

Bronpompen

Warmte/koudeopslag (WKO) is een steeds gangbaardere technische oplossing voor het duurzaam klimatiseren van gebouwen. Bij WKO worden bronnen geboord om grondwater te onttrekken en weer in de bodem te retourneren om zo energie in de bodem op te slaan dan wel te onttrekken voor koeling of verwarming. Voor het onttrekken van grondwater zijn bronpompen nodig. Wat zijn dit voor pompen? Dit artikel gaat in op de specifieke kenmerken en aandachtsgebieden van bronpompen.

L.J.A. (Luc) Starink, senior adviseur duurzame koude- en warmteoplossingen, IF Technology

Bronpompen, ook wel onderwaterpompen genoemd, komen steeds vaker voor als pomp bij klimaatinstallaties die zijn voorzien van een WKO. Deze bronpompen hebben het zelfde werkingsprincipe als de gangbare centrifugaal circulatiepompen in gebouwgebonden installaties. Toch zijn er verschillen. Ze hebben een andere bouw, zijn altijd volledig ondergedompeld in het grondwater en worden van grote afstand aangestuurd.

■ SPECIFIEKE CONSTRUCTIE

Net als alle andere pompen bestaat een bronpomp uit een waaierhuis en de pompmotor die elektrisch wordt gevoed. Het grootste verschil is het uiterlijk. Bronpompen zijn langwerpig in één lijn en dun. Dit heeft een reden. Bronpompen worden ingebouwd in bronnen. Het zou heel kostbaar worden als de bronafmetingen moeten worden aangepast aan de grootte van de pomp. Vandaar dat de bronpomp zeer slank en in één lijn (pomp en pompmotor) in een cilindervorm worden ontworpen.

Onderwatermotoren zijn asynchroonmotoren die net als standaard motoren bestaan uit een stator, rotor en lagers. De mechanische opbouw verschilt echter wezenlijk en de onderwatermotor is speciaal ontworpen voor toepassing in smalle bronnen waarbij

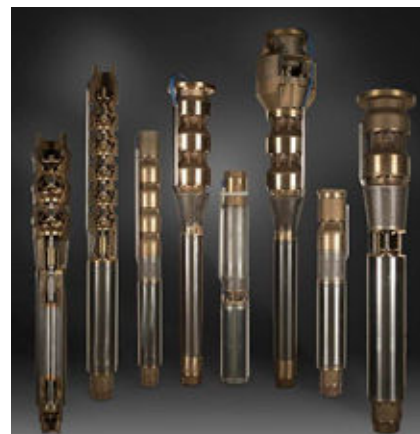
deze motoren continu ondergedompeld zijn in water. De met deze motoren aangedreven onderwaterpompen veroorzaken een continue druklast op het taatslager van de onderwatermotor. Onderwatermotoren zijn dan ook lange smalle motoren met minimaal twee radiaal-lagers voor het centreren van de rotor en een axiaallager (taatslager). Een 'mechanical seal' zorgt ervoor dat de motorvulvloeistof niet kan weglekken; het diafragma in de onderzijde van de onderwatermotor zorgt ervoor dat volumetoenames van deze motorvulvloeistof door verhoogde bedrijfstemperaturen worden vereffend.

Lagering onderwatermotoren

Bij standaard bovengrondse motoren worden de radiaalkrachten opgenomen door kogel-lagers terwijl hiertoe bij onderwatermotoren glijlagers worden toegepast die door de motorvulvloeistof worden 'gesmeerd'. Voor het onderhouden van de benodigde smeerfilm is een minimum toerental nodig. Dit bepaalt in veel gevallen dan ook het regelbereik van een onderwaterpomp. Gangbare minimale frequenties bij *continubedrijf* zijn 20 à 25 Hz. Er zijn fabrikanten van onderwaterpompen, zoals Pleuger en Melotte, die maatwerk kunnen leveren. In dat geval zijn lagere frequenties in overleg mogelijk.

■ 'NATTE' EN DROGE MOTOREN

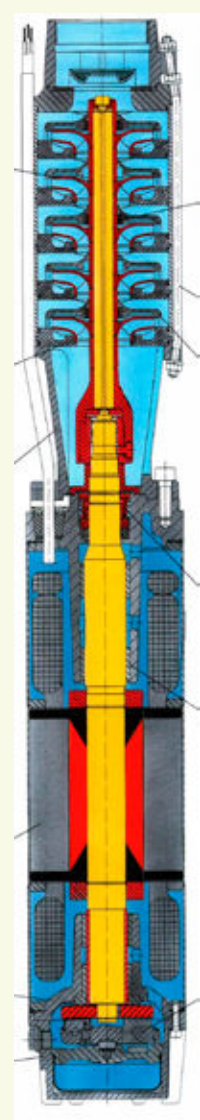
Veel onderwatermotoren zijn gebouwd volgens het zogenaamd 'droge' danwel 'half-natte' principe. Dit betekent dat de stator met de motorwikkelingen hermetisch waterdicht is afgesloten van de omgeving waarbij de motorwikkelingen door een 2-componenten hars onder vacuüm wordt volgegoten dan wel geëmailleerd is. Deze constructie garandeert een grote mechanische stabiliteit en zorgt ervoor dat de warmteafvoer naar de buitenzijde van de motor gegarandeerd wordt. De wikkeldraden worden intern in deze hars met elkaar verbonden. Deze motoren staan in de markt bekend als 'encapsulated'. De tegenhan-



-Foto 1- Bronpompen



Waaier met 3D gevormde bladen



Mechanical seal



Motorlager

Axiaallager: High-tec polymeer



Motor laminatie

Radiaallager: zelfsmurende koolstof

Lagerhuis

Druk vereffeningbalg

-Foto 2- Opengewerkte bronpomp

FREQUENTIEREGELING

Wanneer bronpompen nader bekeken worden valt op dat de motor in bouwvorm afwijkt ten opzichte van zogenaamde Normmotoren. Vanwege de gebruikstoepassing is het noodzakelijk dat de motor van een bronpomp een kleine diameter heeft, de bronnen/ pompkamers zijn vaak van kleine diameters (100-250mm). Om bij geringe diameter toch een hoog vermogen te kunnen leveren is aanpassing van de motor maar in één richting mogelijk: de lengte. Ook is de wijze van koeling verschillend van Normmotoren. Door de opstelling onder water kan geen ventilatie toegepast worden en is de stator hermetisch afgesloten van het omringende medium. De onderwatermotoren zijn, zoals hiervoor beschreven, vloeistofgevuld. De gebruikte vloeistoffen zijn vaak glycerine, of een mengsel van water en polypropyleenglycol. De combinatie van een geleidende vloeistof in combinatie met spanningsvoerende delen blijkt in de praktijk problemen op te leveren bij toepassing van frequentieregelaars. Oorzaak hiervoor is te vinden in de spanningspieken veroorzaakt door frequentieregelaars. Deze spanningspieken kunnen kleine doorslagen vormen in de isolatie van de wikkelingen.

Een korte uitleg: de frequentregelaar zal een gelijkspanning maken waaruit een sinus wordt opgebouwd via puls-breedte-modulatie (zie figuur 1, volgende pagina). Bijkomend verschijnsel is dat de pulsblokken hele steile flanken kennen. En dat dit bij inductieve belastingen (zoals de stator van een motor) leidt tot het ontstaan van hoge spanningen. Bij steile flanken komen veel hogere harmonische pieken voor. Of te wel: frequenties die hoger zijn dan de beoogde frequentie van 50/60 Hz. Door een laag-door-laag filter (LC-filter) aan de uitgang van de frequentieregelaar te plaatsen worden hogere frequenties uit het signaal gehaald waardoor het 'op swiepen' van spanningen voorkomen wordt.

Doordat water geleidend is zal de effectieve afstand van een geleider ter plaatse van een zwakker wordende isolatie kleiner zijn met als gevolg dat de isolatie zal 'doorslaan'. In feite ontstaat er dan een koolspoor in de isolatie naar aardpotentiaal (het motorwater dat ook in contact staat met de metalen omhulling van de motor). Wanneer nu een bronpomp aangestuurd wordt door een frequentieregelaar dan wordt de motor blootgesteld aan een herhaaldelijk bombardement van spanningspieken. In de frequentieregelaar wordt een sinus opgebouwd uit losse 'blokken' gelijkspanning, de uiteindelijke effectieve spanning neigt naar een sinusvorm. Figuur 1 toont schematisch een nabootsing de output van de frequentieregelaar een sinus. Bij een schakelfrequentie

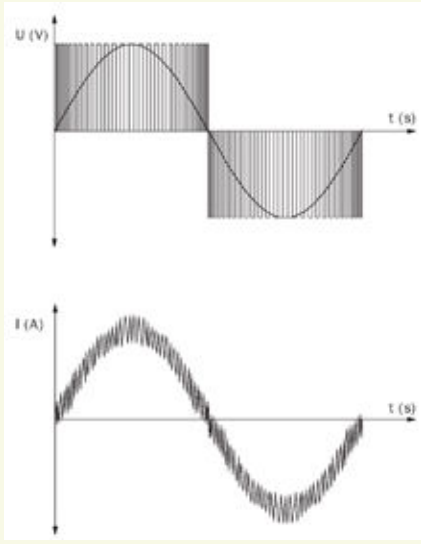
ger van de encapsulated motor is de rewindable motor ook wel natte motor genoemd. Een natte motor wordt uitgevoerd met een wikkelraad met een PVC- of PE2(+ PA)-

isolatie. De PVC-isolatie resulteert in een motor met isolatieklasse Y(1); gebruik van een PE2(+ PA)-isolatie resulteert in een motor met een Y(3) isolatieklasse.

Designvergelijk

Het wezenlijke verschil tussen de halfnatte motoren en de natte motoren is gelegen in het daadwerkelijke hoeveelheid stroomvoerend koper dat in de statorgroeven aangebracht kan worden. Omdat de wikkelraad van de natte motor ommanteld is met een dikke laag PVC danwel PE2+PA kan in dezelfde lamelgroef minder koper worden ingebracht dan bij de halfnatte motor. Dit betekent onder meer dat in een halfnatte onderwatermotor in vergelijking met een natte onderwatermotor een relatief lagere stroomhoeveelheid vloeit en een lagere densiteit geldt alsmede een hoger motorrendement behaald kan worden.

-Figuur 1-Schematische weergave van een sinusopbouw (bron: Emotron (Zo is het frequentiegere-geld'))



van 1kHz zijn dit 20 blokken per sinus en bij iedere overgang van deze blokken ontstaat een spanningsverandering in zeer korte tijd (du/dt). Deze spanningsveranderingen of ook wel transiënten zijn nog gering in voltage bij de output van de frequentieregelaar, maar door opslingering in de kabel naar de bronpomp (lengtes van meer dan 50m) kunnen deze pieken uitgroeien tot spanningen van enkele kilovolt.

Terugkijkend naar de stator van de bronpomp die gevoelig is voor piekspanningen gecombineerd met een generator voor piekspanningen ontstaat een ongewenste situatie. In de praktijk levert dit verhoogde slijtage van de motorwikkelingen, met teruglopende isolatieweerstand of zelfs kortsluiting tot gevolg.

De vorming van ongewenste piekspanningen is grotendeels tegen te gaan door het plaatsen van een sinusfilter (LC-filter) direct na de frequentieregelaar. Het LC-filter geeft alleen doorgang voor laagfrequentie signalen (<100Hz) en filtert hiermee de transiënten uit de sinus voordat deze door opslingering uit kunnen groeien tot schadelijke piekspanningen.

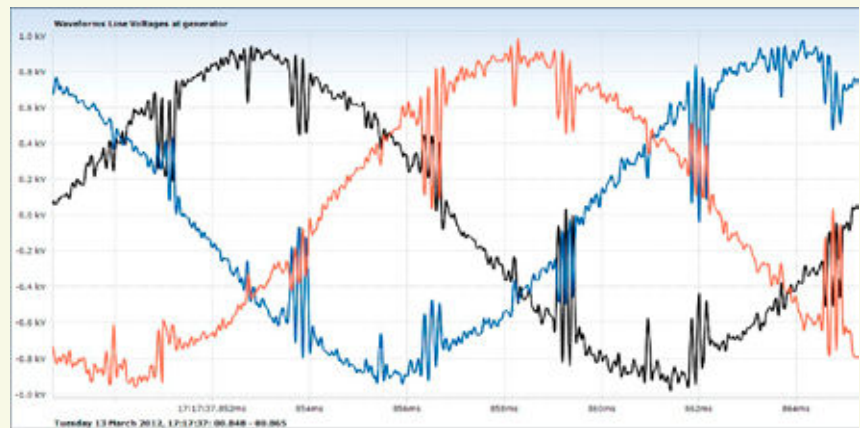
Vanuit de praktijk lijkt het erop dat het aantal uitgevallen pompen bijzonder is afgenomen sinds de toepassing van LC-filters of zelfs bijna geheel verdwenen. Tegenwoordig is het LC-filter gemeengoed geworden bij toepassing van frequentieregelaars bij bronpompen en tot een standaard verheven.

Regelbereik

Naast de aandacht voor piekspanningen bij frequentieregeling zal voor de selectie van een bronpomp ook gekeken moeten worden naar het werkgebied in de pompcurve. Zoals al aangegeven moet het minimum toerental van de pomp altijd worden gerespecteerd om de lagersmering te garanderen. De 'ramp up en ramp down time' (opstart- en uitlooptijd) dient kort te worden gehouden. We moeten dan denken in orde grote van een paar seconden. De oorzaak zit 'm in het feit dat indien een unit opstart van 0 naar 50 à 60 Hz, deze een tijd lang draait onder het minimale toerental, hetgeen een extra slijtage veroorzaakt op de radiaallagers en het axiaallager van de unit.

MOTOR EN KOELING

Alle onderwatermotoren worden ontworpen voor een koeling met het mediumwater waarbij het medium een snelheid moet hebben van tenminste 0,2 m/s. Indien de bron zo groot is t.o.v. de capaciteit van de pomp dat het koelingscriterium niet gehaald kan worden dan zal de motor moeten worden uitgevoerd met een koelmantel. Hierdoor wordt de stroomsnelheid langs de motor kunstmatig verhoogd. Een andere oplossing is het overdi-



-Figuur 2- Gemeten distortie aan de uitgang van 690VAC-regelaar (bron: harmonicsolutions-oilandgas.com)

mensioneren van de motor waardoor de motor een voldoende grote thermische reserve krijgt en de warmte kan afvoeren met behulp van de heersende stroming en natuurlijke convectie. Het nadeel van overdimensioneren is wel dat de frequentieregelaar en de elektrische installatie ook moeten worden overgedimensioneerd.

LEVENSDUUR

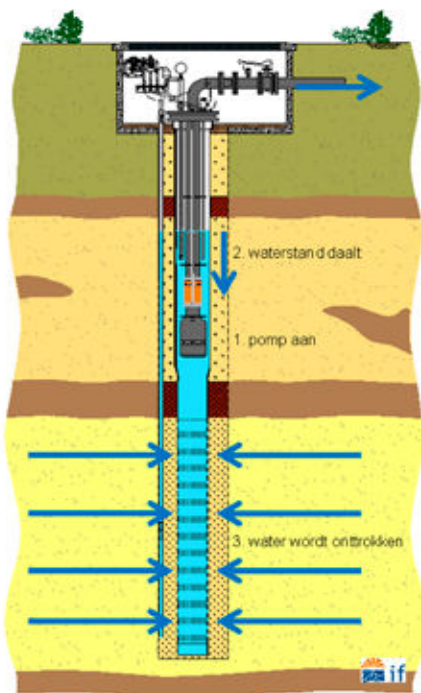
De levensduur van een bronpomp wordt bepaald door een aantal zaken, waaronder het werkgebied. Het is belangrijk dat een pomp binnen de aanvaardbare grenzen van het werkgebied draait. Een pomp die ten rechtse draait van zijn werkgebied kan beschadiging van het axiaallager oplopen. De pomp duwt namelijk het water als het ware naar boven en daardoor oefent het water een reactiekracht op de pomp uit. Dit heet de downthrust. Omdat het water in de waaier van richting wordt veranderd zal het water ook een upthrust genereren. Daar waar de pomp aan de rechtse zijde draait van het werkgebied is de druk laag en de capaciteit hoog. Derhalve zal de hogere upthrust de downthrust geheel of ten dele opheffen waardoor waaiers met as en rotor lijken te zweven. Drukveranderingen aan de verbruikende zijde (rimpels) zullen dus een hamerend effect hebben op het axiaallager. Indien de waterfilm in het axiaallager breekt kan het axiaallager beschadigen, met als gevolg dat de rotor zich een weg naar beneden vreet. Zowel pomp als motor kunnen hierdoor onherstelbaar worden beschadigd. Een pomp die onder de minimale capaciteit draait kan last krijgen van recirculatieverschijnselen. Deze verschijnselen lijken nog het meest op cavitatieverschijnselen. Echter, daar waar cavitatieverschijnselen optreden aan de intredende en/ of uittrekkende zijde van de waaier treden recirculatieverschijnselen op in het midden van de waaier. Het effect echter kan er hetzelfde uitzien.

Derhalve worden dergelijke verschijnselen vaak door elkaar gehaald.

BEPALING PLAATSDIEPTE

Het grondwater wat gebruikt wordt voor energieopslag in Nederland komt uit bronnen met een diepte van minimaal circa 10 m tot maximaal circa 300 m. Deze diepte is o.a. afhankelijk van de locatie in het land en het gewenste debiet van het energieopslagsysteem. Het grondwater staat onder druk van de bovenliggende lagen. Door deze druk zal het grondwater wanneer het aangeboord wordt stijgen door het bronfilter tot dat deze opwaartse druk door de zwaartekracht gecompenseerd is. In sommige gevallen stijgt het water (stijghoogte) zelfs tot boven het maaiveld. Dat noemt men artetisch water. In Nederland bevindt het grondwater niveau in de bron zich in de meeste gevallen op enkele meters onder het maaiveld. Hierdoor hoeven bronpompen dan ook vaak niet tientallen meters diep in de bron te worden geplaatst.

Ten gevolge van de onttrekking uit de bron zal het grondwater niveau dalen in deze bron. Dit is in feite de weerstand die de bron zelf geeft. Deze weerstand alsmede de statische hoogte vanaf het oorspronkelijke grondwater niveau van de bron in ruste zal de bronpomp in opvoerhoogte moeten overwinnen. Daarbij komt verder nog de leidingweerstand en de minimale vereiste druk in de installatie. De bronpomp dient altijd volledig ondergedompeld te zijn. Dit is tenminste onder het laagste rustniveau in de bron en de maximale verlaging die de bron kent. Dat is de weerstand van de bron inclusief een extra weerstand die mogelijk in de tijd zal ontstaan door het verstopt raken van de bron. Als laatste zal bij de plaatsing diepte van de bronpomp rekening moeten worden gehouden met de minimale druk die men in de installatie wenst. Dat geldt ook voor de plek waar het grondwater vanuit



-Foto 3- Schets van de werking van een bronpomp



-Foto 4- Inbouw van een bronpomp

de bron de bronpomp instroomt, corrigerend op de NPSH van de pomp. Deze minimale systeemdruk is hoofdzakelijk van belang om de opgeloste gassen in het grondwater in oplossing te houden. Indien de druk verlaagd wordt kan dit leiden tot vrijkomen van het opgeloste gas in de vorm van gasbelletjes in het grondwater. Denk hierbij aan een fles koolzuurhoudend bronwater. Haal je de dop eraf dan komt dit koolzuur (gas) vrij. Draai je de dop er weer op dan bouwt zich weer druk op in de fles, waardoor het vrijkomen van belletjes zal stoppen. Wanneer het grondwater door de bronpomp opgepompt wordt ontstaat er een drukverlaging in het grondwater. Als deze verlaging ter hoogte van de inlaat van de bronpomp niet gecompenseerd wordt door het dieper plaatsen van de pomp zullen de opgeloste gassen vrijkomen en de pomp en injectiebron beschadigen.

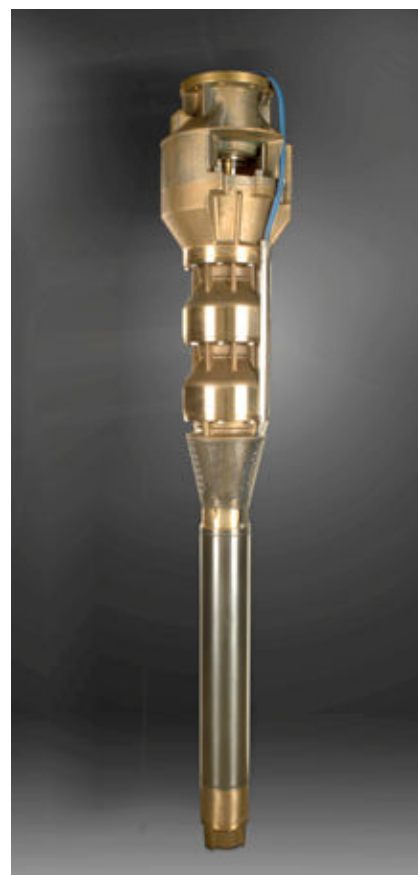
■ INVESTERING EN EXPLOITATIE

Een WKO kies je om energie te besparen. Het mag dan duidelijk zijn dat de bronpomp, het component in de installatie dat de meeste stroom verbruikt, een hoog rendement moet hebben. Onderwaterpompen staan om hun constructie, dun en langwerpig, niet bekend als pomptypen met de hoogste pompniveaus. Om dit te compenseren is veelal maatwerk nodig. Pompfabrikanten springen hier op in door bronpompen te produceren die qua werkpunt op de vraag liggen waardoor de asbelasting navenant lager is en men met een lager motorvermogen uitkomt. Het gevraagde

netvermogen is dan ook lager met lagere energielasten als gevolg. Bijkomend belangrijk voordeel is dat in voorkomende gevallen ook het vermogen van de frequentieregelaar en de andere componenten (grondkabels e.d.) kleiner geselecteerd kunnen worden. Dit alles heeft een gunstig effect op de investerings- en exploitatiekosten van installaties.

■ INJECTIEKLEPPEN

Grondwater wordt onttrokken uit een bron maar moet ook weer gecontroleerd via een bron in de bodem worden geretourneerd. Veelal wordt gebruik gemaakt van zelfsturende regelkleppen, ook wel injectiekleppen genoemd, die in de bron wordt ingebouwd. Deze injectiekleppen zijn speciaal ontworpen voor drukhandhaving in de voorliggende installatiedelen. Hierbij is het van belang dat in het gehele circuit een dusdanige voordruk gewaarborgd blijft dat er geen ontgassing van de vloeistof kan optreden. Het bijbehorende pilot-systeem houdt de systeemdruk constant op de ingestelde waarde. Ook hier zijn bronpompfabrikanten op gesprongen. Bronpompen en de injectiekleppen zijn samengevoegd, waardoor inbouwvoordeel te halen is. De eerder genoemde fabrikant Melotte uit Maastricht is hier als eerste mee begonnen. Inmiddels zijn deze injectiekleppen al weer verder ontwikkeld en is sturing mogelijk op de zelfsturende injectiekleppen. Vooral bij meervoudige broninstallaties is dit een wezenlijke verbetering om de flows over de bronnen te controleren.



-Foto 5- Bronpomp met injectieklep

■ RESUMÉ

Om een juiste bronpomp te selecteren en hier langdurig plezier van te ondervinden zijn, resumierend, de volgende zaken van belang:

- selecteer een bronpomp met het juiste regelbereik bij de nominale werkpunten maar ook bij de verlangde minimale vraag;
- neem het pompniveaumeter mee in de selectie. Dit kan in de exploitatie vele euro's schelen;
- zorg dat de bronpomp voldoende diep is geplaatst in de bron waarbij gasbelvorming - ook bij een enigszins verstopte bron - wordt voorkomen;
- gebruik een LC-filter bij frequentieregelde bronpompen om de piekspanningen te voorkomen;
- start een bronpomp bij frequentieregeling altijd op in en wat hoger toerental om smering op de lagers te bevorderen. Toer zo nodig daarna af naar het minimale werkpunt;
- zorg dat de koeling van de pompmotor voldoende is gewaarborgd.

L.J.A. (Luc) Starink

