

Conception d'un Hacheur à deux Thyristors Auxiliaires Destiné à la Poursuite du Point de Puissance Maximale d'un Générateur Photovoltaïque

S. Chemanedji et A. Sadoud

Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger

Résumé - Les convertisseurs statiques sont utilisés dans des domaines très variés de la conversion d'énergie électrique. L'évolution importante des semi-conducteurs de puissance et la variété des techniques de conception des circuits de commande et de réglage apportent des solutions très avantageuses concernant l'encombrement, la fiabilité, le rendement et l'entretien des convertisseurs. Le présent papier porte sur la conception d'un convertisseur continu/continu (hacheur), à deux thyristors auxiliaires, et son association à un générateur photovoltaïque dans le but de la poursuite du point de puissance maximale délivrée par ce dernier. Le principe de la commande du hacheur est basé sur la variation du rapport cyclique, en fonction d'une fraction (80 %) de la tension à vide d'une cellule solaire pilote. Afin d'illustrer l'intérêt de l'utilisation de deux thyristors auxiliaires, dans des installations photovoltaïques de grande puissance, des résultats de tests pratiques sont présentés.

Abstract - The static inverters are used in very varied fields of the electric energy transformation. The important evolution of the semiconductors of power and the variety of the techniques of design of the adjustment and control circuits bring very advantageous solutions concerning the obstruction, reliability, the output and the maintenance of the converters. This paper relates to the design of a converter continu / continu (chopper), with two auxiliary thyristors, and its associations with a photovoltaic generator with an aim of the continuation of the point of maximum power delivered by this last. The principle of the ordering of the chopper is based on the variation of the cyclic report/ratio, according to a fraction (80 %) of the no-load voltage of a pilot solar cell. In order to illustrate the interest of the use of two auxiliary thyristors, in photovoltaic installations of great power, results of tests practise are presented.

Mots clés: Convertisseurs statiques - Hacheurs - Générateur photovoltaïque - Point de puissance maximale - Cellule Pilote.

1. INTRODUCTION

L'optimisation des centrales photovoltaïques du point de vue rendement et encombrement (taille) nécessite des méthodes de dimensionnement rigoureuses, ainsi que l'utilisation de systèmes de contrôle et de distribution de l'énergie électrique de plus en plus appropriés.

La technique de poursuite du point de puissance maximale délivrée par un générateur photovoltaïque est basée sur l'introduction d'un convertisseur continu/continu (hacheur) entre le générateur et la batterie de stockage ou entre le générateur et la charge directement.

Dans notre étude, nous présentons la conception d'un convertisseur continu/continu à base de thyristors, et son application dans le cas de l'association directe d'un moteur à courant continu de type série à un générateur photovoltaïque.

L'utilisation d'un convertisseur à base de thyristors autorise une application de grande puissance, d'où l'intérêt d'un système de poursuite du point de puissance maximale, qui s'articule autour d'un étage de commande dédié.

Le principe de la commande est de faire varier la valeur du rapport cyclique en fonction d'une fraction (80 %) de la tension à vide d'une cellule solaire pilote (image de la tension au point de puissance maximale).

L'utilisation de deux thyristors auxiliaires permet d'éteindre le thyristor principal aussi rapidement qu'on le désire et permet donc d'obtenir pour de faibles tensions de sortie des courants de faible intensité (cas très intéressant pour le régime de démarrage du moteur à excitation série).

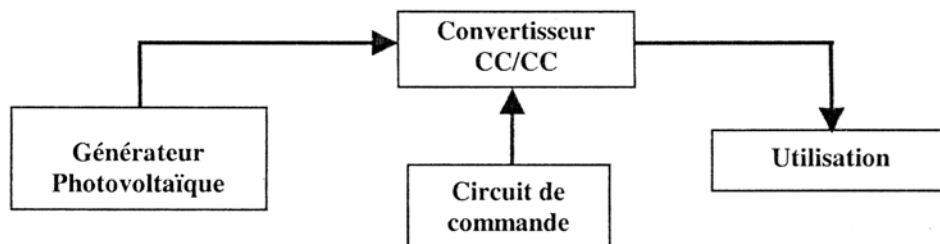


Fig. 1: Schéma synoptique du système étudié

2. PRINCIPE DE LA COMMUTATION DU HACHEUR

L'amorçage du thyristor principal Th1 ne doit pas avoir lieu avant la charge du condensateur Cd et l'inversion de la polarité à ses bornes. L'amorçage du thyristor auxiliaire Th2 crée un bref courant qui assure la charge du condensateur Cd sous la tension d'alimentation Ue.

Le thyristor Th2 s'éteint de lui-même une fois que le courant Ic s'annule, l'amorçage du deuxième thyristor auxiliaire Th3, assure l'inversion de la polarité du condensateur Cd à travers l'inductance Ld.

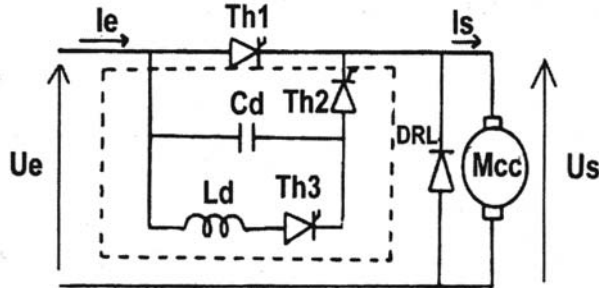


Fig. 2: Hacheur série à deux thyristors auxiliaires

L'équation régissant le circuit oscillant (Ld, Cd) est :

$$U_{Cd} + L_d C_d \frac{d^2 U_{Cd}}{dt^2} = 0 \tag{1}$$

La solution de cette équation est de la forme :

$$U_{Cd}(t) = U_m \cos \omega t \tag{2}$$

où :
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{C_d L_d}} \tag{3}$$

Le condensateur impose un courant :

$$I_c(t) = C_d \frac{dU_{Cd}(t)}{dt} \tag{4}$$

$$I_c(t) = -U_e \sqrt{\frac{C_d}{L_d}} \sin \omega t \tag{5}$$

Ce régime transitoire ne dure qu'une demi-période :

$$\frac{T_d}{2} = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\omega} \tag{6}$$

d'où à cet instant, nous avons inversion de la polarité :

$$U_{Cd}(t_2) = U_e \cos \omega t_2 = U_e \cos \pi = -U_e \tag{7}$$

Le thyristor principal Th1 peut être enclenché à partir de l'instant t2. Pour le bloquer, il suffit d'amorcer le thyristor auxiliaire Th2.

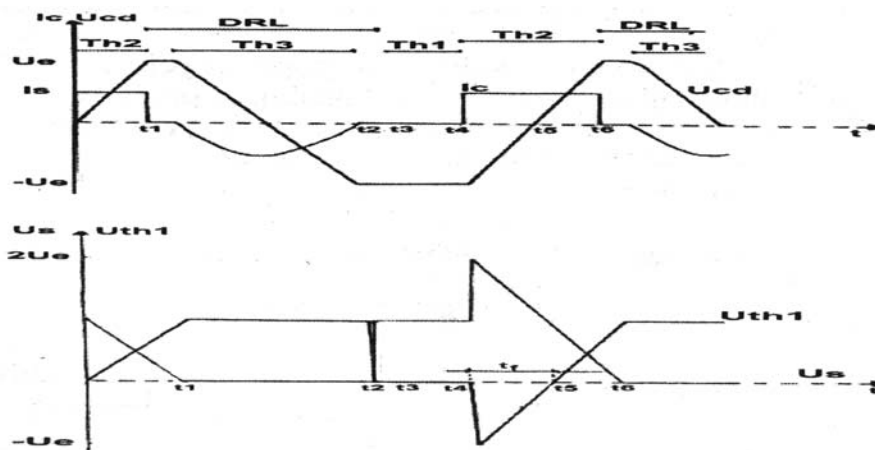


Fig. 3: Chronogrammes des tensions et courants du hacheur

3. DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT D'EXTINCTION

La valeur de la capacité Cd doit être choisie de telle manière que le temps de protection (t_f) soit garanti pour éteindre le courant maximum I_s débité à travers le hacheur. 't_f' est déterminé par l'équation définissant la tension aux bornes du thyristor principal durant sa phase de commutation.

$$U_c = U_{th1} = \frac{I_s}{C_d} (t - t_4) - U_e \quad (8)$$

U_{th1} reste négative jusqu'à l'instant t₅ (tel que t₅ - t₄ = t_c)

$$t_f = \frac{U_e}{I_s} C_d \quad (9)$$

t_f étant choisi et le courant I_{smax} déterminé expérimentalement, on obtient :
pour t_f = 60 μs, I_{smax} = 30 A, U_e = 96 V, C_d = 18,75 μF.

Le bilan d'énergie du circuit oscillant (L_d, C_d) nous donne :

$$\frac{1}{2} C_d U_e^2 = \frac{1}{2} L_d I_c^2 \quad (10)$$

Pour I_{cadm} = 30 A, L_d = 192 μH

4. CIRCUIT DE COMMANDE DU HACHEUR

Le principe du circuit de commande est de générer les signaux nécessaires à l'amorçage des thyristors, tout en respectant les conditions de synchronisation des impulsions en fonctionnement normal. Les signaux de commande résultent de la comparaison d'un signal en dents de scie à une tension de référence prédéfini (cas de Th2 et Th3) et à une tension de référence variable (cas de Th1).

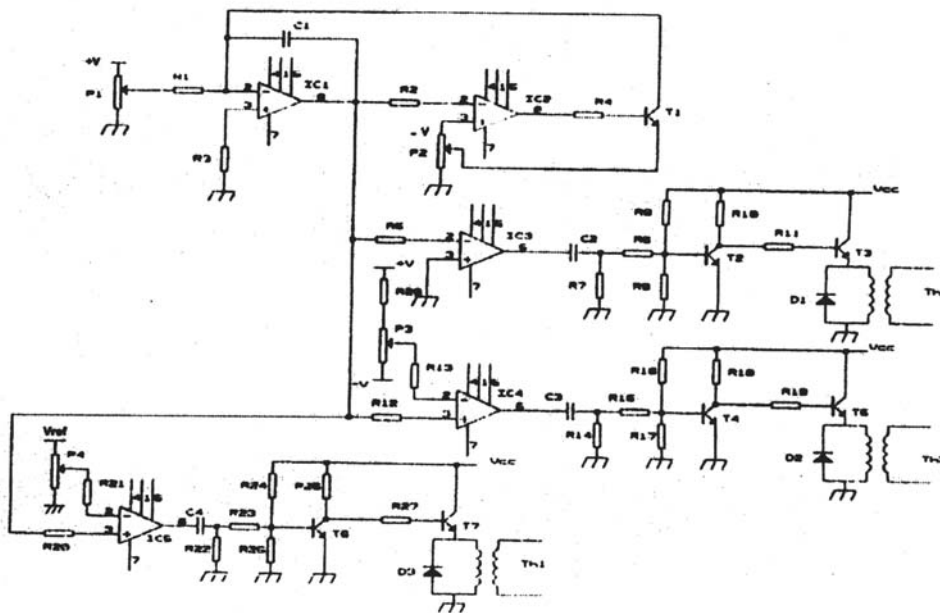
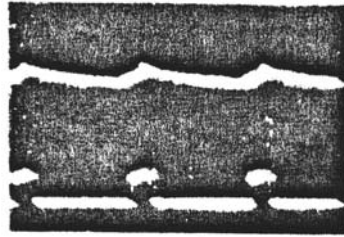
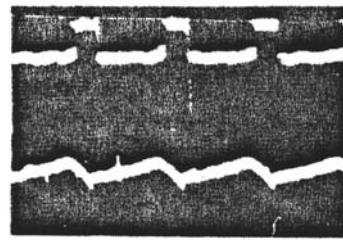
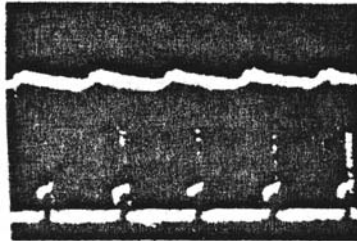
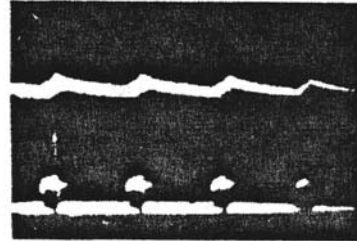


Fig. 4: Schéma électrique du circuit de commande

5. RESULTATS EXPERIMENTAUX

Des tests expérimentaux ont été menés au niveau du laboratoire, nous avons remplacé la tension 'cellule pilote' par une tension de référence variable et utilisé une charge de type RL.

L'image de la tension et du courant de sortie démontre un bon fonctionnement du système de commande, où nous avons pu avoir une plage de variation du rapport cyclique appréciable (entre 0,2 et 0,8) avec une fréquence de 50 à 300 Hz.

 $\alpha = 0,2$ et $f = 200$ MHz $\alpha = 0,5$ et $f = 150$ MHz $\alpha = 0,2$ et $f = 100$ MHz $\alpha = 0,2$ et $f = 150$ MHz

6. CONCLUSION

Le système de contrôle présenté a été testé au laboratoire. Les résultats obtenus sont satisfaisants, mais il reste à tester le système sur charge réelle pour apprécier l'association directe du générateur solaire à un moteur à courant continu. Il s'agira de déterminer les possibilités d'utiliser une commande manuelle pour le démarrage du moteur (Imitation du courant de démarrage) et ensuite basculer vers un mode autonome, une fois que le rapport cyclique atteint une certaine valeur.

REFERENCES

- [1] J.F. Schaefer, 'An Inexpensive Photovoltaic Pseudo-maximum Power Point Tracker', New Mexico Solar Energy Institute, IEEE, pp. 643-646, 1984.
- [2] Z.M. Salameh and al., 'Step Down Maximum Power Point Tracker for Photovoltaic System', Solar Energy, Vol. 46, N°5, pp. 279-282, 1991.
- [3] G. Séguier, 'Les Convertisseurs de l'Electronique de Puissance – La Conversion Continu - Continu', Ed. Tech. & Doc., Tome 3, 1987.