

IDENTIFICATION FLOUE DE LA MACHINE ASYNCHRONE PAR LA METHODE DE STREJC

M. KHEMLICHE, D. MOKEDDEM, M.MOSTEFAI, L. ABED, M. RAIS, N. KHEDIDJA
 Université Ferhat Abbas de SETIF – Faculté des sciences de l'ingénieur
 Département d'Electrotechnique – Option Automatique
 E-mail : Khemliche2001@yahoo.fr

Résumé :

Afin d'identifier la machine asynchrone par un contrôleur flou en utilisant la méthode de STREJC, il est nécessaire de mentionner que l'établissement d'un modèle mathématique de la machine asynchrone dont la complexité et la non linéarité ont été réduites moyennant un certain nombre d'hypothèses simplificatrices et en appliquant la transformation de PARK suivie d'une identification paramétrique et une simulation du modèle puis l'identification de la fonction de transfert par la méthode de STREJC et enfin l'amélioration de celle-ci en intégrant la logique floue pour la correction et l'adaptation du modèle en vue de l'identification de la machine asynchrone.

Abstract:

In order to identify an asynchronous machine by a fuzzy controller while using the method of STREJC, it is necessary to mention that the establishment of a mathematical model of asynchronous machine of which the complexity and the no linearity have been reduced in return for a certain number of simplifying hypotheses and while applying the transformation of PARK followed then by a parametric identification and a simulation of the model the identification of the transfer function by the method of STREJC and in short the improvement of this one while integrating the fuzzy logic for the correction and the adaptation of the model n view of the identification of the asynchronous machine.

Mots clés :

Machine asynchrone - Logique floue - Régime transitoire et permanent - Essai à vide et en charge .

1. Introduction :

L'utilisation de la machine électrique fait l'objet d'une évolution très rapide. Les machines à courant alternatif ont tendance à remplacer les machines à courant continu dans de nombreuses applications, et ce, en raison du

courant alternatif et de leur association à des commandes électriques performantes.

de nombreuses applications, et ce, en raison du handicap du collecteur mécanique, de l'évolution de la conception des machines à courant alternatif et de leur association à des commandes électriques performantes.

La modélisation d'une machine électrique est une phase primordiale de son développement, elle permet de guider les développement par une quantification des phénomènes. En outre, elle est d'un apport précieux en permettant d'une part de restituer une image de ce que l'on peut observer expérimentalement et d'autre part de prévoir des comportements de la machine plus variés que ceux de l'observation expérimentale la transformation de PARK fait l'objet de ce point.

L'identification d'une machine électrique asynchrone par la méthode de STREJC qui est une méthode géométrique a été améliorée par l'intégration de la logique floue. Cependant, l'étude du régime transitoire des machines électriques tournantes s'accommode d'une moindre rigueur numérique que l'étude du régime permanent établi. Pour cette raison, on adopte les hypothèse simplificatrices qui, tout en permettant de simplifier notablement les calculs conduisant à des résultats suffisamment précis pour la plupart des applications.

2. Théorie de la machine asynchrone [1], [2]

La machine asynchrone est une machine, moteur ou génératrice qui, ayant $2p$ pôles et étant reliée à un réseau de fréquence F_s ne tourne pas exactement à la vitesse synchrone N_s et elle est soit à induction soit à collecteur. Le moteur d'induction est tellement plus utilisé que les autres que lorsqu'on parle de machine asynchrone on sous entend moteur d'induction, il est constitué de deux armatures coaxiales à champ tournant l'une fixe (stator) et l'autre mobile (rotor). Le rendement du moteur est $\eta = P_m / P_e$ (1)

où P_m : la puissance mécanique et P_e : la puissance électrique

$$V=RI+d\Phi/dt \quad (2)$$

où Φ : le flux qui est défini respectivement pour le stator et le rotor par les équations (3) et (4)

$$\Phi_s=L_s.i_s+M_{sr}.i_r \quad (3)$$

$$\Phi_r=L_r.i_r+M_{rs}.i_s \quad (4)$$

où L : l'inductance propre et M : l'inductance mutuelle

Le système d'équations électriques nécessaire à l'étude du fonctionnement de la machine asynchrone dans tous les régimes est :

$$[V_s]=[R_s].[i_s]+s\{[L_s].[i_s]+[M_{sr}].[i_r]\} \quad (5)$$

$$[V_r]=[R_r].[i_r]+s\{[L_r].[i_r]+[M_{sr}].[i_s]\} \quad (6)$$

Pour un couple mécanique moteur T_m et un couple électromagnétique résistant T_e , l'équation de mouvement est donnée par le couple dynamique suivant :

$$J.d\omega/dt=Jd^2\theta/dt^2=T_e-T_m \quad (7)$$

où J est le moment d'inertie des parties tournantes de la machine asynchrone.

3. Modélisation de la mas [2], [7]

Par la transformation de PARK et à partir de l'équation (2) généralisée aux trois phases repérées par les indices a,b,c on a :

$$[K][V_{dqo}]=[R][K][i_{dqo}]+d/dt\{[K][\Phi_{dqo}]\} \quad (8)$$

on obtient finalement le système des équations de PARK qui constitue ainsi un modèle électrique dynamique pour les axes d,q,o :

$$V_d=R_i d+ d\Phi_d/dt-d\Psi/dt.\Phi_q \quad (9)$$

$$V_q=R_i q+ d\Phi_q/dt+d\Psi/dt.\Phi_d \quad (10)$$

$$V_o=R_i o+ d\Phi_o/dt \quad (11)$$

Ces équations sont valables pour le stator et pour le rotor, il suffit de mettre l'indice adéquat.

On définit deux transformations de PARK notées $[K(\Psi_s)]$ et $[K(\Psi_r)]$ de l'angle Ψ donnant les relations entre les flux d'axes d,q,o et les flux d'axes a,b,c

$$[\Phi_{dqo}]=[K(\Psi)][\Phi] \quad (12)$$

$$[\Phi_{dqo}]=[K(\Psi)][L][K][i_{dqo}]+[K(\Psi)][M_{sr}][K][i_{dqo}] \quad (13)$$

Valables pour le rotor et le stator. On constate que la mise en équation de la machine asynchrone présente une grande complexité, et une non linéarité de son système électrique, ce qui nous a mené à faire intervenir la transformation de PARK.

4. Simulation du modèle de Park [1], [5]

Une fois la simulation du modèle est faite, les figures 1 et 2 caractérisent les variations de la vitesse de rotation en fonction du temps, respectivement en charge et à vide.

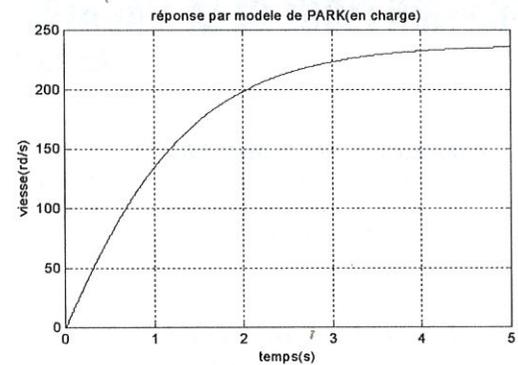


Fig.1 La réponse du modèle en charge

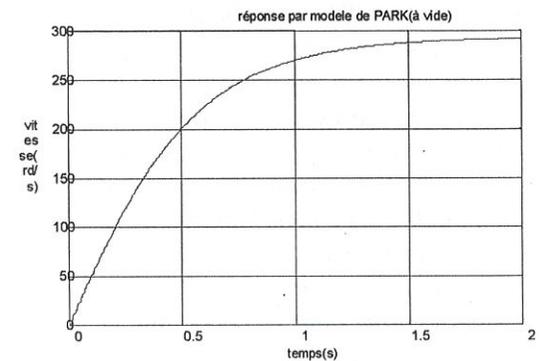


Fig.2 La réponse du modèle à vide

5. Identification de la mas [2], [7]

5.1. Essai de vide: On alimente le moteur à rotor bobiné triphasé en étoile et à vide par un démarrage avec un rhéostat pour assurer la protection du moteur, le courant ayant une valeur très grande, on a appliqué au moteur un échelon de tension d'amplitude 380V, puis on a enregistré la vitesse $\Omega = f(t)$ représentée par la courbe de la figure 3. La valeur du rhéostat de démarrage est de 55 Ω . Pour trouver le point d'inflexion on utilise l'interpolation de Lagrange. Les paramètres de la méthode de Strejc sont: K_0 : est le gain T : est la constante de temps τ : est le retard n : l'ordre du système, la fonction de transfert est de la forme :

$$G(p)=\frac{K_0 e^{-\tau p}}{(1+Tp)^n} \quad (14)$$

Pour déterminer les paramètres de Strejc à partir du point d'inflexion, la réponse expérimentale de la machine asynchrone à vide nous permet de repérer le point d'inflexion sur l'intervalle du temps [0 5,8]. Choisissons quatre valeurs de cet intervalle $t=[0 \ 1,8 \ 3,8 \ 5,8]$ qui correspondent respectivement à $y=[0 \ 3,6 \ 8 \ 10,4]$ ce qui fait que le polynôme de Lagrange est d'ordre 3 et s'écrit:

$$P(t)=(1tt^2t^3)L.y \quad (15)$$

où L le vecteur de Lagrange est défini par ses composantes L_i comme suit:

$$L_i = \frac{\prod_{i=0}^3 (t-t_i)}{\prod_{i=0}^3 (t_0-t_i)} \quad (16)$$

Tout calcul fait mène au polynôme suivant:

$$P(t)=1,548t+0,344t^2-0,052t^3 \quad (17)$$

Pour le point d'inflexion, on annule la dérivée seconde de P(t) ce qui donne $t_i = 2,2$ cm ou 0,22 seconde qui correspond sur la figure à $y_i = 491,602$ tr/mn et la tangente en ce point nous permet de déterminer les paramètres de Strejc suivants $K_0 = 3,684$ qui correspond à une entrée échelon.

Pour $T_i=0,22$ et $T_u = 0,06$ et $T_a=0,46$ et $T_m=0,30$ et à partir du tableau de Strejc on trouve l'ordre du système $n=2$ vu que la valeur du rapport $T_u/T_a=0,104$ pour l'ordre 2 et 0,218 pour l'ordre 3 et la valeur qui correspond aux mesures expérimentales est $T_u/T_a = 0,130$. Pour la constante de temps, le tableau de Strejc donne: $T_u/T=0,282$ et $T_i/T=1$ et $T_m/T=2$ et $T_a/T=2,718$ on prend la valeur moyenne nous donne $T=0,187s$. Pour le retard $\tau = T_u - T'_u$ et à partir du tableau de Strejc $T'_u/T_a=0,104$ donc $T'_u=0,048s$ ce qui donne $\tau=0,012$ qui est presque nulle et la fonction de transfert

$$\text{devient: } G(p)=\frac{105,3504}{(p+5,347)^2} \quad (18)$$

Ensuite on a fait la simulation sur MATLAB qui est montrée par la figure 4 :

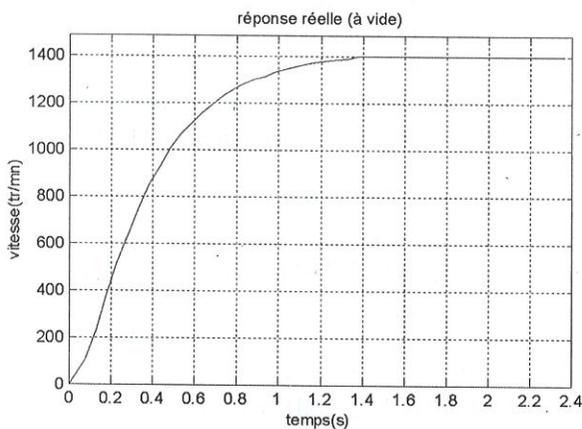


Fig.3 La réponse expérimentale à vide

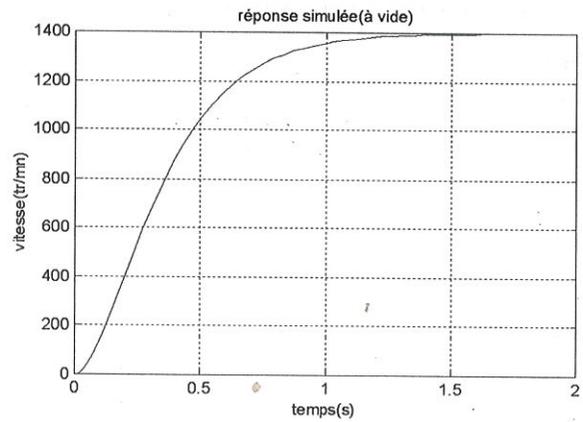


Fig.4 La réponse simulée à vide

5.2. Essai en charge : Il faut entraîner un rhéostat de démarrage parce que le courant est considérable, et un électrofrein comme charge et on mesure la vitesse pour différentes tensions tout en prélevant la valeur de la puissance et du courant et on trace la famille des courbes sur table traçante. La figure 5 donne l'allure d'un système d'ordre 1 donc la fonction de transfert est de la forme :

$$G(p)=\frac{K}{1+\tau p} \quad (19)$$

Par la méthode de Strejc, on trouve $K=1140/380 =3$ et la constante de temps $\tau=2,1s$ d'où la fonction de transfert:

$$G(p)=\frac{1,428}{p+0,476} \quad (20)$$

Et ensuite on fait la simulation sur MATLAB

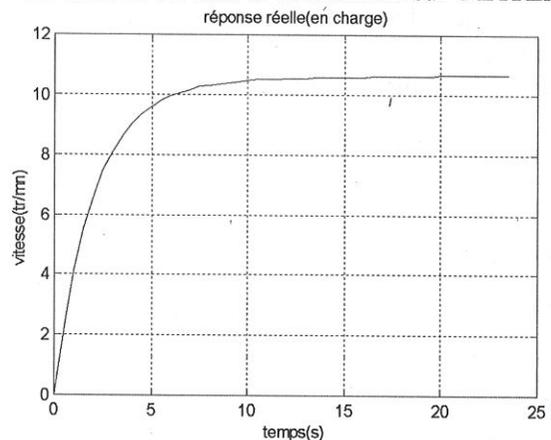


Fig.5 La réponse expérimentale en charge

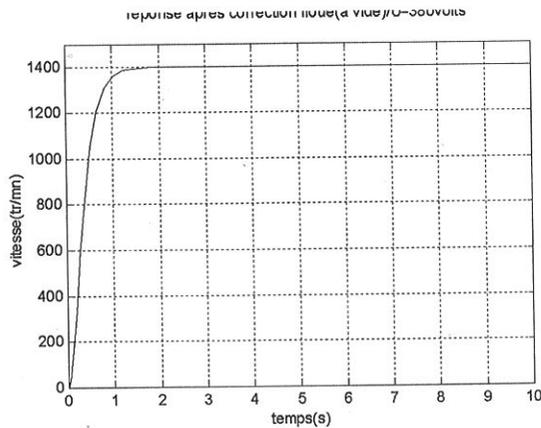


Fig.6 La réponse simulée en charge

6. Identification floue de la mas :[5], [6]

L'introduction de l'adaptateur flou à la méthode de Strejc s'est avérée indispensable car la vitesse de rotation du moteur ne change pas pour une tension $300 \leq U \leq 380V$.

La conception d'un adaptateur flou consiste tout d'abord à définir un micro-langage à variables et termes linguistiques, puis à donner un sens à ce micro-langage en enrichissant les fonctions d'appartenance associées, enfin à traduire son savoir faire à l'aide de ce micro-langage en dictant le fonctionnement interne de l'adaptateur par des règles.

Son introduction dans la boucle de simulation de la fonction de transfert trouvée par la méthode de Strejc, nous a permis d'adapter le gain statique de celle-ci, de telle sorte que la vitesse obtenue par simulation soit identique à celle obtenue au cours de la pratique et les courbes des différentes tensions atteignent le maximum de vitesse et vérifiées par les courbes des figures 7 et 8.

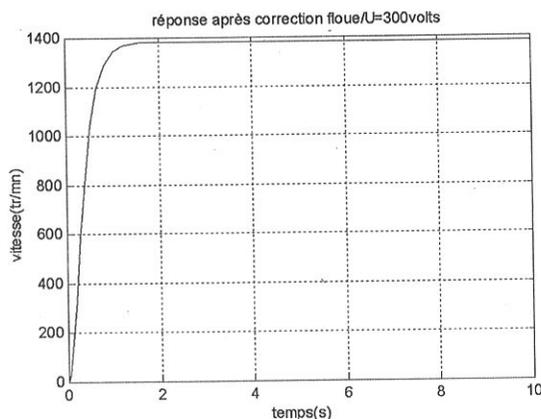


Fig.7 Réponse simulée floue à U=380V

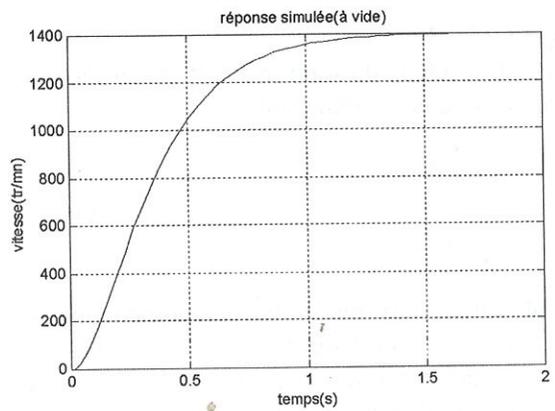


Fig.8 Réponse expérimentale floue à U=300V

7. Conclusion:

Ainsi, on a modélisé et identifié la machine asynchrone. Les paramètres du modèle mathématique sont obtenus à partir des essais au laboratoire, et par l'étude de la réponse à des signaux appropriés.

La modélisation nous a permis de réduire la complexité du système à partir d'un certain nombre d'hypothèses simplificatrices et par l'application de la transformée de PARK à la machine à vide puis en charge et a été suivie par une simulation justifiant le choix de la méthode de Strejc.

L'identification paramétrique de la machine asynchrone et la détermination de sa fonction de transfert a été faite à vide et en charge et améliorée par l'introduction de la logique floue.

Référence:

[1] KRAUSE P.C. "Analysis of electric machinery", M.G.H. book company 1986
 [2] CARON J.P., HAUTIER J.P. "Electrotechnique : modélisation et commande de la machine asynchrone", Edition TECHNIP 1995
 [3] RIVOIRE M., FERRIER J.L. "Cours d'automatique, commande par ordinateur, identification" TOME3 CHIHAB-EYROLLES 1994
 [4] RICHLET J. "Pratique de l'identification", HERMES 1995
 [5] BERNADETTE, MEUNIER B. "La logique floue et ses applications" Edition Wesley France 1994
 [6] WANG L., LANGARI R. "Complex System Mode Ling Via Fuzzy Logis" IEEE transactions on system-Vol 26, N°01, February 1996

[7] BORNE P., DAUPHIN-TANGUY G., RICHARD J.P. "*Modélisation et identification des processus*" Tome 2 -TECHNIP - EYROLLES 1992

[8] DELARMINAT P., THOMAS Y. "*Automatique des systèmes linéaires-identification*", FLAMMARION sciences 1987.

[9] RIVOIRE M., FERRIER J.L. "Cours d'automatique, commande par ordinateur et identification", Tome3 CHIHAB- EYROLLES 1994.