

¹DIODE EN COMMUTATION : CALCUL D'UN RADIATEUR

On considère le montage de la figure 1 qui utilise un redresseur de puissance de type BYX 66-600 (voir annexe) dans un régime de commutation. La tension $e(t)$ qui attaque le montage est un créneau de tension. La tension $V_F(t)$ relevée aux bornes de la diode est donnée en figure 2.

- Période $T = 2 \text{ ms}$
- Durée de l'état passant $t_p = 400 \mu\text{s}$

Le courant maximal direct I_F qui circule dans la diode est de 40 A et la tension maximale de blocage E_{blocage} est égale à 500 V.

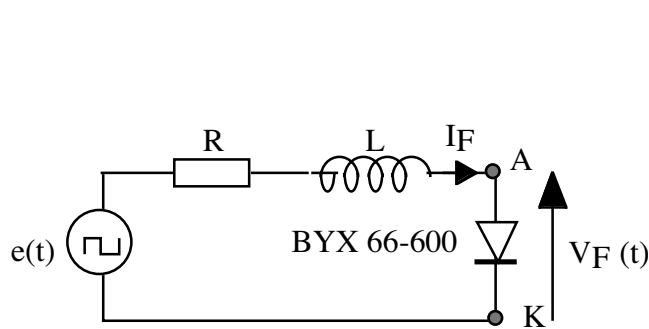


Figure 1

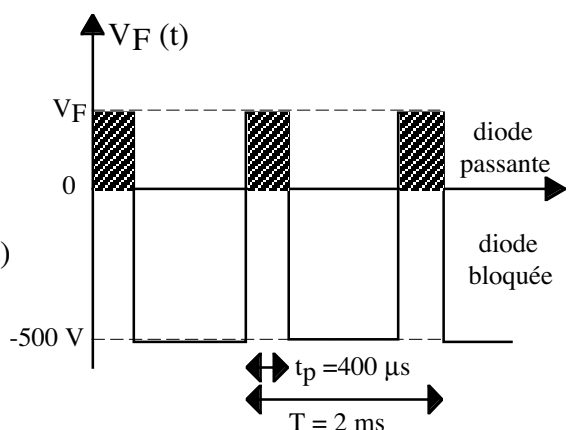


Figure 2

1. Déterminer la fréquence f du signal $V_F(t)$ ainsi que son rapport cyclique δ qui sera utilisé par la suite. Donner les principales caractéristiques thermiques de la diode BYX 66-600 compte tenu de la documentation donnée en annexe.
2. Lorsque le redresseur se trouve dans le sens passant, avec un courant $I_F(t)$, on linéarise sa caractéristique selon la méthode habituelle qui conduit à définir une f.c.e.m. E_0 de 1,25 V et une résistance R_0 de 12 m Ω . Dessiner le schéma de simulation de la diode et déterminer alors l'expression de la tension $V_F(t)$.
3. En déduire l'expression de la puissance moyenne P_C dissipée par le redresseur. Montrer alors que la détermination de cette puissance conduit à calculer les courants : moyen I_0 et efficace I_{eff} . Donner la valeur numérique de P_C .
4. Retrouver graphiquement à l'aide de figure 4 de la documentation, la valeur de la puissance P_C à partir du courant moyen I_0 pour le rapport cyclique δ déterminé précédemment.

Lorsque la diode passe de l'état passant à l'état bloqué, son courant ne s'annule pas instantanément. Ce phénomène conduit à la notion de "charge recouvrée" Q_R et à une puissance dissipée P_{com} qui s'ajoute à la précédente P_C et telle que : $P_{\text{com}} = Q_R E_{\text{blocage}} f$.

- f représente la fréquence de fonctionnement
- E_{blocage} , est la tension inverse maximale de blocage.
- La charge recouverte Q_R est une fonction du courant I_F , de son évolution temporelle dI_F/dt , et de la température de la jonction T_j du redresseur.

Les figures 13 et 14 de la documentation en annexe représentent l'évolution de cette charge Q_R (en μC) pour T_j de 25°C et 150°C .

5.

a) Sachant que le blocage de la diode s'effectue avec une évolution dI_F/dt de $10\text{A}/\mu\text{s}$ avec I_F de 40 A , donner la valeur de la charge recouverte Q_R pour les deux températures précédentes.

b) On veut limiter la température T_j du redresseur à 100°C . Déterminer alors la valeur correspondante de la charge Q_R en supposant qu'elle évolue linéairement avec la température.

6. Déterminer la puissance totale P_{tot} dissipée dans le redresseur.

7. Donner le schéma thermique du redresseur et en déduire la valeur de la résistance thermique R_{th} (r) du radiateur qu'il faut associer au composant afin de limiter sa température de jonction à 100°C avec une température ambiante T_a de 30°C .

8. On utilise le redresseur avec le radiateur calculé précédemment. On fait maintenant varier la fréquence f du signal d'excitation sans modifier le rapport cyclique. Donner l'expression de la variation de la température de jonction T_j en fonction de f .
Déterminer la fréquence maximale f_{max} afin de ne pas dépasser la température maximale de jonction donnée par le constructeur.

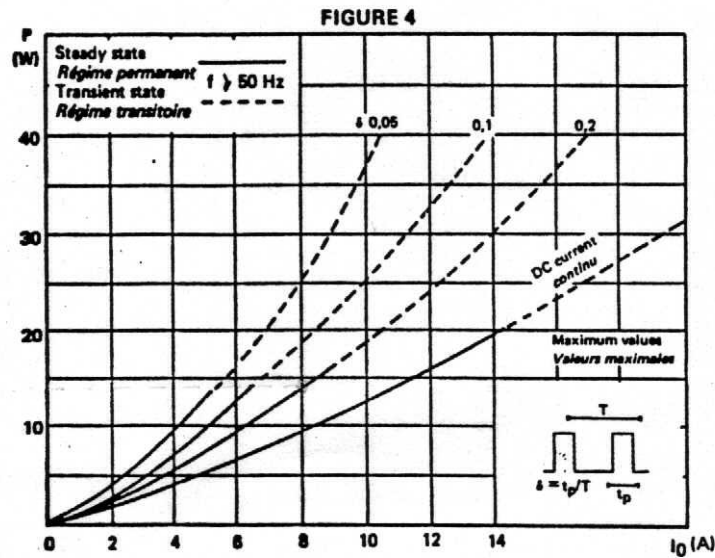
ANNEXE



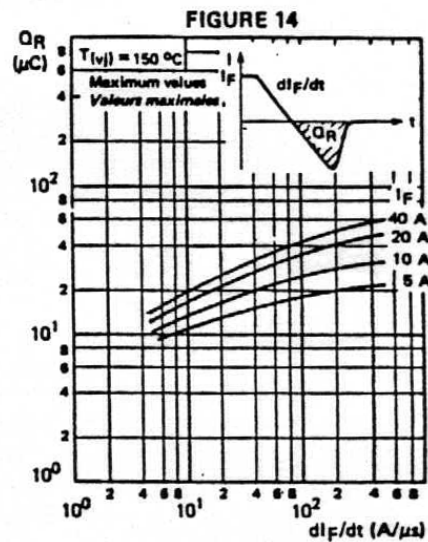
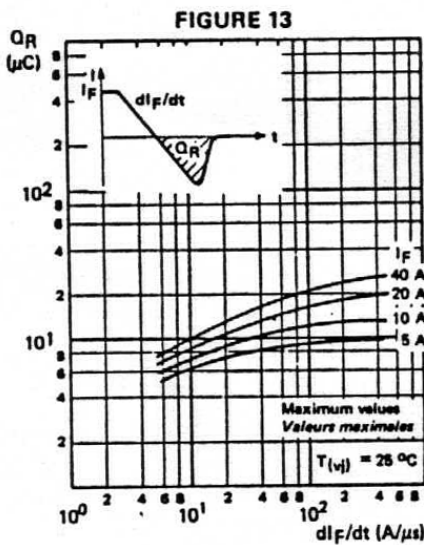
BYX 66.600
BYX 66 1000

ABSOLUTE RATINGS (LIMITING VALUES) VALEURS LIMITES ABSOLUES D'UTILISATION		- 65 °C ≤ T _(vj) ≤ + 150 °C			(Unless otherwise stated) (Sauf indications contraires)
		BYX 66 600	BYX 66 800	BYX 66 1 000	
DC reverse voltage Tension inverse continue	V _R	600	800	1 000	V
Peak reverse voltage Tension inverse de crête	V _{RWM}	600	800	1 000	V
Repetitive peak reverse voltage Tension inverse de crête répétitive	V _{RRM}	600	800	1 000	V
Peak one cycle surge current Courant direct non répétitif de surcharge accidentelle	sinusoïdal I _{FSM} I _t t _p 10 ms	150 110	150 110	150 110	A A ^{2s}
Average forward current Courant direct moyen	T _{case} 100 °C Note 1	I ₀	12	12	12
Junction temperature Température de jonction	min max	T _(vj)	- 65 + 150	- 65 + 150	- 65 + 150
Storage temperature Température de stockage	min max	T _{stg}	- 65 + 175	- 65 + 175	- 65 + 175

ELECTRICAL CHARACTERISTICS CARACTERISTIQUES ÉLECTRIQUES	Test conditions Conditions de mesure		typ	max	
Maximum reverse current Courant inverse de fuite	$V = V_{RWM}$ $T(vj) = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	I_R		3	mA
Forward voltage drop Chute de tension directe	$I_F = 12\text{ A}$ $T(vj) = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_F = 12\text{ A}$ $T(vj) = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	V_F	1,1	1,5	V
Forward recovery time See also fig.20 Temps d'établissement Voir aussi fig.20	$I_F = 12\text{ A}$ $di_F/dt = 10\text{ A}/\mu\text{s}$ $T(vj) = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	t_{fr}	1,2		μs
Peak forward voltage See also fig.21 Tension de crête à l'établissement Voir aussi fig.21		V_{FP}	10		V
Junction to case thermal resistance Résistance thermique jonction-boîtier		$R_{th(j-c)}$		2,5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$



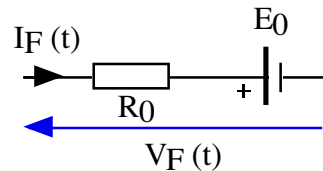
RECOVERED CHARGE (MAXIMUM VALUES)
CHARGE RECOUVRÉE (VALEURS MAXIMALES)



CORRECTION

1. Fréquence $f = 500$ Hz, rapport cyclique : $\delta = 0,2$.
 $T_{j\max} = 150^\circ\text{C}$, $R_{th}(\text{jonction-case}) = 2,5^\circ\text{C/W}$.

2. Schéma de simulation de la diode :



$$V_F(t) = R_0 I_F(t) + E_0$$

3. Expression de la puissance moyenne : $P_C = \frac{1}{T} \int_0^T V_F(t) I_F(t) dt$

$$P_C = \frac{1}{T} \int_0^T (R_0 I_F(t) + E_0) I_F(t) dt \quad \rightarrow \quad P_C = \frac{1}{T} \int_0^T (R_0 I_F(t) + E_0) I_F(t) dt$$

$$P_C = \frac{t_p}{T} R_0 I_F^2 + \frac{t_p}{T} E_0 I_F \quad \rightarrow \quad P_C = \delta R_0 I_F^2 + \delta E_0 I_F$$

Sachant que : $\delta I_F^2 = 320$ A et $\delta I_F = 8$ A, il vient : $P_C = 13,84$ W.

4. La figure 4 indique une puissance moyenne de 14 W.

5.

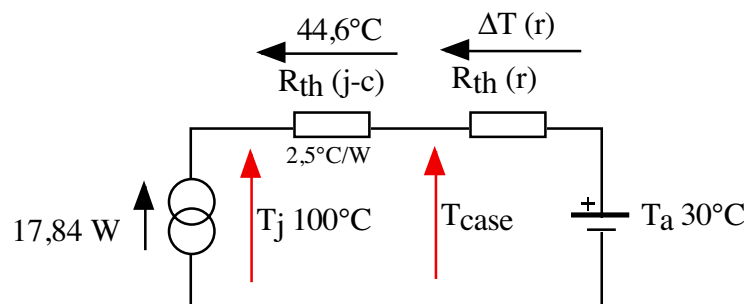
- a. $T = 25^\circ\text{C}$ \rightarrow $Q_{R1} = 10 \mu\text{C}$
 $T = 150^\circ\text{C}$ \rightarrow $Q_{R2} = 20 \mu\text{C}$

- b. Pour une variation linéaire de Q_R , à $T = 100^\circ\text{C}$ on aura : $Q_R = 16 \mu\text{C}$.

- c. Puissance totale P_{tot} dissipée dans le redresseur. La puissance P_{com} due à la charge recouvrée est telle que : $P_{\text{com}} = 4$ W.

La puissance totale à évacuer est donc $P_{\text{tot}} = 17,84$ W.

6. Schéma thermique du redresseur.



Chute de température aux bornes du radiateur : $\Delta T(r) = 25,4^\circ\text{C}$.

Résistance thermique du radiateur : $R_{th}(r) = 1,42^\circ\text{C/W}$.

7. Expression de la puissance totale : $P_{tot} = P_C + Q_R E_{bloc} f$

La température maximale $T_{j \max}$ de la jonction doit être de 150°C où $Q_R = 20 \mu\text{C}$.

Avec le radiateur calculé, on doit avoir selon le schéma thermique : $T_j(\max) = P_{tot} \sum R_{th} + T_a$.

Soit :

$$\frac{T_j(\max) - T_a}{\sum R_{th}} = P_C + E_{bloc} f_{\max} Q_R$$

On en déduit alors la fréquence maximale de fonctionnement : $f_{\max} = 1,7 \text{ kHz}$.