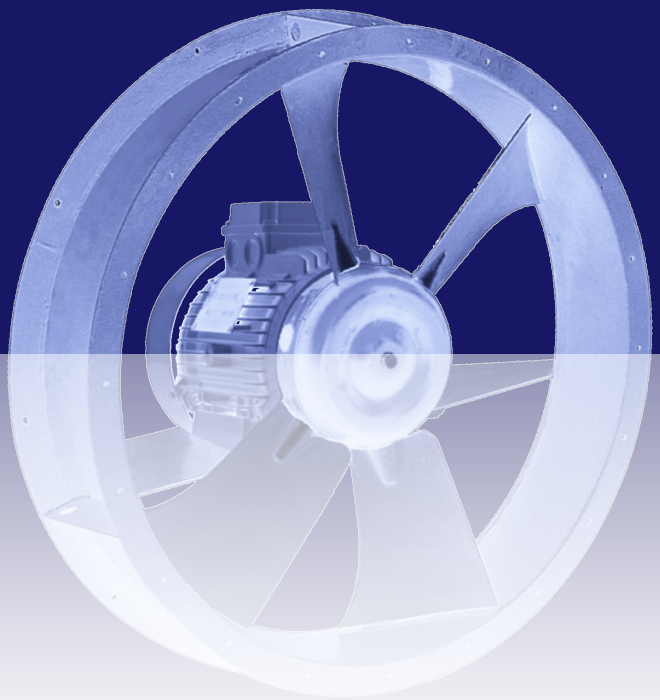


Développement durable avec réduction des coûts

Optimisation de l’efficience énergétique de ventilateurs



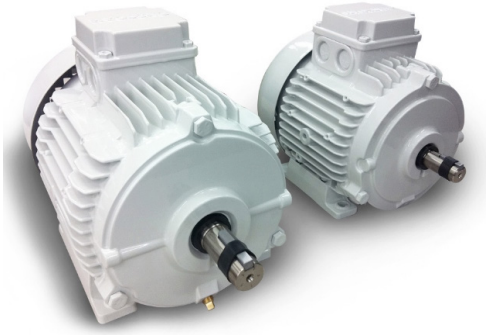
Démarche

Remplacement des moteurs asynchrones existants par des modèles synchrones IE4 Super Premium sans capteur à aimants permanents

Pilotage par convertisseur de fréquence à contrôle vectoriel

Analyse des besoins en énergie entre les deux technologies

Calcul de l’économie des coûts énergétiques et de la durée d’amortissement des nouveaux équipements



10.2026 Sous réserve de modifications Etude, design & rédaction: D-MOTION CONSULTING- Daniel Cueroni

Les moteurs asynchrones directement alimentés par le secteur sont énergivores

Les moteurs asynchrones se rencontrent partout: machines, ventilateurs, pompes, compresseurs, ascenseurs, convoyeurs, ainsi que dans toute sorte d'industries. Ces moteurs sont très souvent directement alimentés par le secteur, sans aucune optimisation de la vitesse du processus concerné. Leur standard d'efficacité est souvent IE1 (Standard) ou IE2 (High), parfois IE3 (Premium).

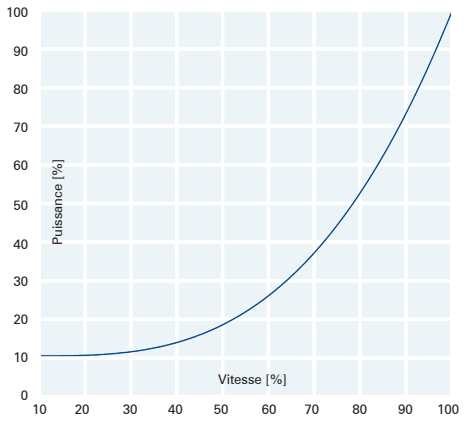
Les moteurs asynchrones de classe IE4 Super Premium existent pour les fortes puissances mais le choix est restreint pour les puissances de quelques centaines de W à quelques kW. L'alternative est d'opter pour des moteurs stantard synchrones à aimants permanents sans capteur pilotés par des convertisseurs de fréquence à contrôle vectoriel, solution retenue dans cet exemple concret d'optimisation.

Approche pour améliorer l'efficacité énergétique de ventilateurs à vitesse constante

– Remplacement des moteurs asynchrones par des moteurs synchrones normalisés à aimants permanents sans capteur de classe IE4 (Super Premium) pilotés par convertisseurs de fréquence à contrôle vectoriel

– Optimisation de la vitesse du moteur en fonction du processus industriel et de la courbe du ventilateur

– Optimisation de l'inductance de ligne placée en amont du convertisseur de fréquence afin d'améliorer le facteur de puissance, chose rendue aisée par la nature de l'application à vitesse constant et faible fluctuation de charge *formule L = %imp / (Ip * 2 * π * F * √3 / Vpp * 100)*



Courbe du ventilateur

Exemple concret d'optimisation d'une ligne de production

Description de l'application

– Four de séchage de plaques de plâtre destinées à la construction
– 12 groupes de 3 ventilateurs entraînés directement par des moteurs asynchrones de 5.5kW (classe inconnue, probablement IE1)
– Alimentation directe par le secteur 3x400VAC, sens de rotation commuté par relais et contacteurs
– 16 heures de fonctionnement quotidien, 240 jours / an

Opérations effectuées et mesures comparatives

– Mesure de la vitesse des moteurs d'origine, opération effectuée gaine de ventilation ouverte : la valeur obtenue est certainement supérieure à celle installation en service lorsque la charge est à son maximum
– Remplacement des moteurs asynchrones sur un groupe de 3 ventilateurs avec des moteurs synchrones (4kW à 1000 t/min)
– Optimisation des inductances de ligne à l'entrée des convertisseurs de fréquence afin d'optimiser le facteur de puissance à sa meilleure valeur
– Mesures comparatives des puissances sur une période de trois mois

Prestations offertes dans ce projet

Pour ce projet, les prestations suivantes ont été offertes:

– Dimensionnement des composants selon les données d'application
– Mise à disposition des moteurs, convertisseurs et accessoires
– Optimisation des paramètres des convertisseurs et de l'application à la mise en route
– Etablissement des protocoles de mesure
– Mise à disposition du client des équipements de mesure et de test
– Campagnes de mesures sur site
– Debriefing avec le client, rédaction et présentation du bilan des essais
– Sélection des composants définitifs en corrélation avec les résultats obtenus

Vitesse variable pour l'optimisation du processus

Dans les applications de ventilation, la réduction de vitesse est la plupart du temps envisageable sans grande incidence. De plus, la vitesse variable permet de facilement optimiser le processus.

Les moteurs 6 pôles synchrones à aimants permanents utilisés dans ce projet représentent une alternative intéressante aux moteurs standard IEC. Leur exécution est équivalente aux moteurs asynchrones, mais avec un rotor à aimants permanents aux terres rares induisant un rendement nettement supérieur et un Cos Phi proche de 1. Ils sont conçus pour être associés à un convertisseur de fréquence à contrôle vectoriel pour moteurs synchrones sans capteur. Ces équipements constituent un choix idéal pour ce type d'application.

Résultat des mesures comparatives

Type moteur		Asynchrone 5.5 kW	Synchrone 4kW							
Paramètres			Vitesse équivalente		Vitesse réduite[1]					
Vitesse	[t/min]	1450	1450	Economie	1378	Economie	1305	Economie	1233	Economie
Réduction vitesse	[%]	-	-		5%		10%		15%	
Puissance active	[kW]	3.94	3.53	10%	3.08	22%	2.6	34%	2.23	43%
Puiss. apparente	[kVA]	5.26	3.98	**24%**	3.16	**40%**	2.66	**49%**	2.28	**57%**
Puissance réactive	[kvar]	3.48	0.86	75%	0.72	79%	0.58	83%	0.47	86%
Coût énergie /an[2]	[CHF]	2565	2033	***21%***	1774	***31%***	1498	***42%***	1284	***50%***

[1] La réduction de vitesse dans les limites acceptables de la courbe de puissance procure une économie substantielle

[2] Calcul des coûts basé sur un fonctionnement de 240 jours, 8 heures tarif haut (TH) et 8 heures tarif bas (TB)

Comparaison des coûts de l'énergie avec vitesse optimisée réduite de 10%

Moteur asynchrone 5.5 kW à 1450 t/min

Description	Puissance	Coût énergétique	
	[kW] / [kvar]	TH [CHF]	TB [CHF]
Puissance active	3.94	0.68	0.50
P. réactive consommée	3.48		
P. réactive facturée	1.51	0.09	0.06
Coût par heure de service		0.77	0.56

Moteur synchrone 4kW avec convertisseur vectoriel à 1305 t/min

Description	Puissance	Coût énergétique	
	[kW] / [kvar]	TH [CHF]	TB [CHF]
Puissance active	2.6	0.45	0.33
P. réactive consommée	0.58		
P. réactive facturée	0	0.00	0.00
Coût par heure de service		0.45	0.33

Economie réalisée avec les nouveaux équipements et amortissement

Bilan énergétique des deux technologies

Description	Service	Coûts énergétiques entre les deux technologies et économie réalisée		
	[heure] / [jour]	Asynchrone 5.5 kW	Synchrone 4kW	Economie
		[CHF]	[CHF]	[CHF]
Service tarif haut [TH] par jour	8	**6.20**	**3.60**	**2.60**
Service tarif bas [TB] par jour	8	**4.49**	**2.64**	**1.85**
Jours de service par an	240	**2'565.16**	**1'497.60**	**1'067.56**
Investissement par ventilateur[3]	**CHF 1'716.00**			
Durée d'amortissement	***1.6 an***			

[3] Moteur, convertisseur et self de ligne inclus

Conclusions

En comparaison avec l'installation existante, la solution proposée apporte de grandes améliorations en termes d'efficacité énergétique, de réduction des coûts et d'optimisation du processus

- Réduction fondamentale des besoins énergétiques grâce au haut degré d'efficacité des moteurs synchrones à aimants permanents (classe de rendement IE4)
- Vitesse du ventilateur constante et ajustable, non influencée par les variations de charge et par les fluctuations du secteur
- Important potentiel d'économie avec la vitesse variable et l'optimisation du processus de séchage (courbe du ventilateur)
- Gain énergétique probablement supérieur à celui mesuré, la vitesse effective des moteurs d'origine n'étant pas possible à mesurer en charge
- Amortissement des nouveaux équipements en moins de deux ans

Toutes ces améliorations ne seraient pas envisageables avec des moteurs directement alimentés par le réseau