

SYSTÈME EXPERT INDUSTRIEL D'AIDE AU CHOIX DES MOTEURS ASYNCHRONES EN CIMENTERIE

Par CHETATE Boukhemis, KARA Chérif, FENNECHE Mourad, Laboratoire des Economies d'Energie Electrique (LEEE), Institut National des Hydrocarbures et de Chimie de Boumerdes (Algérie)

L'industrialisation en Algérie, qui a débutée dans les années 1970, a été caractérisée en général par un choix non rationnel des installations électriques (surdimensionnement, perte d'exploitation supérieures aux normes internationales...)

Aujourd'hui les pertes du réseau Algérien de transport d'électricité et les normes de consommation (KWh/unité de production) sont supérieures aux normes en vigueur dans les pays industrialisés. Pour résoudre ces problèmes, il est nécessaire d'optimiser le fonctionnement des installations existantes en faisant appel aux technologies modernes, telles que: l'intelligence artificielle et les moteurs électriques asynchrones à vitesse variable.

Cet article présente un exemple d'application de ces techniques à la cimenterie de Meftah.

La cimenterie de Meftah connaissant depuis quelque temps des problèmes de moteurs électriques à courant continu, notamment avec ceux du four et du refroidisseur, qui sont les plus importants dans la chaîne de production du ciment.

Ces problèmes ont plusieurs origines, parmi lesquelles:

- La poussière: le vieillissement des filtres se traduit par un dégagement de poussière;
- Le variateur de vitesse: de technologie ancienne, l'achat de pièce de rechange est très coûteux;
- Le système de refroidissement des moteurs: il suffit qu'une panne se produise dans le circuit de refroidissement pour provoquer l'arrêt de l'atelier;
- Les balais: ils nécessitent une vérification quotidienne;
- La commutation: elle se caractérise par des étincelles qui influent sur l'état du collecteur;
- Le prix très élevé des moteurs à courant continu;
- Les arrêts fréquents du four: ils provoquent des chutes de briques réfractaires en raison de la dilatation thermique (variation de température marche-arrêt four), ce qui entraîne des arrêts de production de 10 à 20 jours très coûteux pour le rebriquettage.

L'ensemble de ces problèmes est à l'origine de nombreux arrêts du four qui représentent des pertes considérables pouvant être chiffrées à plusieurs millions de dinars algériens. C'est pourquoi la cimenterie a décidé de concevoir un système expert permettant un choix judicieux et optimal des entraînements à vitesse variable pour remplacer les technologies motrices utilisées, ainsi que l'analyse des défauts et la localisation des indices pour permettre une intervention rapide.

ARCHITECTURE DU SYSTÈME EXPERT INDUSTRIEL

L'architecture du système expert industriel (IES) d'aide au choix des moteurs asynchrones est représentée sur la figure 1. Elle se compose essentiellement:

- d'une base de connaissance;
- d'un moteur d'inférence;
- et d'une interface utilisateur.

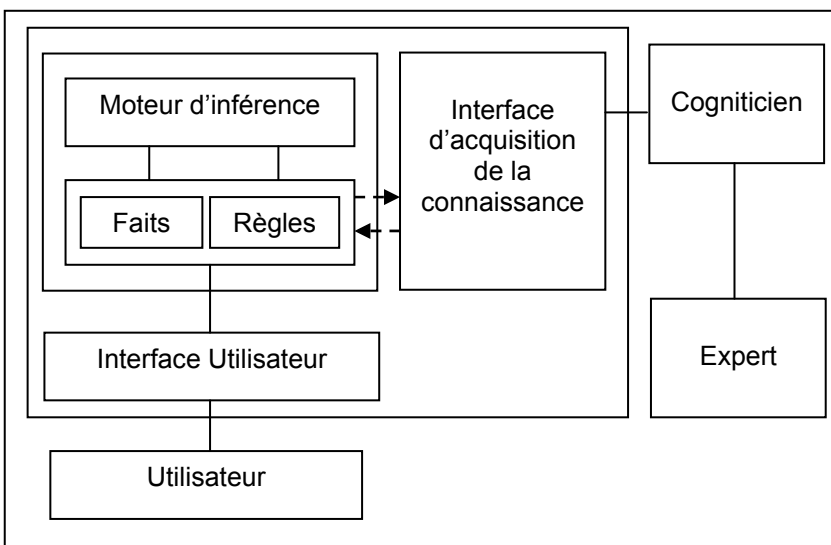


Figure 1 : Architecture du système expert d'aide aux choix des moteurs asynchrones

ÉTUDE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES DU FOUR ET DU REFROIDISSEUR

Description de l'entraînement électrique

Le four de la cimenterie de Meftah est entraîné par deux moteurs à courant continu d'une puissance totale égale à 470 KW. Ces moteurs sont alimentés par un pont redresseur. Chaque moteur du four est équipé d'une génératrice tachymétrique et d'un moteur de virage, ainsi que d'un réducteur de vitesse.

Le refroidisseur est équipé de trois moteurs à courant continu de 33 KW. Chacun d'eux est couplé à un réducteur de vitesse. L'alimentation de chaque moteur est assurée par un pont redresseur.

Paramètres des équipements et moteurs électriques

Équipements entraînés

Four:

- Fonctionnement: à couple constant;
- Couple de démarrage Cd/Cn: 1,6 pendant 30 s;
- Accouplement : semi élastique;
- Couple de coulage Cd/Cn: 2 pendant 3 s;
- Surcharge Cmax/Cn: 1,2 pendant une heure.

Refroidisseur:

- Fonctionnement: à couple constant;
- Variation de charge : faible;
- Accouplement : semi élastique.

Moteurs électriques

Moteur du four

- Type: deux moteurs à courant continu accouplés mécaniquement et alimentés en parallèle;
- Marque: UNILEC DCHR 400 D;
- Puissance: 235 KW à 1000 tr/min;
- Variation de vitesse: 125 à 1000 tr/min;
- Tension d'induit: 420 V;
- Couple maximal : 2 Cn;
- Rendement : 0,92;
- Service continu : S1.

Moteur refroidisseur

- Puissance : 33 KW à 1500 tr/min

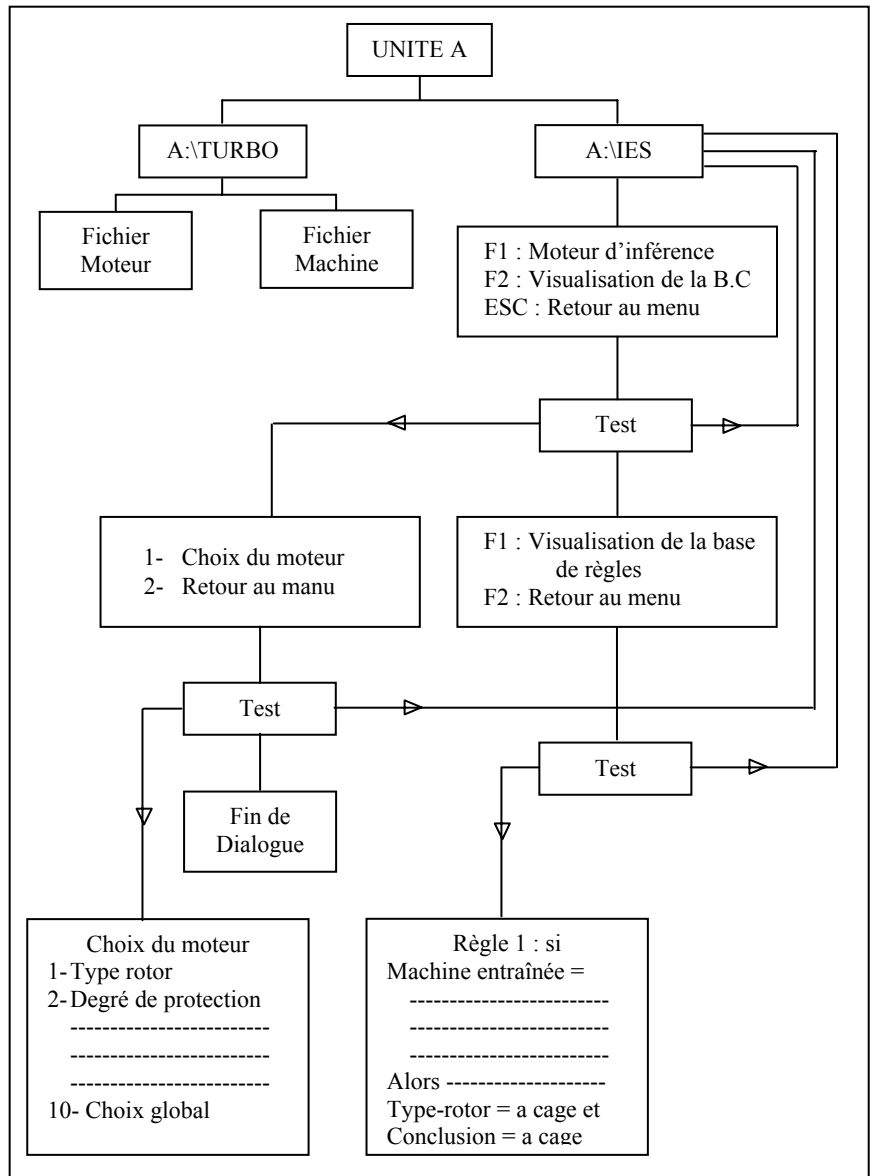


Figure2- Principe de fonctionnement du système expert

- Variation de vitesse : de 300 à 1500 tr/min
- Tension d'induit : 420 V
- Couple maximal : 2 Cn
- Service continu : S1
- Rendement : 0,88

APPLICATION DU SYSTÈME EXPERT DANS L'ATELIER DE CUISSON

Afin de réduire les coût au niveau de l'atelier de cuisson de la cimenterie de Meftah, la décision à été prise de mener une étude de faisabilité pour remplacer les moteurs à courant continu par des moteurs asynchrones triphasés. Pour faire ce choix, on a utilisé le système expert d'aide aux choix des moteurs asynchrones (fig.2).

Choix de la puissance des moteurs électriques

La puissance réelle du moteur (P_m) est choisie suivant la formule : $P_m > P_{m\acute{e}} \cdot K_t \cdot K_a \cdot K_f$

Où $P_{m\acute{e}}$ correspond à la puissance de l'équipement et K_t , K_a et K_f sont les coefficients de correction en fonction de la température ambiante, l'attitude et la fréquence.

Moteur du four

La puissance du moteur du four est la suivante : $P_{m\acute{e}c} = 320 \text{ ch} = 233.6 \text{ kW}$.

La température ambiante t_a est de 50 °C, il est donc nécessaire de corriger le facteur K_t comme indiqué sur le tableau 1.

Dans l'installation électrique étudiée, on a $At < 1000m$. On obtient $K_a = 1$, respectivement à partir de $K_a = 10000/11000 \cdot At$ pour les moteurs alimentés par le convertisseur de fréquence, K_f est obtenu à partir de la

courbe de la fonction $H = f(N/N_n)$, où N_n est la vitesse nominale qui correspond à la fréquence $F_n = 50$ Hz.

Dans notre cas, $K_f = 1,05$. On trouve $P_m > 267,34$ kW (d'après le module de calcul). La puissance normalisée est $P_{mn} = 280$ kW, suivant le catalogue de Leroy Sommer, dans la série des moteurs à courant alternatif triphasé de puissance allant de 0,1 jusqu'à 335 kW, rotor en court circuit.

Les caractéristiques du moteur du four sont présentées sur le tableau 2.

Les critères de choix complémentaires donnés par le système expert sont énoncés sur le tableau 3.

Moteur du refroidisseur

En utilisant le même module de calcul que pour le moteur du four, On obtient:

$P_m = 32,7$ kW, $K_f = 100/90$, $K_a = 1,02$ et $P_m > 37$ kW.

En fonction de quoi on a choisi le moteur de puissance normalisée de 37 kW.

Les caractéristiques du moteur du refroidisseur sont présentées sur le tableau 4.

Les critères complémentaires donnés par le système expert industriel (I.E.S) sont énoncés sur le tableau 5.

CONCLUSION

L'application du système expert d'aide au choix des moteurs asynchrones et celle du système expert de diagnostic et prévention des pannes à la cimenterie de Meftah ont permis de réduire les arrêts de production et donc les coûts importants que ces derniers génèrent.

La procédure d'expérimentation du système d'aide au choix des moteurs a démontré de bonnes performances car les résultats obtenus (puissance des moteurs, degré de protection, exécution climatique...) sont conformes à ceux des installations existantes dans les pays industrialisés. Par ailleurs, son architecture permet d'insérer de nouveaux faits dans la base de connaissances et d'expliquer ainsi son raisonnement à l'utilisateur.

BIBLIOGRAPHIE

[1] D.Lopin. L'apport potentiel des systèmes experts à la fonction de la maintenance. Achat et entretien, N°379, Novembre 1985, PP.45-61.

Tableau 1 : Corrections du coefficient de température K_t en fonction de la température

Température ambiante	Coefficient correcteur
45 °C	100 / 95
50 °C	100 / 90
55 °C	100 / 85

Tableau 2 : Caractéristiques du moteur du four

P(kw)	Tr/min	U(v)	In(A)	In/Id	Cd/Cn	Cmax/Cn
280	1000	380	528	4,8	2,7	2,1

Tableau 3 : Critères de choix complémentaire pour le moteur du four fournis par le système expert

RESULTATS DE CONSULTATION	
1- Type-rotor.....	= a – bague
2- Degré protection.....	= IP 55
3- Isolation.....	= classe B
4- Catégorie – emplacement.....	= 11
5- Exécution – climatique.....	= N
6- Mode – démarrage	= rotorique
7- Mode de fixation	= IM1
8- Rapport – financier.....	= moyen
9- Puissance.....	= 280 kw
FIN DE CONSULTATION	

Tableau 4 : Caractéristiques du moteur du refroidisseur

P(kw)	Tr/min	U(v)	In(A)	In/Id	Cd/Cn	Cmax/Cn
37	1500	380	72	6,4	2,7	2,5

Tableau 5 : Critère de choix complémentaire pour le moteur du refroidisseur fournis par le système expert

RESULTATS DE CONSULTATION	
1- Type-rotor.....	= a – bague
2- Degré protection.....	= IP 55
3- Isolement	= classe B
4- Catégorie – emplacement.....	= 11
5- Exécution – climatique.....	= N
6- Mode de fixation	= IM1
7- Mode de démarrage	= rotorique
8- Rapport – financier.....	= faible
9- Puissance.....	= 37 kw
FIN DE CONSULTATION	

[2] E.S.DARBY. Electric Motor rewinding should maintain or enhance efficiency, IEEE Transactions on industry applications Vol IA-22, N°1, 1986, PP. 126-132.

[3] H. YAUN – YIH. An expert system for locating distribution system faults; IEEE. USA, 1991, Vol.6, N°1, PP. 366-372.

[4] R. ERRATH. Integrated variable speed drives for energy saving; Ciments, Bétons, Plâtres, Chaux, N°754, 1992

[5] J. DHERS. Les ensembles grosses machines électriques, convertisseurs et commandes : application industrielle, Revue générale de l'électricité, N°8, 1994