

$$t_f E = t_o (V_s - E) \text{ d'où l'on tire}$$

$$V_s = \frac{1}{1 - \mathfrak{R}} E$$

V_s est donc > 1 , d'où le nom de montage survolteur.

Les interrupteurs Tp et D remplissent une fonction analogue à un transformateur de tension. Cela nous donne le schéma équivalent de ce convertisseur vis à vis des grandeurs continues et des valeurs moyennes représentées sur la figure 9.

b/ Le calcul de I_s s'effectue à partir de la relation $I_D = I_s + I_C$ d'où l'on tire

$$I_s(\text{moy}) = I_D(\text{moy}) - I_C(\text{moy})$$

Puisque $I_C(\text{moy}) = 0$ et que avec les hypothèses faites, $I_s(\text{alt}) = 0$ on a

$$I_s(\text{moy}) = I_s = I_D(\text{moy})$$

L'allure de I_D étant connue, il est facile de calculer sa valeur moyenne. Si l'on remarque que I_D a même valeur moyenne qu'un signal égal à 0 pendant t_f et à $I_L(\text{moy})$ pendant t_o , on écrit immédiatement

$$I_D(\text{moy}) = I_L(\text{moy}) \frac{t_o}{T}$$

que l'on peut écrire

$$I_s = I_L(\text{moy}) (1 - \mathfrak{R})$$

c/ La loi d'Ohm aux bornes de L pendant le temps t_f nous donne

$$E t_f = L \Delta I_L \text{ soit}$$

$$\Delta I_L = \frac{E}{L f} \mathfrak{R}$$

d/ L'ondulation de tension se calcule en intégrant l'expression de I_C sachant que $I_C = -I_s$ pendant t_f

$$\Delta V_s = \frac{1}{fC} \mathfrak{R} I_s$$

3-3/ Montage Suvolteur-Dévolteur

L'étude est identique à celle effectuée pour les montages précédents, les principaux résultats sont résumés sur les courbes de la figure 8 et le tableau de la figure 9.

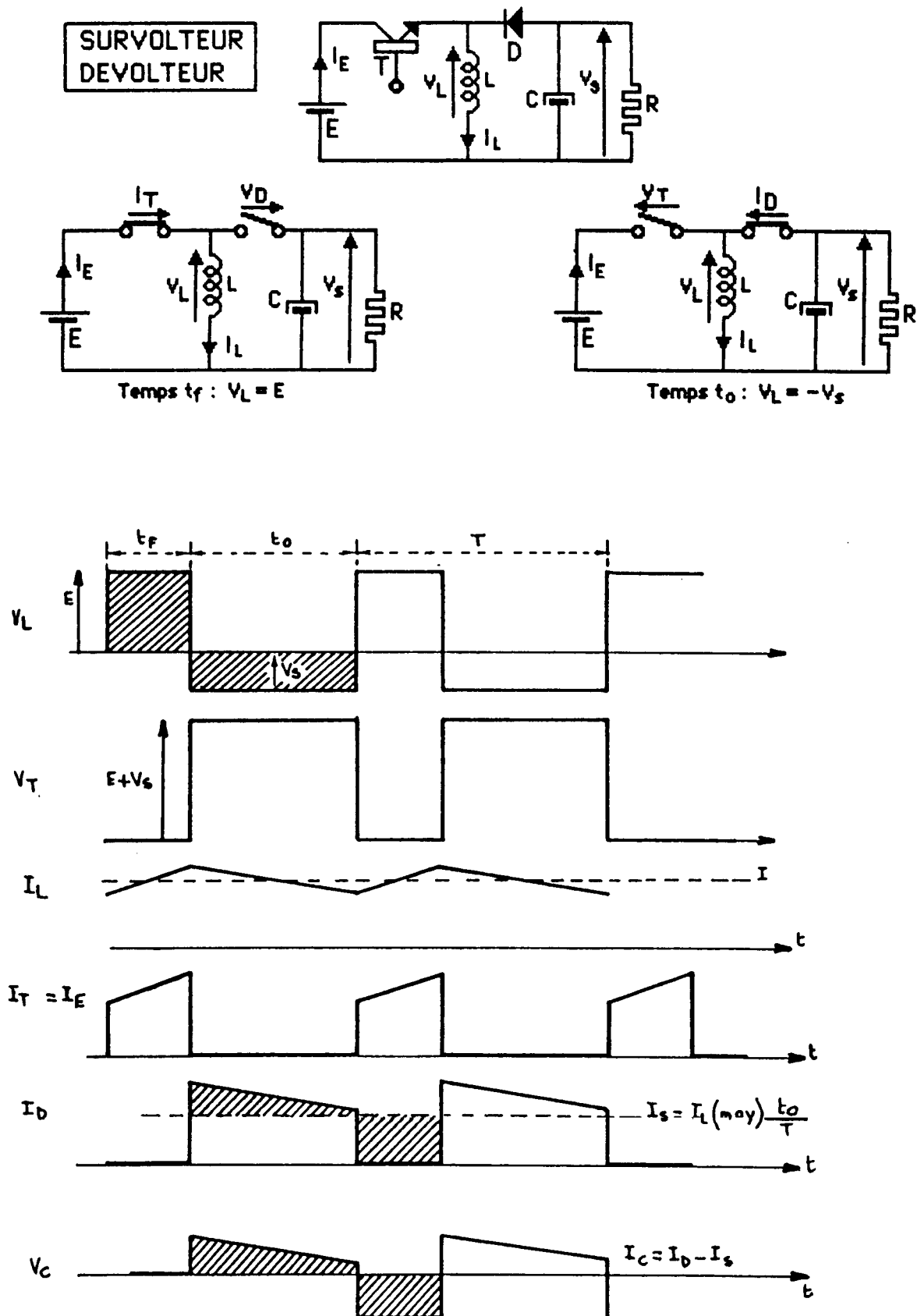


Figure 8 : Montage survolteur-dévolteur en conduction continue

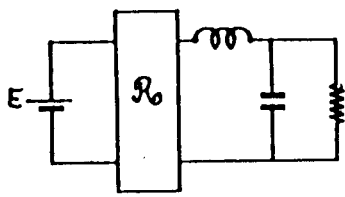
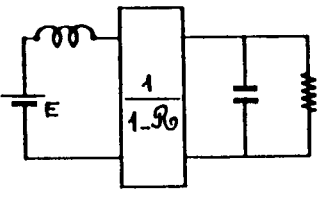
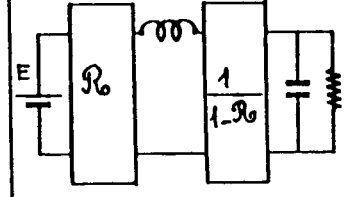
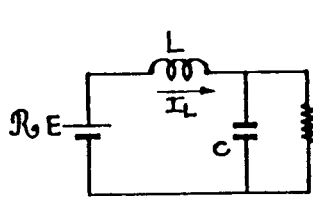
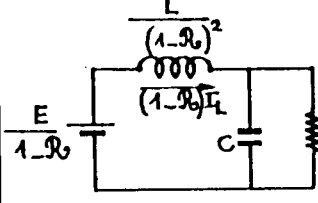
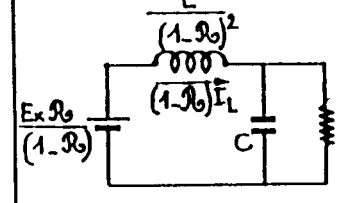
	DEVOLTEUR	SURVOLTEUR	DEVOLTEUR_SURVOLTEUR
V_s	$R_0 \times E$	$\frac{1}{1-R_0} \times E$	$\frac{R_0}{1-R_0} \times E$
I_E	$R_0 \times I_s$	$\frac{1}{1-R_0} \times I_s$	$\frac{R_0}{1-R_0} \times I_s$
$I_L(\text{moy})$	I_s	$\frac{1}{1-R_0} \times I_s$	$\frac{1}{1-R_0} \times I_s$
ΔI_L	$\frac{E}{F \times L} \times R_0 \times (1-R_0)$	$\frac{E}{F \times L} \times R_0$	$\frac{E}{F \times L} \times R_0$
ΔV_s	$\frac{\Delta I_L}{8F \times C}$	$\frac{1}{F \times C} \times R_0 \times I_s$	$\frac{1}{F \times C} \times R_0 \times I_s$
Schéma Equivalent			
Schéma Equivalent côté sortie			

Figure 9 : Tableau récapitulatif des alimentation continu-continu

	Dévolteur	Survolteur	Survolteur-Dévolteur
$P(s_v) = V_{CE} \times I_C$	$E \cdot I_S$	$V_S \times I_S \frac{1}{1-R_0}$	$(E+V_S) \frac{I_S}{1-R_0}$
$P = E \cdot I_E(\text{moy})$	$V_S I_S$	$V_S I_S$	$V_S I_S$
$F_w(S_i)$	$\frac{1}{R_0}$	$\frac{1}{1-R_0}$	$\frac{1}{R_0(1-R_0)}$

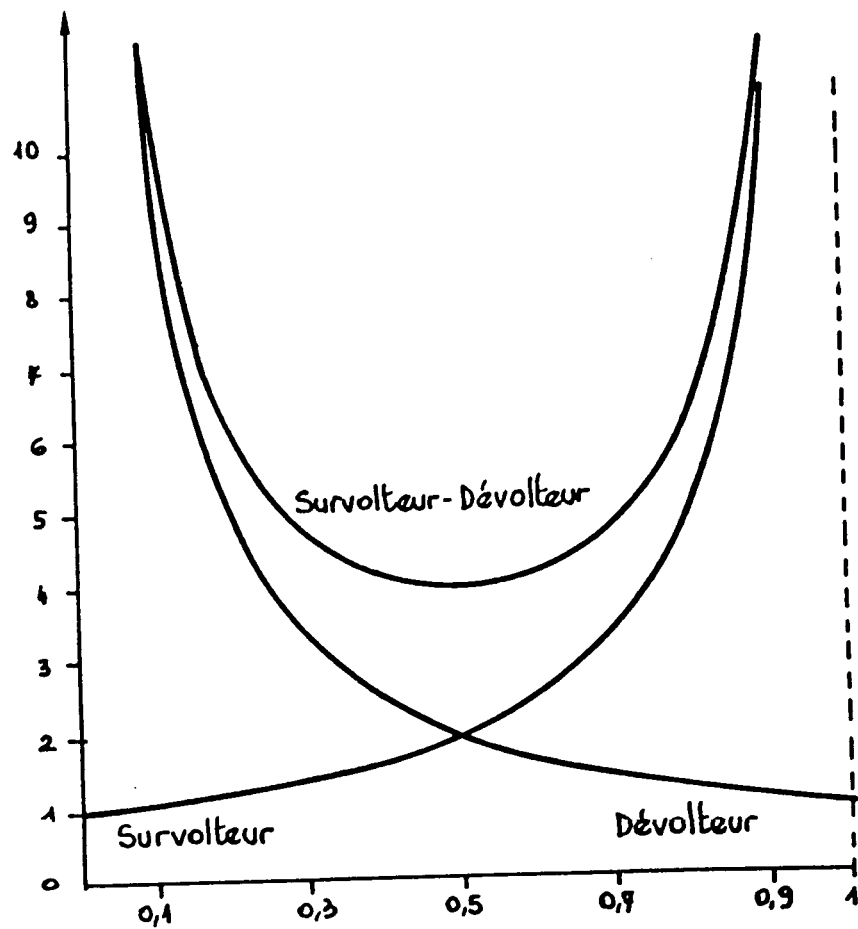


Figure 10 : Facteur d'utilisation du Silicium

3-4/ Facteur d'utilisation du silicium

Une grandeur importante pour caractériser un montage est la puissance installée en silicium $P_{(si)}$. Pour un semiconducteur donné ce terme correspond au produit $V \times I$. Les grandeurs V et I sont définies comme étant les valeurs crêtes de la tension et du courant que doit supporter le semiconducteur dans l'utilisation considérée.

Les marges de sécurité étant choisies par l'utilisateur, on en déduit les valeurs crêtes V et I du composant à utiliser.

Un critère intéressant pour comparer les différents convertisseurs est le facteur d'utilisation du silicium, $F_U(Si)$ défini comme suit :

$$F_U(Si) = \frac{\text{Puissance installée en silicium}}{\text{Puissance absorbée par le convertisseur}}$$

Le tableau de la figure 10a donne pour chaque convertisseur continu-continu :

- la puissance installée en silicium
- le facteur d'utilisation du silicium

Pour ces calculs on utilise les courbes des figures 5, 7 et 8 et pour simplifier on néglige l'ondulation du courant I_L .

Les courbes de la figure 10b représentent les variations du Facteur d'utilisation du silicium en fonction du rapport cyclique.

De l'examen de ces courbes on peut déduire :

- le survolteur-dévolteur est le plus mal placé
- plus le dévolteur "dévolte" plus il est mal placé
- plus le survolteur "survolte" plus il est mal placé

Ce facteur d'utilisation peut être utilisé de deux manières différentes.

Pour un montage donné, $F_U(Si)$ étant connu, on peut déterminer :

- pour une puissance installée en silicium donnée, la puissance maximale que pourra fournir ce montage
- pour une puissance utile donnée du convertisseur, la puissance à installer en silicium.

Exemples

a/ Si on veut réaliser un montage dévolteur avec un transistor de 4000 VA, on aura 3600 watts de puissance utile pour $V_s = 0,9 E$ et 400 watts pour $V_s = 0,1 E$.

b/ Si on veut réaliser un montage survolteur avec un transistor de 4000 VA, on aura 3600 watts de puissance utile pour $V_s = 1,1 E$ et 400 watts pour $V_s = 10 E$.

4/ CARACTERISTIQUE DE SORTIE – CONDUCTION DISCONTINUE

D'une façon générale la connaissance des caractéristiques naturelles de sortie (hors régulation)

$V_s (I_s)$ d'une alimentation est essentielle pour une bonne utilisation.

Dans l'étude précédente concernant les régimes permanents en conduction continue, on a pu constater que les différents montages se comportent comme des sources de tension. Les caractéristiques $V_s (I_s)$ ne sont alors que des horizontales. En réalité ce sont des droites possédant une faible pente négative à cause d'une résistance série équivalente non nulle.

Par contre en conduction discontinue le courant I_L s'annule entre 2 périodes (figure 11). Le fonctionnement de ces alimentations est tout à fait différent et la tension de sortie devient fortement dépendante du courant.

Ainsi la connaissance des caractéristiques de sortie doit s'appuyer obligatoirement sur le fonctionnement en conduction discontinue.

Pour compléter l'étude nous rechercherons la conduction critique qui peut être considérée, aussi bien comme la limite de la conduction discontinue que comme la limite de la conduction continue.

Pour conduire cette étude la procédure sera la suivante :

- recherche de la relation entre V_s et I_s en conduction discontinue, en écrivant qu'il y a égalité entre la puissance d'entrée $E I_E$ (moy) et la puissance de sortie $V_s I_s$.
- recherche de la conduction critique en écrivant dans cette relation que V_s et I_s sont liés par la relation trouvée en conduction continue.
- vérification de cette relation correspondant à la conduction critique, en écrivant que l'ondulation de courant ΔI_L , calculée en conduction continue est égale à $2 I_s$.

4-1/ Montage Dévolteur (Buck)

Conduction discontinue :

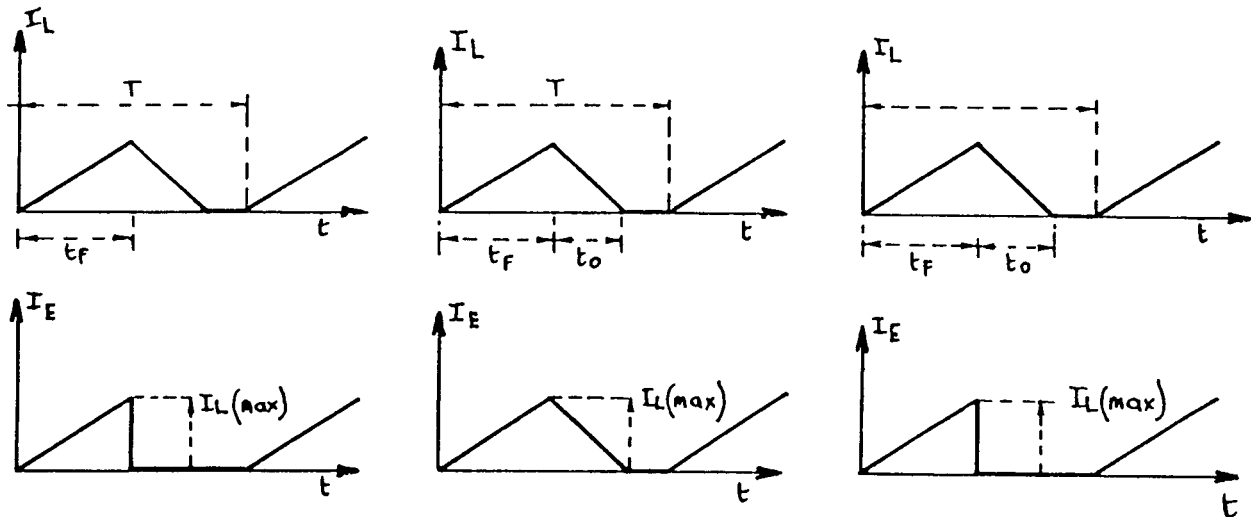
l'égalité des puissances d'entrée et de sortie donne:

$$V_s I_s = E I_E (\text{moy})$$

Nous voyons sur la figure 11a que

$$I_E (\text{moy}) = \frac{I_1 (\text{max})}{2} \frac{t_f}{T}$$

La loi d'Ohm aux bornes de l'inductance nous permet d'écrire :



a/ Dévolteur

b/ Survolteur

c/ Survolteur-Dévolteur

Figure 11 : Formes d'onde en conduction discontinue

$$I_{L(max)} = \frac{E - V_s}{L} t_f$$

On déduit de ces relations

$$I_s = \frac{\mathcal{R}^2}{2 L f} \frac{E(E - V_s)}{V_s}$$

La figure 12 donne la représentation de ces caractéristiques de sortie $V_s(I_s)$ pour différentes valeurs du rapport cyclique. Ce sont des hyperboles passant par $I_s = 0$ et $V_s = E$ et asymptotes à $V_s = 0$

Conduction critique :

Pour la conduction critique V_s et E sont aussi liés par la relation

$$V_s = \mathcal{R} E$$

ce qui nous donne en portant dans la relation précédente

$$I_s = \frac{1}{2Lf} \frac{V_s(E - V_s)}{E}$$

Le lieu des points de conduction critique est une parabole (figure 12) passant par les points ($I_s = 0$, $V_s = 0$) et ($I_s = 0$, $V_s = E$) et d'extrémum ($I_s = E/8Lf$, $V_s = E/2$)

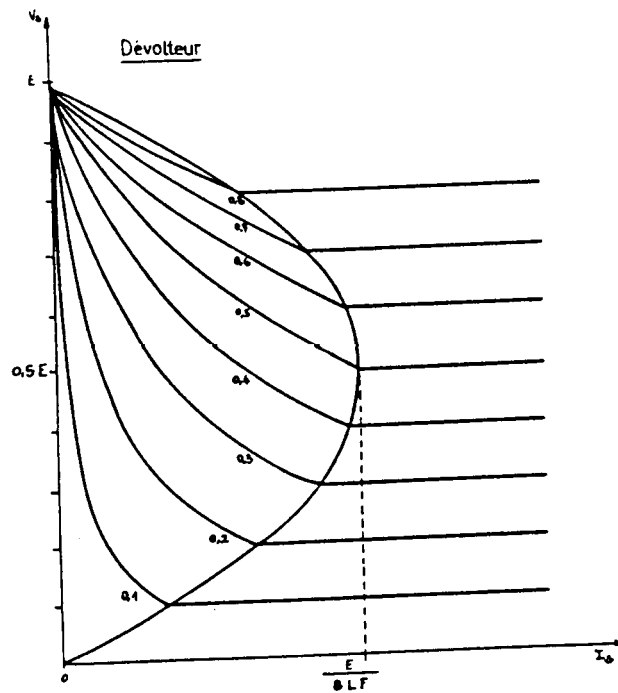


Figure 12 : Caractéristique de sortie du montage Dévolteur

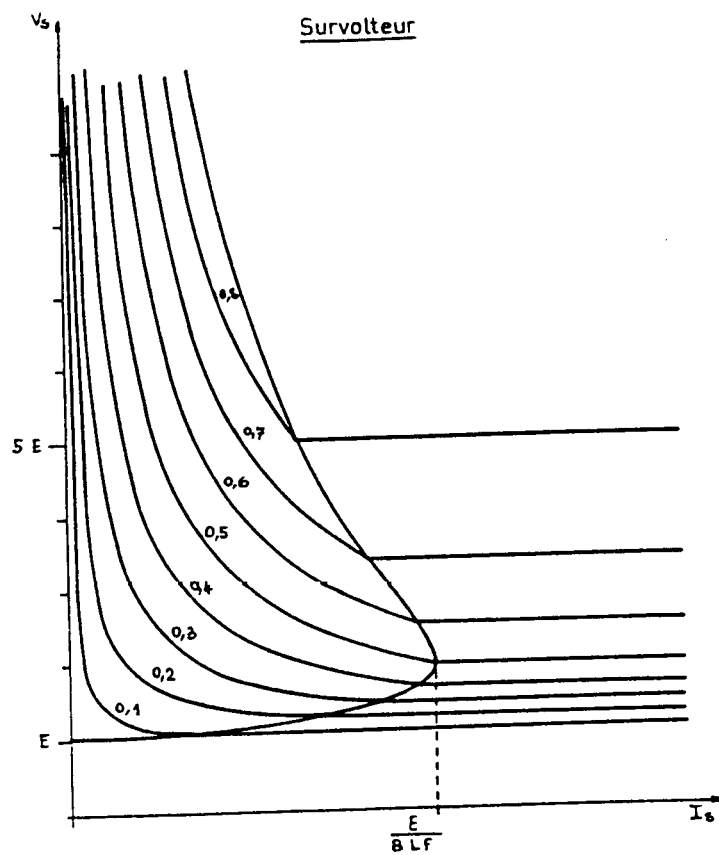


Figure 13 : Caractéristique de sortie du montage Survolteur

On vérifie aisément que $\Delta I_L = 2 I_s$

Remarque : à vide, quel que soit \mathcal{R} , la tension de sortie est égale à E . A faible charge la tension V_s peut être très supérieure à $\mathcal{R}E$. Ce montage est inutilisable en source de tension sans régulation.

4-2/ Montage survolteur

Conduction discontinue

Connaissant l'allure de i_L représenté sur la figure 11 b, on peut écrire

$$I_L(\text{moy}) = \frac{1}{2} I_L(\text{max}) \frac{t_f + t_o}{T}$$

et

$$I_L(\text{max}) = \frac{E}{L} t_f$$

Sachant que

$$E t_f = (V_s - E) t_o$$

En écrivant l'égalité des puissances d'entrée et de sortie, on en déduit

$$I_s = \frac{E^2}{2Lf} \frac{\mathcal{R}^2}{V_s - E}$$

Les caractéristiques de sortie $V_s(I_s)$ de la figure 13 sont des hyperboles d'asymptotes $V_s = E$ et

$$I_s = 0$$

Conduction critique

V_s et E sont aussi liées par la relation

$$V_s = \frac{E}{1 - \mathcal{R}}$$

en remplaçant V_s par cette valeur dans la relation précédente, on en déduit

$$I_s = \frac{E^2}{2Lf} \frac{V_s - E}{V_s^2}$$

Le lieu des points critiques est une courbe qui passe par le point ($I_s = 0, V_s = E$), a pour asymptote la droite $I_s = 0$ et dont l'extrémum est le point ($I_s = E/8Lf, V_s = 2E$)

On vérifie aisément que $\Delta I_L = 2 I_s$

Remarque : on notera qu'à faible charge la tension peut monter très haut. C'est donc un montage qui doit disposer d'une régulation pour pouvoir fonctionner à faible charge

4-3/ Montage Survolteur-Dévolteur

Conduction discontinue

L'analyse de la courbe $i_L(t)$ de la figure 11c donne

$$I_E(\text{moy}) = \frac{1}{2} I_L(\text{max}) \frac{t_f}{T}$$

D'autre part

$$I_L(\text{max}) = \frac{E}{L} t_f$$

Avec la relation sur les puissances, on en déduit

$$I_s = \frac{E^2 \mathcal{R}^2}{2Lf V_s}$$

Les caractéristiques de sortie représentées sur la figure 14 sont des hyperboles d'asymptotes $I_s = 0$ et

$V_s = 0$

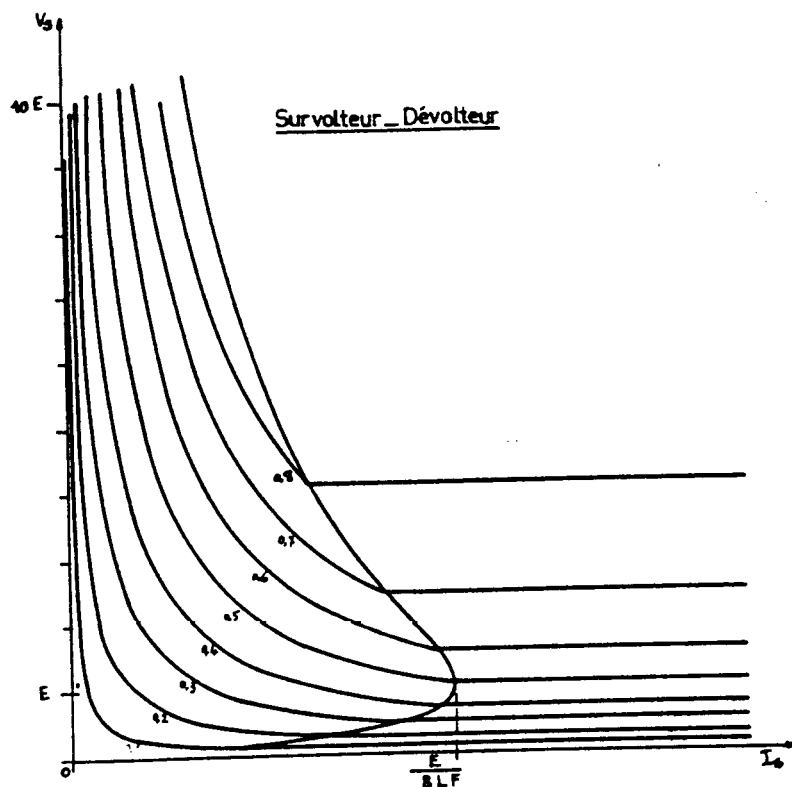


Figure 14 : Caractéristique de sortie du montage Survolteur-Dévolteur

Conduction critique

En conduction critique V_s et E sont reliées par la relation

$$V_s = E \frac{\mathcal{R}}{1 - \mathcal{R}}$$

ce qui donne pour le lieu des points de conduction critique

$$I_s = \frac{E^2}{2Lf} \frac{V_s \mathcal{R}^2}{(E + V_s)^2}$$

C'est une courbe qui passe par le point ($I_s = 0, V_s = 0$), est asymptote à $I_s = 0$ et a son extrémum au point ($V_s = 0, I_s = E/8Lf$)

Remarque : ici aussi il faudra prévoir une régulation pour les fonctionnements à faible charge.

5/ ETUDE DU FONCTIONNEMENT EN REGIME DYNAMIQUE

5-1/ Introduction

D'une façon générale les régimes transitoires dans un convertisseur, proviennent d'une modification des paramètres de la source, de la commande ou de la charge.

Ainsi peut-on envisager 3 exemples caractéristiques :

- mise sous tension
- variation du rapport cyclique
- variation de la charge

On s'attachera d'abord au choix des modèles dynamiques de ces convertisseurs, ce qui permettra ensuite d'étudier les différents types de régimes transitoires.

5-2/ Choix du modèle

L'étude des régimes transitoires a déjà été abordée dans le cadre des exercices préparatoires. Nous y avons montré en particulier, que la réponse d'un système linéaire est toujours la somme d'une réponse indicielle et de la composante alternative correspondant au régime permanent. Cette méthodologie, étant indépendante de l'ordre du système, doit s'appliquer ici.

Dans le cas du montage dévolteur, il s'agit d'un circuit du 2ème ordre, excité par un créneau de tension imposé par la source et la commande (en conduction continue).

Dans ces conditions on peut affirmer que les régimes transitoires de ces convertisseurs sont la somme du régime libre d'un circuit du 2ème ordre et de l'ondulation résiduelle correspondant au régime permanent.

La figure 15 illustre parfaitement ceci.

Il n'y a, à priori, pas de difficulté pour une telle étude, que nous développerons par la suite.