

Laag toerental pompaandrijvingen

Afhankelijk van de toepassing kan een centrifugaalpompaandrijving worden ontworpen met een hoog of een laag toerental. In de Hollandse waterwereld zijn er interessante ontwikkelingen op het gebied van low speed (direct) drives gaande.

Arie Mol

Stromingsmachines zijn onderworpen aan een aantal wetmatigheden. Zo geldt in het algemeen:

Vloeistof hoeveelheid [m³/s]:

$$Q \div D^2 * u$$

Druk [Pa]: $p \div u^2$

Omtreksnelheid [m/s]:

$$u \div \pi * D * n/60$$

waarin:

D = diameter pomp waaier en n = toerental [r/min]. Bij een pomp met een, bij gegeven hydraulisch vermogen $p * Q$ [kW], relatief grote opbrengst bij lage druk, komt het ontwerp vanzelf uit op een grote diameter. Bij een centrifugaalpompaandrijving verloopt het werkpunt met maximaal rendement bij verschillende toerentallen immers volgens een parabool. Voor het optimale werkpunt is de stromingsweerstandlijn:

$$R_{opt} \div P_{opt} / Q_{opt}^2$$

Met dit basisontwerpcriterium wordt $R_{opt} \div 1 / D^4$ bepaald door de diameter en is onafhankelijk van de omtreksnelheid. Bij gegeven (lage) druk en omtreksnelheid betekent een grote diameter vanzelf een laag toerental. Je komt dan uit op een brede centrifugaalwaaier of een axiaaltype waaier met klein aantal schoepen en grote schoephoek. Meerdere pompen in parallelbedrijf reduceren de inbouwafmetingen en verhogen de redundantie. Bij turbines voor waterkrachtcentrales met lage opvoerhoogte wordt daarom een axiale Kaplan turbine toegepast.

MOTORSELECTIE

Aan de kant van de koppe-

ling gelden ook wetmatigheden. Elektromotoren hebben bij een gegeven frequentie een vast toerental dat afhankelijk is van het aantal polen (zie kader). Een laag toerentalpompaandrijving kan (direct) worden aangedreven door een 'hoogpolige' elektromotor zonder een tandwielkast; bijvoorbeeld een 18- in plaats van een 4-polige motor en $i = 1 : 4.5$ tandwielkastoverbrenging. In het verleden was direct drive met een hoogpolige motor gemeengoed. Om prijstechnische redenen wordt sinds de jaren tachtig vaker gekozen voor een 4-polige motor met tandwielkast. Deze motor is het meest efficiënt en prijsgunstig. Hoogpolige motoren hebben helaas een lage $\cos \alpha$ en vormen daarom een extra belasting voor het net. De robuuste constructie en grote afstand tussen laag bedrijfstoeental en hoge resonantiefrequenties verhogen echter de bedrijfszekerheid. Bij diesel aandrijvingen domineert eveneens de commercie: de 1500 r/min. 'snellopers' met tandwielkast zijn efficiënter, prijsgunstiger en sneller leverbaar dan de langzaam lopende 'scheepsdiesels'. Dieselmotoren met een verticale pomp vereisen sowieso een tandwielkast met een haakse overbrenging.

REVIVAL HOOGPOLIGE MOTOR

De mechanische tandwielkast als 'toerentaltransformator' is steeds minder vanzelfsprekend. Als een tandwielkast kan vervallen dan verhoogt dit de bedrijfszeker-

De goede oude tijd: klassieke dieselaandrijving





Robuuste low speed direct drive

heid. Immers een component die er niet is, kan ook niet falen. Olivrije componenten worden steeds wenselijker. Hoog toerental pompaandrijvingen met tandwielkastreductie zijn verminderd bedrijfszeker door grotere kans op ongewenst trillingsgedrag. Stringentere eisen rond bedrijfszekerheid, milieu en onderhoudsvriendelijkheid zetten de mechanische tandwielkast meer en meer onder druk en maken direct drives weer populair.

PERMANENT MAGNETEN

De onderhoudsarme aandrijving, als de ultieme ‘maintenance engineer’s dream’, komt dichterbij met moderne permanent magneettechnologie. De komst van hoog koppel en corrosievaste permanent magneten maakt het mogelijk hoogpolige motoren en generatoren te bouwen tot in het MW-bereik. De robuustheid van de kortsluitanker motor blijft behouden omdat de magneten stevig zijn ingebed in de rotor, en er zijn ook geen koolborstels of slepringen nodig. Het hogere rendement is mooi meegenomen. De kW-verliezen in een elektromotor zijn aanzienlijk minder dan in een centrifugaal-pomp. Een beter motorrendement zet niet veel zoden aan de dijk. De hogere cos α neemt wel een oud bezwaar weg: een hoogpolige permanent magneetmotor is vriendelijker voor het net. Met een rotor met magneten is de asynchrone motor een synchrone per-

manent magneetmotor geworden; de stator is gelijk gebleven. De synchrone permanent magneetmotor moet aangestuurd worden door een frequentieregelaar omdat deze niet direct op het net kan aanlopen.

TANDWIELKASTEN

De frequentieregelaar biedt, naast energiebesparing en procesoptimalisatie, een aantal aantrekkelijke systeemontwerpvoordelen. Door de uitgangsfrequentie te begrenzen tot bijvoorbeeld 12,5 of 25 Hz en de motor uit te voeren met een wikkeling met vier- resp. tweevoudige volt-per-Hertz waarde, kan een voordelige frequentieregelaar met minimaal (stroom)belaste inverter gekozen worden. Een andere variant is de uitgangsfrequentie begrenzen tot maximaal 29 Hz ($50 \text{ Hz}/\sqrt{3}$) en een standaard volt/Hz motorwikkeling niet in driehoek maar in ster schakelen, de zogenoemde ster-driehoek truc (zie *Pomp NL 5*, oktober 2010). De frequentieregelaar wordt zo de elektronische variant van de mechanische tandwielkast met een variabele overbrenging. Een potentieel nadeel is dat bij storing in de frequentieregelaar er niet naar het net gevluht kan worden via een direct-on-line bypassschakeling. Dit kan ondervangen worden door meerdere pompen in parallelredundant bedrijf te gebruiken. Een nieuwe veelbelovende ontwikkeling is een planetaire tandwielkast met contactloze kop-

peloverbrenging door permanent magneten, de magnetische tandwielkast. Zo’n vierlager planetaire tandwielkastconstructie zonder tandwielen is olievrij, geluidarm, heeft minimale energieverliezen en is statisch en dynamisch probleemloos overbelastbaar.

INTERNATIONALE AANPAK

De marktacceptatie van moderne laag toerental direct drives is afhankelijk van de prijsstelling. Eindgebruikers met alleen oog voor de korte termijn zullen minder gemakkelijk op geïntegreerde concepten overstappen. Verder vraagt een succesvolle introductie om een nauwe afstemming tussen ontwerpers. De frequentieregelaarontwerpers kunnen bijdragen door hun ontwerp te richten op een synchrone permanent magneetmotor in plaats van op de kortsluitanker motor.

BIJ EEN 50 HZ NET:

pooltal	toerental (r/min)
2-polig	3000
4-polig	1500
8-polig	750
...	
20-polig	300
22-polig	273
...	

Het aantal polen is een even getal; steeds is het product van pooltal en toerental gelijk aan 6000