

**Ontwerpers van roterende machines streven naar optimaal presterende installaties. Maximale bedrijfszekerheid, beschikbaarheid en operationele prestaties bij minimale kosten over de gehele levensduur en minimaal energieverbruik. Doorgaans vereist dit het sluiten van zorgvuldig afgewogen compromissen. Dat lukt meestal. Maar het gaat wel eens mis. Links een gewenst voordeel realiseren maar rechts een nadeel over het hoofd zien: de Wet van Behoud van Ellende (WvBvE). Ook bij hoogrendement e-motoren is deze wetmatigheid van toepassing en is niet alles goud wat er blinkt.**



*Profiteert het distributienet van de 'groene' motor?*

## De Wet van Behoud van Ellende (2)

In de Nederlandse waterwereld begint het besef door te dringen dat energie besparen bij pompsystemen vooral een zaak is van de gehele aandrijfketen beschouwen. Sub-optimalisatie, dat wil zeggen focus op één component, werkt niet. En al helemaal niet wanneer die ene component een relatief klein deel van de totale kW-energieverliezen voor haar rekening neemt. Bijvoorbeeld de e-motor.

### **Voorbeeld centrifugaalpomp met e-motor**

Ter verduidelijking een getallenvoorbeeld voor een centrifugaalpomp met e-motor. Te beginnen aan het einde van de keten. Stel het gevraagde hydraulische {druk \* debiet} vermogen van een pomp bedraagt 100 kW. Met een werkpunt in 'Best Efficiency Point' (BEP) van 85 procent wordt het asvermogen 118 kW. Het energieverlies in de pomp is 18 kW. Stel vervolgens dat het rendement van de e-motor op 95 procent ligt, dan wordt het elektrisch vermogen dat het net moet leveren 124 kW. Het energieverlies in de motor bedraagt 6 kW en neemt daarmee 4.8 procent van het kWh-verbruik voor zijn rekening. Stel nu dat de motorfabrikant erin slaagt het rendement te verhogen van 95 procent naar 97 procent. Dit betekent dat het energie-

verlies in de motor met 40 procent afneemt. De winst op de kWh-rekening bedraagt dan 2.3 procent.

Een 40 procent energieverliesreductie is een onrealistisch hoge waarde. Alsof e-motorfabrikanten zich nooit bekommerd hebben om het rendement. Integendeel, een laag rendement is ongewenst omdat met toenemende energieverliezen de temperatuurstijging van het isolatiemateriaal van de statorwikkeling ontoelaatbaar hoog kan worden. Tevens neemt de koelingsbehoefte toe en daarmee het geluidsniveau.

### **Niet in het BEP**

Centrifugaalpompen werken lang niet altijd in het BEP. Stel het pomprendement is geen 85 procent maar 75 procent. Dan bedraagt het asvermogen 133 kW en is het energieverlies in de pomp 33 kW. Met een e-motorrendement van 95 procent wordt het elektrische vermogen dat het net moet leveren 140 kW. Het energieverlies in de e-motor is nu 7 kW. Er zit veel meer energieverlies in de pomp dan in de motor. Voor een kleinere bouwgroote van motor en pomp, pakweg < 10 kW, liggen de rendementen lager. Iedereen kan overeenkomstig narekenen dat bij een motor-

rendement van 90 procent en een pompvermogen van 70 procent de winst op de kWh-rekening circa 4 procent bedraagt.

De e-motor vormt een component in de keten met relatief weinig energieverlies. Dus daar valt simpelweg weinig te halen. Natuurlijk is elke procent er één. Maar alle inspanningen met betrekking tot Europese regelgeving ten spijt, deze zetten helaas weinig zoden aan de dijk.

### Rendement en WvBvE

Het rendement van een e-motor verhogen, is een loffelijk streven. Maar de Wet van Behoud van Ellende dicteert dat

## ‘Sub-optimaliseren werkt niet’

er ook negatieve consequenties optreden die conflicteren met dit streven. Wat kan de ontwerper zoal doen om het rendement van de e-motor te verhogen?

- Een ‘laag-ohmig’ rotorontwerp reduceert koperverlies in rotorwikkeling maar verhoogt de aanloopstroom. Gunstige aanloopeigenschappen (het net ontzien) en hoog rendement gaan niet samen.

- Een verliesarm statorblikpakket verhoogt de kostprijs.
- Isolatieklasse H verhoogt de thermische belastbaarheid, het asvermogen en het rendement maar het geluidsniveau neemt toe als gevolg van stijgende koelingsbehoefte.

- Een synchrone motor met permanentmagneettechnologie. Geen verliezen in de rotor, gereduceerde extra-verliezen. Aanlopen vereist een frequentie-omzetter (FO), doorgaans ook noodzakelijk voor toerentalregeling. De hoogfrequent schakelende FO dumpst extra-verliezen in het statorblikpakket en loost harmonische verliezen in het distributienet.

- Vergroting van de luchtspleet. Reduceert de ‘extra-verlies’-post maar verhoogt de magnetiseringsstroom. Extra-verlies wordt uit de motor gehaald en in het distributienet gedumpt. Transformatoren, kabels en generatoren worden zwaarder belast door blindvermogen, de kWh-rekening gaat omhoog.

- Reluctantiemotor zonder permanentmagneettechnologie en aangepaste rotor geometrie. Verhoogde magnetiseringsstroom, FO dumpst extra-verliezen in de motor.

Het moge duidelijk zijn, een 40-procent-reductie van energieverliezen gaat niet zomaar en is nauwelijks realistisch. Bovendien een 2 tot 4 procent energiebesparing is lastig aan te tonen. Druk, debiet, spanning, stroom en  $\cos \phi$  moeten elk met een nauwkeurigheid van 0.5 procent te meten kunnen worden. Dat wordt heel lastig bij een pompstation in de polder. Waar blijven de succesverhalen die verbeterde energie-efficiëntie door een hoogrendement motor aantonen? ●

### Rendement e-motor in historisch perspectief

De energieverliezen van een e-motor kunnen direct gemeten worden.

De verliesposten zijn:

$P_{fe}$	: ijzerverlies in statorblikpakket
$P_{wrijv}$	: wrijvingsverlies lageringen
$P_{vent}$	: ventilatieverlies koeling ventilator(en)
$P_{cu\ stator}$	: statorwikkeling koperverlies
$P_{cu\ rotor}$	: rotorwikkeling koperverlies (slipverlies)
$P_{extra}$	: extra-verliezen

De eerste drie zijn onafhankelijk van het asvermogen. De koperverliezen zijn wel afhankelijk van het asvermogen. De extra-verliezen zijn zogenaamde hogere harmonischen-verliezen in de luchtspleet en als enige post niet direct te meten. Volgens IEC-normering is afgesproken hiervoor 0.5 procent in rekening te brengen. Fabrikanten waren vervolgens zo slim om de luchtspleet zo klein mogelijk te houden. Het aandeel magnetiseringsstroom in de motorstroom is dan minimaal. De energieverliezen in het distributienet zijn minimaal,  $\cos \phi$  fraai hoog en aanloopstroom begrensd. Kortom het distributienet wordt ontzien. Nadeel is dat de extra-verliezenpost ruim boven de 0.5 procent uitkomt. Maar dat staat dus niet in de boeken. Met de komst van nauwkeurige askoppelmeteringapparatuur kan en moet de post extra-verliezen inmiddels wél gemeten worden.

#### Over de auteur

Arie Mol is zelfstandig adviseur, gespecialiseerd in trillingsanalyse en elektromechanische aandrijftechniek. In de rubriek ‘Mol maint’t’ worden onderhoudsgerelateerde en aanverwante eigenaardigheden bij pompaan-drijvingen belicht. Hij schrijft al sinds 2007 voor Pomp NL. Alle artikelen zijn na te lezen op de website: [www.ariemol.nl](http://www.ariemol.nl)



Waar zit het meeste energieverlies?