

Comparaison avant-après optimisation

Rapport de test standard – STR

■ Le rapport de test standard permet de documenter de manière standardisée l'état actuel et l'état futur, c'est-à-dire les valeurs pertinentes de l'installation avant et après la mise en œuvre de mesures d'amélioration. Le STR constitue ainsi un dispositif de contrôle simple du projet.

Cinq points importants sur le rapport de test standard:

- L'analyse de l'état antérieur forme la base d'un projet d'augmentation de l'efficacité.
- Le facteur de charge résulte de mesures des puissances électriques minimale, maximale et moyenne.
- En association avec le besoin de puissance au démarrage, le facteur de charge moyen donne des indications sur la qualité du dimensionnement.
- La conjugaison de composants plus performants permet de calculer les rendements attendus ou le besoin en énergie après optimisation.
- Le calcul précis ou l'estimation approximative des coûts des mesures donne le rapport coût-bénéfice.

Mesures d'économie d'énergie

Une mesure d'économie d'énergie dans des systèmes d'entraînement industriels requiert une analyse ou un mesurage de l'installation existante. Viennent ensuite la planification de la nouvelle installation, le démontage de l'ancienne et le choix de la nouvelle machine, son montage ainsi que le réglage y compris l'intégration du système. Pour le contrôle de l'état de charge, des mesures de puissance électrique sont réalisées (fiche technique 8: Concepts de mesure). Les résultats des mesurages, ainsi que les observations pendant le fonctionnement et d'autres informations spécifiques à l'installation, sont consignés dans le rapport de test standard (STR). Ces données forment la base d'améliorations systématiques du système d'entraînement. Le modèle STR peut être téléchargé au format Excel depuis le site www.topmotors.ch.

Le système de référence est toujours le système d'entraînement dans son ensemble, c.-à-d. le moteur, le CF, la transmission, l'application et l'utilisation.

Le STR comprend deux pages visibles sous Excel, qui peuvent être directement imprimées (voir l'illustration 1).

Le STR en détail

Page 1 en haut: Description détaillée de l'installation à analyser dans l'état actuel:

- Données du moteur conformément à la plaque signalétique et aux autres éléments
- Utilisation des documents et des schémas de l'installation (p.ex. âge, rendements, PID)
- Données d'exploitation, p.ex. heures de service par an (issues de l'ILI, voir également la fiche technique 3)
- Ces indications permettent de calculer le rendement du moteur.

Page 1 en bas: Résultats du mesurage de charge électrique.

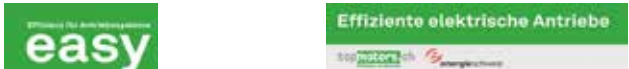
- La puissance électrique (moteur, éventuellement y compris CF) est mesurée au démarrage et en exploitation et est documentée conjointement avec des indications sur l'état effectif.
- Les résultats sont représentés dans un graphique et

les valeurs minimale, maximale et moyenne de la puissance électrique sont documentées dans un tableau et permettent d'établir les facteurs de charge correspondants.



- Conjointement avec le besoin de puissance au démarrage, le facteur de charge moyen donne une indication sur le dimensionnement ou le surdimensionnement de l'installation.

Page 2 en haut: Coût approximatif des mesures individuelles d'amélioration énergétique (illustration 2).

- La liste décrit les mesures d'amélioration, leur étendue et leur incidence énergétique.
- Estimation des coûts des composants et de la planification, du démontage et du montage ainsi que de la mise en service et de l'élimination.
- La somme de ces coûts est reportée dans le calcul coût-bénéfice et utilisée dans le calcul du retour sur investissement, tout en bas de ce tableau.



Rapport de mesurage no. 1 part.1 Date 12.09.2014 Nom M. Exemple

Coût		Entreprise	lieu	Type d'installation	Machine No	ILI No
		Exemple SA			123	456

Propriétés		Constructeur	Année construction	Phase	P _{nom} kW	Fréquence Hz	Courant A	Tension V	cosφ	Nbre de pôles	Vitesse t/min	Indice de protection	Connection (Y / Δ)	Heures d'exploitation
		VEM	2000	3	90	50	150	400	0.92	2	2965	IP-55	Δ	4700

Caract. moteur		P _{act} kW	P _{app} kW	Rendement ^{***} %	P _{el} kW
		55.8	54.1%	92.1%	97.7

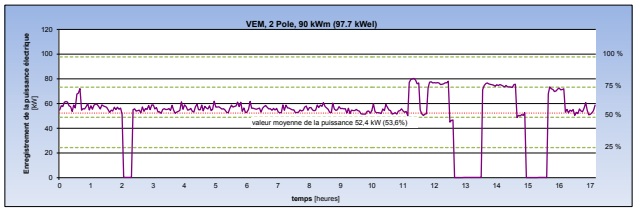
* voir formule à droite

Utilisation		Puissance t/min	Transport 300 m ³ /h

Mesurage		Date	durée	état de charge	facteur de charge	Vibration	caméra thermique
		12.09.2014	17 heures	normal/constant	82.3% / 53.8%	aucune	aucune

Accoupl. et démarrage		Transmission	Réducteur	CF / Softstarter / Ya	Application
		direct	aucune	aucun	pompe

Puissance électrique		Démarrage	Exploitation					
		max	P _{act} kW	facteur de charge min	P _{act} kW	facteur de charge	max	P _{act} kW
			79.8%	79.0%	46.1%	45.0%	53.6%	52.4%



Rapport de mesurage no. 1 part.2 Date 12.09.2014 Nom M. Exemple

Propositions d'amélioration		état:	Amélioration	Coût CHF
		Moteur	Moteur asynchrone IE3 90 kW	12,000
		Transmission		
		Engrènement		
		Réglage, commande	Modification de la plage de régulation	1,000
		Convertisseur	Convertisseurs de fréquence	10,000
		Application (P/W/etc.)		
		Planif. et appel offre		1,000
		Démontage		1,000
		Montage		1,000
		Ajustement		
		Total		28,000

Consommation		unité	état actuel	futur	prix du courant CHF/kWh
			ancien entrainement	entrainement assaini	0.15
Moteur	1 Transmission cons. pompe	P _{act} kW	23.87	23.87	
	2 Puissance utile pompe	P _{util} kW	23.87	23.87	
	3 Rendement pompe	%	50%	50%	
Engrènement	4 Puissance après trans. engr.	P _{act} kW	47.74	47.74	
	5 Rend. de la transmission	%	100%	100%	
	6 Rend. engrènement	%	100%	100%	
Moteur	7 Puissance mécanique à l'arbre	P _{act} kW	47.74	47.74	
	8 Puissance nom. (arbre moteur)	P _{nom} kW	90.0	90.0	taille sup. de moteur normalisée la plus proche: 55
	9 Rend. moteur à charge nom.	%	92.1%	95.0%	
Moteur	10 Rend. moteur à charge moy.	%	91.1%	95.0%	
	11 Facteur de charge moy.	LF	54%	53.0%	
	12 CF Rend. à charge nominale	fcg	100%	97%	
Consommation	13 Réduct. énergie élec. due au CF	%		24%	
	14 Puissance élec. tot.	P _{el} kWh	52.4	39.4	
	15 Heures d'exploitations	t	4,700	4,700	
Energie	16 Energie méca. travail (Output)	E _{util} kWh/a	226,728	226,361	
	17 Energie électrique (input)	E _{el} kWh/a	248,280	188,040	
Coût	18 Coût de l'énergie élec.	CHF/a	38,842	27,756	
	19 Coût de l'énergie élec.	CHF/a	38,842	27,756	

(Légendes: voir les définitions à droite)

Payback (statique)		années	2.8
Efficience des coûts*		CL/kWh	2.8

*coût d'investissement du kWh économisé

Energie économisée 35%		par année	Cycle de vie
		€1,240 kWh/a	918,598 kWh
		€ 1.198 CHF/a	137,789 CHF

Observations, explications, indications du personnel d'exploitation, autres propositions d'amélioration

1. Situation actuelle - points clés: Un groupe de trois grosses motopompes identiques permet de maintenir l'eau industrielle à une pression de 8 bar dans un réseau présent sur tout le site. Ce groupe de pompes est composé d'une pompe principale, d'une pompe d'appoint et d'une pompe de secours (le choix de commutation des pompes est fait par l'opérateur). Les pompes sont réglées en fonction de la pression dans le réseau et du débit. Un compteur d'heures de fonctionnement indique, toutes les 100 heures, la permutation entre les pompes (principale, appoint et secours). Chaque pompe fonctionne 4700 h/an.
2. Démarches proposées: 2) Valider le rendement de la pompe actuelle à charge nominale. 3) La durée effective de fonctionnement à deux pompes après optimisation devra être confirmée par des analyses. 3) Vérifier le système de commande actualisé de mieux comprendre le déclenchement du réglage des plages de fréquence.

Lieu, date: Bienne, le 31 Octobre 2014 Signature: _____

Illustration 1: Rapport de test standard: Relevé de l'état réel, des résultats de mesurage, calcul des coûts, consommation dans l'état actuel ou dans l'état futur et temps de retour sur investissement

Page 2 au milieu: Calcul du besoin en énergie du système global dans l'état actuel et dans l'état assaini (illustration 3).

- L'analyse des résultats des mesures de l'état actuel permet d'affecter aux différents composants des rendements ou des puissances et d'estimer le besoin en puissance mécanique effectivement nécessaire.
- Grâce à cette analyse de l'état réel, des composants plus performants et mieux adaptés peuvent être évalués et la situation assainie peut être définie à l'aide des nouveaux rendements et des puissances requises. On obtient ainsi la puissance électrique requise après optimisation ainsi que la consommation d'énergie future.
- La partie inférieure de ce tableau permet de calculer le temps de retour sur investissement avec l'économie d'énergie, les coûts d'exploitation, ainsi que les coûts d'investissement. Le temps de retour sur investissement est déterminé (voir fiche technique 5: Plan d'investissement) sous la forme statique simple.

Page 2 en bas: Champ libre pour des explications

- Incidents ou observations pendant les mesurages
- Informations détaillées relatives au processus pendant les mesurages
- Propositions pour des analyses plus poussées
- Variantes d'amélioration alternatives avec un degré d'intervention plus important
- Notes et remarques générales sur le système d'entraînement

Détermination des coûts

Les coûts (voir l'illustration 2) des différentes mesures sont estimés sur la base de valeurs d'expérience ou de prix indicatifs (voir la fiche technique 10: Prix des moteurs et la fiche technique 11: Prix des CF) ou sont déterminés par des offres concrètes de fournisseurs. Par la suite, pour des mesures de grande ampleur (au-dessus de 10 000 Fr.), il convient d'élaborer, à l'aide d'un cahier des charges détaillé, des appels d'offres à destination de la concurrence (voir la fiche technique 4: Appel d'offres) et de comparer les offres en termes de qualité, d'efficacité et de prix.

Dans une étude plus approfondie, pour les installations de grande taille ayant des besoins de maintenance et d'exploitation variables, les coûts d'exploitation doivent également être déterminés dans l'état actuel et dans l'état futur.

Lors du remplacement d'installations existantes, il convient de vérifier si leur durée d'utilisation technique est déjà écoulée. Topmotors se base sur les durées d'utilisation techniques définies dans la fiche technique 5: Plan d'investissement, en fonction de la taille.

- Si la machine est plus ancienne que sa durée d'utilisation attendue, elle est usagée, c'est-à-dire que son remplacement par une machine de même type fait partie de la rénovation normale du parc de machines. Seuls les coûts supplémentaires correspondant à une machine de plus grande valeur (p. ex. IE3 à la place de IE1) et à des composants supplémentaires (p. ex. convertisseur de fréquence) doivent être inclus dans l'étude coût-bénéfice.

- Si la machine n'a pas encore complètement atteint sa durée d'utilisation technique, est fonctionnelle et doit

Propositions d'amélioration		
état:	Amélioration	Coût CHF
Moteur	Moteur asynchrone IE3 90 kW	12.000
Transmission		
Engrenage		
Réglage, commande	Modification de la plage de régulation	1.000
Convertisseur	Convertisseurs de fréquence	10.000
Application (P/N/K/etc.)		
Planif. et appel offre		1.000
Démontage		1.000
Montage		1.000
Ajustement		
Total		26.000

Illustration 2: Coûts de la proposition d'amélioration avec planification, coûts des différents composants, démontage, montage et réglage

malgré tout être remplacée par une installation plus performante sur le plan énergétique, la valeur résiduelle de l'ancienne installation doit être déterminée et incluse dans l'étude coût-bénéfice. De façon simplifiée, la valeur résiduelle peut être calculée comme suit (voir fiche technique 5: Plan d'investissement):

$$\frac{(\text{Investissement de départ de l'ancienne installation} \times \text{Nbre d'années restantes})}{(\text{Durée d'utilisation totale})}$$

Détermination de l'économie d'énergie

L'économie d'énergie de chaque mesure individuelle doit être étudiée avec une précision suffisante pour l'évaluation de la pertinence d'un remplacement. La description des composants (moteur, application, CF, transmission, etc.), des facteurs de charge relevés et des puissances électriques mesurées, permet de

déterminer l'état réel de l'ancien système d'entraînement (illustration 3, colonne de gauche «Etat actuel»).

La détermination des nouveaux composants pour la situation optimisée du système d'entraînement efficient permet d'estimer les nouveaux rendements (illustration 3, colonne de droite «Etat futur»).

Si aucun détail ni aucune mesure ne sont fournis, ou en présence de mesures standardisées, une estimation grossière forfaitaire peut également être réalisée, mais devra ensuite être vérifiée.

Le modèle STR comprend d'autres tableaux d'aide sur la page de droite, qui apparaissent à l'écran mais sont invisibles à l'impression. Ils servent principalement à déterminer le rendement du moteur à l'aide de tableaux conformément à CEI 60034-30-1 (2014).

		Consommation			unité	état actuel	futur
		(Voir les définitions à droite)				ancien entraînement	entraînement assaini
Élément entraîné	1 Réduction conso. pompe			%			0%
	2 Puissance utile pompe	P_{mech3}		kW	23,87	23,87	
	3 Rendement pompe	η_A		%	50%	50%	
	4 Puissance après trans./engr.	P_{mech2}		kW	47,74	47,74	
Transmission	5 Rend. de la transmission	η_T		%	100%	100%	
	6 Rend. engrenage	η_G		%	100%	100%	
	7 Puissance mécanique à l'arbre	P_{mech1}		kW	47,74	47,74	
Motor	8 Puissance nom. (arbre moteur)	P_{mech}		kW	90,0	90,0	
	9 Rend. moteur à charge nom.	η_{nom}		%	92,1%	95,0%	
	10 Rend. moteur à charge moy.	η_{part}		%	91,1%	95,0%	
	11 Facteur de charge moy.	LF		%	54%	53,0%	
Gesamitsystem	12 CF Rend. à charge nominale	η_{CF}		%	100%	97%	
	13 Réduct. énergie élec. due au CF			%		24%	
	14 Puissance élec. tot.	P_{el}		kWe	52,4	39,4	
	15 Heures d'exploitations	t		h/a	4.700	4.700	
	16 Energie méca. / travail (Output)	E_{mech}		kWh/a	226.728	224.361	
	17 Energie électrique (Input)	E_{el}		kWh/a	246.280	185.040	
	18 Coût de l'énergie élec.			CHF/a	36.942	27.756	
(Légendes: voir les définitions à droite)							
Aspects économiques							
Payback (statique)		années		2,8			
Efficience des coûts*		Ct./kWh		2,8	*coût d'investissement du kWh économisé		

Illustration 3: Exemple de calcul de la consommation réelle sur la base des résultats de mesurage et estimation de la consommation future après assainissement