

Etude et conception d'un onduleur monophasé autonome géré par microcontrôleur PIC 16F876A

Mabrouk Adouane^{1*}, Mourad Haddadi², Ali Malek³ et Mohammed Moundji Hadjiat¹

¹ Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
B.P. 88, ZI, Gara Taam, Ghardaïa, Algérie

² Laboratoire de d'Electronique, Ecole Nationale Polytechnique,
Avenue Hassen Badi, El Harrach, Alger, Algérie

³ Division Energie Solaire Photovoltaïque, Centre de Développement des Energies Renouvelables,
B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger, Algérie

(reçu le 13 Octobre 2009 – accepté le 25 Décembre 2009)

Résumé - L'objectif de ce travail est d'étudier et de concevoir un onduleur solaire, d'une puissance de sortie d'environ 1 kVA avec une tension d'entrée de 12 VDC et une sortie à onde purement sinusoïdale de 230 VAC à une fréquence de 50 Hz. Les améliorations apportées à l'onduleur se situent essentiellement au niveau de la commande, avec tout d'abord, la génération d'une onde purement sinusoïdale, mais également la surveillance de la tension d'entrée et de la tension de sortie, ainsi que la température des interrupteurs électroniques, ce qui permettrait de préserver le bon fonctionnement de l'onduleur. Bien conscient que le sujet est extrêmement vaste, la conception a aussi porté sur la partie électronique de puissance. La partie commande est un microcontrôleur (16F876A) qui permet d'assurer la commande et la surveillance de l'onduleur.

Abstract - The objective of this work is to study and design a solar inverter, of a power of exit of environ 1 kVA with a tension of entry of 12 VDC and an exit has purely sinusoidal wave of 230 VAC at a frequency of 50 Hz. The improvements made to the inverter are primarily at the level of the order, with first of all, the generation of a purely sinusoidal wave, but also the monitoring of the tension of entry and output voltage as well as the electronic temperature of the switches, which would make it possible to preserve the correct operation of the inverter. Quite conscious that the subject is extremely vast, the design also related to the electronic part of power. The order is part of a microcontroller (16F876A) which ensures the control and the monitoring of the inverter

Mots clés: Energie photovoltaïque - Onduleurs - Commande MLI - Microcontrôleur.

1. INTRODUCTION

De nos jours, les énergies renouvelables occupent une place beaucoup plus grande. Une forme d'énergie qui est de plus en plus utilisée et pour cause, cette source d'énergie est disponible presque partout. L'énergie produite sous forme continue, doit être ondulée pour pouvoir alimenter des charges alternatives ou l'injecter au réseau de distribution alternatif [1].

C'est dans cet ordre d'idées que dans cet article, on doit concevoir et développer une partie de la chaîne photovoltaïque (Fig. 1), c'est-à-dire le système de conversion.

Ce dernier nous permet d'obtenir un signal qui peut être utilisable pour les applications de tous les jours.

* adouanem@uraer.dz

Les onduleurs sont constitués de composants actifs et passifs sophistiqués et performants qui admettent cependant un certain nombre de limitations qui ne sont pas sans conséquence sur la synthèse des boucles de commande [3].

Dans cet article, l'utilisation de Mosfet's de puissance sera mise de l'avant afin de permettre une fréquence de commutation plus grande. Par contre, un compromis devra être fait puisqu'une fréquence de commutation plus grande implique de plus grandes pertes par commutation et l'échauffement des divers composants constituant cet onduleur et ainsi une diminution du rendement.

De plus, le système final doit avoir le meilleur rendement possible tout en étant le plus abordable possible afin éventuellement de le rendre commercialisable.

Il faut également faire une conception à la fois simple et optimale.

Il est important de bien doser ces éléments car ils sont étroitement reliés, car un rendement élevé peut entraîner des coûts importants et une dimension non négligeables.

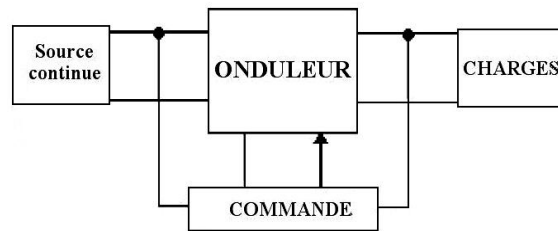


Fig. 1: Chaîne de conversion photovoltaïque

2. CONCEPT TECHNIQUE DES ONDULEURS PHOTOVOLTAÏQUES

Les onduleurs sont des convertisseurs statiques de l'électronique de puissance. Ils sont utilisés dans tout système électrique où la transformation de la tension continue (V_{dc}) en tension alternative (V_{ac}) est nécessaire [2].

Le concept de base des onduleurs est aisément compréhensible et il est indépendant de la technologie utilisée. La fonction principale de cet appareil est de créer une tension alternative à partir d'une tension continue.

C'est pourquoi la partie centrale d'un onduleur est fréquemment constituée d'un pont à semi-conducteurs permettant de relier chacun des deux pôles d'entrée à chacun des deux pôles de sortie par le biais d'un interrupteur électronique (transistor).

Le schéma fonctionnel qui en résulte montre un onduleur en bon ordre de marche au niveau technique et pouvant être utilisé, tel quel pour l'alimentation de charge alternatives est représentée sur la figure ci-dessous.

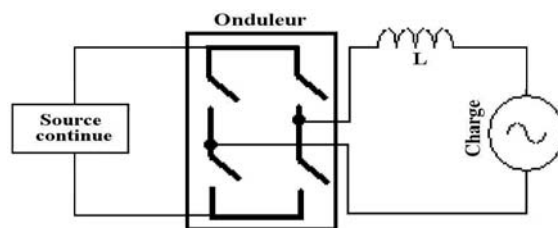


Fig. 2: Montage de base d'un onduleur photovoltaïque

Ce pont, qui commute selon la cadence de la fréquence du réseau (50 Hz), permettrait déjà d'alimenter des charges alternatives. Cependant, il s'agirait d'un courant rectangulaire dont l'intensité ne serait pas influençable.

Pour pouvoir réguler le courant et ainsi fournir un courant sinusoïdal, on monte à la sortie une self avec un noyau de fer faisant office d'accumulateur de courant. La fréquence de la cadence du pont se situe autour des 20 kHz, si bien qu'il est possible de former un courant de 50 Hz.

3. ARCHITECTURE DE L'ONDULEUR PHOTOVOLTAÏQUE PROPOSE

3.1 Description

La figure 3 donne la structure générale du système photovoltaïque simulé, lequel se présente sous la forme de deux blocs: la partie puissance et la partie contrôle commande.

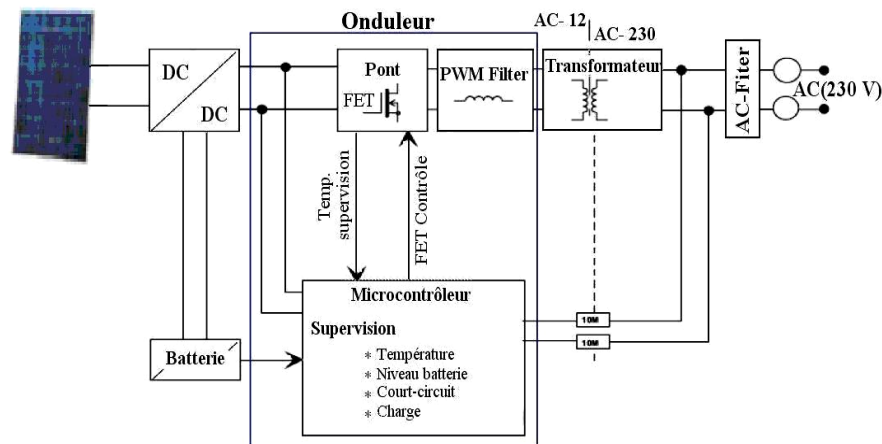


Fig. 3: Schéma fonctionnel de l'onduleur

Le but de la commande de l'onduleur est de permettre la production d'une tension ou un courant alternatif, à travers les ordres de commande appliqués aux drivers interrupteurs de puissance.

Dans notre cas, le cœur de la commande de l'onduleur est basé sur un microcontrôleur (16F876A) très puissant de la famille de Microchip. Ce microcontrôleur est responsable de la génération de l'onde sinusoïdale en temps réel.

3.2 Simulation de l'onduleur sur Proteus (ISIS)

Le schéma bloc de l'onduleur photovoltaïque simulé est présenté sur la figure 4.

La tension de sortie de l'onduleur est une onde sinusoïdale pure, produite grâce au module PWM du PIC avec une fréquence 20 kHz.

L'onduleur comporte aussi la protection de tension d'entrée, la régulation de la tension de sortie et le courant de sortie et la protection contre la surchauffe.

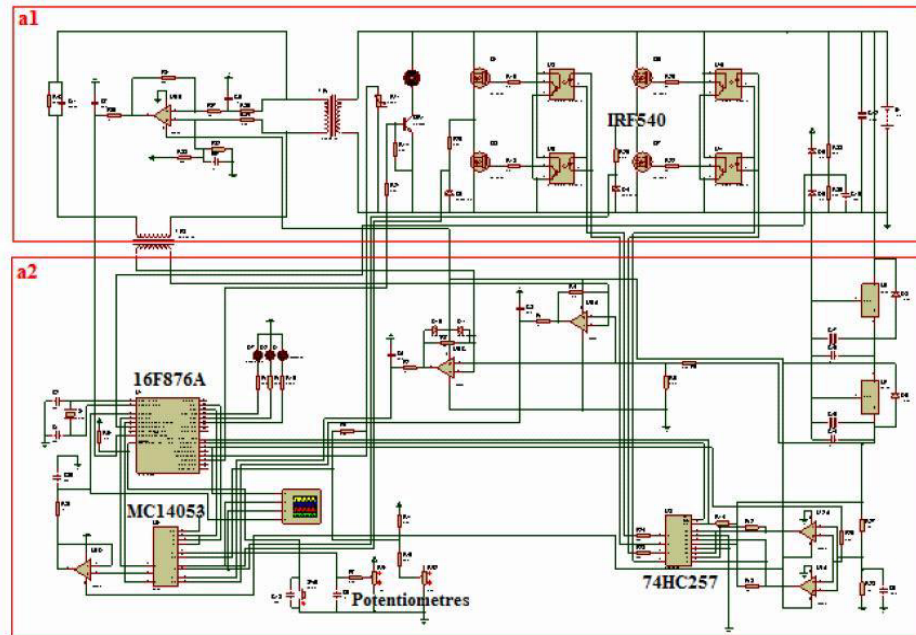


Fig. 4: Schéma ISIS de l'onduleur photovoltaïque

3.3 Principe de génération de la PWM

L'onduleur délivre plusieurs créneaux positifs et négatifs (Fig. 5), ce qui permet de diminuer l'importance du filtre et d'avoir un régulateur de tension plus rapide. En modulant les temps relatifs de conduction et de blocage, il est possible de répartir la tension au cours de la période de façon à ce que pratiquement le temps de conduction d'un interrupteur soit proportionnel à la valeur instantanée du fondamental.

C'est ce principe qui est appelé Modulation de Largeur d'Impulsion et qui est noté MLI (PWM en anglais).

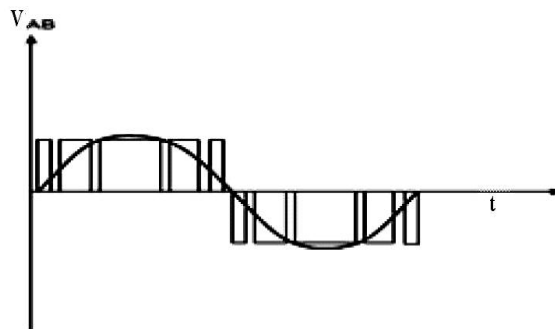


Fig. 5: Modulation de largeur d'impulsion

Dans cet onduleur, nous avons un pont de puissance avec 04 transistors: Q_1 , Q_2 , Q_3 et Q_4 . La tension rectangulaire obtenue entre A et B est ensuite filtrée pour obtenir en sortie de l'appareil une tension sinusoïdale avec un faible taux de distorsion.

Deux transistors œuvrent avec une faible fréquence, soit 50 Hz (Q_3 et Q_4) en fonction de l'état du signal (RC1) du microcontrôleur. Deux autres transistors (Q_1 et Q_2) fonctionnent à haute fréquence, (20 kHz) du signal PWM sinusoïdal.

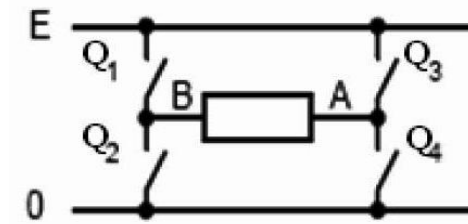


Fig. 6: Pont de puissance a transistor

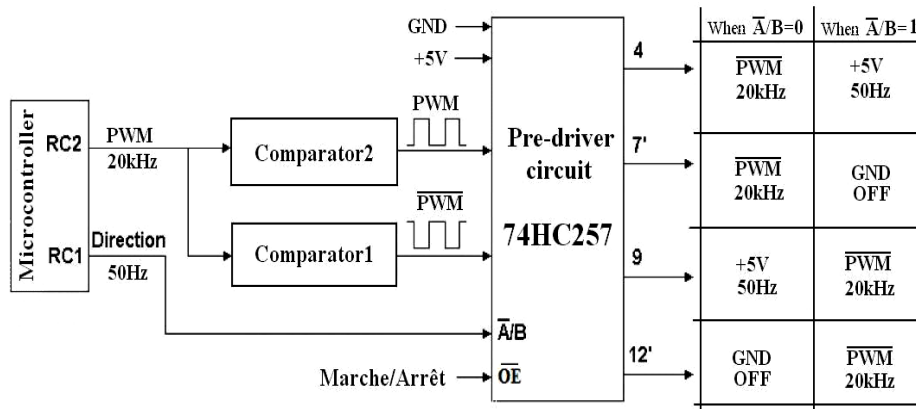


Fig. 7: Principe de génération de la PWM

3.3 Algorithme de commande

Il existe de nombreux signaux de réactions à l'entrée du microcontrôleur nécessaire pour un bon fonctionnement de l'onduleur, soit:

- Capteur de la tension d'entrée (batterie).
- Capteur de la température (R_t , NTC-47k) des interrupteurs électronique.
- Capteur du courant alternatif de sortie, tension de sortie à courant alternatif (230 V).
- Capteur des signaux provenant de deux potentiomètres (RV1 et RV2).

Le courant, source principale d'échauffement, fait baisser considérablement le rendement de l'onduleur et il peut endommager ce dernier. C'est pourquoi un refroidissement forcé est mis en place pour détourner ce problème afin d'obtenir un rendement meilleur.

Les leds L1, L2, L3 nous informent sur l'état de l'onduleur:

1. L1 (verte) → Mise en marche
2. L2 (verte) → Fonctionnement normal
3. L3 (rouge) → Batterie faible (< 10 Volt)
4. L2 (verte) clignotant → Mode veille
5. L3 (rouge) clignotant → Température élevée des transistors de puissance.

Le schéma fonctionnel de l'arrangement de la commande utilisée dans cet article est montré dans la figure 8.

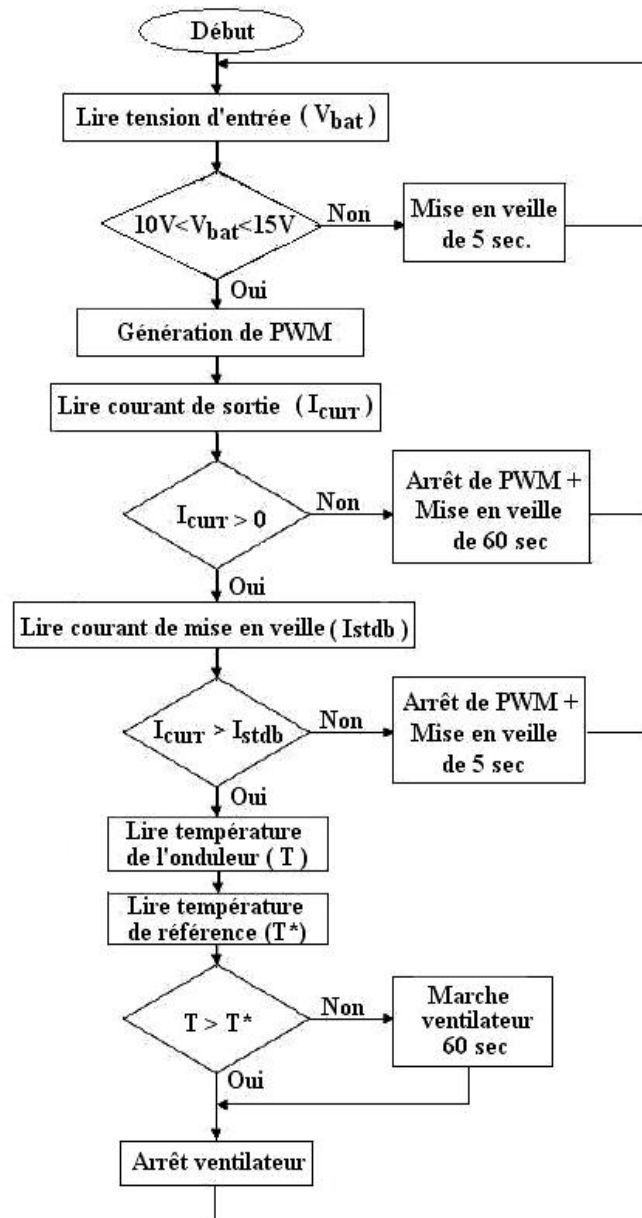


Fig. 8: Organigramme de l'algorithme de commande

Nous avons implémenté la routine de commande dans un microcontrôleur PIC 16F876A, et nous avons configuré le module de conversion A/D intégré dans ce circuit, à démarrer la conversion automatique.

3.3 Résultats obtenus

Dans les figures suivantes, sont représentés les signaux de sortie de l'onduleur. Où on constate qu'après filtrage du signal de sortie, on obtient un signal d'une forme sinusoïdale d'une fréquence de 50 Hz.

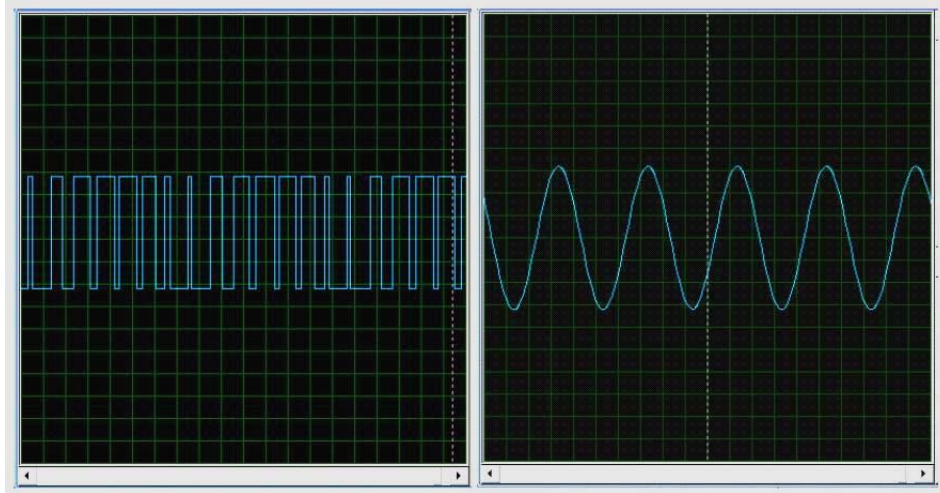


Fig. 9: Signaux de sortie de l'onduleur

4. CONCLUSION

Le premier objectif de notre travail est de mieux connaître ces convertisseurs de puissance en étudiant leur principe de fonctionnement, ainsi que les principaux types pour mieux les commander.

Le deuxième objectif consiste à l'amélioration des performances statiques et dynamiques des convertisseurs statiques, c'est-à-dire augmenter la performance et la robustesse vis-à-vis des variations paramétriques, limiter les pertes par commutation et par conduction, simplifier la mise en oeuvre des différentes lois de commande.

Un système économique de convertisseur pour convertir une tension continue fournie par des panneaux solaires, stocker dans des batteries en une tension alternative d'une fréquence de 50 Hz pour l'alimentation des charges alternatives a été présenté.

Le schéma fonctionnel, qui en résulte montre un onduleur en bon ordre de marche au niveau technique. Dans la pratique, l'utilisation de ce système est cependant limitée par la disponibilité des composants, pour pouvoir le réaliser.

NOMENCLATURE

- Vac : Tension continue
- Vdc : Tension alternative
- PWM : Pulse wide modulation
- T : Température des interrupteurs électroniques
- T* : Température de référence
- I_{curr} : Courant de sortie de l'onduleur

I_{stdb} : Courant de mise en veille

V_{bat} : Tension au niveau de la batterie

REFERENCES

- [1] P. Barrade, '*Electronique de Puissance: Méthodologie et Convertisseurs Élémentaires*', Lausanne Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Première édition 2006.
- [2] C. Buttay, '*Contribution à la Conception par la Simulation en Electronique de Puissance, Application à l'Onduleur Basse Tension*', Institut National des Sciences Appliquées, Lyon, Novembre 2004.
- [3] S. Gusia, '*Modélisation des Systèmes Electroniques de Puissance à Commande MLI*', Université Catholique de Louvain, Bruxelles, Belgique, Septembre 2005.
- [4] K. Hayashi, H. Koizumi, Y. Ohashi and K. Kurokawa, '*A Single-Phase Grid-Connected Inverter by Utilizing Ready-Made PWM Power IC*', IEEE ISIE 2006, pp. 1138 – 1142, Montréal, Québec, Canada, July 9-12, 2006.
- [5] S. Venugopal, '*Study on Over Modulation Methods for PWM Inverter Fed AC Drives*', Indian Institute of Science Bangalore, 560 012 India, May 2006.