

Commande à base de la métaheuristique PSO d'un suiveur de soleil pour la conversion d'énergie photovoltaïque

Samia Dziri¹, Soufiene Bouallègue^{1,2}, Patrick Siarry³

¹ Laboratoire de Recherche en Automatique (LARA), Université de Tunis el Manar, BP 37, Tunis 1002, Tunisie.
samia.dziri@enit.utm.tn

² Institut Supérieur des Systèmes Industriels de Gabès (ISSIG), Université de Gabès, Gabès 6011, Tunisie.
Soufiene.bouallegue@issig.rnu.tn

³ Laboratoire Images, Signaux et Systèmes Intelligents (LiSSi), Université de Paris-Est Créteil, Vitry-sur-Seine, France.
siarry@u-pec.fr

Mots-clés : *énergie photovoltaïque, suiveur de soleil, commande PID, métaheuristique PSO.*

Introduction

Au cours de ces dernières décennies, l'énergie photovoltaïque (PV) a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs. Les recherches visent l'augmentation de la production de cette énergie renouvelable à coût de fabrication minimal et à complexité de contrôle réduite [1]. La production de l'énergie solaire est fortement liée aux conditions environnementales, comme l'ombrage, l'ensoleillement et l'irradiation. Pour optimiser l'énergie produite, il faut s'efforcer de suivre le point de puissance maximale du panneau PV. Cet objectif est atteint moyennant la commande des convertisseurs statiques DC-DC, ou autrement à travers le contrôle intelligent du suiveur de soleil mis en jeu pour réguler la position du panneau PV par rapport au soleil. La modélisation floue de type Takagi-Sugeno (TS) [2] et la commande PID du suiveur sont d'abord présentées. Ensuite, une formulation du problème de réglage de la commande PID sous forme d'un problème d'optimisation par métaheuristique est envisagée [3]. Le travail se termine par une conclusion et quelques perspectives.

Commande du suiveur de soleil

L'architecture de base d'un convertisseur photovoltaïque est représentée dans la figure 1. La partie électromécanique est basée sur un suiveur de soleil STS (*Sun Tracking System*) à base d'un moteur DC afin de capturer le maximum d'énergie.

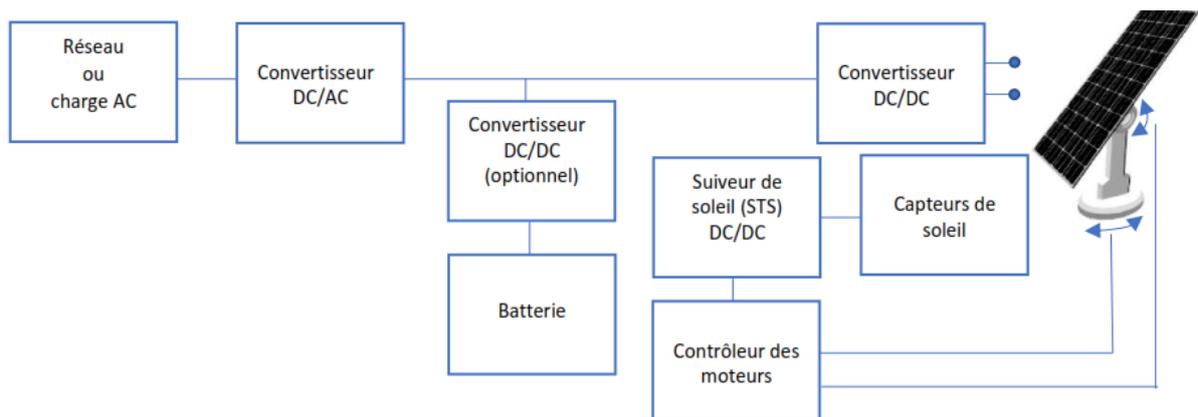


FIG. 1 –Système de commande d'un convertisseur d'énergie solaire [1].

1 Modélisation TS du suiveur

Le modèle dynamique non linéaire du suiveur PV à base d'un moteur DC est défini comme suit :

$$L \frac{di(t)}{dt} = v(t) - Ri(t) - Ki(t)\omega(t); J \frac{d\omega(t)}{dt} = Ki^2(t) - f\omega(t) - T_L(t) \quad (1)$$

où v est la tension de l'induit, i est le courant et ω est la vitesse de rotation angulaire.

La réécriture matricielle sous forme d'une équation d'état du modèle (1) permet d'obtenir le système non linéaire suivant :

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -R/L & -K/Lx_1 \\ K/Jx_1 & -f/J \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1/L \\ 0 \end{pmatrix} v + \begin{pmatrix} 0 \\ -1/J \end{pmatrix} T_L \quad (2)$$

En exploitant la méthode de transformation polytopique convexe [2], un multimodèle flou TS d'ordre 2 est obtenu pour le système non linéaire régi par la représentation d'état (2).

2 Formulation du problème de réglage PID

La synthèse et le réglage des correcteurs PID pour les suiveurs PV se font habituellement moyennant des procédures répétitives non-systématiques. Ce réglage difficile est formulé sous forme d'un problème d'optimisation sous contraintes opérationnelles comme suit :

$$\begin{cases} \text{minimiser } f(\mathbf{x}) \\ \mathbf{x} \in \mathbb{F} \subseteq \mathbb{D} \subseteq \mathbb{R}^m \\ \text{sous contraintes :} \\ g_i(\mathbf{x}) \leq 0, \quad i = 1, \dots, m_g \\ h_j(\mathbf{x}) = 0, \quad j = 1, \dots, m_h \end{cases} \quad (3)$$

où $\mathbf{x} = (K_p, K_i, K_d)^T \in \mathbb{R}_+^3$ sont les variables de décision du problème, $f(\mathbf{x})$ est la fonction objectif à minimiser pouvant être un critère optimal de type IAE, ISE, MSE, etc. Les contraintes de type inégalité sont liées aux métriques de performance temporelle comme les premiers dépassements, i.e. $g_1(\mathbf{x}) = D(\%) - D^{\max}(\%)$, et les temps de montée, i.e. $g_2(\mathbf{x}) = t_r(\text{sec}) - t_r^{\max}(\text{sec})$. Les contraintes de type égalité sont liées à l'erreur statique en régime permanent, i.e. $h_1(\mathbf{x}) = E_{ss} - E_{ss}^{\max}$.

3 Métaheuristique PSO

La technique d'optimisation par essaim particulaire PSO est une métaheuristique d'optimisation globale inspirée de l'éthologie [3]. Cet algorithme trouve ses origines dans le comportement social d'animaux et est régi principalement par les équations de mouvement suivantes :

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1}^i &= \mathbf{x}_k^i + \mathbf{v}_{k+1}^i \\ \mathbf{v}_{k+1}^i &= w\mathbf{v}_k^i + c_1 r_{1,k}^i (\mathbf{p}_k^i - \mathbf{x}_k^i) + c_2 r_{2,k}^i (\mathbf{p}_k^g - \mathbf{x}_k^i) \end{aligned} \quad (4)$$

où w est le facteur d'inertie, c_1 et c_2 sont les coefficients de confiance cognitif et social, $r_{1,k}^i$ et $r_{2,k}^i$ sont des nombres aléatoires dans $[0,1]$, \mathbf{p}_k^i est la meilleure position mémorisée de la particule et \mathbf{p}_k^g est la meilleure position mémorisée de l'essaim.

Conclusions et perspectives

Ce travail propose une approche de réglage par métaheuristique PSO de la commande PID d'un suiveur de soleil pour l'énergie photovoltaïque. Une modélisation floue TS a été élaborée pour le suiveur STS. La formulation sous forme d'un problème d'optimisation sous contraintes est ensuite présentée pour une future résolution par la technique PSO. Nos perspectives porteront essentiellement sur les expérimentations numériques et les analyses statistiques au sens de Friedman des résultats.

Références

- [1] A. Khaligh and O.C. Onar. *Energy Harvesting: Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion Systems*, CRC press, 2017.
- [2] K. Tanaka and H.O. Wang. *Fuzzy Control Design and Analysis: A Linear Matrix Inequality Approach*, John Wiley & Sons, Inc, New York USA, 2001.
- [3] P. Siarry (coordinateur). *Métaheuristicques*, 2^{ème} édition, Eyrolles, Paris, 2014.