

Meerdere aspecten hoogrendementmotor

Bij het enthousiasme over hoogrendementmotoren zijn kanttekeningen te maken.

Is de voorgespiegelde kostenreductie wel realistisch en hoe milieuvriendelijk is de motor? Wat gebeurt er als iedereen overschakelt op deze motoren?

Arie Mol

Het rendement van een elektromotor wordt bepaald door de verhouding:

$$\text{rendement} = \frac{\text{asvermogen}}{\text{ingående vermogen}} =$$

$\frac{\text{asvermogen [kW]}}{\text{ingående vermogen [kW]}}$

Het rendement gaat omhoog wanneer de verliezen gereduceerd worden. Bij een elektrische machine bestaan de verliezen (bij gegeven frequentie) uit:

a) IJzerverlies (magnetiseringsverlies) in statorblikpakket. Dit aandeel is constant en onafhankelijk van de motorstroom.

b) Lagerwrijving en ventilatieverlies. Dit aandeel is eveneens constant en onafhankelijk van

de motorstroom en is doorgaans gering.

c) Koperverlies in statorwikkeling en rotor ('slipverlies'). Dit aandeel neemt kwadratisch toe met de motorstroom.

d) Extra verlies in luchtspleet. Dit aandeel neemt ook kwadratisch toe met de motorstroom.

e) Het asvermogen neemt (ongeveer) lineair toe met de motorstroom.

Deze samenhang resulteert in een maximaal rendement bij een bepaalde motorstroom. Bij geringe motorstroom en asvermogen overheersen de constante ijzerverliezen en is het rendement laag. Bij toenemende motorstroom en asvermogen nemen de koperverliezen sneller toe dan het asvermogen en is rendement weer laag. Het optimum zit ertussen.

AANVAARBARE BALANS

Bij verreweg de meeste kortsluitankermotoren wordt het maximale rendement bereikt bij circa 75% van het nominale (kenplaat) vermogen. De temperatuurstijging van de statorwikkeling is doorgaans ruim onder de maximaal toelaatbare waarde. Fabrikanten benutten deze thermische reserve door het nominale vermogen hoger te kiezen. Dit resulteert in zo hoog mogelijke kW/kg verhouding. Omdat de prijs grotendeels evenredig is met het gewicht van koper en ijzer betekent dit benutten van de thermische reserve

een kostprijsvoordeel en een minimaal grondstoffenbeslag, waarbij een enkel procentpunt rendement wordt ingeleverd. Het maximale asvermogen (nominale vermogen of kenplaatvermogen [kW]) wordt bepaald door de toelaatbare temperatuur van het isolatiemateriaal van de statorwikkeling. In de loop van de decennia kon de kW/kg verhouding worden verbeterd door de komst van klasse F isolatie (max. 155 °C abs.) en klasse H isolatie (max. 180 °C abs.). Wat bleef: een maximaal rendement bij circa 75% van het nominale vermogen. Decennialang was er een aanvaardbare balans tussen gewicht (dus kostprijs), grondstoffenbeslag, temperatuurstijging (levensduur isolatiemateriaal), aanloopeigenschappen, geluidsniveau, stroomdichtheid en fluxdichtheid. Totdat de hoogrendementtype begon.

DE WEG NAAR HOOGRENDEMENT

De stap van efficiëntieklasse IE1 (standaardmotor) naar IE2 kan worden gemaakt door de ijzerverliezen te reduceren. De fabrikant gebruikt dan dynamoblik met een verliesgetal van 2.0 W/kg in plaats van het courantere standaard 3.6 W/kg blik. Dit halveert bijna het ijzerverliesaandeel. Op het totaal van de verliezen is dit 10 tot 20% vermindering, dus een rendement van bijvoorbeeld 95% wordt dan 95.7%. De prijsstijging voor de 'hoogrendement' kwalificatie compenseert ruimschoots de inkoop van het duurdere 2.0 W/kg blik.

ULTIEME HOOGRENDEMENTMOTOR

Een aantal fabrikanten zet in op de synchrone reluctantiemotor zonder permanent magneet-technologie en met speciaal ontwikkelde frequentieregelaar als de ultieme IE4 hoogrendementmotor. De stator is conventioneel, de rotor heeft een aangepaste vormgeving zonder kortsluitkooi. De winst zit in het elimineren van slipverlies en extra verlies in luchtspleet. Ook dumpst de frequentieregelaar minder extra verliezen in de motor. De arbeidsfactor of $\cos \phi$ is lager en de stroom in het distributienet gaat omhoog. De reluctantiemotor heeft minder goede aanloopeigenschappen, maar in combinatie met de frequentieregelaar is dit niet relevant.

Is het 'rendement ook hoog?'

Bij de stap van efficiëntieklasse IE2 naar IE3 wordt vermogensbegrenzing toegepast. Een groene 75 kW motor is dan in feite een grijze 100 kW motor met 75 kW op de kenplaat. Wie slim is, koopt een grijze 55 kW IE1 of IE2 motor en belast deze tot 75 kW. Je levert dan wel in op rendement, maar in de meeste systemen zitten de verliezen bij een pompaandrijving in de pomp en niet in de motor. Bij deze 'groene' hoogrendementmotor zijn wel kanttekeningen te maken; de productie ervan vergt 30% meer grondstoffenbeslag en dus ook meer energiekosten en CO₂-productie, om de grondstoffen koper en ijzer te winnen.

Het punt grondstoffenbeslag komt zwaarder terug bij de klasse IE4 motoren met permanent magneten in de rotor. Het slipverlies in de rotor komt dan te vervallen, waarmee het motorrendement een half procentpunt stijgt. De grondstof voor permanent magneten wordt voornamelijk in China gewonnen. Wat dit betekent voor milieubelasting (en de arbeidsomstandigheden van Chinese mijnwerkers) laat zich raden. Ook de uitputting van deze kostbare grondstoffen is een vaak vergeten (milieubelastend) punt.

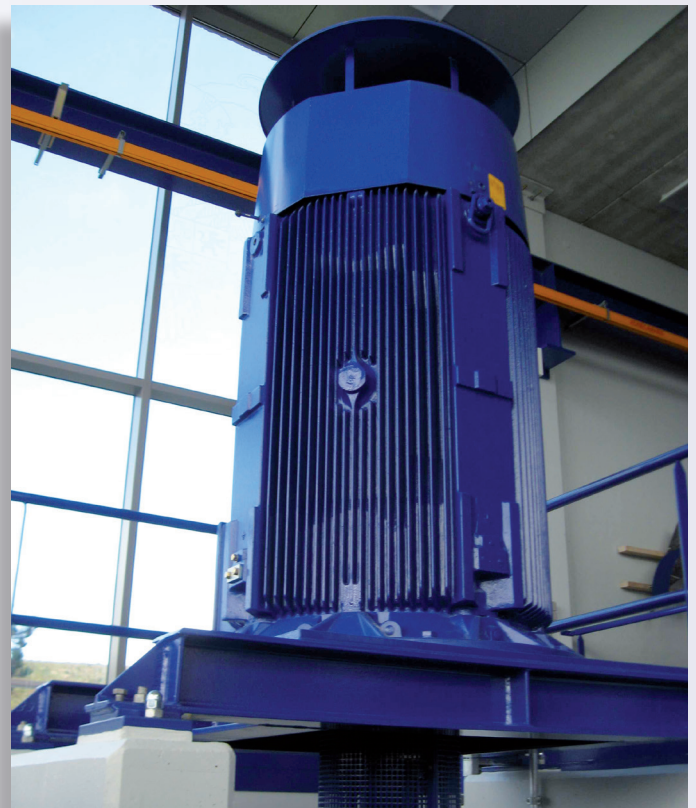
BELASTING DISTRIBUTIENET

Een andere manier om het rendementsgetal wat te doen stijgen, is een vergroting van de luchtspleet door de rotordiameter wat kleiner te maken. Dat vermindert de post

extra verlies en de kWh-meter tolt minder snel rond. De magnetiseringsstroom neemt toe; de motorstroom gaat omhoog, cos fi neemt af. Door de grotere stroom nemen de koperverliezen in de statorwikkeling weliswaar iets toe, maar per saldo dalen de totale verliezen. Er gaan echter grotere stromen lopen in het distributienet. Transformatoren, kabels en generatoren worden zwaarder belast. Dit heeft effect op de kWh-prijs.

COMPENSATIE

Om de spanningsval in het distributienet te compenseren, is er bij de centrale een hogere spanning dan bij de eindgebruiker. De energieleverancier levert dus meer kWh dan waarvoor de eindgebruiker betaalt. Het toenemende blindvermogen zal onvermijdelijk doorberekend worden in de kWh-prijs. Uiteindelijk gaat het een eindgebruiker vooral om lagere energiekosten, maar wanneer iedereen op hoogrendementmotoren overgaat, kan het (verhoogde) energieprijkaartje wel eens tegenvallen. Een hoogrendementmotor heeft een zo laag mogelijk slipverlies in de rotor. De ohmse weerstand is laag en daarmee ook het aanloopkoppel. Dat is niet erg bij stromingsmachines zoals een centrifugaalpomp, waarbij het tegenkoppel ook gering is bij aanloop. Tegelijkertijd is de aanloopstroom



hoger. Het net wordt zwaarder belast met een hogere inschakelstroom. Hoogrendement en 'netvriendelijk' gaan niet samen.

De winnaars bij de opmars van hoogrendementmotoren zijn daarmee, naast de fabrikanten en de kopers, vreemd genoeg ook de elektriciteitsbedrijven. Het lagere verbruik wordt wellicht gecompenseerd door een hogere kWh-prijs.

VERBRUIK OF GEBRUIK

Menig artikel over hoogrendementmotoren begint met: 'Elektromotoren zijn verantwoordelijk voor tweederde van het totale energieverbruik.' Dit suggereert een groot besparingspotentieel, maar de motor verbruikt nauwelijks energie; de meeste energie wordt doorgegeven aan het werktuig. De elektromotor is in de keten van kolen/gas naar vloeistofverplaatsing de component met verreweg de minste energieverliezen. Wanneer het motorrendement stijgt van 96 naar 97% nemen de motorverliezen met 25% af. Dat is een mooi getal, maar op het totaal stelt het maar weinig voor. In de pomp zit veel meer besparingspotentieel.