

## Caractérisation et modélisation des électropompes solaires triphasées

S. Chikhi, F. Chikhi, A. Mehdaoui, A. Mammeri et M.D. Draou

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

(reçu le 27 Octobre 2010 – accepté le 26 Juin 2011)

**Résumé** - Nous allons présenter dans cet article, les résultats de tests effectués sur une électropompe immergée de 2.2 kW avec le banc d'essai de caractérisation réalisé à l'URERMS-Adrar. Ces résultats nous ont permis de modéliser cette électropompe dans une gamme de fréquence signal qui s'étend de 20 Hz à 40 Hz.

**Abstract** - We will present in this article results of tests done on a 2.2 kW submersible electro-pump with the characterization test-bench achieved at the URERMS situated at Adrar (Algeria). These results permitted us to modeling this electro-pump in a range of signal frequency that varies from 20Hz to 40Hz.

**Mot clés:** Pompage photovoltaïque, - Banc d'essai – Caractérisation - Modélisation.

### 1. INTRODUCTION

La caractéristique de l'électropompe, pour la fréquence nominale, fournie par son constructeur ne suffit pas dans le cas d'un système de pompage au fil du soleil pour effectuer une étude sur la détermination des performances réelles de cette électropompe; du moment que ce système, vu la nature variable et aléatoire de l'éclairement solaire, travaille à fréquence variable.

D'autre part, l'application de la loi de similitude [1] sur cette caractéristique pour estimer celles correspondantes à d'autres fréquences n'est pas justifiée, puisque cette loi met en jeu la fréquence rotorique qui est inconnue dans ce cas. En outre, le constructeur fournit la caractéristique de la pompe uniquement, ce qui complique davantage l'étude, puisque les données relatives au moteur ne sont pas disponibles.

D'où il apparaît important de caractériser l'électropompe complète (moteur associé à la pompe), pour différentes fréquences du signal (statoriques) et d'essayer de trouver les relations mathématiques qui reproduisent ces caractéristiques.

Ces relations vont nous servir pour déterminer les caractéristiques pour les fréquences du signal appartenant à l'intervalle de validité du modèle. Aussi elles pourront nous être très utiles pour faire des simulations.

Dans cet article, nous allons présenter une description succincte du banc de mesure. Nous montrerons les résultats de tests et de modélisation effectués, grâce à ce banc de mesure sur une électropompe de 2.2 kW et nous terminerons par une conclusion.

### 2. DESCRIPTION SUCCINCTE DU BANC D'ESSAI

Le banc de mesure et de caractérisation réalisé, au niveau de l'URERMS [2], se présente sous forme de deux parties principales, la partie électrique et la partie hydraulique, que l'on peut voir sur les photos suivantes (Fig. 1):



Fig. 1: Vue de la partie électrique et de la partie hydraulique du banc d'essai en fonctionnement

Les paramètres relevés par ce banc de mesure sont:

1. La puissance active totale consommée par l'électropompe en Watt, relevée par l'analyseur d'harmonique de puissance Fluke41B.
2. La pression en  $\text{kgf/cm}^2$ , relevée sur un manomètre à aiguille.
3. Le temps en seconde, que met le compteur pour laisser passer 10 litres d'eau, relevé avec un chronomètre.

### 3. RESULTATS DE TESTS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 Caractérisation de l'électropompe SP30-2

La SP30-2, est une électropompe immergée triphasée composée d'une pompe centrifuge SP30 à deux étages et un moteur asynchrone triphasé MS4000,  $230 \text{ V}_{\text{ac}} / 50 \text{ Hz} / 2.2 \text{ kW}$ , du fabricant Grundfos [3].

En utilisant ce banc de mesure sous une tension d'alimentation de  $300 \text{ V}_{\text{dc}}$ , une commande en  $U/f = 220/50$  et un indice de modulation  $n = 30$ , nous avons relevé, pour différentes fréquences statoriques, les caractéristiques expérimentales suivantes (Fig. 2 et Fig. 3).

Déjà, à titre d'exemple, on peut tirer de ces caractéristiques, pour une hauteur statique de 10 m, que l'eau commence à couler à partir d'une fréquence proche de 36 Hz (Fig. 2).

Dans ce cas, la puissance totale consommée par l'électropompe sera d'environ 810 W (Fig. 3).

Si l'on considère un champ PV composé de  $2 \times 20$  modules IS75/12 Isofoton, donc une surface effective de  $21 \text{ m}^2$ , avec un rendement de 12 % et un convertisseur de 98 % de rendement, on déduit que l'éclairement global, sur le plan du champ PV, dans ce cas va correspondre à  $328 \text{ W/m}^2$ .

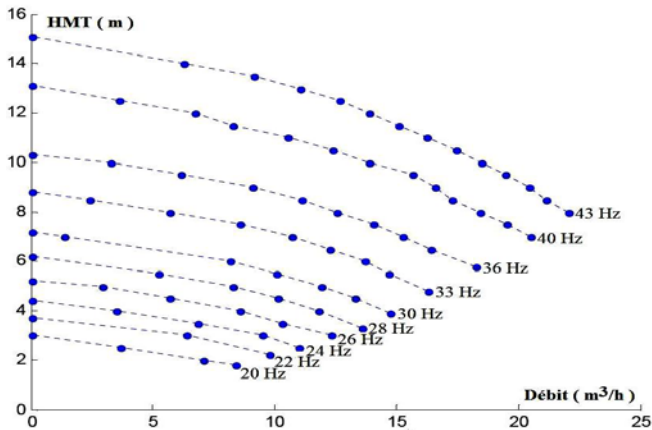


Fig. 2: Caractéristique expérimentale Hmt (débit) pour différentes fréquences entre 20 Hz à 43 Hz

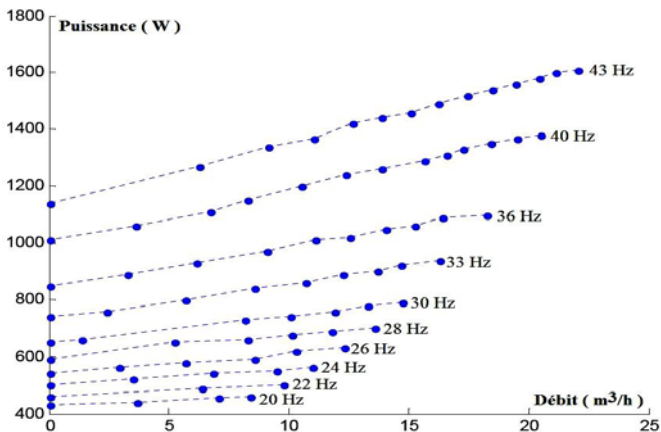


Fig. 3: Caractéristique expérimentale Puissance P (débit) pour différentes fréquences entre 20 Hz à 43 Hz

### 3.2 Modélisation de l'électropompe SP30-2

En utilisant les données de la caractérisation, relevées avec le banc de mesure, nous avons établi un modèle pour l'électropompe SP30-2 reproduisant fidèlement les caractéristiques Hmt ( $q, f$ ) et P ( $q, f$ ) jusqu'à 40 Hz. Au-delà de cette fréquence, ce modèle semble diverger en particulier dans la zone où le débit est relativement fort.

On peut attribuer cette divergence au changement de la constante  $U/f$ , car au delà de 40 Hz, vu les limitations imposées par l'alimentation et la technique de commande utilisée (triangulo-sinusoïdale), le moteur n'est plus alimenté rigoureusement selon la relation  $U/f = \text{const}$ .

En effet, la courbe ci-dessous (Fig. 4) présente l'allure de la tension entre phases (moteur étant à vide et complètement séparé de la pompe) en fonction de la fréquence de 6 Hz à 60 Hz.

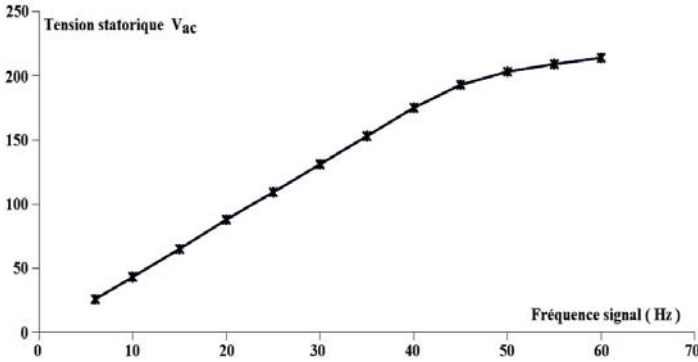


Fig. 4: Tension entre phases (statorique) à vide

On voit bien que cette courbe présente une allure linéaire entre 6 Hz et 40 Hz. La pente de cette droite est de 4.39, très proche de la valeur théorique 4.4.

### 3.3 Modèle mathématique de l'électropompe

Le modèle de l'électropompe SP30-2, obtenu par approximation polynomiale d'ordre 2 et 1, reproduisant les caractéristiques Hmt (débit) et Puissance (débit) pour une variation de fréquence statorique de 20 Hz à 40 Hz est donné en (1) et (2).

$$H = -0.1347 q^2 + (0.00286 f - 0.1363) q + 0.00855 f^2 - 0.0193 f - 0.25781 \quad (1)$$

$$P = 3.6 (0.015 f^2 - 0.14 f + 0.26) q + 0.67 f^2 - 11.52 f + 391.75 \quad (2)$$

où:

H = Hmt (m) ; P = Puissance totale consommée par l'électropompe (W) ;

q = Débit (l/s) ; f = Fréquence du signal (Hz).

On note, que lorsque la vanne est totalement ouverte, le circuit hydraulique, du banc de mesure, avec ses pertes de charge impose, pour chaque fréquence, un débit maximal,  $q_m$  que l'on peut exprimer par la relation (3) et une Hmt minimale que l'on peut exprimer en remplaçant q par  $q_m$  dans (1).

$$q_m = 0.1646 f - 0.8951 \quad (3)$$

Cependant, les graphes ci-dessous (Fig. 5 et Fig. 6) représentent la superposition des courbes correspondantes aux données expérimentales avec celles déterminées par le modèle établi de 20 Hz à 43 Hz avec un pas de 1 Hz.

Comme on peut le voir sur la figure 5, les courbes expérimentales, (trait en pointillé), de la Hmt (q) se superposent avec celles du modèle, (trait plein), hormis la courbe expérimentale pour la fréquence 43 Hz au delà du débit  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  qui semble se diriger vers la courbe du modèle correspondante à la fréquence 42 Hz.

Cependant le modèle de la puissance, (Fig. 6), coïncide parfaitement avec les données expérimentales.

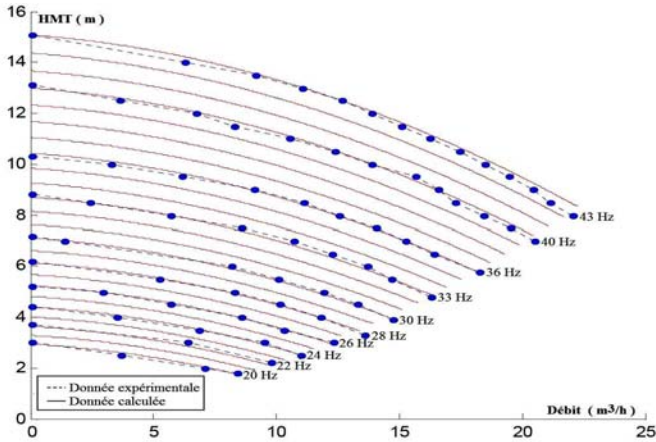


Fig. 5: Caractéristique Hmt ( $q, f$ ), expérimentale et calculée, de 20 Hz à 43 Hz

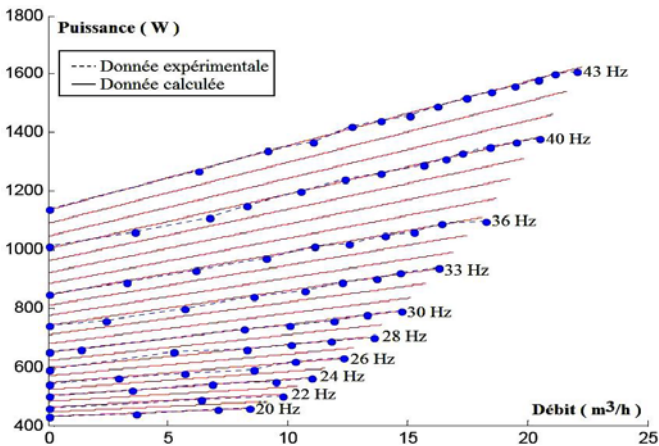


Fig. 6: Caractéristique P ( $q, f$ ), expérimentale et calculée, de 20 Hz à 43 Hz

#### 4. CONCLUSION

Le débit, la Hmt et la puissance, nominaux fournis par les constructeurs de pompes ne peuvent pas servir comme un critère suffisant pour choisir une électropompe destinée au pompage photovoltaïque au fil du soleil.

Un meilleur moyen, pour connaître les performances réelles de l'électropompe, serait de lui faire subir une caractérisation à fréquence variable, chose que l'on peut se permettre par le biais du banc de mesure et de caractérisation, réalisé au niveau de l'unité.

La caractéristique de l'électropompe à fréquence variable peut nous renseigner sur plusieurs paramètres intéressants pour la connaissance des performances d'un système

de pompage photovoltaïque, avant son installation à savoir, la fréquence et l'éclairement correspondants au début de refoulement, la fréquence, le débit et le rendement pour  $1000 \text{ W/m}^2$ , par exemple.

En faisant intervenir le modèle du générateur photovoltaïque, celui du convertisseur et le modèle de l'électropompe établi, à partir des données de la caractérisation, nous pouvons faire des simulations proches de la réalité.

## REFERENCES

- [1] Document, Grundfos, '*Variation de Fréquence - le Concept Grundfos*', 3 p., 2003.
- [2] S. Chikhi, F. Chikhi, M.D. Draou, A. Mehdaoui et A. Mammeri, '*Réalisation d'un Banc d'Essai pour la Caractérisation des Electropompes Solaires Triphasées par Variation de Fréquence*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 10, N°4, pp. 507 – 513, 2007.
- [3] Document, Grundfos, '*SPA, SP Submersible Pumps*', pp. 28 – 31, 1998.