

Réalisation d'un banc d'essai pour la caractérisation des électropompes solaires triphasées par variation de fréquence

SidAli Chikhi*, Fouzi Chikhi, Mohammed Djamel Draou,
Ahmed Mehdaoui et Abdelkrim Mammeri

Division Conversion Photovoltaïque,
Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien,
B.P. 478, Route de Reggane, 01000 Adrar, Algérie

(reçu le 11 Novembre 2007 – accepté le 25 Décembre 2007)

Résumé - Nous voulons présenter, dans cet article, une description du logiciel ainsi que l'armoire de puissance d'un banc d'essai destiné pour faire le relevé de la caractéristique, hauteur manométrique totale et rendement de la pompe en fonction du débit, pour les électropompes solaires triphasées par variation de la fréquence du signal statorique. Ce banc d'essai a été étudié et réalisé à l'Unité de Recherche en Energies Renouvelables en Milieu Saharien sise à Adrar (Algérie).

Abstract - We want to present in this paper a description of the software and the power circuit of a test bench intended to determine the characteristic, total manometric height and efficiency of pumps as a function of water flow, for three-phase solar electro-pumps by variation of the stator's signal frequency. This test bench has been studied and achieved in the Unit of Research in Renewable Energies in Saharian Middle situated at Adrar (Algeria).

Mots clefs: Pompe photovoltaïque - Hmt - Débit - Caractérisation - Variation de fréquence.

1. INTRODUCTION

Tous les convertisseurs des systèmes de pompage photovoltaïques au fil du soleil fonctionnent par variation de fréquence. Or les constructeurs des électropompes fournissent en général la caractéristique Hmt (q), hauteur manométrique totale en fonction du débit, pour une seule fréquence qui correspond à la fréquence nominale du moteur.

Par ailleurs, la connaissance de la caractéristique Hmt (q) en fonction d'une variation de fréquence serait plus intéressante dans le domaine du pompage photovoltaïque, puisqu'elle va nous permettre de savoir a priori pour une Hmt donnée, la fréquence minimale pour laquelle le système de pompage commence à refouler l'eau, la fréquence maximale, pour une énergie solaire disponible, que peut atteindre le système de pompage et beaucoup d'autres paramètres, qui peuvent nous aider pour bien choisir la pompe et optimiser le système de pompage.

Pour cela, nous avons étudié et réalisé un banc d'essai commandé par micro-ordinateur, que nous pouvons utiliser pour relever la caractéristique de la hauteur manométrique totale en fonction du débit Hmt (q, f) pour les électropompes triphasées, immergées et de surface, de puissance maximale 2 kW, avec les tensions nominales inférieures ou égales à 220 Vac.

Nous tenons à signaler que nous nous sommes inspirés, pour la réalisation de ce travail, du banc d'essai de pompage photovoltaïque existant au Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER de Bouzaréah [1].

2. DESCRIPTION DU BANC D'ESSAI

Ce banc d'essai se présente sous forme de deux parties distinctes, à savoir: (Fig. 1)

- Partie électrique,
- Partie hydraulique.

* sid_chikhi@yahoo.fr

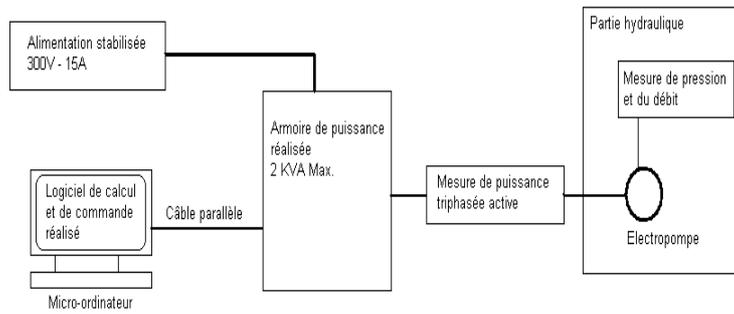


Fig. 1: Schéma de principe du banc d'essai

2.1 Partie électrique

Elle est composée principalement:

- d'un micro-ordinateur dans lequel est installé le logiciel pilote,
- d'une armoire de puissance,
- d'une alimentation DC variable 0 – 300 V, 0 – 15 A.

La figure suivante montre cette partie.



Fig. 2: Vue de la partie électrique

Le micro-ordinateur, grâce au logiciel que nous avons développé et installé dans ce dernier, permet de calculer les signaux de commande décalés de 120° l'un par rapport à l'autre pour une gamme de fréquence allant de 6 Hz à 75 Hz avec un pas de 1 Hz [2], et d'envoyer ces signaux via le port parallèle à l'armoire de puissance à laquelle est branchée l'électropompe à caractériser.

La puissance nécessaire pour le fonctionnement de l'électropompe est assurée par une alimentation stabilisée réglable (0 - 300 V, 0 - 15 A).

Par ailleurs, les données techniques de la pompe et ceux de sa caractérisation sont stockées dans le micro-ordinateur, ainsi au fur et à mesure de la caractérisation des électropompes, une base de donnée de ces pompes serait constituée, que l'on pourrait consulter à tout moment par la suite.

2.2 Partie hydraulique

Elle est actuellement en cours de réalisation. La figure ci-dessous donne un schéma synoptique.

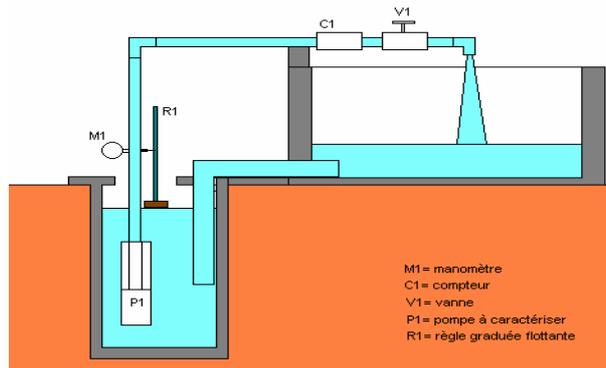


Fig. 3: Schéma synoptique de la partie hydraulique

3. DESCRIPTION DU LOGICIEL PILOTE

La commande du banc d'essai se fait par micro-ordinateur. Donc il était indispensable d'élaborer et de développer un logiciel d'aide à la commande fonctionnelle de ce banc test.

En effet, ce logiciel développé a été réalisé sous forme de deux parties principales:

Une partie réalisée sous environnement Windows [3] qui offre des interfaces graphiques permettant d'introduire les données techniques et les données prélevées de la caractérisation de la pompe. Elle permet également de calculer les signaux de commande pour une configuration donnée, de consulter et d'imprimer les caractéristiques et les fiches techniques des pompes déjà caractérisées. Un fichier d'aide Windows, sous forme HLP, a été adjoint à cette partie pour expliquer le fonctionnement de ce logiciel.

Une deuxième partie réalisée sous DOS [4], dont l'exécution se fait à partir de la première partie, qui permet de générer directement les signaux de commande en PWM via le port parallèle [5], en utilisant les données pré-calculées dans la première partie. D'autre part elle permet, en utilisant le clavier, de changer la fréquence, d'inverser le sens de rotation du moteur ou d'arrêter le banc d'essai.

Cette deuxième partie a été réalisée pour qu'elle soit exécutée sous le mode DOS réel, parce que Windows est un environnement multitâche [6]. Par contre, pendant la génération des signaux en PWM, aucune interruption, à l'exception de celles prévues par le programme, n'est tolérée.

Les figures mentionnées ci-après, présentent des interfaces graphiques sous forme de fenêtres, lorsqu'on fait exécuter le logiciel.

La fenêtre de la figure 4 permet:

- d'introduire les données techniques de l'électropompe,
- de définir la tension continue de fonctionnement et l'indice de modulation des signaux en PWM,
- de lancer le calcul des signaux de commande,
- de changer de mode (normal/consultation),
- de passer vers la partie du programme qui génère les signaux de commande.

Caractérisation des pompes solaires par variation de fréquence

Electropompe Banc d'essai Mode Aide

Fiche technique de l'électropompe

Poids(Kg) 4
 Longueur(m) 1.5
 Diamètre(pouce) 6
 Type: Surface Immergée

Pompe

Référence SC_500_15-900
 Fabricant KYOCERA
 Débit nominal[m3/h] 1
 HMT nominale[m] 62
 Nombre d'étages x

Moteur triphasé

Référence x
 Fabricant Odess
 Tension nominale[Vac] 220
 Fréquence nominale[Hz] 50
 Puissance nominale[w] 550

Alimentation et MLI

Tension d'alimentation[Vdc] 150
 Indice de modulation 60

Pompes caractérisées

sc_500_15-900_kyocera_xwodes550.po
 sp-3a_solar_grundfos_9ms-402grundfos5
 sp-5a_6_grundfos_9ms-402grundfos550,
 x_enel_1xenel1100.pompe
 x_enel_1xenel1100.pompe

Fig. 4: Fenêtre pour l'introduction des données techniques de désignation de l'électropompe

La fenêtre de la figure 5 permet:

- de préparer un tableau adapté aux valeurs des fréquences pour lesquelles la pompe a été caractérisée,
- d'introduire les données prélevées de la caractérisation de la pompe,
- d'avoir un aperçu de la caractéristique et de l'imprimer.

Données de la caractérisation de la pompe x_ENEL

Echier Affichage Edition Aide

	1			2			3		
Fréquence(Hz):>	10Hz			20Hz			30Hz		
	HMT(m)	Débit(l/s)	Pe(w)	HMT(m)	Débit(l/s)	Pe(w)	HMT(m)	Débit(l/s)	Pe(w)
1	53	0.15	160	78	0.15	230	115	0.15	340
2	51	0.3	300	75	0.3	450	111	0.3	660
3	46	0.6	550	67	0.6	800	99	0.6	1180
4	40	0.9	720	57	0.9	1000	85	0.9	1530
5	33	1.2	790	46	1.2	1100	67	1.2	1600
6	24	1.5	720	33	1.5	990	48	1.5	1440
7	13	1.8	460	18	1.8	640	26	1.8	930

Fig. 5: Fenêtre qui permet d'introduire les données de la caractérisation

La fenêtre de la figure 6, ci-dessus, présente une caractéristique fictive, pour différentes fréquences, d'une pompe qui aurait été déjà caractérisé et que l'on pourrait faire une impression.

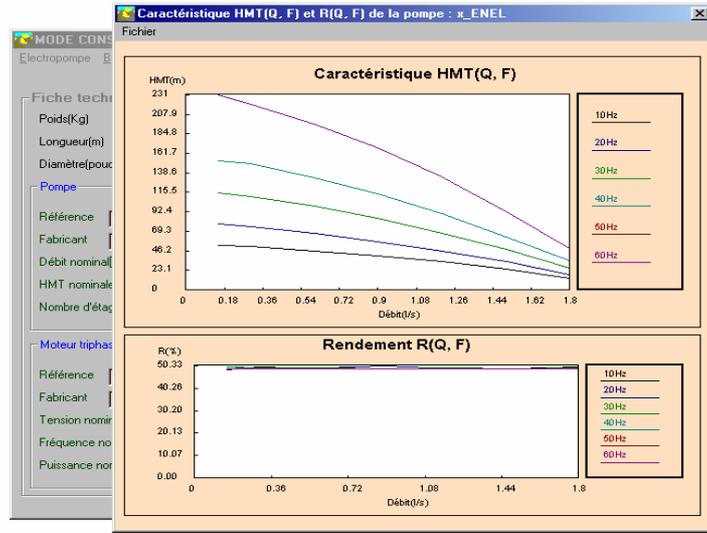


Fig. 6: Un exemple, fictif, d'une caractéristique consultée

Quant à la fenêtre représentée en figure 7, est relative à la partie du programme (sous DOS) qui permet:

- d'afficher les paramètres de calcul des signaux de commande, ainsi que la fréquence du signal en PWM en cours,
- d'envoyer les signaux de commande, via le port parallèle, vers l'armoire de puissance,
- d'inverser le sens de rotation du moteur,
- de stopper le banc d'essai et de test, et de revenir en mode Windows.



Fig. 7: Partie du logiciel qui commande le circuit de puissance

4. ARMOIRE DE PUISSANCE

C'est le circuit qui permet d'alimenter en puissance les électropompes avec les différents circuits d'adaptation et de connexion. Cet ensemble est logé dans un boîtier métallique (Fig. 8). Ce dernier est composé:

- d'un contacteur de puissance,
- d'un connecteur de puissance,
- de trois cartes de puissance et des drivers,
- d'une petite carte qui accueille le connecteur DB25M et le connecteur 12 V.



Fig. 8: Armoire de puissance

- Le contacteur de puissance est commandé à la fermeture manuellement, par contre, il est commandé à l'ouverture par le micro-ordinateur.

- Le connecteur de puissance permet de raccorder l'électropompe.

- Le circuit de puissance (alimenté par une alimentation stabilisée 0 – 300 Vcc / 0 – 15 A) est un pont H triphasé où chaque interrupteur est la mise en parallèle de trois transistors IRFP450 [7], ceci pour assurer une plage de fonctionnement très large en tension et en puissance. Les circuits drivers sont alimentés par un adaptateur externe 220 Vca / 12 Vcc qui vient se brancher dans le connecteur 12 V. Ce dernier se trouve implanter sur la petite carte.

- La carte (carte de connexion), située sur la paroi latérale gauche du boîtier de puissance, est utilisée pour connecter le câble parallèle venant du micro-ordinateur, la sortie 12 V de l'adaptateur externe 220 Vca / 12 Vcc et la bobine du contacteur de puissance.

Nous avons mis, sur cette carte, une LED verte pour indiquer le moment venu pour actionner manuellement le contacteur, ainsi qu'un bouton poussoir pour l'arrêt d'urgence du banc d'essai dans le cas où le micro-ordinateur perd le contrôle de l'armoire de puissance.

5. RESULTATS PRELIMINAIRES

La partie électrique du banc d'essai a été réalisée et installée au niveau du laboratoire de l'équipe de pompage photovoltaïque. La partie hydraulique n'est pas pour le moment prête pour compléter la réalisation du banc d'essai. Néanmoins, nous avons quand même pu faire un essai sur une pompe SP5A7 (65 Vcc / 50 Hz / 550 W) installée dans un puits de 10 m de hauteur statique. Cet essai nous a permis, de confirmer le bon fonctionnement de la partie électrique en charge et en quelques sortes de caractériser, par variation de fréquence, cette pompe à Hmt fixe. La figure suivante montre les résultats de cet essai. Le débit a été prélevé par un débitmètre à affichage digital, la tension a été fixée à 120 V et l'indice de modulation à 60.

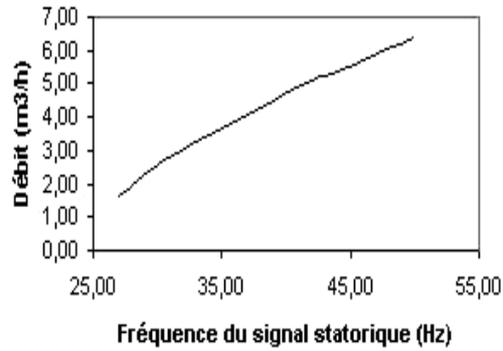


Fig. 9: Résultat d'un test sur une pompe à 10 m de hauteur statique

6. CONCLUSION

Nous pensons que ce banc d'essai va permettre à tous ceux qui travaillent dans le pompage photovoltaïque de caractériser les différentes pompes, entraînées par des moteurs triphasés asynchrones, qui existent sur le marché, de construire ainsi une base de données qui sera accessible à tout moment et de choisir la meilleure pompe qui présente le meilleur rapport performances hydrauliques/prix.

Il va permettre également d'étudier le comportement et les performances de l'électropompe au delà de sa fréquence nominale.

REFERENCES

- [1] A. Hadj Arab, A. Hamidat, M. Belhamel, F. Chenlo et M. Alonso, 'Banc d'Essai de Pompage Photovoltaïque', Proceeding ENERSOLE'1, pp. 127 – 132, Adrar, 30-31 octobre 2001.
- [2] S. Chikhi et F. Chikhi, 'Amélioration de la Réponse Spectrale du Signal Généré par la Méthode Triangulo-Sinusoidale par Décalage de π ', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 5, N°1, pp. 33 – 38, Juin 2002.
- [3] K. Amirouche, 'Visual Basic 6', Editions l'Abeille, 2003.
- [4] Kris Jamsa, 'Programmer avec Microsoft QuickBasic jusqu'à la Version 4.5', 1989.
- [5] N.E. Benabadi, N.I. Bachari et A.H. Belbachir, 'Interfaçage Numérique sur PC', 2001.
- [6] M. Tischer et B. Jennrich, 'La Bible PC Programmation Système', 6^{ème} Edition, Micro Application, 1997.
- [7] Document SGS-Thomson, 'IRFP450/FI, IRFW450, n-Channel Enhancement Mode Power Mos Transistors', SGS-Thomson Microelectronics, 1994.