlasszustand hält, nachdem das Ansteuersignal beendet ist.

4.4.9 Periodischer Vorwärts-Spitzensperrstrom

Höchstwert beim Bemessungswert der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung bei 25 °C und, sofern zutreffend, beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

4.4.10 Periodischer Rückwärts-Spitzensperrstrom

Höchstwert beim höchsten Bemessungswert der periodischen Rückwärts-Spitzensperrspannung bei 25 °C; außerdem, sofern zutreffend, Höchstwert beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

4.4.11 Zündstrom und Zündspannung

Werte des Steuerstroms und der Steuerspannung, die erforderlich sind, um alle Thyristoren einer bestimmten Bauart zu zünden. Grenzwerte und Kennwerte für den Steueranschluss werden vorzugsweise mit Bezug auf ein Diagramm nach Bild 13 angegeben.

Folgende Bedingungen sind festzulegen:

- Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 12 V;
- Steuerstromkreis-Bedingungen;
- Umgebungs- oder Gehäusetemperatur.

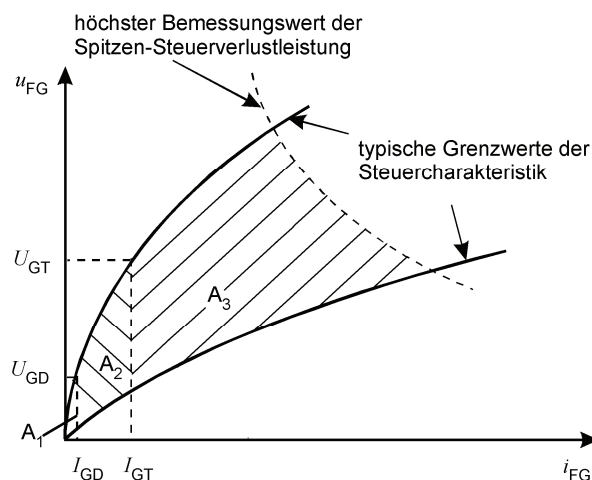
4.4.12 Höchster nichtzündender Steuerstrom und höchste nichtzündende Steuerspannung

Werte des Steuerstroms und der Steuerspannung, bei denen kein Thyristor einer bestimmten Bauart gezündet wird (siehe auch Bild 13).

Folgende Bedingungen sind festzulegen:

- Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich $2/3$ des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung (U_{DRM});
- Umgebungs- oder Gehäusetemperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- Steuerstromkreis-Bedingungen.

ANMERKUNG Die Werte der nichtzündenden Steuerspannung und des nichtzündenden Steuerstroms sollten beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur angegeben werden. Die Werte der Zündspannung und des Zündstroms sollten bei 25 °C und einer Mindestbetriebstemperatur angegeben werden.



- | | |
|----------|--------------------------------|
| I_{GD} | nichtzündender Steuerstrom |
| I_{GT} | Zündstrom |
| U_{GD} | nichtzündende Steuerspannung |
| U_{GT} | Zündspannung |
| A_1 | Bereich ohne Zündung |
| A_2 | Bereich mit unsicherer Zündung |
| A_3 | Bereich mit sicherer Zündung |

Bild 13 – Vorwärts-Steuerspannung über dem Vorwärts-Steuerstrom

4.4.13 Zündverzugszeit

Typischer und, sofern zutreffend, Höchst- und/oder Mindestwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- Steuerstrom-Amplitude und Impedanz des Steuerstromkreises;

- b) Anstiegszeit des Steuerimpulses, vorzugsweise $0,5 \mu\text{s}$;
- c) Mindestdauer des Steuerimpulses, vorzugsweise die doppelte festgelegte Verzugszeit;
- d) Vorwärts-Sperrspannung (vor dem Einschalten), vorzugsweise gleich dem halben höchsten Bemessungswert der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung.

4.4.14 Freiwerdezeit

Höchstwert unter den folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Verlauf des vorangegangenen Durchlassstroms;

ANMERKUNG 1 Der Verlauf muss vorzugsweise rechteckig und die Dauer hinreichend lang zum Erreichen des Ladungsträger-Gleichgewichts sein. Die Amplitude muss vorzugsweise dem dreifachen Dauergrenzstrom entsprechen.

- b) Umgebungs- oder Gehäusetemperatur gleich der höchsten Temperatur; bei der der Spitzenwert des Durchlassstroms zulässig ist;
- c) Verlauf der Rückwärts-Sperrspannung;
- d) Rückwärtsspannung zu Beginn des Wiederanstiegs der Vorwärts-Sperrspannung (Zeitpunkt t_1 in Bild 14);
- e) Spitzenwert und Anstiegsteilheit der Vorwärts-Sperrspannung;

ANMERKUNG 2 Der Spitzenwert der Vorwärts-Sperrspannung muss mindestens $2/3$ des Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung betragen.

- f) Vorspannung am Steueranschluss, während der Thyristor im Vorwärts-Sperrzustand ist:
 - treibende Spannung im Steuerstromkreis,
 - Impedanz im Steuerstromkreis;
- g) Abklingsteilheit des Durchlassstroms ($-di/dt$).

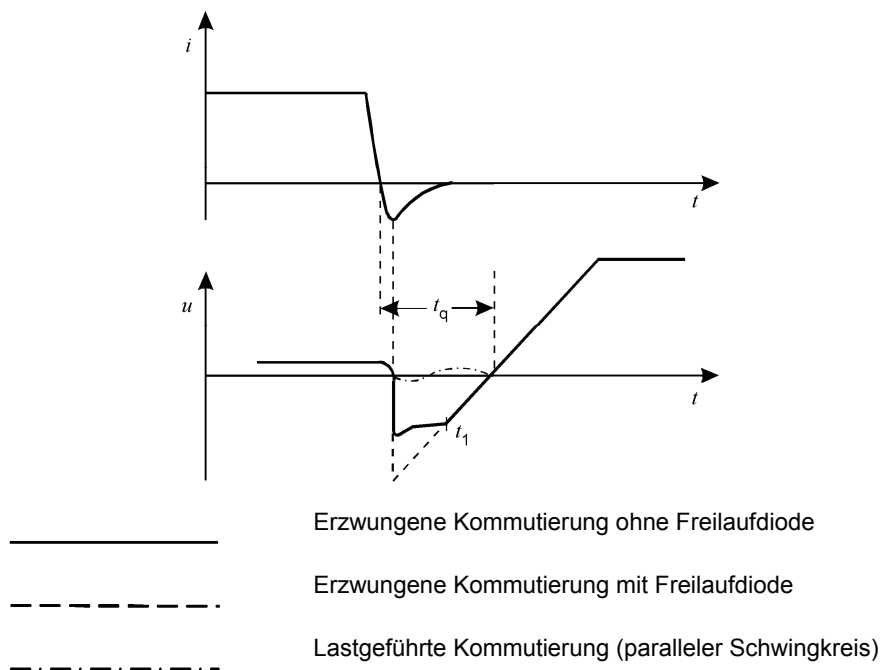


Bild 14 – Beispiele des Strom- und Spannungsverlaufs im Ausschaltzustand eines Thyristors unter verschiedenen Schaltungsbedingungen

4.4.15 Kritische Spannungsteilheit

Höchstwert der Anstiegsteilheit einer angelegten Spannung mit angenähert linearem Anstieg.

Folgende Bedingungen sind festzulegen:

- Umgebungs- oder Gehäusetemperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- Vorwärts-Spitzensperrspannung, vorzugsweise gleich 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung (U_{DRM});
- festgelegter Kurvenverlauf (linear oder exponentiell);
- Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung;
- Wiederholfrequenz.

4.4.16 Gesamtverlustleistung

4.4.16.1 Allgemeines

Nur bei gehäusebezogenen Thyristoren Kurven des Höchstwertes der Gesamtverlustleistung bei der höchsten Ersatz-Sperrschichttemperatur als Funktion des Dauergrenzstroms und des Stromflusswinkels beim Höchstwert der periodischen Rückwärts- und Vorwärts-Spitzensperrspannung. Für jede der in 4.2.7.1 festgelegten Betriebsbedingungen ist eine Kurve anzugeben.

4.4.16.2 Gesamtverlustenergie während eines sinushalbwellenförmigen Durchlassstromimpulses (sofern zutreffend)

Kurven des Höchstwertes der Gesamtverlustenergie, die die Einschalt-, die Durchlass- und die Abschalt-Verlustenergie umfasst, als Funktion des Spitzendurchlassstroms und der Impulsdauer unter folgenden Bedingungen.

ANMERKUNG 1 Die Kurven des Höchstwertes der Gesamtverlustenergie werden unter Bedingungen angegeben, bei denen die höchste Betriebssperrschichttemperatur erreicht wird.

- festgelegte Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten;
- festgelegte Rückwärts-Sperrspannung;

ANMERKUNG 2 Da die Werte stark von der Abschalt-Verlustenergie abhängen, wird empfohlen, zwei oder mehr Sätze von Kurven für verschiedene Rückwärts-Sperrspannungen anzugeben, damit die Abschalt-Verlustenergie berechnet werden kann.

- festgelegte Steuerstromkreis-Bedingungen während des Ein- und Abschaltens;
- festgelegte RC-Beschaltung (Dämpfungsschaltung).

Bild 15 a) wird als Beispiel angegeben. Bild 15 b) dient nur zur Erläuterung.

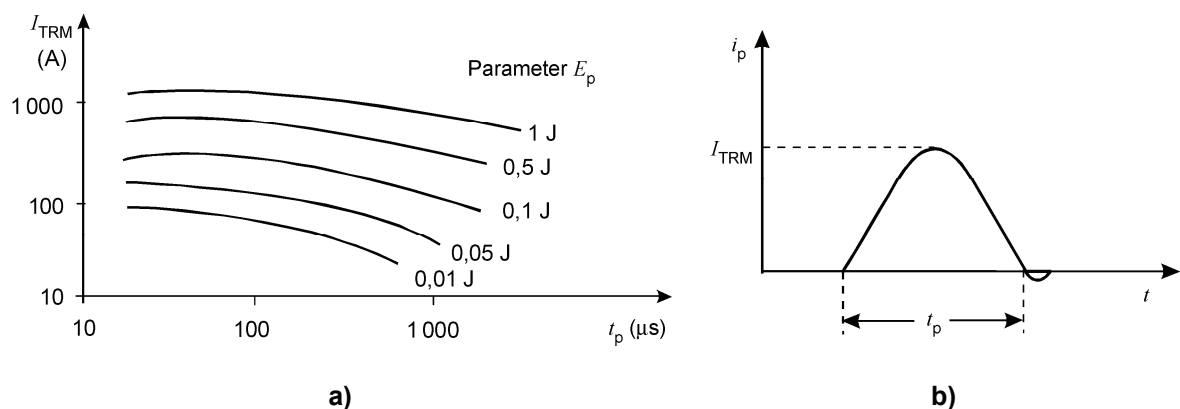


Bild 15: a) Gesamtverlustenergie E_p während eines sinushalbwellenförmigen Durchlassstromimpulses der Dauer t_p und der Amplitude I_{TRM} . b) Einzelner sinusförmiger Durchlassstromimpuls

4.4.16.3 Gesamtverlustenergie (E_p) während eines trapezförmigen Durchlassstromimpulses (sofern zutreffend)

Kurven der Höchstwerte der Gesamtverlustenergie als Funktion des höchsten Durchlassstroms und der Impulsdauer unter folgenden Bedingungen:

- a) festgelegte Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten;
- b) festgelegte Rückwärts-Sperrspannung;

ANMERKUNG Da die Werte stark von der Abschalt-Verlustenergie abhängen, wird empfohlen, zwei oder mehr Sätze von Kurven für verschiedene Rückwärts-Sperrspannungen anzugeben, damit die Abschalt-Verlustenergie berechnet werden kann.

- c) festgelegte Steuerstromkreis-Bedingungen während des Ein- und Abschaltens;
- d) festgelegte RC-Beschaltung (Dämpfungsschaltung);
- e) festgelegte Anstiegs- und Abklingsteilheit des Durchlassstroms.

Bild 16 a) wird als Beispiel angegeben. Bild 16 b) dient nur zur Erläuterung.

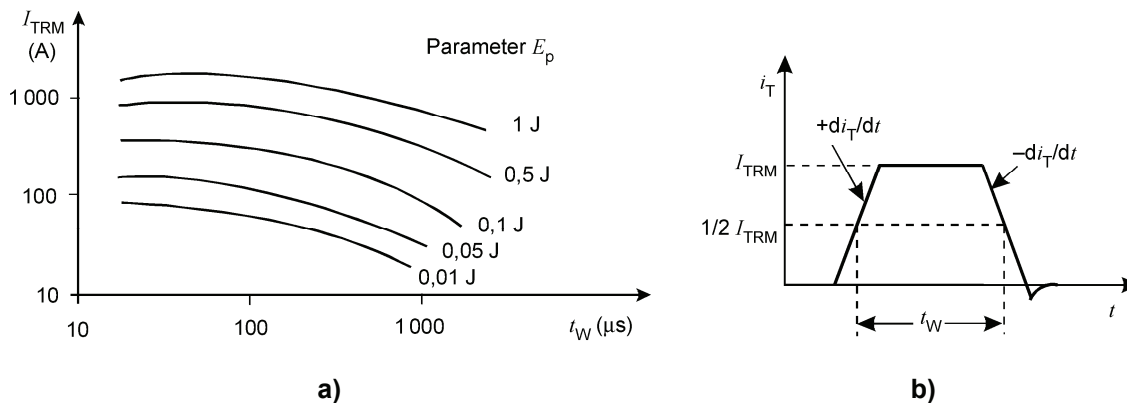


Bild 16: a) Gesamtverlustenergie E_p während eines einzelnen trapezförmigen Durchlassstromimpulses der Dauer t_w und der Amplitude I_{TRM} . b) Einzelner trapezförmiger Durchlassstromimpuls

4.4.17 Sperrverzögerungsladung (Q_r) (sofern zutreffend)

Höchstwert oder Höchst- und Mindestwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Durchlassstrom, vorzugsweise gleich dem Spitzenwert des höchsten Dauergrenzstroms;
- b) Abklingsteilheit des Durchlassstroms $-di/dt$;
- c) Rückwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 50 % des höchsten Bemessungswerts der periodischen Rückwärts-Sperrspannung (U_{RRM}), wie in 4.2.5.2 festgelegt;
- d) Umgebungs- oder Gehäusetemperatur gleich der höchsten Temperatur, bei der der Spitzenwert des Durchlassstroms zulässig ist.

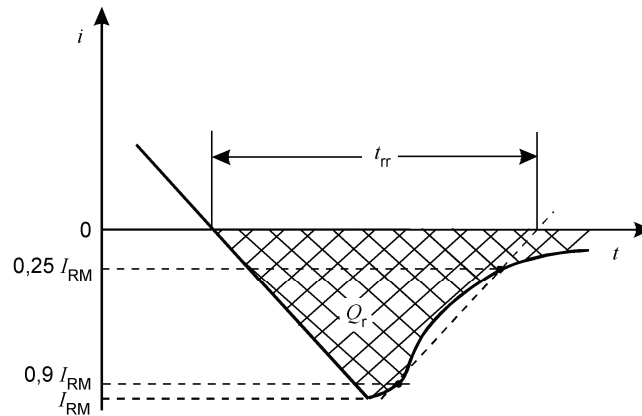


Bild 17 – Sperrverzögerungsladung Q_r , Rückstromspitze I_{RM} , Sperrverzögerungszeit t_{rr} (idealisierte Verlauf)

4.4.18 Rückstromspitze (I_{RM}) (sofern zutreffend)

Höchstwert unter den gleichen festzulegenden Bedingungen a) bis d) nach 4.4.17 (siehe Bild 17).

4.4.19 Sperrverzögerungszeit (t_{rr}) (sofern zutreffend)

Höchstwert unter den gleichen festzulegenden Bedingungen a) bis d) nach 4.4.17 (siehe Bild 17).

5 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für Zweirichtungs-Thyristortrioden (Triacs)

5.1 Thermische Bedingungen

Triacs sind als umgebungsbezogene oder als gehäusebezogene oder als kühlkörperbezogene Bauelemente festzulegen.

5.1.1 Empfohlene Temperaturen

Viele Bemessungs- und Kennwerte sind bei einer Temperatur von 25 °C sowie bei einer anderen festgelegten Temperatur anzugeben.

Sofern nicht anders angegeben, ist diese andere festgelegte Temperatur vom Hersteller der in IEC 60747-1 enthaltenen Liste zu entnehmen; zusätzlich können die Temperaturen –40 °C und +35 °C verwendet werden.

5.1.2 Bedingungen für Bemessungswerte

5.1.2.1 Umgebungsbezogene Triacs

- Natürliche Kühlung: Bei 25 °C und bei einer höheren Temperatur (siehe 5.1.1). Kühlmittel und Druck (im Fall eines Gases) sind festzulegen.
- Erzwungene Kühlung: Bei einer Temperatur aus der Liste der empfohlenen Temperaturen (siehe 5.1.1). Art, Druck und Durchflussmenge des Kühlmittels sind festzulegen.
- Der Luftdruck muss mindestens 90 kPa entsprechend einer maximalen Höhe von 1 000 m über dem Meeresspiegel betragen.

5.1.2.2 Gehäuse- oder kühlkörperbezogene Triacs

Bei einer Gehäuse- oder Kühlkörpertemperatur aus der Liste der empfohlenen Temperaturen (siehe 5.1.1). Bei kleinen Triacs kann die Temperatur an einem der Anschlüsse festgelegt werden.

5.2 Spannungs- und Strombemessungswerte (Grenzwerte)

5.2.1 Allgemeines

Die folgenden Bemessungswerte gelten für den gesamten Bereich der Betriebsbedingungen, die für das entsprechende Bauelement angegebenen sind. Die hier empfohlenen Bemessungs- und Kennwerte basieren auf dem symmetrischen Betrieb des Bauelements in jeder Richtung der Hauptspannung. Daher sind gleiche Grenzwerte für beide Richtungen des Betriebs anzugeben. Wenn ein Kennwert empfindlich gegenüber der Art der Zündung ist, dann ist die anzuwendende Zündungsart festzulegen.

5.2.2 Hauptspannungen

5.2.2.1 Nichtperiodische Vorwärts-Stoßspitzensperrspannung (U_{DSM})

Wenn dieser höchste Bemessungswert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

5.2.2.2 Periodische Vorwärts-Spitzensperrspannung (U_{DRM})

Wenn dieser höchste Bemessungswert bei höheren Betriebsfrequenzen verringert werden muss, ist der Reduktionsfaktor oder die Kennlinie anzugeben.

5.2.2.3 Vorwärts-Scheitelsperrspannung (U_{DWM})

Höchster Bemessungswert einer periodischen Vorwärts-Sperrspannung mit Sinushalbwellenform bei Netzfrequenz, üblicherweise 50 Hz oder 60 Hz (Dauer: 10 ms oder 8,3 ms).

5.2.3 Steuerspannungen

5.2.3.1 Positive Spitzensteuerspannung

Höchster Bemessungswert.

5.2.3.2 Negative Spitzensteuerspannung

Höchster Bemessungswert.

5.2.4 Hauptströme

5.2.4.1 Durchlassstrom-Effektivwert

Kurven der höchsten Bemessungswerte als Funktion der Umgebungs- oder Gehäuse- oder Kühlkörpertemperatur für eine volle Sinuswelle und unter Phasenanschnittbedingungen. Als ein Bezugswert für bestimmte Kennwerte ist der Grenzwert für eine volle Sinuswelle bei einer Umgebungstemperatur von 45 °C oder einer Gehäusetemperatur von 85 °C oder einer anderen festgelegten Temperatur beispielhaft anzugeben.

ANMERKUNG Der Bemessungswert des Durchlassstrom-Effektivwertes wird unter der Annahme, dass keine Überlastung auftritt, angegeben.

5.2.4.2 Periodischer Spitzendurchlassstrom (sofern zutreffend)

Dieser höchste Bemessungswert ist als Funktion des Stromflusswinkels anzugeben.

5.2.4.3 Durchlass-Überstrom

Wenn dieser Bemessungswert anwendbar ist, dann ist er durch Angabe des höchsten Bemessungswertes der Ersatz-Sperrschichttemperatur und des Höchstwertes des transienten Wärmewiderstands festzulegen. Darüber hinaus können Überstrombemessungswerte in Form von Kurven angegeben werden.

5.2.4.4 Stoßstrom-Grenzwert

Dieser Bemessungswert ist für den höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur als Anfangsbedingung anzugeben. Zusätzlich können Werte für niedrigere anfängliche Ersatz-Sperrschichttemperaturen angegeben werden.

Stoßstrom-Bemessungswerte müssen für folgende Zeitspannen angegeben werden:

- a) Für Zeiten kürzer als eine Halbperiode (bei 50 Hz oder 60 Hz), jedoch länger als etwa 1 ms als höchster Bemessungswert des Integrals

$$\int i^2 dt$$

Diese Bemessungswerte können als Kurve oder als festgelegte Werte angegeben werden. Die Bemessungswerte sind für beide Polaritäten der Hauptspannungen anzuwenden. Sie gelten unter der Annahme, dass unmittelbar nach der Beanspruchung keine Vorwärts-Sperrspannung auftritt.

- b) Für Zeiten gleich einer oder länger als eine volle Periode, jedoch kürzer als 15 Perioden (bei 50 Hz oder 60 Hz) in Form einer Kurve des höchsten Stoßstrom-Bemessungswertes als Funktion der Zeit.

Dabei kann die Steuerfähigkeit vorübergehend verloren gehen.

Diese Bemessungswerte sind für volle Perioden der Stoßstrom-Sinuswelle bei 50 Hz oder 60 Hz anzugeben.

5.2.4.5 Kritische Stromsteilheit

Höchster Bemessungswert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung nach 5.2.2.2;
- Spitzenwert des Durchlassstroms, vorzugsweise gleich dem $\sqrt{2}$ -Fachen des Bemessungswerts des Durchlassstrom-Effektivwerts nach 4.2.7.1^{N1)}, festgelegt bei einer Gehäuse- oder Umgebungstemperatur von 85 °C;
- Wiederholfrequenz, vorzugsweise 50 Hz oder 60 Hz;
- Umgebungs- oder Gehäuse- oder Sperrschichttemperatur gleich der höchsten Temperatur, bei der der Spitzenwert des Durchlassstroms zulässig ist;
- Ansteuerbedingungen.

Der di/dt -Bemessungswert sollte für den Fall angegeben werden, dass dem Triac kein RC-Glied parallel geschaltet ist. Wird zusätzlich ein di/dt -Bemessungswert für den Fall einer vorhandenen RC-Beschaltung angegeben, so sind die zulässige Amplitude und Dauer des Entladestroms aus dieser oder die Werte des RC-Gliedes anzugeben.

ANMERKUNG di/dt Bemessungswerte gelten nicht für Triacs für geringe Ströme.

^{N1)} Nationale Fußnote. Hier muss es richtig „nach 4.2.7.3“ heißen.

5.2.5 Steuerströme

5.2.5.1 Positiver Spitzensteuerstrom

Höchster Bemessungswert.

5.2.5.2 Negativer Spitzensteuerstrom

Höchster Bemessungswert.

5.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte)

5.3.1 Frequenz-Bemessungswerte

Sofern zutreffend, die Höchst- und/oder Mindestfrequenz, für die die aufgeführten Spannungs- und Strombemessungswerte (siehe 5.2) gelten.

5.3.2 Bemessungswerte der Verlustleistung – Steuerverlustleistung

5.3.2.1 Allgemeines

Wenn diese Bemessungswerte von der Temperatur oder dem Tastverhältnis abhängig sind, sind Angaben zur Lastminderung erforderlich.

5.3.2.2 Mittlere Steuerverlustleistung

Höchster Bemessungswert.

5.3.2.3 Spitzensterverlustleistung

Höchster Bemessungswert.

5.3.3 Temperaturbemessungswerte

5.3.3.1 Umgebungs- und gehäusebezogene Triacs

Mindest- und Höchstbemessungswert der Umgebungs- oder Gehäusetemperatur.

5.3.3.2 Lagerungstemperaturen

Mindest- und Höchstbemessungswerte.

5.3.3.3 Ersatz-Sperrschichttemperatur

Mindest- und Höchstbemessungswert.

5.4 Elektrische Kennwerte (bei einer Umgebungs- oder Gehäusetemperatur von 25 °C, sofern nicht anders angegeben)

5.4.1 Allgemeines

Die hier empfohlenen Kennwerte basieren auf dem symmetrischen Betrieb des Bauelements und sind daher als Grenzwerte für beide Richtungen des Betriebs anzugeben. Wenn ein Kennwert empfindlich gegenüber der Art der Zündung ist, dann ist die anzuwendende Zündungsart festzulegen.

5.4.2 Durchlasskennlinien (sofern zutreffend)

Kurven des Augenblickswerts der Durchlassspannung als Funktion des Durchlassstroms bis zum höchsten Bemessungswert des periodischen Spitzendurchlassstroms bei einer Umgebungs- oder Gehäusetemperatur von 25 °C und einer anderen höheren Temperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur. Dieser Kennwert ist mit einem Impulsverfahren zu messen, sodass die Sperrschichttemperatur annähernd gleich der Gehäusetemperatur ist.

5.4.3 Durchlassspannung

Höchstwert beim $\sqrt{2}$ -fachen Strom des höchsten Bemessungswerts des Durchlassstrom-Effektivwerts (4.2.7.1).

5.4.4 Haltestrom

Höchstwert und, sofern zutreffend, Mindestwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 12 V;
- b) Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung.

ANMERKUNG Der Höchstwert des Haltestroms ist der niedrigste Strom, der alle Triacs einer bestimmten Bauart im Durchlasszustand hält. Der Mindestwert des Haltestroms ist der höchste Strom, unterhalb dessen alle Triacs einer bestimmten Bauart in den Vorwärts-Sperrzustand zurückgehen.

5.4.5 Einraststrom

Höchstwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 12 V;
- b) Ansteuerimpuls: Anstiegszeit, Abfallzeit, Dauer, Spannung, Amplitude und Widerstand des Steuer-
generators.

ANMERKUNG Der Höchstwert des Einraststroms ist der niedrigste Strom, der alle Triacs einer bestimmten Bauart im Durchlasszustand hält, nachdem das Ansteuersignal beendet ist.

5.4.6 Periodischer Vorwärts-Spitzensperrstrom

Höchstwert beim höchsten Bemessungswert der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung und beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

5.4.7 Kritische Spannungssteilheit

Höchstwert der Anstiegssteilheit einer angelegten Spannung, die angenähert linear oder exponentiell von null auf mindestens 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung ansteigt, bei festgelegter Wiederholfrequenz, festgelegten Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung und festgelegter Ersatz-Sperrschichttemperatur.

Die folgenden Bedingungen sind festzulegen:

- a) Umgebungs- oder Gehäusetemperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- b) Vorwärts-Spitzensperrspannung, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung nach 5.2.2.2;
- c) Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung.

5.4.8 Kritische Steilheit der Kommutierungsspannung

Höchstwert unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Spitzendurchlassstrom, vorzugsweise gleich dem $\sqrt{2}$ -Fachen des höchsten Bemessungswerts des Durchlassstrom-Effektivwerts nach 5.2.4.1 bei 25 °C für umgebungsbezogene oder bei 85 °C für gehäusebezogene Triacs;
- b) Dauer (Empfehlung: 90 % einer Sinushalbwellen) und Umkehrrate des Durchlassstroms di/dt beim Null-durchgang;
- c) Vorwärts-Spitzensperrspannung, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung nach 5.2.2.2;
- d) Umgebungs- oder Gehäusetemperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- e) Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung.

5.4.9 Zündstrom und Zündspannung

Werte des Mindeststeuerstroms und der Mindeststeuerspannung, die erforderlich sind, um alle Triacs einer bestimmten Bauart bei einer festgelegten unteren Hauptspannung einzuschalten. Grenz- und Kennwerte für den Steueranschluss werden vorzugsweise mit Bezug auf ein Diagramm nach Bild 25 angegeben.

Die folgenden Bedingungen sind festzulegen:

- a) Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 12 V;
- b) Steuerstromkreis-Bedingungen;
- c) Umgebungs- oder Gehäuse- oder Sperrschichttemperatur.

Alle weiteren Bedingungen, die diese Kennwerte beeinflussen, sind festzulegen.

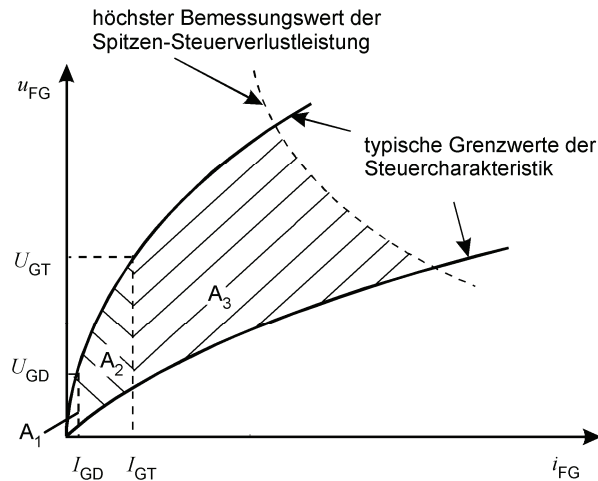
5.4.10 Höchster nichtzündender Steuerstrom und höchste nichtzündende Steuerspannung

Werte des höchsten Steuerstroms und der höchsten Steuerspannung, bei denen kein Triac einer bestimmten Bauart beim Bemessungswert der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung gezündet wird.

Die folgenden Bedingungen sind festzulegen:

- a) Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung nach 5.2.2.2;
- b) Umgebungs- oder Gehäusetemperatur, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- c) Steuerstromkreis-Bedingungen.

Alle weiteren Bedingungen, die diese Kennwerte beeinflussen, sind festzulegen. Die Werte der nichtzündenden Steuerspannung und des nichtzündenden Steuerstroms sollten beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur angegeben werden. Die Werte der Zündspannung und des Zündstroms sollten bei 25 °C und bei der niedrigsten Betriebstemperatur angegeben werden. Wenn die Kennlinien in Bild 18 für unterschiedliche Quadranten verschieden sind, so sollte dies angegeben werden.



- I_{GD} nichtzündender Steuerstrom
- I_{GT} Zündstrom
- U_{GD} nichtzündende Steuerspannung
- U_{GT} Zündspannung
- A_1 Bereich ohne Zündung
- A_2 Bereich mit unsicherer Zündung
- A_3 Bereich mit sicherer Zündung

Bild 18 – Vorwärts-Steuerspannung als Funktion des Vorwärts-Steuerstroms

5.4.11 Zündverzugszeit

Typischer und, sofern zutreffend, Höchstwert(e) unter folgenden festzulegenden Bedingungen:

- a) Steuerstrom-Amplitude;
- b) Anstiegszeit des Steuerstroms, vorzugsweise gleich $0,5 \mu s$;
- c) Mindestdauer des Steuerimpulses, vorzugsweise gleich der doppelten festgelegten Verzugszeit des Triacs;
- d) Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten, vorzugsweise gleich dem halben höchsten Bemessungswert der periodischen Vorwärts-Sperrspannung nach 5.2.2.2.

5.4.12 Gesamtverlustleistung

Kurve der höchsten Gesamtverlustleistung als Funktion des Effektivwerts eines sinusförmigen Durchlassstroms bei 50 Hz oder 60 Hz.

Sofern zutreffend, sind die Durchlassverlustleistung, die Einschalt- und Abschaltverluste separat anzugeben.

6 Wesentliche Bemessungs- und Kennwerte für GTO-Thyristoren (Ausschaltthyristoren)

6.1 Thermische Bedingungen

Ausschaltthyristoren sind als umgebungsbezogene oder gehäusebezogene oder kühlkörperbezogene Bauelemente festzulegen.

6.1.1 Empfohlene Temperaturen

Viele Bemessungs- und Kennwerte sind bei einer Temperatur von 25 °C sowie bei einer anderen festgelegten Temperatur anzugeben. Sofern nicht anders angegeben, sollte diese andere Temperatur vom Hersteller der in IEC 60747-1 enthaltenen Liste entnommen werden. Zusätzlich können die Temperaturen – 40 °C und +35 °C verwendet werden.

6.1.2 Bedingungen für Bemessungswerte

Die in 6.2 aufgeführten Bemessungswerte sind unter einer oder mehreren der folgenden thermischen Bedingungen anzugeben.

6.1.2.1 Umgebungsbezogene Ausschaltthyristoren

– Natürliche Kühlung

Bei 25 °C und bei einer höheren Temperatur (siehe 6.1.1). Kühlmittel und Druck (im Fall eines Gases) sind festzulegen.

Der Luftdruck muss mindestens 90 kPa (900 mbar) entsprechend einer maximalen Höhe von 1 000 m über dem Meeresspiegel betragen.

– Erzwungene Kühlung

Bei einer Temperatur aus der Liste der empfohlenen Temperaturen (siehe 6.1.1).

Art, Druck und Durchflussmenge des Kühlmittels sind anzugeben.

6.1.2.2 Gehäuse- oder kühlkörperbezogene Ausschaltthyristoren

Bei einer Gehäuse- oder Kühlkörpertemperatur aus der Liste der empfohlenen Temperaturen (siehe 6.1.1). Bei kleinen Ausschaltthyristoren kann sich der festgelegte Bezugspunkt, an dem die Temperatur gemessen wird, an einem der Anschlüsse befinden.

6.2 Spannungs- und Strombemessungswerte (Grenzwerte)

6.2.1 Anoden-Kathoden-Spannungen

6.2.1.1 Nichtperiodische Rückwärts-Stoßspitzensperrspannung (U_{RSM})

Höchster Bemessungsspitzenwert eines nichtperiodischen Rückwärts-Spannungsimpulses.

6.2.1.2 Periodische Rückwärts-Spitzensperrspannung (U_{RRM})

Höchster Bemessungsspitzenwert eines periodischen Rückwärts-Spannungsimpulses.

6.2.1.3 Rückwärts-Gleichsperrspannung ($U_{R(D)}$)

Höchster Bemessungswert.

6.2.1.4 Nichtperiodische Vorwärts-Stoßspitzensperrspannung (U_{DSM})

Höchster Bemessungsspitzenwert eines nichtperiodischen Vorwärts-Sperrspannungsimpulses unter festgelegten Ansteuerbedingungen.

6.2.1.5 Periodische Vorwärts-Spitzensperrspannung (U_{DRM})

Höchster Bemessungsspitzenwert eines periodischen Vorwärts-Sperrspannungsimpulses unter festgelegten Ansteuerbedingungen.

6.2.1.6 Vorwärts-Gleichsperrspannung ($U_{D(D)}$)

Höchster Bemessungswert.

6.2.2 Abschalt-Steuerspannung (U_{RG})

Höchster Bemessungswert der Treiberspannung im Abschaltsteuerkreis. Die Steuerspannung überschreitet U_{RG} während kurzer Zeitintervalle aufgrund der durch die Induktivität des Steuerkreises hervorgerufenen Transienten, wenn der (Rückwärts-)Abschalt-Steuerstrom zu fallen beginnt.

6.2.3 Durchlassstrom

6.2.3.1 Nichtperiodischer steuerbarer Spitzendurchlassstrom (I_{TQSM})

Höchster Bemessungswert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- b) festgelegte wiederkehrende Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- c) festgelegte Anstiegssteilheit der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung;
- d) festgelegte Abschalt-Spannungsspitzen;
- e) festgelegte Treiberspannung der Steuerschaltung, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Abschalt-Steuerspannung;
- f) festgelegte Anstiegssteilheit des Abschalt-Steuerstroms.

6.2.3.2 Periodischer steuerbarer Spitzendurchlassstrom (I_{TQRM})

Höchster Bemessungswert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur, der am Ende des Abschaltvorgangs erreicht wird;
- b) festgelegte wiederkehrende Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- c) festgelegte Anstiegssteilheit der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung;
- d) festgelegte Abschalt-Spannungsspitzen;
- e) festgelegte Treiberspannung der Steuerschaltung, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Abschalt-Steuerspannung;
- f) festgelegte Anstiegssteilheit des Abschalt-Steuerstroms.

6.2.3.3 Durchlassstrom-Effektivwert ($I_{T(RMS)}$) (sofern zutreffend)

Höchster Bemessungswert unter Dauerbetriebsbedingungen.

6.2.3.4 Durchlassstrom bei Kurzzeit- und Aussetzbetrieb

Der höchste Bemessungswert des Durchlassstroms bei Kurzzeit- oder Aussetzbetrieb kann aus der resultierenden Gesamtverlustleistung, der transienten thermischen Impedanz und dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur unter Verwendung der Formel nach Anhang A berechnet werden.

6.2.3.5 Stoßstrom-Grenzwert (I_{TSM})

Höchster Bemessungsspitzenwert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur als Anfangsbedingung. Zusätzlich können Werte für niedrigere Ersatz-Sperrschichttemperaturen angegeben werden.
- b) ohne wiederkehrende Vorwärts- oder Rückwärts-Sperrspannung nach Fließen des Durchlassstroms. Zusätzlich können Werte, die für festgelegte Werte der wiederkehrenden Rückwärts-Sperrspannung gültig sind, angegeben werden.
- c) für die folgenden Kurvenformen und Perioden:
 - i) einzelne 50 Hz- oder 60 Hz-Sinushalbwellen;
 - ii) für die Zeitdauer von 0,1 ms bis 10 ms.

Diese Bemessungswerte können in Form von Kurven oder festgelegten Werten angegeben werden.

ANMERKUNG Obwohl die Stoßstrom-Grenzwerte für Sinushalbwellen angegeben werden, gelten sie erfahrungsgemäß auch für annähernd dreieckförmige Strom-Kurvenformen, die auftreten, wenn ein sinusförmig ansteigender Fehlerstrom durch eine strombegrenzende Sicherung unterbrochen wird.

6.2.3.6 Kritische Stromsteilheit ($(di_T/dt)_{cr}$)

Höchster Bemessungswert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur vor dem Stromimpuls;
- b) festgelegte Vorwärts-Sperrspannung vor dem Einschalten, vorzugsweise 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- c) festgelegter Spitzenwert des Durchlassstromimpulses, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert des periodischen steuerbaren Spitzendurchlassstroms, mit festgelegter Stromkurvenform und Impulsbreite;
- d) festgelegte Zündbedingungen;
- e) festgelegte Wiederholfrequenz;
- f) festgelegte Dämpfungsschaltung;
- g) Prüfdauer (sollte länger sein als die thermische Zeitkonstante des Bauelements, z. B. 30 s).

6.3 Sonstige Bemessungswerte (Grenzwerte)

6.3.1 Vorwärts-Spitzensteuerleistung (P_{FGM})

Höchster Bemessungswert für eine festgelegte Impulsbreite und Wiederholfrequenz.

6.3.2 Temperaturbemessungswerte

6.3.2.1 Ersatz-Sperrschichttemperatur (T_{vj})

Höchster Bemessungswert.

6.3.2.2 Lagerungstemperaturen (T_{stg})

Mindest- und Höchstwerte.

6.3.3 Mechanische Bemessungswerte

6.3.3.1 Anzugsdrehmoment (bei Ausschaltthyristoren mit Schraubanschlüssen) (M)

ANMERKUNG Zur Definition von M siehe IEC 60050-113-03-26.

Bei Ausschaltthyristoren mit Schraubanschlüssen sind der höchste und der kleinste Bemessungswert des Drehmoments festzulegen.

6.3.3.2 Klemmkraft (bei Scheiben-Thyristoren) (F)

ANMERKUNG Zur Definition von F siehe IEC 60050-113-03-14.

Bei Ausschaltthyristoren, die für die Befestigung mit Klemmen vorgesehen sind (Scheiben-Thyristoren), sind der kleinste und der höchste Bemessungswert der Klemmkraft sowie die Steifigkeit der Montageoberfläche festzulegen.

6.4 Elektrische Kennwerte

6.4.1 Allgemeines

Festzulegen bei einer Umgebungs- oder Gehäusetemperatur von 25 °C, sofern nicht anders angegeben.

6.4.2 Durchlassspannung (U_T)

Höchstwert unter folgenden Bedingungen:

- a) festgelegter Durchlassstrom, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert des periodischen steuerbaren Spitzendurchlassstroms;
- b) bei einer Gehäuse- oder Umgebungstemperatur gleich dem höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur. Wenn eine festgelegte Beziehung zwischen den Werten bei dieser Temperatur und bei 25 °C besteht, kann der Wert bei der letzteren Temperatur angegeben werden.
- c) festgelegter Wert des Steuerstroms (erforderlich, um den vollen Stromfluss in Durchlassrichtung zu erhalten).

6.4.3 Schwellenspannung ($U_{T(TO)}$)

Höchstwert beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

6.4.4 Durchlass-Ersatzwiderstand (r_T)

Höchstwert beim höchsten Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

6.4.5 Haltestrom (I_H)

Höchstwert bei festgelegter Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 24 V.

6.4.6 Einraststrom (I_L)

Höchstwert bei festgelegter Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 24 V, und festgelegten Zündbedingungen, bei festgelegter Strom-Kurvenform und Impulsbreite.

6.4.7 Kritische Spannungssteilheit ($(du_D/dt)_{cr}$)

Höchstwert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchste Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- b) festgelegte Kurvenform (linear oder exponentiell);
- c) festgelegte Vorwärts-Spitzensperrspannung, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- d) festgelegte Steuerstromkreis-Bedingungen;

- e) festgelegte Wiederholfrequenz.

6.4.8 Trage-Steuerstrom (I_{FGsus})

Mindestwert.

6.4.9 Spitzen-Schweifstrom (I_{zM})

Höchstwert unter folgenden Bedingungen:

- a) höchster Bemessungswert der Sperrschichttemperatur;
- b) Durchlassstrom vor dem Abschalten gleich dem höchsten Bemessungswert des periodischen steuerbaren Spitzendurchlassstroms;
- c) festgelegte Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise gleich 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- d) festgelegte Anstiegssteilheit der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung;
- e) festgelegte Abschalt-Steuertreiberspannung, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Abschalt-Steuerspannung;
- f) festgelegte Anstiegssteilheit des Abschalt-Steuerstroms.

6.4.10 Zündstrom (I_{GT}) und Zündspannung (U_{GT})

Mindestwerte unter folgenden Bedingungen:

- a) festgelegte untere Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 24 V;
- b) festgelegter höchster Quellenwiderstand, der für ausreichenden Durchlassstrom sorgt, um die Leitfähigkeit aller Kathodeninseln sicherzustellen.

6.4.11 Höchster nichtzündender Steuerstrom (I_{GD}) und höchste nichtzündende Steuerspannung (U_{GD})

Höchstwerte unter folgenden Bedingungen:

- a) festgelegte Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- b) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- c) festgelegte Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung.

6.4.12 Abschalt-Spitzensteuerstrom (I_{RGQM})

Kurve, die den Mindestwert von I_{RGQM} zeigt, den der Abschaltsteuerimpuls-Generator als Funktion des Spitzendurchlassstroms liefern können muss, um den Thyristor unter den folgenden Bedingungen abzuschalten:

- a) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur;
- b) festgelegter Wert der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- c) festgelegte Anstiegssteilheit der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung;
- d) festgelegte Treiberspannung in der Steuerschaltung, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Abschalt-Steuerspannung;
- e) festgelegte Anstiegssteilheit des Abschalt-Steuerstroms;
- f) Wiederholfrequenz.

6.4.13 Einschalt-Verlustenergie (E_{ON})

Kurven, die die höchste Einschalt-Verlustenergie für einen Durchlassstromimpuls als Funktion des Anstiegs des Durchlassstroms mit der anfänglichen Vorwärts-Sperrspannung als einen Parameter zeigen (ausgenommen sind die Durchlass-Energieverluste).

ANMERKUNG Für Sinushalbwellen ist eine gute Annäherung des Anstiegs des Durchlassstroms:

$$\frac{di_T}{dt} = \frac{3I_{TM}}{t_p}$$

Dabei ist

I_{TM} die Amplitude und

t_p die Dauer der Halbwelle.

6.4.14 Durchlass-Verlustenergie (E_T)

Kurven, die die höchste Durchlass-Verlustenergie für einen Durchlassstromimpuls im eingeschwungenen Zustand – ausgenommen sind der Einschalt- und Abschaltverlust – als einen Parameter in einem Diagramm des höchsten zulässigen Spitzendurchlassstroms als Funktion der Impulsdauer zeigen

- a) für Sinushalbwellen;
- b) für rechteckförmige Stromimpulse.

6.4.15 Abschalt-Verlustenergie (E_Q)

Kurven der höchsten Abschalt-Verlustenergie für einen Durchlassstromimpuls als Funktion des Spitzendurchlassstroms mit der Anstiegsteilheit der Vorwärts-Sperrspannung, der Abschalt-Vorwärts-Spitzensperrspannung und der Abschalt-Spannungsspitze als Parameter.

ANMERKUNG Die Werte der Einschalt-, Durchlass- und Abschalt-Verlustleistung ergeben sich, wenn die Werte des äquivalenten Energieverlustes je Impuls mit der Wiederholfrequenz multipliziert werden.

6.4.16 Zündverzugszeit (t_{gd})

Typischer und, sofern zutreffend, Höchstwert für einen festgelegten Vorwärts-Spitzensteuerstrom.

6.4.17 Abschalt-Zeitintervalle

Die Höchstwerte der folgenden Zeitintervalle sind unter folgenden Bedingungen anzugeben:

- a) festgelegter Spitzendurchlassstrom, der abzuschalten ist, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert des periodischen steuerbaren Spitzendurchlassstroms;
- b) festgelegte wiederkehrende Vorwärts-Sperrspannung, vorzugsweise 1/2 oder 2/3 des höchsten Bemessungswerts der periodischen Vorwärts-Spitzensperrspannung;
- c) festgelegte Anstiegsteilheit der wiederkehrenden Vorwärts-Sperrspannung;
- d) festgelegte Abschalt-Spannungsspitze;
- e) festgelegte Treiberspannung der Steuerschaltung, vorzugsweise gleich dem höchsten Bemessungswert der Abschalt-Steuerspannung;
- f) festgelegte Anstiegsteilheit des Abschalt-Steuerstroms;
- g) höchster Bemessungswert der Ersatz-Sperrschichttemperatur.

6.4.17.1 (Zünd-)Abschaltzeit (t_{gq})

Höchstwert.

6.4.17.2 (Zünd-)Abschaltverzugszeit (t_{dq})

Höchstwert.

6.4.17.3 (Zünd-)Abschaltfallzeit (t_{fq})

Höchstwert.

6.4.17.4 Schweißzeit (t_z)

Höchstwert.

7 Mess- und Prüfverfahren**Einführung**

Mit wenigen Ausnahmen, die jeweils in der Überschrift angegeben sind, gelten die in diesem Abschnitt beschriebenen Mess- und Prüfverfahren für rückwärts sperrende Thyristortrioden. Viele der Verfahren aber sind auch bei anderen Thyristorarten anzuwenden.

Hinsichtlich ihrer Anwendung bei rückwärts sperrenden Thyristortrioden sind die in den Schaltungen angegebenen Polaritäten auf kathodenseitig steuerbare Thyristoren bezogen. Die Schaltungen können jedoch durch Umpolen der Messgeräte und Stromquellen sowie der Anoden- und Kathodenanschlüsse für anodenseitig steuerbare Thyristoren angepasst werden.

7.1 Messverfahren für elektrische Kennwerte**7.1.1 Allgemeine Regeln****7.1.1.1 Allgemeine Regeln für Gleichstrommessungen**

Für die Messung der Durchlasskennwerte von Thyristoren wird die Qualität der Gleichstromquelle als nicht wichtig betrachtet, vorausgesetzt die relative Schwingungsbreite beträgt weniger als 10 %.

Für die Messung der Kennwerte des Vorwärts-Sperr- oder Rückwärtszustands sollte die relative Schwingungsbreite der Spannungsquelle 1 % nicht überschreiten, und es sollte insbesondere darauf geachtet werden, dass die Spannungsbemessungswerte des Thyristors nicht durch transiente Überspannungen überschritten werden.

7.1.1.2 Allgemeine Regeln für Wechselstrommessungen

Die Stromquellen können mit Dioden beschaltet werden, um die Verstärker des Oszilloskops vor unerwünschten Halbschwingungsimpulsen zu schützen. Sind geringe Rückwärts-Sperrströme zu messen, kann es erforderlich sein, geeignete Maßnahmen gegen Einstreuungen zu ergreifen, z. B. einen abgeschirmten Transformator und eine geeignete Erdung zu verwenden. Ebenso sollten parasitäre Kapazitäten vermieden werden. Besondere Sorgfalt sollte außerdem darauf verwendet werden, die parasitären Induktivitäten so gering wie möglich zu halten, insbesondere bei Hochstrom-Bauelementen.

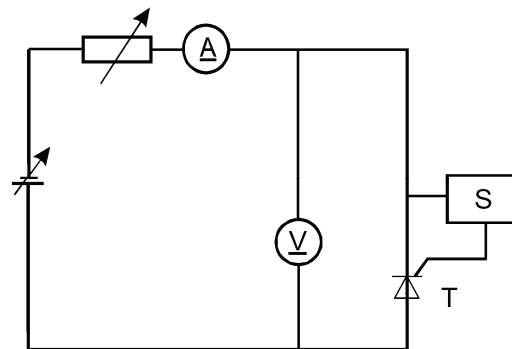
7.1.1.3 Temperaturbedingungen

Bei allen nachfolgend beschriebenen Messungen der elektrischen Kennwerte sollten die Temperaturbedingungen festgelegt werden. Die Messungen sind stets nach Erreichen des thermischen Gleichgewichts durchzuführen.

7.1.2 Durchlassspannung (U_T)

7.1.2.1 Gleichstromverfahren

Die Durchlassspannung kann mit der in Bild 19 dargestellten Schaltung gemessen werden. Nachdem der Thyristor in den Durchlasszustand geschaltet ist, wird der festgelegte Durchlassstrom eingestellt und die Spannung zwischen Anoden- und Kathodenanschluss unter den festgelegten Bedingungen hinsichtlich der Vorspannung und des Widerstands im Steuerstromkreis gemessen.

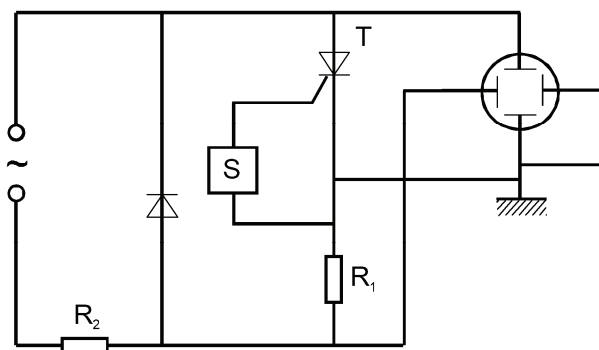


- T zu prüfender Thyristor
S Steuervorspannungsquelle

Bild 19 – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Gleichstromverfahren)

7.1.2.2 Oszilloskop-Verfahren

Bild 20a zeigt eine Schaltung zur Messung des Augenblickswerts der Durchlassspannung mit einer Stromquelle, die Sinus-Halbschwingungen unter festgelegten Bedingungen hinsichtlich der Vorspannung und des Widerstands im Steuerstromkreis liefert. Der Strom fließt in Vorwärtsrichtung durch den im Durchlasszustand befindlichen Thyristor. Die Strom-Spannungs-Kennlinie wird auf dem Bildschirm des Oszilloskops angezeigt, wie in Bild 20b dargestellt.



- T zu prüfender Thyristor
 R_2 niederohmiger Widerstand
S Steuervorspannungsquelle

Bild 20a – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Oszilloskop-Verfahren)

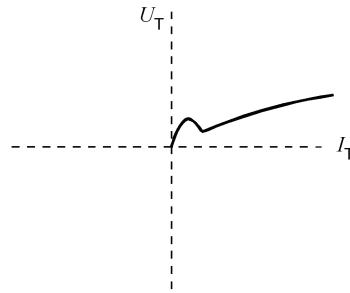


Bild 20b – Grafische Darstellung der Kennlinie der Durchlassspannung über dem Durchlassstrom

Bild 20 – Verfahren zur Messung des Augenblickswerts der Durchlassspannung mit einem Oszilloskop

7.1.2.3 Impulsverfahren

Zweck

Messung der Durchlassspannung eines Thyristors mit einem Impulsverfahren unter festgelegten Bedingungen.

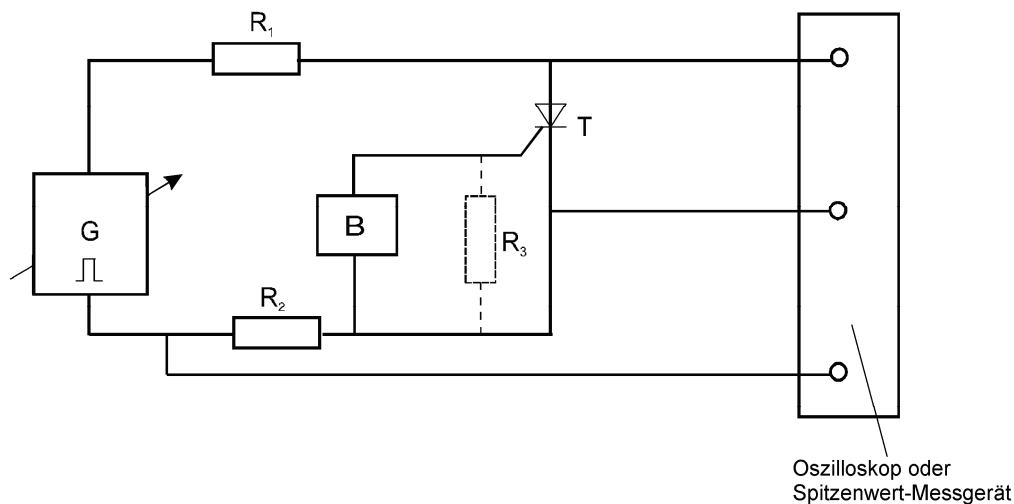


Bild 21 – Schaltung zur Messung der Durchlassspannung (Impulsverfahren)

Beschreibung der Schaltung und Anforderungen (siehe Bild 21)

- B Ansteuereinrichtung;
- G Impulsgenerator;
- R_1 Schutzwiderstand;
- R_2 kalibrierter induktionsfreier Strommesswiderstand;
- T zu messender Thyristor.

Breite und Wiederholfrequenz der vom Impulsgenerator erzeugten Impulse sind so zu wählen, dass die innere Erwärmung des Thyristors während der Messung vernachlässigbar gering ist.

Die Impulsdauer muss so lang sein, dass der Prüfling vollständig eingeschaltet wird. Bei kleinen Thyristoren und bei Bauelementen, die einen dezentralen Steueranschluss haben, ist die Einschalt-Ausbreitungszeit relativ kurz, und diese Bedingung kann mit einer Impulsdauer von 100 μ s bis 500 μ s erfüllt werden. Bei großen Thyristoren mit einer langen Einschalt-Ausbreitungszeit können Impulsdauern von 1 ms und mehr notwendig sein. Wenn die Durchlasskennwerte für ansteigenden und abfallenden Strom nicht identisch sind,

sind die Kennwerte für den abfallenden Strom (d. h. für den voll leitenden Thyristor) auszuwählen. Der Thyristor kann, wenn die Stromamplitude nicht groß genug ist, in einem teilweise eingeschalteten Zustand verharren.

Anstelle eines Oszilloskops kann ein Spitzenwert-Messgerät verwendet werden; es muss jedoch die Möglichkeit bieten, die Durchlassspannung zu einem Zeitpunkt zu messen, zu dem der Thyristor vollständig eingeschaltet ist.

Vorsichtsmaßnahmen

Es ist darauf zu achten, dass die kritische Stromsteilheit di/dt des zu prüfenden Thyristors nicht überschritten wird.

Durchführung der Messung

Die Spannung des Impulsgenerators und der Ansteuereinrichtung wird zunächst auf null gesetzt.

Die Temperaturbedingungen werden entsprechend der Spezifikation eingestellt und die erforderliche Vorspannung wird angelegt.

Durch Erhöhen der Spannung am Impulsgenerator wird der festgelegte Durchlassstrom eingestellt. Die Durchlassspannung wird mit dem Oszilloskop gemessen.

Festzulegende Bedingungen

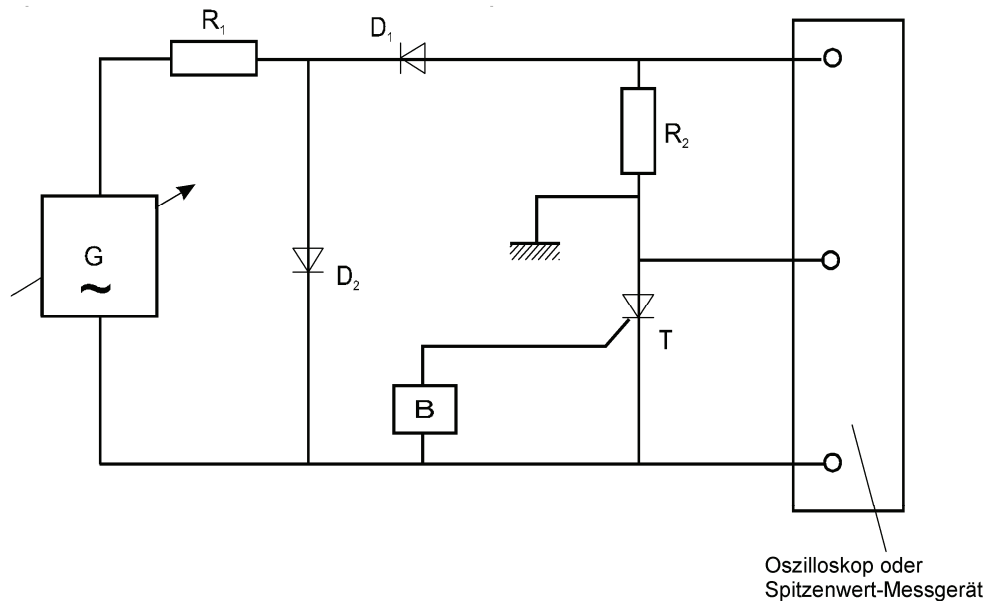
Die Werte für die folgenden Bedingungen sind anzugeben:

- a) Spitzendurchlassstrom;
- b) Umgebungs-, Gehäuse- oder Bezugspunkttemperatur;
- c) Vorspannungsbedingungen im Ansteuerkreis, gegebenenfalls einschließlich R_3 .

7.1.3 Rückwärts-Spitzensperrstrom (I_{RM})

Zweck

Messung des Rückwärts-Spitzensperrstroms eines Thyristors bei einem festgelegten Wert der periodischen Rückwärts-Spitzensperrspannung unter festgelegten Bedingungen (siehe Bild 22).



- B Ansteuereinrichtung
- D_1/D_2 Dioden, die nur die negative Halbschwingung durchlassen, sodass nur die Rückwärts-Sperrkennlinie des Thyristors gemessen wird
- G Wechselspannungsquelle
- R_1 Schutzwiderstand
- R_2 kalibrierter Strommesswiderstand
- T zu prüfender Thyristor

Bild 22 – Schaltung zur Messung des Rückwärts-Spitzensperrstroms

Durchführung der Messung

Die periodische Rückwärts-Spitzensperrspannung des Thyristors, die mit dem Oszilloskop gemessen wird, wird an der Wechselspannungsquelle eingestellt. Der Spitzenwert des Rückwärts-Sperrstroms durch den Thyristor wird an R_2 mit dem Oszilloskop gemessen.

Anstelle des Oszilloskops kann ein Spitzenwert-Messgerät verwendet werden; es muss jedoch die Möglichkeit bieten, den Rückwärts-Spitzensperrstrom zu dem Zeitpunkt zu messen, zu dem die Rückwärts-Sperrspannung ihren Spitzenwert erreicht.

Festzulegende Bedingungen

Die Werte für die folgenden Bedingungen sind anzugeben:

- periodische Rückwärts-Spitzensperrspannung;
- Frequenz der Wechselspannungsquelle;
- Bedingungen hinsichtlich der Steuervorspannung: Leerlaufspannung und Innenwiderstand des Generators oder Widerstand zwischen Steueranschluss und Kathode;
- Umgebungs-, Gehäuse- oder Bezugspunkttemperatur.

7.1.4 Einraststrom (I_L)

Zweck

Messung des Einraststroms eines Thyristors unter festgelegten Bedingungen.