

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
747-2

1983

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1992-02

Amendement 1

**Dispositifs à semiconducteurs - Dispositifs
discrets et circuits intégrés**

Deuxième partie:
Diodes de redressement

Amendment 1

**Semiconductor devices - Discrete devices
and integrated circuits**

Part 2:
Rectifier diodes

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le Comité d'Etudes n° 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
47(BC)883	47(BC)926
47(BC)892	47(BC)935
47(BC)950	47(BC)990
47(BC)962	47(BC)997
47(BC)1074	47(BC)1172
47(BC)1075	47(BC)1171
47(BC)1076	47(BC)1173
47(BC)1077	47(BC)1132
47(BC)1181	47(BC)1286

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Page 2

SOMMAIRE

Article amendé

CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX

- 2.1.5 Tension inverse de crête
- 2.1.6 Tension inverse de pointe répétitive
- 2.1.7 Tension inverse de pointe non répétitive
- 2.1.8 Tension de claquage
- 2.2.3 Courant direct de pointe répétitif (I_{FRM})
- 2.2.4 Courant direct de surcharge prévisible
- 2.2.5 Courant direct de surcharge accidentelle
- 2.2.9 Courant direct efficace
- 2.2.10 Valeur de I^2t
- 2.2.11 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC Technical Committee No. 47: Semiconductor devices.

The text of this amendment is based on the following documents:

Six Months' Rule	Reports on Voting
47(CO)883	47(CO)926
47(CO)892	47(CO)935
47(CO)950	47(CO)990
47(CO)962	47(CO)997
47(CO)1074	47(CO)1172
47(CO)1075	47(CO)1171
47(CO)1076	47(CO)1173
47(CO)1077	47(CO)1132
47(CO)1181	47(CO)1286

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Page 3

CONTENTS

Amended clause

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

- 2.1.5 Crest (peak) working reverse voltage
- 2.1.6 Repetitive peak reverse voltage
- 2.1.7 Non-repetitive peak reverse voltage; peak transient reverse voltage
- 2.1.8 Breakdown voltage
- 2.2.3 Repetitive peak forward current (I_{FRM})
- 2.2.4 Overload forward current
- 2.2.5 Surge forward current
- 2.2.9 R.M.S. forward current
- 2.2.10 I^2t value
- 2.2.11 Peak case non-rupture current

- 2.3.1 Dissipation totale de puissance
- 2.3.2 Dissipation de puissance direct
- 2.3.7 Dissipation de puissance inverse
- 2.3.8 I^2t de non-rupture du boîtier
- 2.4.4 Temps de recouvrement direct (t_{fr}) (d'une diode de redressement)
- 2.4.5 Charge recouvrée (Q_r)
- 2.4.6 Temps de croissance du courant de recouvrement inverse
- 2.4.7 Temps de décroissance du courant de recouvrement inverse
- 2.4.8 Charge pendant le temps de croissance
- 2.4.9 Charge pendant le temps de décroissance

CHAPITRE III: VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

- 3.2.6 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

CHAPITRE IV: MÉTHODES DE MESURE

Modifier le titre du paragraphe 1.5 comme suit:

- 1.5 Charge recouvrée et temps de recouvrement inverse (Q_r , t_{rr})

Ajouter le nouveau titre du paragraphe suivant:

- 1.6 Temps de recouvrement direct t_{fr} et tension de recouvrement direct de pointe V_{FRM}

Page 4

Modifier le titre du paragraphe 3.3 comme suit:

- 3.3 Puissance inverse de pointe (répétitive ou non répétitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée

Ajouter le titre du nouveau paragraphe suivant:

- 3.4 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

Page 12

CHAPITRE II: TERMINOLOGIE ET SYMBOLES LITTÉRAUX

Modifier à la page 14, les paragraphes 2.1.5 à 2.1.7 existants comme suit:

- 2.1.5 Tension inverse de crête

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse, excluant toutes les tensions transitoires répétitives et non répétitives.

- 2.3.1 Total power dissipation
- 2.3.2 Forward power dissipation
- 2.3.7 Reverse power dissipation
- 2.3.8 Case non-rupture I^2t
- 2.4.4 Forward recovery time (t_{fr}) (of a rectifier diode)
- 2.4.5 Recovered charge (Q_r)
- 2.4.6 Reverse recovery current rise time
- 2.4.7 Reverse recovery current fall time
- 2.4.8 Rise time charge
- 2.4.9 Fall time charge

CHAPTER III: ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS

- 3.2.6 Peak case non-rupture current

CHAPTER IV: METHODS OF MEASUREMENT

Amend the title of the subclause 1.5 as follows:

- 1.5 Recovered charge and reverse recovery time (Q_r , t_{rr})

Add the title of the following new subclause:

- 1.6 Forward recovery time t_{fr} and peak forward recovery voltage V_{FRM}

Page 5

Amend the title of the existing subclause 3.3 as follows:

- 3.3 Peak reverse power (repetitive or non-repetitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes

Add the title of the following new subclause:

- 3.4 Peak case non-rupture current

Page 13

CHAPTER II: TERMINOLOGY AND LETTER SYMBOLS

Amend the existing subclauses 2.1.5, 2.1.6 and 2.1.7 as follows:

- 2.1.5 Crest (peak) working reverse voltage

The highest instantaneous value of the reverse voltage, excluding all repetitive and non-repetitive transient voltages.

2.1.6 Tension inverse de pointe répétitive

Valeur instantanée la plus élevée de la tension inverse, incluant toutes les tensions transitoires répétitives, mais excluant toutes les tensions transitoires non répétitives.

2.1.7 Tension inverse de pointe non répétitive

Valeur instantanée la plus élevée d'une quelconque tension inverse transitoire non répétitive.

NOTES

1 On préférera la formule «tension inverse de pointe non répétitive».

2 La tension répétitive est habituellement une fonction du circuit et accroît la dissipation de puissance du dispositif. Une tension transitoire non répétitive est habituellement due à une cause extérieure et on admet que son effet a complètement disparu avant que la transitoire suivante n'arrive.

Ajouter, après le paragraphe 2.1.7 le nouveau paragraphe suivant:

2.1.8 Tension de claquage

Tension dans la région où se produit le claquage.

2.2.3 Courant direct de pointe répétitif (I_{FRM})

Supprimer la note de ce paragraphe.

Modifier les paragraphes 2.2.4 et 2.2.5 existants comme suit:

2.2.4 Courant direct de surcharge prévisible

Courant direct ayant sensiblement la même forme d'onde que le courant direct normal spécifié, mais de valeur supérieure, dont l'application permanente causerait un dépassement de la valeur limite maximale de la température virtuelle de jonction, mais qui est limité dans le temps à une valeur telle que cette température ne soit pas dépassée.

NOTE - Les dispositifs peuvent être soumis à des courants de surcharge prévisible aussi fréquemment que l'application le demande, tout en étant soumis à des tensions de fonctionnement normales.

2.2.5 Courant direct de surcharge accidentelle

Impulsion de courant direct de courte durée et de forme d'onde spécifiée, dont l'application provoque ou peut provoquer un dépassement de la valeur limite maximale de la température de jonction, mais que l'on suppose ne se produire que rarement, un nombre limité de fois durant la vie du dispositif, et être la conséquence de conditions inhabituelles dans le circuit (par exemple un défaut).

Ajouter, après le paragraphe 2.2.8, les nouveaux paragraphes suivants:

2.2.9 Courant direct efficace

Valeur efficace du courant direct calculée sur un cycle complet de la fréquence de fonctionnement.

2.1.6 Repetitive peak reverse voltage

The highest instantaneous value of the reverse voltage, including all repetitive transient voltages, but excluding all non-repetitive transient voltages.

2.1.7 Non-repetitive peak reverse voltage; peak transient reverse voltage

The highest instantaneous value of any non-repetitive transient reverse voltage.

NOTES

- 1 Preference should be given to the term "non-repetitive peak reverse voltage".
- 2 The repetitive voltage is usually a function of the circuit and increases the power dissipation of the device. A non-repetitive transient voltage is usually due to an external cause and it is assumed that its effect has completely disappeared before the next transient arrives.

Add, after subclause 2.1.7, the following new subclause:

2.1.8 Breakdown voltage

A voltage in the region where breakdown occurs.

2.2.3 Repetitive peak forward current (I_{FRM})

Delete the note of this subclause.

Amend the existing subclauses 2.2.4 and 2.2.5 as follows:

2.2.4 Overload forward current

A forward current of substantially the same waveshape as the specified normal forward current, but having a greater value, such that its continuous application would cause the rated maximum virtual junction temperature to be exceeded, but that is limited in duration to such an extent that this temperature is not exceeded.

NOTE - Devices may be subjected to overload currents as frequently as called for by the application, while being subjected to normal operating voltages.

2.2.5 Surge forward current

A forward current pulse of short time duration and specified waveshape, whose application causes or would cause the maximum rated junction temperature to be exceeded, but which is assumed to occur rarely and with a limited number of such occurrences during the service life of the device and to be a consequence of unusual circuit conditions (for example a fault).

Page 17

Add, after subclause 2.2.8, the following new subclauses:

2.2.9 R.M.S. forward current

The r.m.s value of the forward current over one complete cycle of the operating frequency.

2.2.10 Valeur de I^2t

Intégrale du carré du courant direct de surcharge accidentelle pendant la durée de la surcharge de courant.

2.2.11 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

Valeur de pointe du courant que l'on ne doit pas dépasser, afin d'éviter l'explosion du boîtier ou l'émission d'un jet de plasma, dans des conditions spécifiées de courant, de forme d'onde et de temps.

NOTE - Cette définition implique qu'une fine craquelure puisse exister dans le boîtier pour un dispositif soumis au courant de pointe pour non-rupture de boîtier, pourvu qu'aucun jet de plasma n'ait été émis. Aucune partie du boîtier ne doit se détacher et le dispositif ne doit ni fondre extérieurement ni s'embraser.

Modifier les paragraphes 2.3.1 et 2.3.2 existants comme suit.

2.3.1 Dissipation totale de puissance

Somme des dissipations dues aux courants direct et inverse.

2.3.2 Dissipation de puissance directe

Dissipation de puissance due au passage du courant direct.

Ajouter, après le paragraphe 2.3.6, les nouveaux paragraphes suivants:

2.3.7 Dissipation de puissance inverse

Dissipation de puissance due au passage du courant inverse.

2.3.8 I^2t de non-rupture du boîtier

Valeur de I^2t que l'on ne doit pas dépasser, afin d'éviter l'explosion du boîtier ou l'émission d'un jet de plasma, dans des conditions spécifiées de courant, de forme d'onde et de temps, indiquées comme suit:

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

où:

t_w est la durée de l'impulsion de courant

NOTE - Cette définition implique qu'une fine craquelure puisse exister dans un dispositif soumis au I^2t de non-rupture du boîtier, pourvu qu'aucun jet de plasma ne soit émis. Aucune partie du boîtier ne doit se détacher et le dispositif ne doit ni fondre extérieurement ni s'embraser.

Remplacer les paragraphes 2.4.4 et 2.4.5 existants par les nouveaux paragraphes suivants:

2.2.10 I^2t value

The integral of the square of a surge forward current over the duration of the current surge.

2.2.11 Peak case non-rupture current

The peak value of current that should not be exceeded in order to avoid bursting of the case or the emission of a plasma beam under specified conditions of current, waveshape and time.

NOTE - This definition implies that a fine crack in the case might be found in a device subjected to the peak case non-rupture current, provided that no plasma beam was emitted. Parts of the case shall not break away, nor shall the device melt externally or burst into flames.

Amend, the existing subclauses 2.3.1 and 2.3.2 as follows:

2.3.1 Total power dissipation

The sum of the dissipations due to currents in the forward and reverse directions.

2.3.2 Forward power dissipation

The power dissipation due to the flow of forward current.

Add, after subclause 2.3.6, the following new subclauses:

2.3.7 Reverse power dissipation

The power dissipation resulting from the flow of reverse current.

2.3.8 Case non-rupture I^2t

The value of I^2t that should not be exceeded in order to avoid bursting of the case or the emission of a plasma beam, under specified conditions of current, waveshape and time, and given as follows:

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

where:

t_w is the current pulse duration

NOTE - This definition implies that a fine crack in the case might be found in a device subjected to the case non-rupture I^2t , provided no plasma was emitted. Parts of the case shall not break away, nor shall the device melt externally or burst into flames.

Replace the existing subclauses 2.4.4 and 2.4.5 by the following new subclauses:

2.4.4 Temps de recouvrement direct (t_{tr}) (d'une diode de redressement)

Intervalle de temps entre l'instant où la tension directe croît en passant par une première valeur spécifiée et celui où elle décroît de sa valeur de pointe V_{FRM} à une seconde valeur spécifiée proche de la valeur stable finale de la tension directe (comme il est indiqué sur la figure 35a), ou celui où elle atteint par extrapolation la valeur zéro (comme il est indiqué sur la figure 35b), après application d'un échelon spécifié de courant direct, à partir d'une tension nulle ou d'une autre tension inverse spécifiée.

NOTES

1 Méthode A: Les première et seconde valeurs spécifiées indiquées dans la définition sont fixées généralement à 10 % et 110 % respectivement de la valeur stable finale de la tension directe (V_F^* sur les figures 35a et 35b).

2 Méthode B: L'extrapolation est effectuée en traçant une droite passant par deux points A et B spécifiés, comme il est indiqué sur la figure 35b.

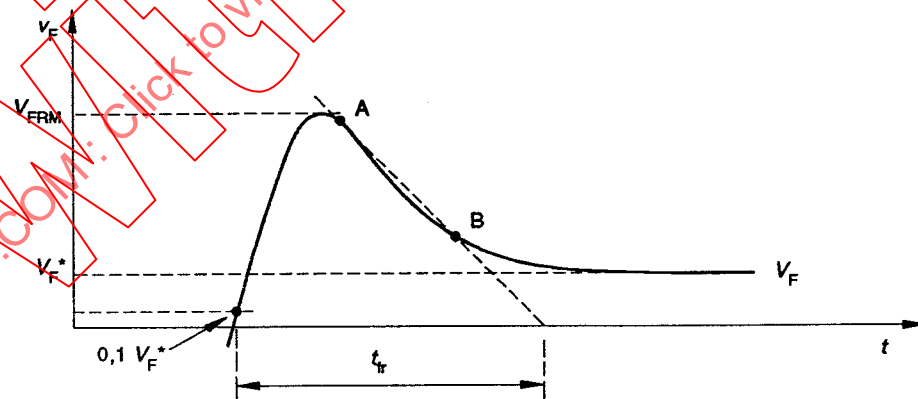
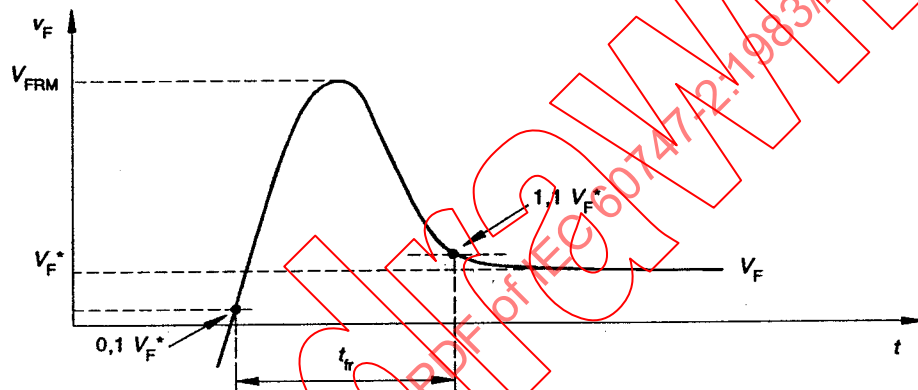


Figure 35 - Temps de recouvrement direct

2.4.4 Forward recovery time (t_{fr}) (of a rectifier diode)

The time interval between the instant when the forward voltage rises through a specified first value and the instant when it falls from its peak value V_{FRM} to a specified second value close to the final stable value of forward voltage (as shown in figure 35a), or when the extrapolated forward voltage reaches zero (as shown in figure 35b), upon the application of a specified step of forward current following a zero-voltage or other specified reverse-voltage condition.

NOTES

- 1 Specification method A: The specified first and second values referred to in the definition are usually 10 % and 110 %, respectively, of the final stable value (V_F^* in figures 35a and 35b).
- 2 Specification method B: The extrapolation is carried out with respect to specified points A and B as shown in generalized form in figure 35b.

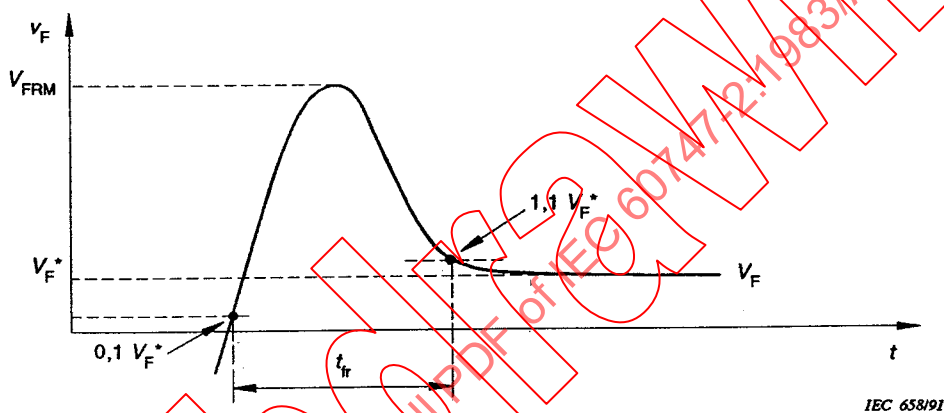


Figure 35a, Specification method A

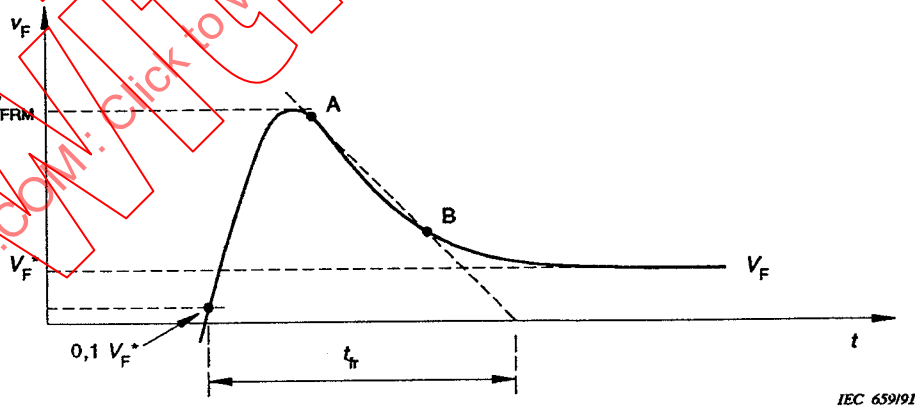


Figure 35b, Specification method B

Figure 35 - Forward recovery time

2.4.5 Charge recouvrée (Q_r)

Charge totale recouvrée dans la diode pendant un temps d'intégration spécifié après commutation d'une condition de courant direct spécifiée à une condition inverse spécifiée:

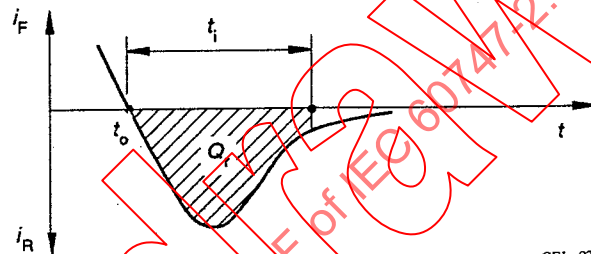
$$Q_r = \int_{t_o}^{t_o + t_i} i_R \cdot dt$$

où:

t_o est l'instant où le courant passe par la valeur zéro

t_i est le temps d'intégration spécifié (voir figure 36).

NOTE - Cette charge inclut les composantes dues aux porteurs de charge stockée et à la capacité de la couche diélectrique.



CEI 07692

Figure 36 - Charge recouvrée

Ajouter, après le paragraphe 2.4.5, les nouveaux paragraphes suivants:

2.4.6 Temps de croissance du courant de recouvrement inverse

Intervalle de temps entre le début du temps de recouvrement inverse et l'instant où le courant de recouvrement inverse atteint sa valeur de pointe, après commutation instantanée d'un courant direct spécifié à une tension inverse spécifiée.

2.4.7 Temps de décroissance du courant de recouvrement inverse

Intervalle de temps entre l'instant où le courant de recouvrement inverse atteint sa valeur de pointe et la fin du temps de recouvrement inverse, après commutation instantanée d'un courant direct spécifié à une tension inverse spécifiée.

2.4.8 Charge pendant le temps de croissance

Partie de la charge recouvrée qui est recouvrée par la diode pendant le temps de croissance du courant de recouvrement inverse.

2.4.9 Charge pendant le temps de décroissance

Partie de la charge recouvrée qui est recouvrée par la diode pendant le temps de décroissance du courant de recouvrement inverse.

2.4.5 Recovered charge (Q_r)

The total charge recovered from the diode during a specified integration time after switching from a specified forward current condition to a specified reverse condition:

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

where:

t_0 is the instant when the current passes through zero

t_i is the specified integration time (see figure 36).

NOTE - This charge includes components due to both carrier storage and depletion layer capacitance.

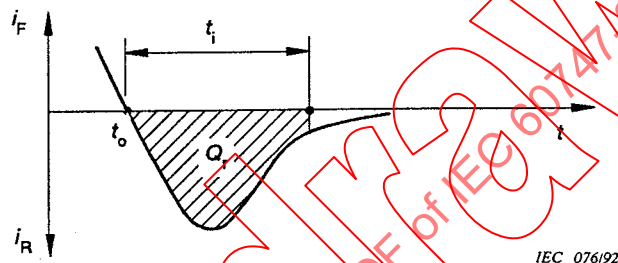


Figure 36 - Recovered charge

Add, after subclause 2.4.5, the following new subclauses:

2.4.6 Reverse recovery current rise time

The time interval between the beginning of the reverse recovery time and the instant when the reverse recovery current reaches its peak value after instantaneous switching from a specified forward current to a specified reverse voltage.

2.4.7 Reverse recovery current fall time

The time interval between the instant when the reverse recovery current reaches its peak value and the end of reverse recovery time after instantaneous switching from a specified forward current to a specified reverse voltage.

2.4.8 Rise time charge

The part of the recovered charge that is recovered from the diode during the reverse recovery current rise time.

2.4.9 Fall time charge

That part of the recovered charge that is recovered from the diode during the reverse recovery current fall time.

Page 26

CHAPITRE III: VALEURS LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES

Ajouter, après le paragraphe 3.2.5, page 32, le nouveau paragraphe suivant:

3.2.6 Courant de pointe pour non-rupture du boîtier

La valeur limite pour «courant de pointe pour non-rupture du boîtier» doit être spécifiée, s'il y a lieu, comme la valeur maximale d'un courant triangulaire augmentant à une vitesse déterminée, de préférence 25 A/μs, et ayant une durée d'impulsion spécifiée pour une température de boîtier au départ à spécifier, de préférence 25 °C.

NOTE - Il est nécessaire de connaître la valeur limite «courant de pointe pour non-rupture du boîtier» des diodes de redressement à courant élevé (valeurs limites du courant moyen supérieures ou égales à 1 000 A environ), utilisés dans les installations importantes de convertisseurs (en général, on connecte en parallèle plusieurs dispositifs) car, si un dispositif n'arrive pas à bloquer la tension inverse, il s'ensuit un courant de court-circuit très brusque et de valeur élevée qui peut amener la rupture du boîtier et endommager l'équipement avant qu'un fusible ait eu le temps de le protéger.

En conséquence, la détermination ou la vérification de cette valeur limite du courant nécessite d'avoir une installation d'essais de forte puissance; les coûts de l'essai et des échantillons détruits sont considérables et ne se justifient que si le danger signalé ci-dessus existe réellement.

La valeur du courant de pointe pour non-rupture du boîtier dépend énormément de l'emplacement du claquage initial sur la pastille de silicium; elle est généralement plus faible si le claquage a lieu près des bords.

Page 42

CHAPITRE IV: MÉTHODES DE MESURE

Remplacer, à la page 56, le paragraphe 1.5 existant par les nouveaux paragraphes suivants:

1.5 Charge recouverte et temps de recouvrement inverse (Q_r , t_{rr})

1.5.1 Méthode en onde demi-sinusoïdale

a) But

Mesurer la charge recouverte Q_r et le temps de recouvrement inverse t_{rr} d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

Page 27

CHAPTER III: ESSENTIAL RATINGS AND CHARACTERISTICS

Add, after subclause 3.2.5, page 33, the following new subclause:

3.2.6 Peak case non-rupture current

The limiting value "peak case non-rupture current" should be specified, where appropriate, as the maximum value of a triangular current rising at a specified rate, preferably 25 A/ μ s, and having a specified pulse duration for a starting case temperature to be specified, preferably 25 °C.

NOTE - The limiting value "peak case non-rupture current" is needed for high-current rectifier diodes (mean current ratings of about 1 000 A and higher) that are used in large convertor installations (as a rule, several devices are connected in parallel), where a device failing to block reverse voltage causes a high, steeply rising, short-circuit current that can fracture the case and cause damage to the equipment before a fuse operates.

Therefore, the determination or verification of this limiting value of current needs a high-power testing facility, and the costs of the testing itself and of the samples which are destroyed in the test are considerable and are justified only in cases where the above-mentioned danger really exists.

The value of the peak case non-rupture current depends considerably on the location of the initial breakdown on the silicon chip and is usually lowest if the breakdown occurs near the edge.

Page 43

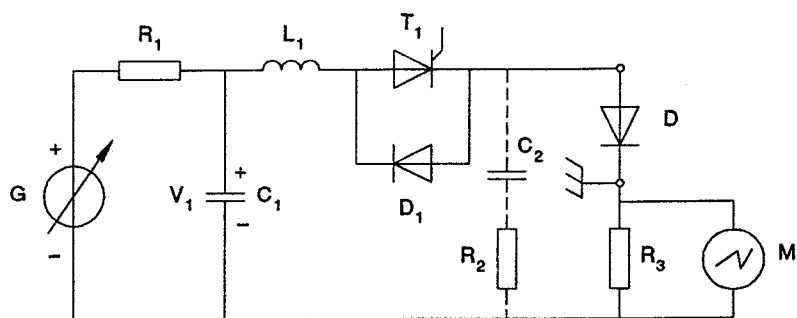
CHAPTER IV: METHODS OF MEASUREMENT

Replace, page 57, the existing subclause 1.5 by the following new subclauses:

1.5 Recovered charge and reverse recovery time (Q_r , t_{rr})**1.5.1 Half sinewave method****a) Purpose**

To measure the recovered charge Q_r and the reverse recovery time t_{rr} of a rectifier diode under specified conditions.

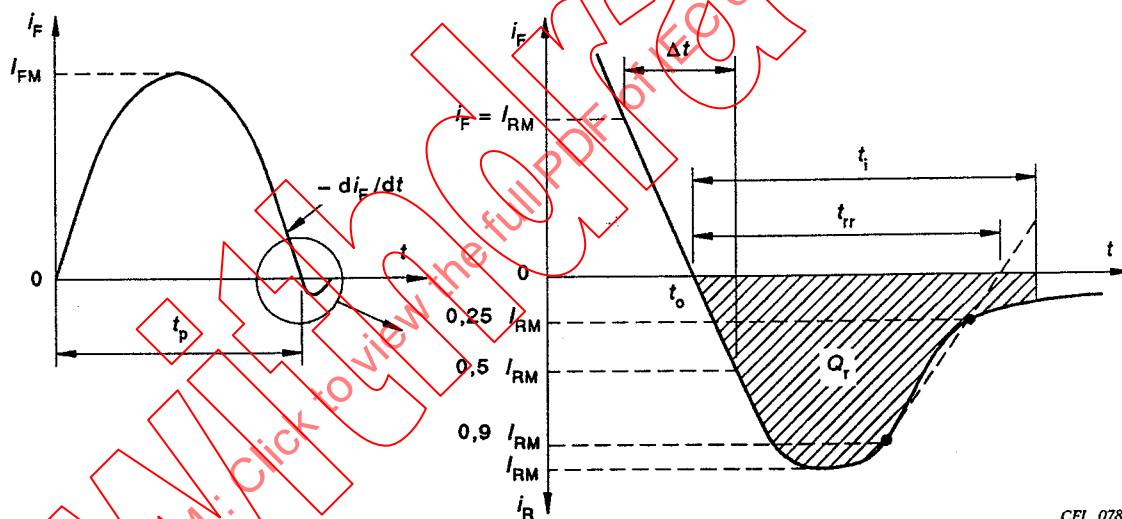
b) Schéma et forme d'onde



CEI 077/92

D = diode de redressement en mesure

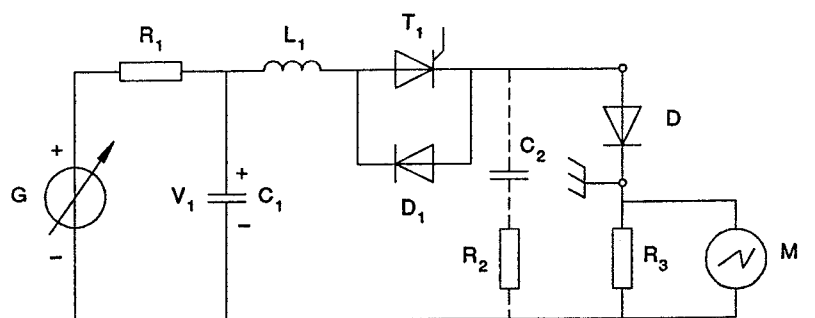
Figure 37 - Schéma



CEI 078/92

Figure 38 - Forme d'onde du courant traversant la diode D

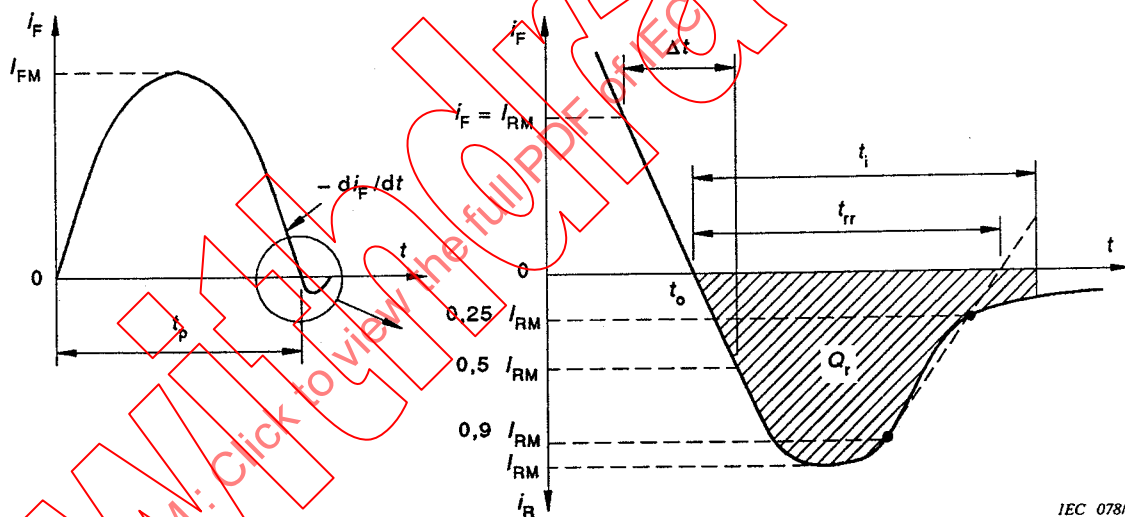
b) Circuit diagram and waveform



IEC 077/92

D = rectifier diode being measured

Figure 37 - Circuit diagram



IEC 078/92

Figure 38 - Current waveform through the diode D

c) *Description et exigences du circuit*

C_1 = condensateur qui fournit le courant direct (voir aussi L_1)

C_2 = condensateur qui limite la haute tension inverse induite

D_1 = diode antiparallèle

G = source de tension

L_1 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ et la durée de l'impulsion ($t_p \approx \pi \sqrt{L_1 C_1}$)

M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)

R_1 = résistance qui limite la charge de C_1

R_2 = résistance qui limite la haute tension inverse induite

R_3 = résistance étalonnée non inductive qui permet de mesurer le courant

T_1 = interrupteur électronique (par exemple un thyristor)

d) *Procédure de mesure*

Amorcer le thyristor T_1 et ajuster la source de tension G pour obtenir la valeur spécifiée du courant direct de pointe I_{FM} dans la diode D . La durée de l'impulsion t_p , la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ et la tension V_1 aux bornes de C_1 doivent correspondre aux conditions spécifiées.

La charge recouvrée est mesurée comme suit:

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

où:

t_0 est l'instant où le courant passe par zéro

t_i est le temps d'intégration spécifié, de préférence égal à la valeur maximale spécifiée de t_{rr} .

Le temps de recouvrement inverse t_{rr} est l'intervalle de temps qui sépare t_0 de l'instant où la droite qui joint les valeurs décroissantes $0,9 I_{RM}$ et $0,25 I_{RM}$ de i_R coupe l'axe des courants nuls.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier.
- Courant direct de pointe I_{FM} .
- Tension V_1 aux bornes de C_1 .
- Durée d'impulsion du courant direct t_p .
- Vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ (voir note).
- Temps d'intégration t_i .
- C_1 , C_2 , R_2 .

NOTE - La vitesse de variation du courant direct est mesurée au voisinage du passage du courant à zéro pour des valeurs de courant comprises entre $i_F = I_{RM}$ et $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$- \frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{voir figure 38})$$

c) *Circuit description and requirements*

C_1 = capacitor supplying the forward current (see also L_1)

C_2 = capacitor limiting the high induced reverse voltage

D_1 = antiparallel diode

G = voltage source

L_1 = inductor adjusting the rate of change of forward current $-di_F/dt$ and the pulse duration ($t_p \approx \pi \sqrt{L_1 C_1}$)

M = measuring instrument (for example an oscilloscope)

R_1 = resistor limiting the charge of C_1

R_2 = resistor limiting the high induced reverse voltage

R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor

T_1 = electronic switch (for example a thyristor)

d) *Measurement procedure*

Thyristor T_1 is triggered and the voltage source G is adjusted to give the specified value of the peak forward current I_{FM} through the diode D . The pulse duration t_p , the rate of change of forward current $-di_F/dt$ and the voltage V_1 at the C_1 terminals shall be in accordance with the specified conditions.

The recovered charge is measured as:

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

where:

t_0 is the instant when the current passes through zero

t_i is the specified integration time, preferably equal to the specified maximum value of t_{rr} .

The reverse recovery time t_{rr} is measured as the time interval between t_0 and the instant when for decreasing values of i_R a line through the points for $0,9 I_{RM}$ and $0,25 I_{RM}$ crosses the zero current axis.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Peak forward current I_{FM} .
- Voltage V_1 at the C_1 terminals.
- Pulse duration of forward current t_p .
- Rate of change of forward current $-di_F/dt$ (see note).
- Integration time t_i .
- C_1 , C_2 , R_2 .

NOTE - The rate of change of forward current is measured at zero crossing current, for current values between $i_F = I_{RM}$ and $i_R = 0,5 I_{RM}$:

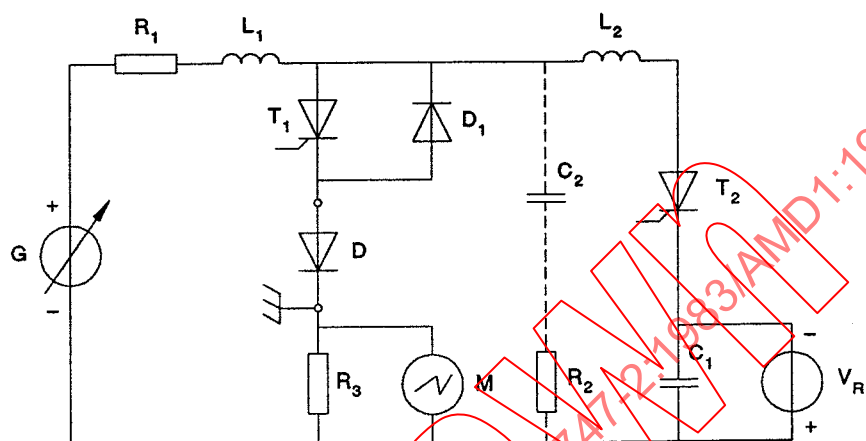
$$- \frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{see figure 38})$$

1.5.2 Méthode en onde rectangulaire

a) But

Mesurer la charge recouvrée Q_r et le temps de recouvrement inverse t_{rr} d'une diode de redressement dans des conditions spécifiées.

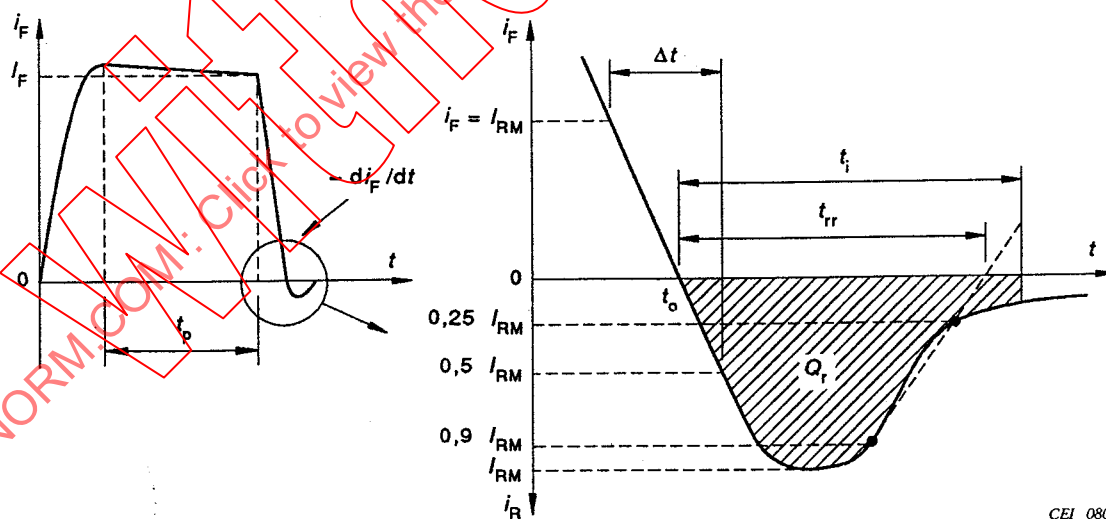
b) Schéma et forme d'onde



CEI 079/92

D = diode de redressement en mesure

Figure 39 - Schéma



CEI 080/92

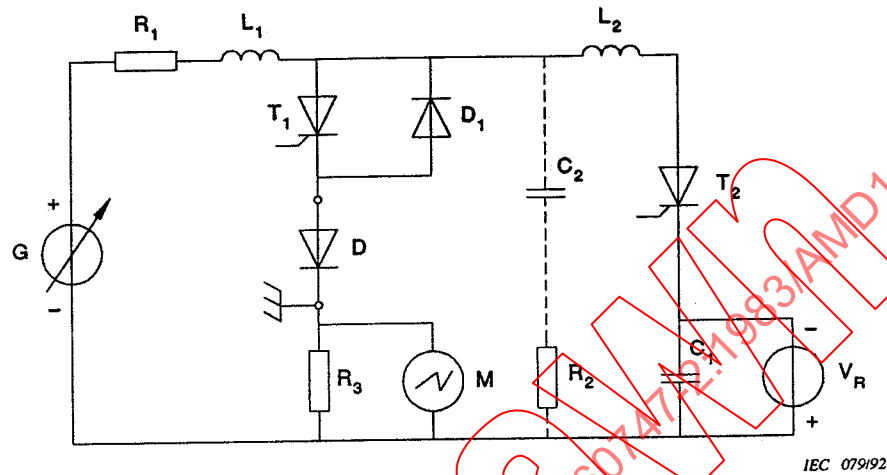
Figure 40 - Forme d'onde du courant traversant la diode D

1.5.2 Rectangular wave method

a) Purpose

To measure the recovered charge Q_r and the reverse recovery time t_{rr} of a rectifier diode under specified conditions.

b) Circuit diagram and waveform



D = rectifier diode being measured

Figure 39 - Circuit diagram

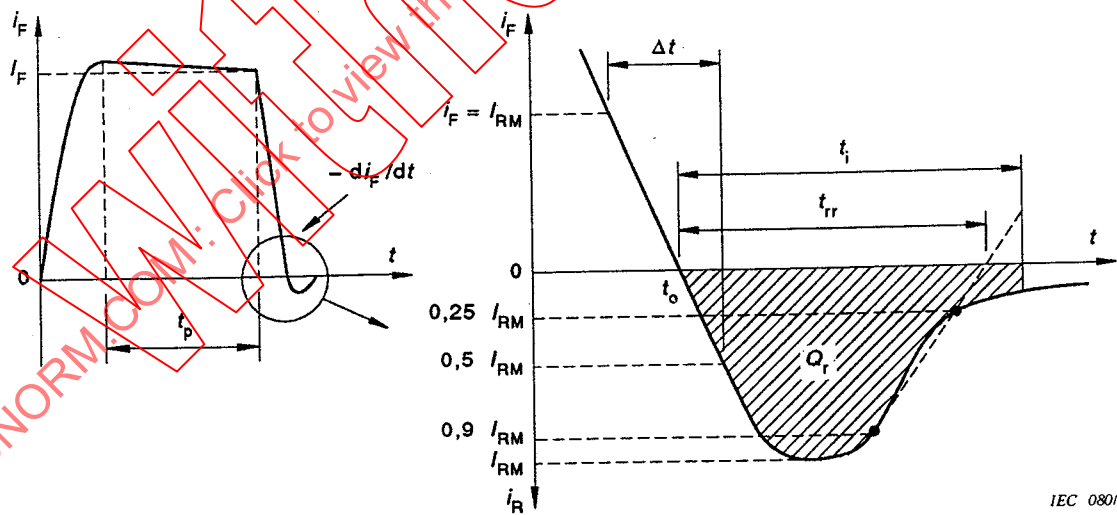


Figure 40 - Current waveform through the diode D

c) *Description et exigences du circuit*

- C_1 = condensateur qui fournit le courant de recouvrement inverse
 C_2 = condensateur qui limite la haute tension inverse induite
 D_1 = diode antiparallèle
 G = source de tension
 L_1 = inductance qui bloque la tension inverse (la valeur de L_1/R_1 est choisie de façon à être très inférieure au temps t_p)
 L_2 = inductance qui permet d'ajuster la vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$
 M = instrument de mesure (par exemple un oscilloscope)
 R_1 = résistance qui limite le courant direct
 R_2 = résistance qui limite la haute tension inverse induite
 R_3 = résistance étalonnée non inductive qui permet de mesurer le courant
 T_1 et T_2 = interrupteurs électroniques (par exemple des thyristors).

d) *Procédure de mesure*

Amorcer le thyristor T_1 et ajuster la source de tension G pour obtenir la valeur spécifiée du courant direct (I_F) avant l'amorçage de T_2 .

Amorcer le thyristor T_2 après le temps t_p et inverser le courant dans la diode en mesure à l'aide d'une tension inverse V_R appliquée extérieurement.

Ajuster la vitesse de variation du courant direct à la valeur spécifiée grâce à la tension inverse V_R associée au condensateur C_1 et à l'inductance L_2 .

La charge recouvrée est mesurée comme suit:

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

où:

t_0 est l'instant où le courant passe par zéro

t_i est le temps d'intégration spécifié, de préférence égal à la valeur maximale spécifiée de t_{rr} .

Le temps de recouvrement inverse t_{rr} est l'intervalle de temps qui sépare t_0 de l'instant où la droite qui joint les valeurs décroissantes $0,9 I_{RM}$ et $0,25 I_{RM}$ de i_R coupe l'axe des courants nuls.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou de boîtier.
- Courant direct I_F (avant l'amorçage de T_2).
- Tension inverse V_R .
- Durée d'impulsion du courant direct t_p .
- Vitesse de variation du courant direct $-di_F/dt$ (voir note).
- Temps d'intégration t_i .
- L_1 , L_2 , C_2 , R_2 .

c) *Circuit description and requirements*

- C_1 = capacitor supplying the reverse recovery current
 C_2 = capacitor limiting the high induced reverse voltage
 D_1 = antiparallel diode
 G = voltage source
 L_1 = inductor blocking the reverse voltage (the value of L_1/R_1 is selected to be much smaller than the time t_p)
 L_2 = inductor adjusting the rate of change of forward current $-di_F/dt$
 M = measuring instrument (for example an oscilloscope)
 R_1 = resistor limiting forward current
 R_2 = resistor limiting the high induced reverse voltage
 R_3 = calibrated non-inductive current sensing resistor
 T_1 and T_2 = electronic switches (for example thyristors)

d) *Measurement procedure*

Thyristor T_1 is triggered and the voltage source G is adjusted to give the specified value of forward current (I_F) before triggering T_2 .

Thyristor T_2 is triggered after the time t_p and the diode current is reversed by means of an externally applied reverse voltage V_R .

The rate of change of forward current is adjusted to the specified value by means of the reverse voltage V_R in association with capacitor C_1 and inductor L_2 .

The recovered charge is measured as:

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

where:

t_o is the instant when the current passes through zero

t_i is the specified integration time, preferably equal to the specified maximum value of t_{rr} .

The reverse recovery time t_{rr} is measured as the time interval between t_o and the instant when for decreasing values of i_R a line through the points for $0,9 I_{RM}$ and $0,25 I_{RM}$ crosses the zero current axis.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature.
- Forward current I_F (before triggering T_2).
- Reverse voltage V_R .
- Pulse duration of forward current t_p .
- Rate of change of forward current $-di_F/dt$ (see note).
- Integration time t_i .
- L_1 , L_2 , C_2 , R_2 .

NOTE - La vitesse de variation du courant direct est mesurée au voisinage du passage du courant à zéro, pour des valeurs de courant comprises entre $i_F = I_{RM}$ et $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{voir figure 40})$$

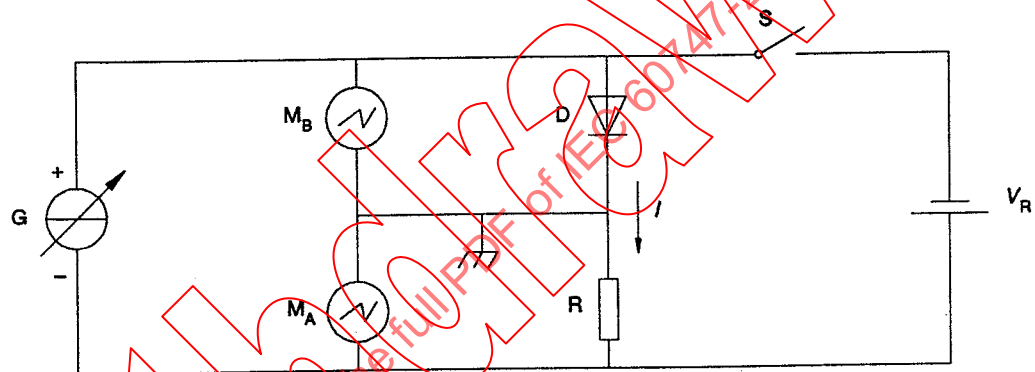
Ajouter, après le paragraphe 1.5, page 58, le nouveau paragraphe suivant:

1.6 Temps de recouvrement direct t_{fr} et tension de recouvrement direct de pointe (V_{FRM})

a) But

Mesurer le temps de recouvrement direct et la tension de recouvrement direct de pointe d'une diode de redressement.

b) Schéma et formes d'onde d'essai



CEI 66091

Figure 41 - Schéma

NOTE - The rate of change of forward current is measured at zero crossing current, for current values between $i_F = I_{RM}$ and $i_R = 0,5 I_{RM}$.

$$-\frac{di_F}{dt} = \frac{3}{2} \cdot \frac{I_{RM}}{\Delta t} \quad (\text{see figure 40})$$

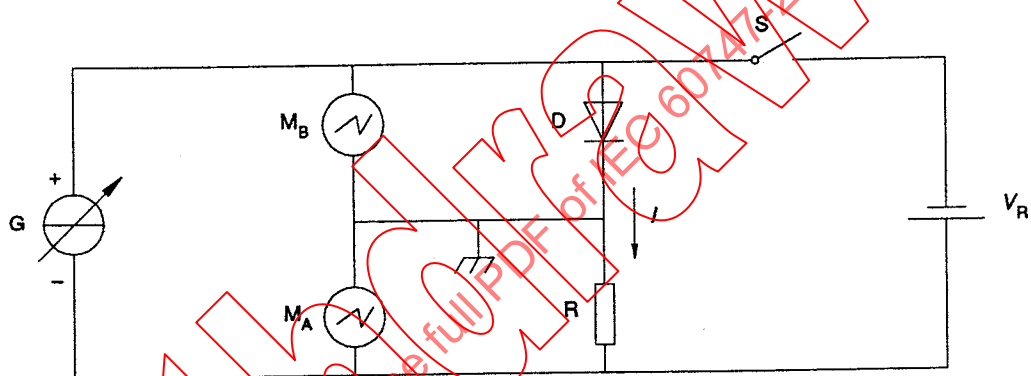
Add, after subclause 1.5, page 59, the following new subclause:

1.6 Forward recovery time t_{fr} and peak forward recovery voltage (V_{FRM})

a) Purpose

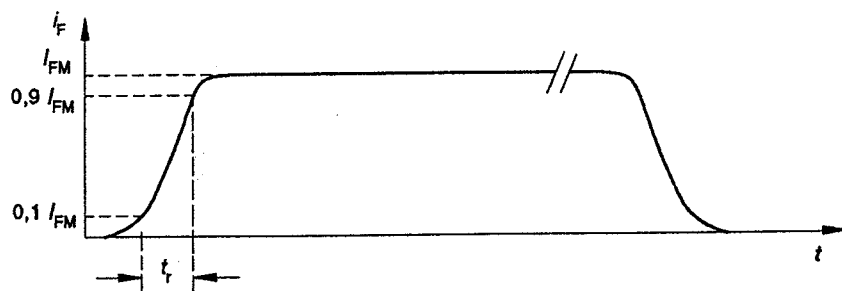
To measure the forward recovery time and the peak forward recovery voltage of a rectifier diode.

b) Circuit diagram and test waveform



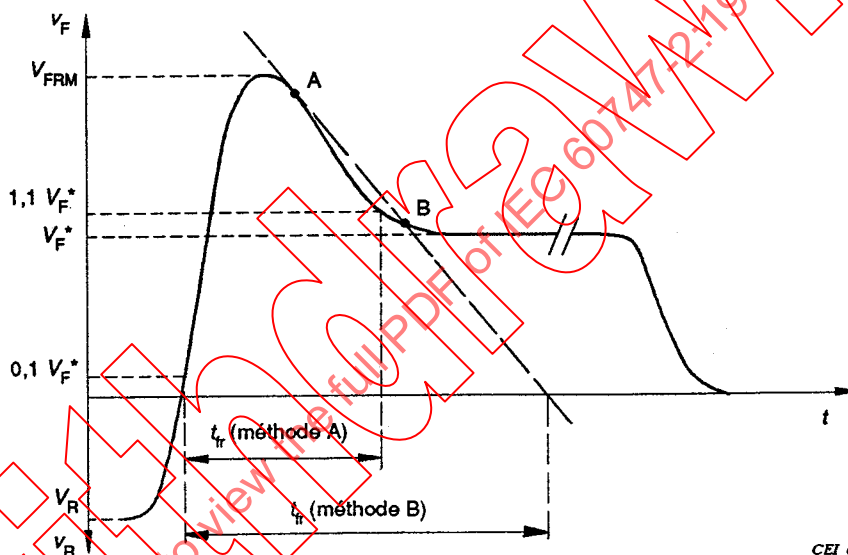
IEC 660/91

Figure 41 - Circuit diagram



CEI 661/91

Figure 42a - Forme d'onde du courant



CEI 662/91

Figure 42b - Forme d'onde de la tension

Figure 42 - Formes d'onde du courant et de la tension

c) *Description et exigences du circuit*

D = diode en mesure

G = générateur d'impulsions en courant dont la tension de sortie en circuit ouvert atteint au moins 50 V ou trois V_{FRM} (la plus forte valeur étant retenue)

R = résistance étalonée non inductive

S = interrupteur électronique, fermé sauf temporairement à partir du début de l'impulsion en courant et pendant toute sa durée

M_A et M_B = oscilloscopes ou autres instruments de mesure

La durée de l'impulsion doit être suffisamment longue pour que la tension directe puisse atteindre la valeur stable V_F^* .

La durée d'impulsion et le facteur d'utilisation du générateur d'impulsions en courant doivent être tels qu'ils ne provoquent pas d'échauffement significatif de la diode.

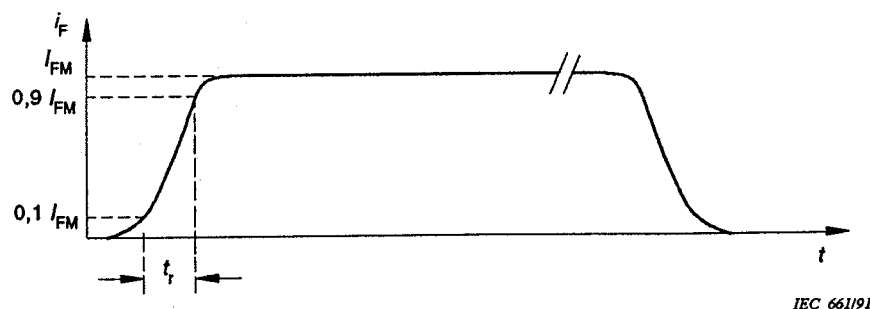


Figure 42a - Current waveform

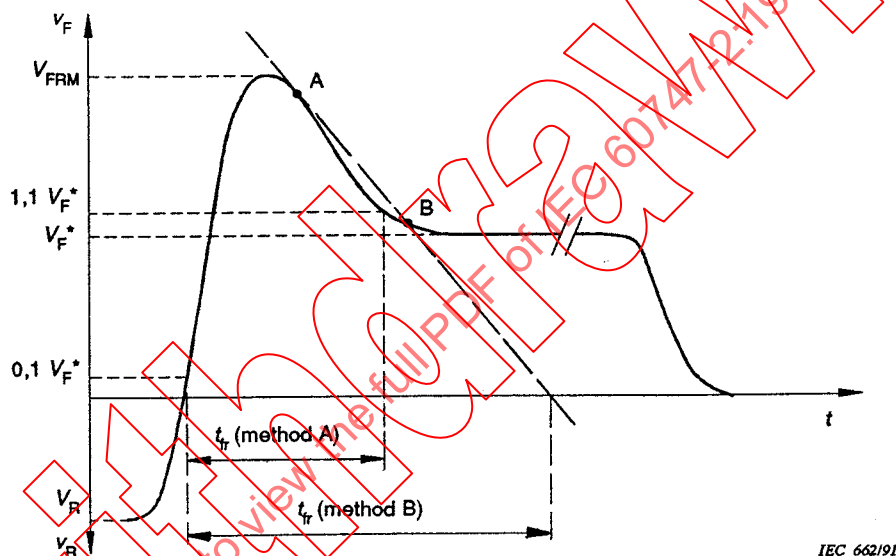


Figure 42b - Voltage waveform

Figure 42 - Current and voltage waveforms

c) *Circuit description and requirements*

D = diode being measured

G = current-pulse generator having a compliance voltage (open-circuit output voltage) 50 V minimum or three times V_{FRM} , whichever is greater

R = non-inductive calibrated resistor

S = electronic switch, which is closed except for a period starting just before the current pulse and throughout its duration

 M_A and M_B = oscilloscopes or other monitoring instrumentsThe pulse duration shall be long enough for the forward voltage to have reached the stable value V_F^* .

The pulse duration and the duty cycle of the current-pulse generator should be such that negligible internal heating of the diode occurs.

d) *Procédure de mesure*

Régler la température à la valeur spécifiée.

Par observation de la forme d'onde du courant sur M_A , régler le générateur d'impulsions en courant aux conditions spécifiées: temps de montée t_r , courant direct I_{FM} .

Régler la tension inverse V_R à la valeur spécifiée et faire en sorte que la position de S corresponde à ce qui est prévu.

Mesurer, selon la méthode spécifiée, sur M_B la tension de recouvrement direct de pointe V_{FRM} et le temps de recouvrement direct t_{fr} sur la forme d'onde de la tension aux bornes de la diode.

e) *Conditions spécifiées*

- Température ambiante ou température de boîtier (T_{amb} , T_{case}).
- Courant direct de pointe (I_{FM}).
- Temps de montée de l'impulsion de courant (t_r) (compris entre 10 % et 90 % de I_{FM} , sauf spécification contraire).
- Méthode A: Tensions définissant le début et la fin du temps de recouvrement direct si ces valeurs diffèrent de 10 % et 110 % de V_F respectivement.
- Méthode B: Tension des pointes A et B en pourcentage de V_F^* .
- Tension inverse (V_R).

Page 72

Remplacer le paragraphe 3.3 existant par les nouveaux paragraphes suivants:

3.3 *Puissance inverse de pointe (répétitive ou non répétitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée*

3.3.1 *But*

Vérifier la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée dans des conditions spécifiées.

Les trois méthodes d'essai suivantes sont décrites:

- A - avec une impulsion de forme d'onde triangulaire.
- B - avec une impulsion de forme d'onde sinusoïdale.
- C - avec une impulsion de forme d'onde rectangulaire.

d) *Measurement procedure*

The temperature is set to the specified value.

While monitoring the current waveform on M_A , the current-pulse source is adjusted to the specified conditions of rise time t_r and forward current I_{FM} .

The reverse voltage V_R is adjusted to the specified value, and switch S is appropriately set.

The peak forward recovery voltage V_{FRM} and the forward recovery time t_{fr} are measured on the waveform of voltage across the diode on M_B in accordance with the specified specification method.

e) *Specified conditions*

- Ambient or case temperature (T_{amb} , T_{case}).
- Peak forward current (I_{FM}).
- Rise time of current pulse (t_r) (between 10 % and 90 % of I_{FM} , unless otherwise stated).
- Specification method A: Voltages defining beginning and end of the forward recovery time, if different from 10 % and 110 %, respectively, of V_F .
- Specification method B: Voltage in points A and B in per cent of V_F^* .
- Reverse voltage (V_R).

Page 73

Replace the existing subclause 3.3 by the following new subclauses:

3.3 Peak reverse power (repetitive or non-repetitive) (P_{RRM} , P_{RSM}) of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes

3.3.1 Purpose

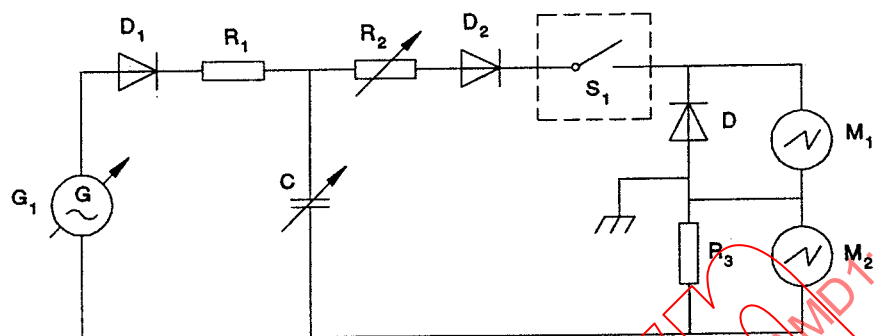
To verify the peak reverse power rating of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes under specified conditions.

The following three test methods are described:

- A - with a triangular waveform pulse.
- B - with a sinusoidal waveform pulse.
- C - with a rectangular waveform pulse.

3.3.2 Description et exigences du circuit

3.3.2.1 Méthode A: Méthode avec impulsion de forme d'onde triangulaire.



D = diode en essai

Figure 43 - Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde triangulaire)

G_1 = source de tension alternative réglable

D_1 = diode de redressement

R_1 = résistance destinée à limiter le courant

C = condensateur variable destiné à régler la durée d'impulsion

R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

D_2 = diode de blocage, si nécessaire

S_1 = interrupteur électromécanique ou électronique destiné à décharger le condensateur C (par exemple éclateur ou thyristor)

R_3 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

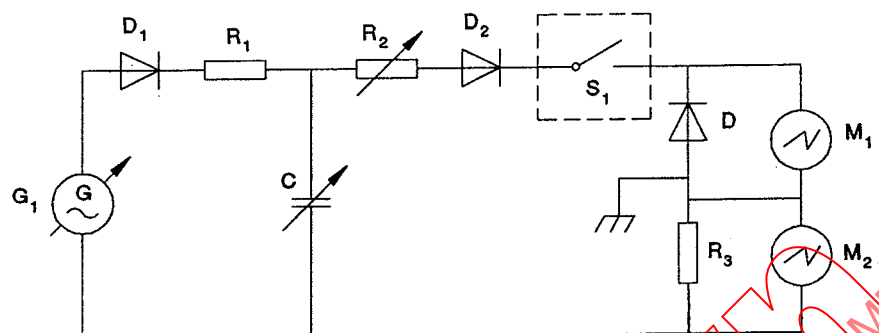
M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

3.3.2 Circuit description and requirements

3.3.2.1 Method A: Triangular waveform pulse method.



D = diode under test

Figure 43 - Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (triangular waveform reverse current method)

G_1 = adjustable a.c. voltage source

D_1 = rectifier diode

R_1 = current limiting resistor

C = variable capacitor for adjusting the pulse duration

R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

D_2 = blocking diode, if necessary

S_1 = electromechanical or electronic switch to discharge capacitor C (e.g. spark gap or thyristor)

R_3 = non-inductive current sensing resistor

M₁ = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-beam oscilloscope).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué sur la figure 44.

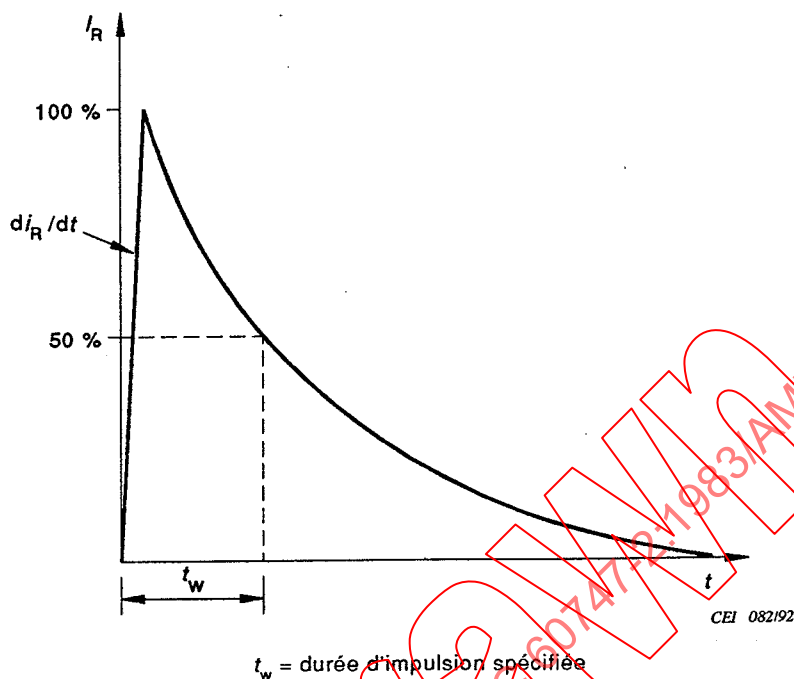
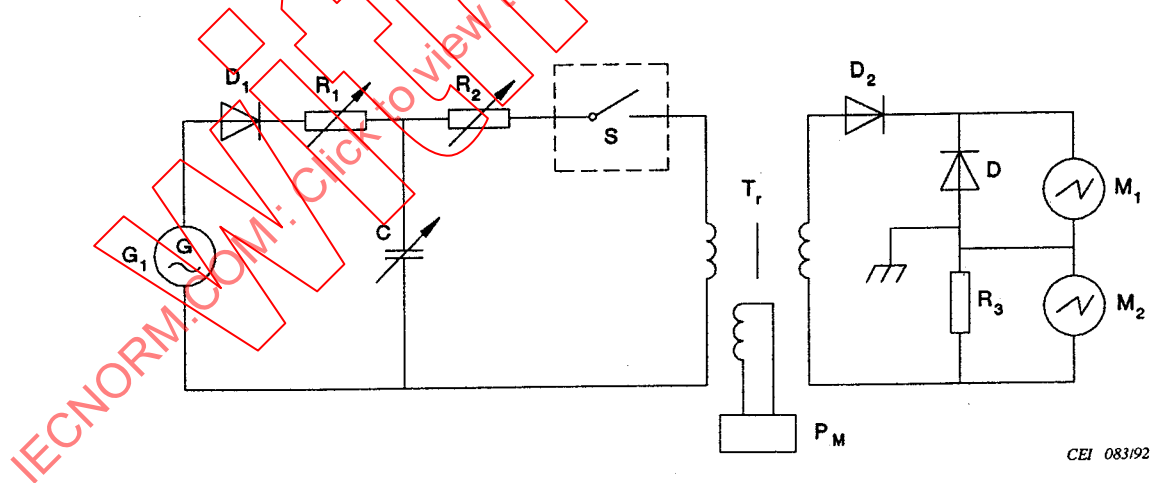


Figure 44 - Forme d'onde du courant inverse

3.3.2.2 Méthode B: Méthode avec impulsion de forme d'onde sinusoïdale



D = diode en essai

Figure 45 - Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde sinusoïdale)

The reverse pulse should be as shown in figure 44.

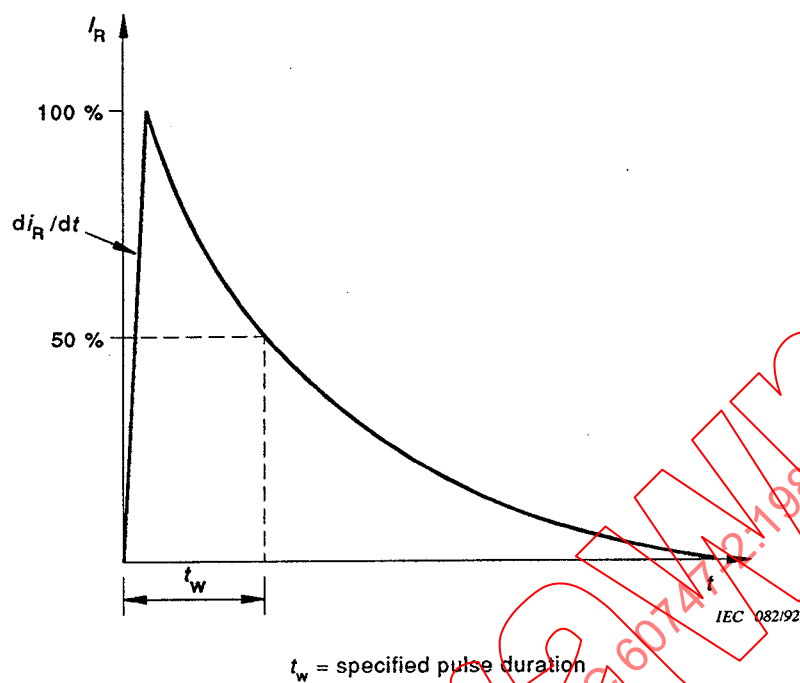
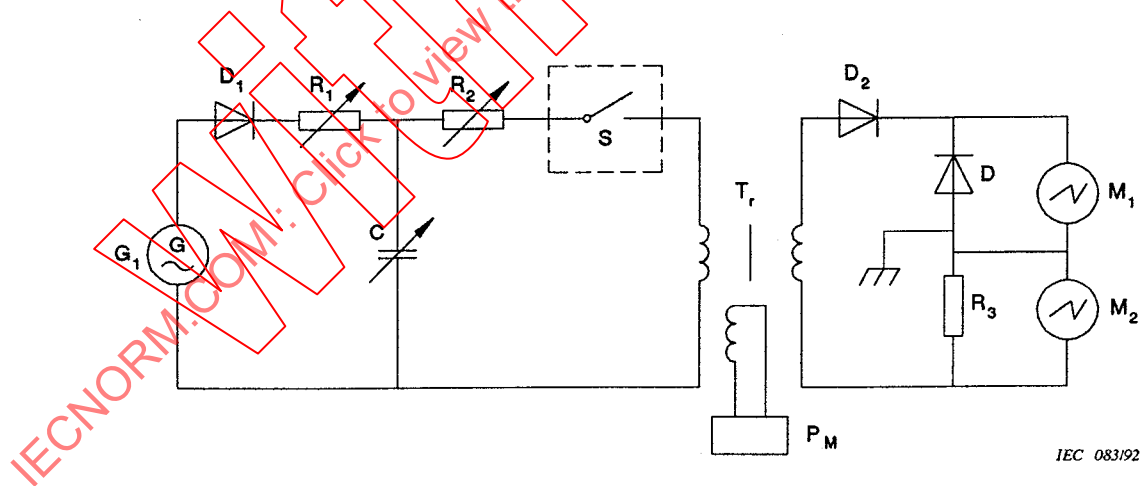


Figure 44 - Reverse current waveform

3.3.2.2 Method B: Sinusoidal waveform pulse method



D = diode under test

Figure 45 - Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (sinusoidal waveform reverse current method)

G_1 = source de tension alternative réglable

D_1 = diode de redressement

R_1 = résistance destinée à limiter le courant

C = condensateur variable destiné à régler la durée d'impulsion

R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

S = interrupteur électromécanique ou électronique destiné à décharger le condensateur C dans l'enroulement primaire du transformateur T_r (par exemple éclateur ou thyristor)

T_r = transformateur à haute tension

PM = source de prémagnétisation ou tout autre moyen permettant d'éviter la saturation de T_r

D_2 = diode de blocage, si nécessaire

R_3 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué sur la figure 46.

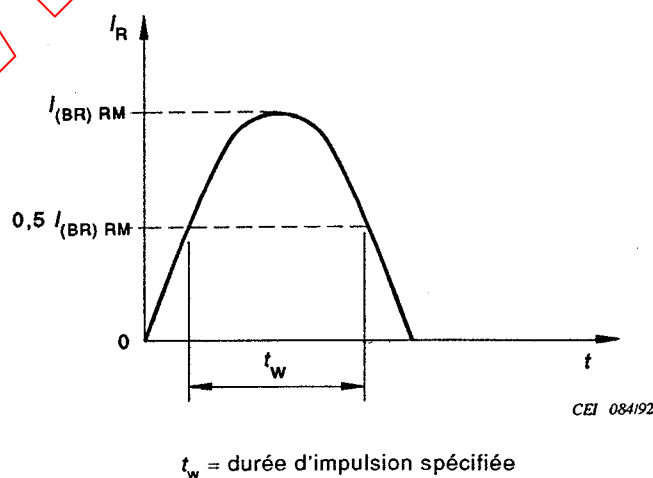


Figure 46 - Forme d'onde du courant inverse

G_1 = adjustable a.c. voltage source

D_1 = rectifier diode

R_1 = current limiting resistor

C = variable capacitor for adjusting the pulse duration

R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

S = electromechanical or electronic switch to discharge capacitor C over the primary winding of transformer T_r (e.g. spark gap or thyristor)

T_r = high-voltage transformer

PM = pre-magnetizing source or other suitable means to prevent saturation of T_r

D_2 = blocking diode, if necessary

R_3 = non-inductive current sensing resistor

M_1 = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-beam oscilloscope).

The reverse current pulse should be as shown in figure 46.

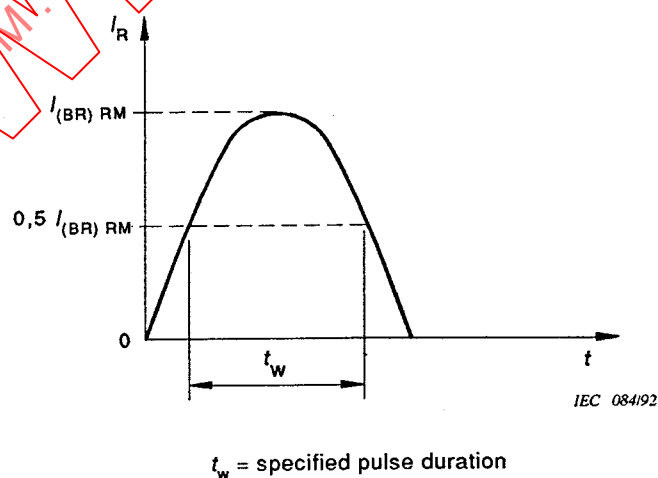
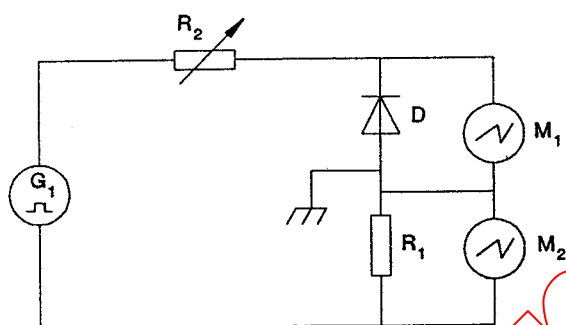


Figure 46 - Reverse current waveform

3.3.2.3 Méthode C: Méthode avec impulsion de forme d'onde rectangulaire



D = diode en essai

Figure 47 - Circuit pour la vérification de la valeur limite de la puissance inverse de pointe des diodes de redressement à avalanche et à avalanche contrôlée (méthode avec un courant inverse de forme d'onde rectangulaire)

G_1 = générateur d'impulsions réglable capable de fournir des impulsions de tension uniques ou multiples de forme d'onde rectangulaire

R_1 = résistance non inductive destinée à la lecture du courant

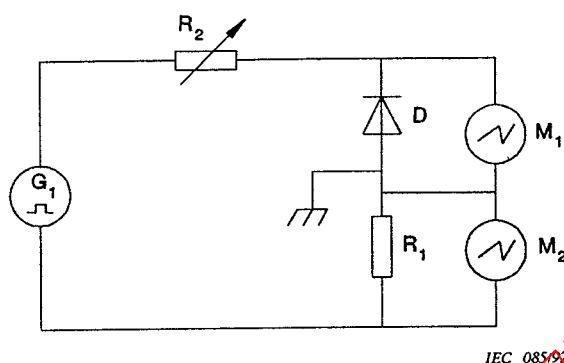
R_2 = résistance variable non inductive destinée à régler la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

M_1 = appareil (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la tension inverse de pointe en circuit ouvert (voir paragraphe 3.3.3)

M_2 = équipement (par exemple oscilloscope) destiné à mesurer la durée d'impulsion de courant inverse

M_1 et M_2 peuvent être associés (par exemple oscilloscope à double faisceau).

3.3.2.3 Method C: Rectangular waveform pulse method



D = diode under test

Figure 47 - Circuit for verification of rating of peak reverse power of avalanche and controlled-avalanche rectifier diodes (rectangular waveform reverse current method)

G_1 = adjustable pulse generator source capable of providing single or multiple rectangular voltage pulses

R_1 = non-inductive current sensing resistor

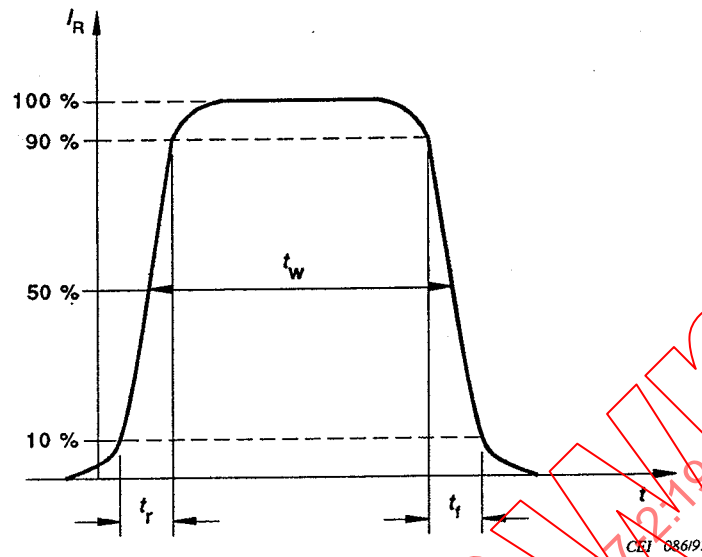
R_2 = variable non-inductive resistor for adjusting the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

M_1 = instrument (e.g. oscilloscope) for measuring the peak open-circuit reverse voltage (see subclause 3.3.3)

M_2 = equipment (e.g. oscilloscope) for measuring the reverse current pulse duration

M_1 and M_2 may be combined (e.g. dual-beam oscilloscope).

L'impulsion de courant inverse doit être comme indiqué sur la figure 48



t_w = durée moyenne spécifiée d'impulsion à 50 % de l'amplitude

$t_r \leq 20 \% t_w$

$t_f \leq 20 \% t_w$

Figure 48 - Forme d'onde du courant inverse

3.3.3 Procédure de réglage initial (pour les trois méthodes)

La valeur de la résistance R_2 (comprenant dans la méthode C l'impédance de la source de tension G_1) est calculée à l'aide de l'expression suivante:

$$R_2 = \frac{V_{(BR) \text{ max.}} \cdot V_{(BR) \text{ min.}}}{P_{RXM}}$$

où:

$V_{(BR) \text{ max.}}$ = valeur supérieure de la gamme de $V_{(BR)}$

$V_{(BR) \text{ min.}}$ = valeur inférieure de la gamme de $V_{(BR)}$

$P_{RXM} = \begin{cases} P_{RSM} & \text{lors de la vérification de } P_{RSM} \\ P_{RRM} & \text{lors de la vérification de } P_{RRM} \end{cases}$

Le support ne comprenant aucune diode, augmenter l'impulsion en provenance de la source de tension G_1 jusqu'à ce que la valeur de pointe de la tension inverse en circuit ouvert, mesurée par M_1 soit égale à $(V_{(BR) \text{ max.}} + V_{(BR) \text{ min.}})$. Cette manipulation garantit que la puissance inverse pour toute tension inverse comprise entre $V_{(BR) \text{ minimum}}$ et $V_{(BR) \text{ maximum}}$ sera inférieure ou égale à la valeur limite P_{RSM} ou P_{RRM} , respectivement. Voir la figure 49 pour P_{RSM} .