

# Les circuits de régulation à découpage

*Les circuits de régulation les plus communément employés sont les abaisseurs, les éleveurs, les inverseurs, les « flyback », les CUK et les CUK à transformateur. Ces circuits sont utilisables pour une régulation directe à partir du secteur, mais leur emploi est moins répandu pour les hautes tensions. Les équations présentées sont néanmoins valables pour les fonctionnements à haute ou à basse tension.*

## Les régulateurs abaisseurs

La fonction de transfert des régulateurs abaisseurs est la suivante :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\tau}{T} = \text{rapport cyclique}$$

Les caractéristiques du transistor et du redresseur peuvent se définir comme ceci : (T est la période,  $\tau$  le temps « fermé » du transistor).

Pour le transistor :

$$V_{CEO} = V_{in} \text{ et}$$

$$I_{c(MAX)} = I_{CHARGE} + \frac{\Delta I_c}{2}$$

Pour le redresseur :

$$V_{RM} = V_{in} \text{ et } I_o = I_{CHARGE} \left( \frac{T - \tau}{T} \right)$$

Les principaux avantages du régulateur abaisseur sont sa simplicité, son haut rendement, sa possibilité de fonctionner à haute fréquence et la non-nécessité de transformateur. De plus, il est facile de stabiliser la boucle de régulation.

Les désavantages par contre sont l'absence d'isolement, la forte ondulation sur le condensateur, la possibilité de n'avoir qu'une seule sortie et la difficulté d'insérer une limitation de courant. De plus, si le transistor se court-circuite, la tension d'entrée se retrouve sur la sortie. Une limitation des surtensions peut être nécessaire pour protéger la charge.

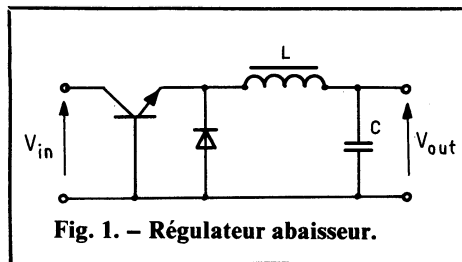


Fig. 1. - Régulateur abaisseur.

## Les régulateurs éleveurs

La fonction de transfert des régulateurs éleveurs est la suivante :

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \frac{\tau}{T - \tau}$$

Le régulateur éleveur fournit donc bien une tension de sortie supérieure à la tension d'entrée.

Les caractéristiques du transistor et du redresseur peuvent se définir comme suit : (T est la période et  $\tau$  le temps « fermé » du transistor).

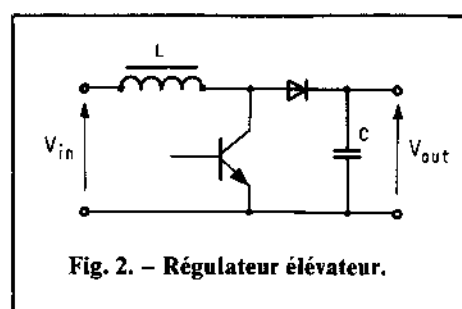


Fig. 2. - Régulateur éleveur.

transistor :

$$V_{CEO} > V_{OUT} + 1 V$$

$$\text{et } I_{c(MAX)} = I_{CHARGE} \left( \frac{T}{T - \tau} \right) + \frac{\Delta I_c}{2}$$

redresseur :

$$V_{RM} = V_o \text{ et } I_o = I_{CHARGE}$$

Le régulateur éleveur présente les mêmes avantages que le régulateur abaisseur, c'est-à-dire la simplicité, le bon rendement, le fonctionnement à hautes fréquences et l'absence de transformateur.

Les désavantages sont l'absence d'isolement, les pointes de courant importantes dans le collecteur, le mauvais temps de réponse et la possibilité de n'avoir qu'une seule sortie. Il est également difficile de stabiliser la boucle de régulation.

## Les régulateurs inverseurs

La fonction de transfert des régulateurs inverseurs est la suivante :

$$\frac{V_{OUT}}{V_{in}} = \left( \frac{\tau}{T - \tau} \right) (-1)$$

Il est donc évident que la tension de sortie a une polarité inverse de celle de la tension d'entrée.

Les caractéristiques du transistor et du redresseur peuvent se définir comme suit : (T est la période et  $\tau$  le temps « fermé » du transistor).

Transistor :

$$V_{CEO} > V_{in} + V_{OUT}$$

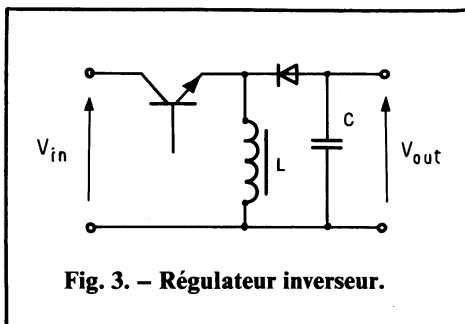


Fig. 3. - Régulateur inverseur.

$$\text{et } I_{c(\text{MAX})} = I_{\text{CHARGE}} \left( \frac{T}{T-\tau} \right) + \frac{\Delta I_c}{2}$$

Redresseur :

$$V_{\text{RM}} = V_{\text{OUT}} + V_{\text{in}} \text{ et } I_o = I_{\text{CHARGE}}$$

Les avantages de ce circuit sont l'inversion de polarité sans utilisation de transformateur, la simplicité et la possibilité de fonctionner à des fréquences élevées.

Les désavantages sont les mêmes que pour le régulateur précédent, à savoir la pointe de courant importante dans le collecteur, l'absence d'isolement, le mauvais temps de réponse et la possibilité de n'avoir qu'une seule sortie.

### Les régulateurs « flyback » (inverseurs à transformateur)

Un régulateur « flyback » n'est rien d'autre qu'un régulateur inverseur dans lequel on a inséré un transformateur. Sa fonction de trans est la même, mis à part le coefficient multiplicateur égal au rapport du transformateur :

$$\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{in}}} = \frac{N_2}{N_1} \left( \frac{\tau}{T-\tau} \right)$$

Les caractéristiques du transistor et du redresseur sont aussi les mêmes que pour le précédent, mais avec le coefficient multiplicateur :

Transistor :

$$V_{\text{CEO}} > V_{\text{in}} + \left( \frac{N_1}{N_2} \right) V_{\text{OUT}} \text{ et}$$

$$I_{c(\text{MAX})} = I_{\text{CHARGE}} \left( \frac{N_2}{N_1} \right) \left( \frac{T}{T-\tau} \right) + \frac{\Delta I_c}{2}$$

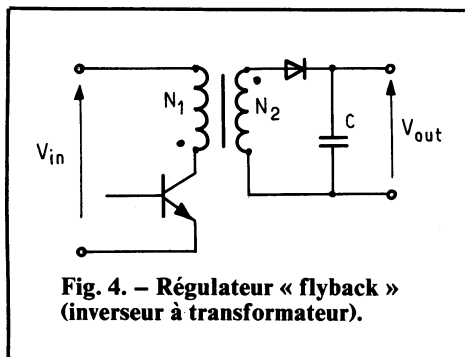


Fig. 4. - Régulateur « flyback » (inverseur à transformateur).

Redresseur :

$$V_{\text{RM}} = V_{\text{in}} \left( \frac{N_2}{N_1} \right) \text{ et } I_o = I_{\text{CHARGE}}$$

Les principaux avantages du régulateur « flyback » sont sa simplicité, le faible nombre de composants nécessaires, l'isolement, la possibilité d'avoir plusieurs sorties et la pointe de courant moins importante sur le collecteur. Les désavantages en sont la forte ondulation en sortie, la faible utilisation du transformateur et le fait que le calcul de ce transformateur est critique.

### Les régulateurs CUK

Les régulateurs CUK sont une autre forme des régulateurs inverseurs et leur fonction de transfert est :

$$\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{in}}} = \left( \frac{\tau}{T-\tau} \right) (-1)$$

Les caractéristiques du transistor et du redresseur peuvent se définir comme suit :

Transistor :

$$V_{\text{CEO}} > 2 V_{\text{in}} \text{ et } I_{c(\text{MAX})} = I_1 + I_2$$

Redresseur :

$$V_{\text{RM}} = V_{\text{OUT}} + 1 \text{ V et}$$

$$I_o = I_1 + I_2 = I_1 \left( \frac{T}{\tau} \right)$$

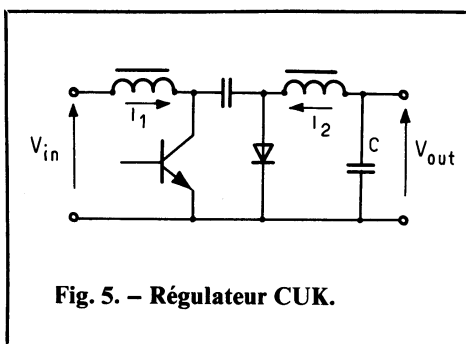


Fig. 5. - Régulateur CUK.

Ce circuit procure le meilleur rendement de tous les circuits régulateurs, donne une très faible ondulation de sortie, nécessite un faible nombre de composants de commutation. De plus, les pertes de commutation sont très faibles, il est possible de fonctionner à des fréquences élevées et le circuit de contrôle est toujours référencé à la masse.

Pour les désavantages, il faut citer le fort courant dans le collecteur du transistor, le fort courant d'ondulation dans le condensateur, la forte tension requise pour le transistor (ce qui rend le circuit peu adapté à la régulation directe sur secteur) et la puissance limitée en sortie.

### Les régulateurs CUK avec transformateur

La fonction de transfert est la même que pour le régulateur CUK, mis à part qu'il peut être inverseur ou non grâce au transformateur :

$$\frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{in}}} = \left( \frac{\tau}{T-\tau} \right)$$

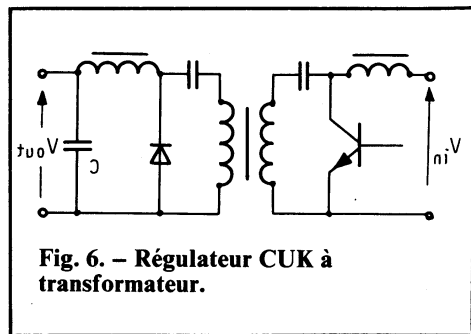


Fig. 6. - Régulateur CUK à transformateur.

Les caractéristiques du transistor et du redresseur varient avec le rapport cyclique (R) et peuvent se définir comme suit :

$$V_{\text{CEO}} = V_{\text{RM}} = 1,5 V_{\text{in}}$$

(pour R = 0,33)

$$= 2 V_{\text{in}} (R = 0,5) = 2,5 V_{\text{in}} (R = 0,6)$$

$$I_{c(\text{MAX})} = I_o = 1,5 I_{\text{CHARGE}} (R = 0,33)$$

$$= 2 I_{\text{CHARGE}} (R = 0,5)$$

$$= 2,5 I_{\text{CHARGE}} (R = 0,6)$$

Les avantages sont les mêmes que pour le régulateur CUK. Les désavantages résident dans le calcul critique du transformateur, le fort courant d'ondulation dans la capacité et dans la puissance limitée en sortie.

### Composants pour régulateur à découpage

Les régulateurs à découpage de la série PIC 600 d'Unitrade sont des circuits à base de transistors hy-

#### Annexe A

Caractéristiques des séries PIC 600 : Circuits de sortie pour régulateurs à découpage.

- Courant de sortie de 5 A à 15 A (20 A en pointe).
- Tensions jusqu'à 100 V.
- Versions à sorties positives ou à sorties négatives.
- Conçus pour être utilisés dans des applications de régulation à découpage.
- Rendement supérieur à 85 %.
- Fonctionnement possible au-delà de 250 kHz.
- Deux boîtiers disponibles, TO-66 4 broches (isolé) et TO-3 3 broches.

brides qui ont été conçus, fabriqués et spécifiés spécialement pour être utilisés dans les régulateurs à découpage à fort courant.

Ils dégagent l'ingénieur d'études du travail le plus long et la plus critique lors de la conception de régulateurs à découpage : le choix du transistor de commutation approprié et de sa diode associée, et le calcul empirique des conditions de polarisation optimales.

Par rapport aux régulateurs conventionnels, les régulateurs à découpage permettent une importante réduction de l'encombrement, du poids et des pertes internes de puissance, et une diminution majeure des prix de revient. L'utilisation des séries PIC 600 permet de réduire encore plus ces paramètres. De plus, de par leur conception et leur boîtier, ils aident l'ingénieur à surmonter les deux principaux obstacles des régulateurs à découpage : la génération de bruit et les temps de réponse lents ; il n'y a pas en fait de pointes dues au temps de recouvrement inverse de la diode.

Ces circuits ont été conçus et caractérisés pour être pilotés par des circuits intégrés régulateurs de tension standards. Leurs caractéristiques sont garanties sur toute la gamme de température  $-55$  à  $+125$  °C. Ils sont encapsulés dans des boîtiers spéciaux TO-66 4 broches ou TO-3 3 broches scellés hermétiquement pour une meilleure fiabilité.

Le circuit hybride a été réalisé à partir de résistances à couches épaisses implantées sur un substrat de béryllium, ce qui procure une conductivité thermique maximum et donc une résistance thermique faible. Tous les éléments actifs du circuit sont passivés.

Un résumé des caractéristiques des séries PIC 600 est inclus dans l'annexe A.

La série PIC 730-740 de circuits de sortie pour régulateurs à découpage est similaire à la série PIC 600, à ceci près que la diode de commutation incorporée est une diode Schottky. Leur rendement est donc encore

#### Annexe B

Caractéristiques des séries PIC-730-740 - Circuits de sortie pour régulateurs à découpage avec diode Schottky incorporée.

- Courant de sortie de 30 A.
- Tensions jusqu'à 40 V.
- Boîtier TO-3 à 3 broches.

plus élevé (typiquement plus de 90 %).

Ces composants supportent 30 A et 30 ou 40 V. Leur boîtier est en TO-3 à deux broches et ils ne sont disponibles qu'en version entrée-sortie positive.

Un résumé de leurs caractéristiques est inclus dans l'annexe B.

**SYSTRON  
DONNER**

**Fréquencemètres de  
20 Hz à 26 GHz  
une série complète**

**compétence et performances**

**SYSTRON  
DONNER**