

De mythe van de groene motor

Hoogrendement elektromotoren zijn populair. De 'groene' motor en een hoogrendement pomp kunnen bijdragen aan een lager energieverbruik, goed voor gebruiker en milieu. Maar de 'groene' motor is helemaal niet zo groen!

Arie Mol *

Fabrikanten weten hoe zij energiezuinige motoren moeten ontwerpen. Wereldwijd zijn de wetmatigheden al 100 jaar bekend. Is de hoogrendement motor een innovatie omdat er nieuwe materialen worden toegepast, nieuwe wetmatigheden zijn gevonden of omdat een fabrikant slimmer is dan de rest?

ENERGIEZUINIG

Een energiezuinige elektromotor wordt ontworpen door de verliezen in de motor zelf zo laag mogelijk te houden. Er zijn hiertoe een paar (on-)mogelijkheden, onderworpen aan welbekende 'wet van behoud van ellende'. Er is bij een elektromotor een aantal typen energieverlies aan te wijzen:

- **Koperverliezen** in de statorwikkeling. Deze zijn evenredig met het product van de stroomdichtheid in het kwadraat maal het kopergewicht. Verlaagde stroomdichtheid resulteert in kwadratisch afnemende verliezen en lineair afnemend asvermogen, een beter rendement dus. Maar de kW/kg-verhouding daalt, en dit is een concurrentienadeel. De stroomdichtheid kan anderzijds niet ongestraft worden opgevoerd omdat dan de temperatuurstijging van de wikkelingisolatie te hoog wordt.

- **IJzerverliezen** in het statorblikpakket. Deze zijn evenredig met het product van de magnetische fluxdichtheid in het kwadraat maal het ijzergewicht. Ook hier

zien we dat bij toenemende magnetisering de verliezen sneller toenemen dan het asvermogen. Maar een te lage magnetisering resulteert weer in een ongunstige kW/kg verhouding. Bij te hoge magnetische fluxdichtheid komt het ijzercircuit in magnetische verzadiging, met tal van ongewenste neveneffecten. IJzerverlies kan worden gereduceerd door dynamoblik te kiezen met een lager Watt-per-kg verliesgetal. Hier zit een prijsverhogende factor in besloten.

- **Slipverlies.** De rotor gedraagt zich als een kortgesloten secundaire wikkeling van een ('roterende') transformator. Het hieraan gerelateerde koperverlies wordt slipverlies genoemd. Het slipverlies kan men beïnvloeden door de keuze van de doorsnede en daarmee de weerstand van de staven in de rotor. Een hoog aanlooppakket en lage aanloopstroom kunnen worden bereikt met een bepaalde 'hoogohmige' rotorstaafgeometrie, maar tegelijkertijd is dan het slipverlies onder normale bedrijfscondities relatief hoog. Dat betekent inleveren op rendement. Een netvriendelijke motor (lage aanloopstroom) en/of een werktuig met een relatief hoog aanlooppakket en tegelijkertijd een hoog rendement gaan niet samen.

- De vierde energieverliesfactor zijn de mechanische verliezen. Het betreft wrijvingsverlies in de laging en ventilatieverlies van de koeling. Grote koelingscapaciteit resulteert weliswaar in een concurrerender kW/kg verhouding, echter het asvermogen van de ventilator neemt snel toe met de diameter en ook het geluidsniveau. Een stille maar te warme motor vermindert de bedrijfszekerheid.

EXTRA VERLIEZEN

Sinds de jaren tachtig zijn de specificaties steeds stringenter geworden. Wereldwijd zijn fabrikanten er in geslaagd om tot een optimalisering te komen waarbij variabelen als gewicht, temperatuurstijging, aanloopeigen-

High efficiency motor



Centrifugaal pomp met EFF1930 Heemaf SKA motor (bron: www.holechistorie.nl)



schappen, geluidsniveau, rendement en kostprijs goed zijn uitgebalanceerd. De wens van een verhoogd rendement verstoort die balans en dit blijft niet zonder nadelige gevolgen. De vier genoemde energieverliesfactoren bieden een mogelijkheid tot rendementsverbetering, maar de grote sprong voorwaarts komt met de 'extra' verliezen. Deze houden verband met harmonische vervorming van het magnetisch veld in de luchtspleet. De extra verliezen nemen af met toenemende luchtspleet. Ze zijn niet op directe wijze te meten, zoals bij de andere verliezen wel mogelijk is. Volgens de oude IEC-standaard mochten fabrikanten een aanname van 0,5 % van het inputvermogen hanteren. Fabrikanten

en een gunstiger selectiviteit.

'FOLLOW THE MONEY'

De regelgeving is inmiddels veranderd. Fabrikanten moeten nu middels accurate koppelmetering aantonen wat het werkelijke rendement is. Daarna volgt indeling in Europese klasse EFF1-EFF3. Hoogrendement motoren worden gekenmerkt door een vergrote luchtspleet, wat immers de enige manier is om de energieverliezen

de motor vaak gering zijn in verhouding tot de kWh-kosten, moge duidelijk zijn wie de winnaars en verliezers zijn in dit groene marketingspel. De fabrikanten bedingen een hogere verkoopprijs simpelweg door de luchtspleet te vergroten, de elektriciteitsbedrijven zien de kWh-inkomsten stijgen en de kritische eindgebruiker vraagt zich af waarom de besparing tegenvalt.

INNOVATIE

Een echte innovatie is de synchrone DC permanent magneetmotor. Een rotor met geavanceerde krachtige permanente magneten in plaats van kortsluitstaven is het enige verschil met een kortsluitankermotor. Dit leidt tot een hoger rendement en een hoge $\cos \phi$. In combinatie met een frequentieomzetter (noodzakelijk voor aanlopen) is dit een echt groen alternatief. Het zal straks nog lastig worden voor de snelle marketingjongens: de 'hoge $\cos \phi$ motor' bekt lang niet zo lekker als de 'hoogrendement motor'.

* Arie Mol is zelfstandig adviseur en als Mol Rotating Equipment Consultant (Molrec) al meer dan 30 jaar actief betrokken bij ontwerp en trouble-shooting van industriële roterende machines.

Een echte innovatie is de synchrone DC permanent magneetmotor

waren vervolgens zo slim om de luchtspleet klein te kiezen. Dit betekende een aanmerkelijk verlaagd rendement, maar dit kwam niet tot uiting in de meting. Tegelijk werd de reactieve component in de motorstroom (magnetiseringsstroom, blindstroom) aanzienlijk lager en de motorstroom als geheel daarom eveneens. De charme hiervan is dat het net minder wordt belast, anders gezegd de $\cos \phi$ is hoog. Lagere stroom betekent minder kVA vermogen en dus minder grondstoffenbeslag, geringere belasting van onder meer transformatoren, generatoren en kabels

significante te reduceren. De magnetiseringsstroom neemt echter fors toe en de $\cos \phi$ neemt af, waardoor in het net grotere stromen gaan lopen. De extra koperverliezen in het net zullen toch gecompenseerd moeten worden door meer gas of kolen te verstoken. In landen waar elektriciteitsverbruik wordt afgerekend via een kVAh-meting is weinig enthousiasme voor hoogrendement motoren. Waar wordt afgerekend via een kWh-meting gaat onvermijdelijk de kWh-prijs omhoog. De verliezen worden uit de motor gehaald en in het net gedumpt! Omdat de aanschafkosten van