

Lagerschade door elektrische stroomdoorgang (1)

Bij frequentiereguleerde pompaandrijvingen kan de levensduur van de lagers of de mechanical seals sterk worden verkort door elektrische stroomdoorgang. De bedrijfszekerheid kan in het geding komen en extra onderhoudskosten zijn niet gering.

Arie Mol

Bij ontwerpers van elektrische machines is het optreden van lagerschade door elektrische stroomdoorgang al vele decennia bekend. Het verschijnsel heeft te maken met asymmetrie in het magnetisch veld. In theorie is in een elektrische machine het magnetisch veld symmetrisch; de magnetische geleidbaarheid is voor elke magneti-

deze kortsluitstroom zegt iets over de uitgangsimpedantie van de asspanningbron. De uitgangsimpedantie is reactief; dit betekent dat bij frequentieregelaartoepassing de asstroom constant en onafhankelijk van de uitgangsfrequentie is. De kans is dan groot dat er juist bij een laag toerental schade optreedt, ondanks de lage asspan-

de oliefilm in het wentellager of glijlager elektrisch isolerende eigenschappen heeft. De oliefilm heeft een 'diodekarakteristiek' met een zekere drempelspanning van bijvoorbeeld 500 mV. Daarom schrijven petrochemische specificaties lagerisolatie voor wanneer de asspanning hoger uitvalt dan bijvoorbeeld 250 mV. Maar vervuiling van de oliefilm met elektrisch geleidende deeltjes, zoals koolstofresten, kan de drempelspanning en weerstand tot nul doen reduceren. Tribologisch gezien is er dan nog geen vuiltje aan de lucht: de smering is nog prima. Gaat er inderdaad een asstroom door de lagers circuleren van ongeveer 100 mA of meer, dan is vervroegde lager-

“Lagerschade staat wereldwijd weer prominent op de agenda”

sche noord- en zuidpool op elk moment precies gelijk. In de praktijk is dat niet zo. Door mechanische fabricagebeperkingen of door bewuste keuzes van de ontwerper kan er asymmetrie in het magnetische circuit ontstaan. In de as van de rotor wordt dan over de uiteinden een wisselspanning geïnduceerd. Zo'n 'asspanning' kan eenvoudig met een multimeter gemeten worden door provisorische sleepcontacten (bijvoorbeeld de pennen van een multimeter) tegen de roterende aseinden te houden. Vrijwel elke elektrische machine heeft een asspanning. Dit is een wisselspanning in de orde van grootte van 10 mV tot 10 V met een specifiek frequentiespectrum tot ongeveer 1 kHz. Als de aseinden worden kortgesloten met een 2.5 mm² kabel dan wordt er een kortsluitstroom gemeten (de asstroom), zoals gezegd in de orde van grootte van 10 mA tot 10 A. De grootte van

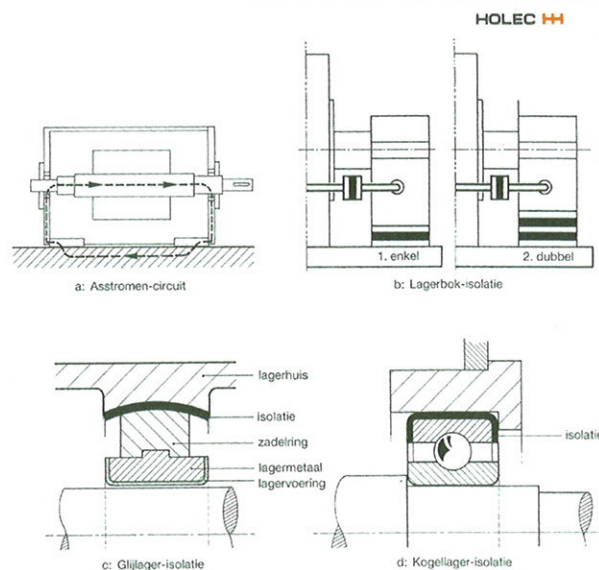
deze kortsluitstroom zegt iets over de uitgangsimpedantie van de asspanningbron. De uitgangsimpedantie is reactief; dit betekent dat bij frequentieregelaartoepassing de asstroom constant en onafhankelijk van de uitgangsfrequentie is. De kans is dan groot dat er juist bij een laag toerental schade optreedt, ondanks de lage asspan-

TYPISCH SCHADEBEELD

Een asspanning is geen enkel probleem voor de goede werking van een elektrische machine. Er kan echter een stroom gaan circuleren in het circuit:

as → lager aandrijfzijde → motor frame → lager niet-aandrijfzijde → terug naar de as. De asstroom is dan tevens lagerstroom. Dit gebeurt gelukkig niet omdat

Afbeelding 1. Asstroomcircuit en lagerisolatie. (Bron: Holec)



Lagerschade door elektrische stroomdoorgang (1)

schade onvermijdelijk. De loopbaan van buiten- en/of binnenring of het witmetaal van een glijlager vertoont een typisch schadebeeld bij stroomdoorgang.

LAGERISOLATIE

Een ontwerper die een zeker asspanningsniveau verwacht, vertrouwt niet op de isolerende eigenschap van de olielag en past een vorm van lagerisolatie toe (zie afbeelding 1). De stroomkring is dan permanent onderbroken en er kan geen lagerstroom circuleren. De lagerisolatie wordt altijd aan de niet-aandrijfzijde geplaatst. Dan wordt ook de lagering van de pomp beschermd als de koppeling van een elektrisch geleidend type is. Veel courante wentellagers zijn verkrijgbaar met een dun laagje aluminiumtrioxide (Al_2O_3) op de buitenring. Dit keramiek materiaal is goed mechanisch bewerkbaar, heeft dezelfde uitzettingscoëfficiënt als staal en heeft een goede warmtegeleiding. Meestal heeft het een matgrijze tint. De dikte is slechts enkele microns. Naast inductief opgewekte asspanning over de aseinden kan de rotor van middenspanningsmachines capaciteef opgeladen worden. Er kan dan ontlading plaatsvinden naar aarde via een van de lagers. Ook sommige werktuigen kennen statische oplading, bijvoorbeeld stoommachines. Een remedie is onder meer een (drempelspanningsloze) zilvergrafietborstel op de as, waarmee

Dit is het eerste deel van een artikel over de theorie achter lagerstromen. In het volgende nummer van Pomp NL (nr. 4, 2013) worden praktische metingen, meetmethodieken en remedies behandeld.

lagers en mechanical seal worden beschermd. De trendmatige ontwikkeling van lagerschade is goed te detecteren met behulp van periodieke trillingsmetingen, maar zekerheid over de oorzaak geeft alleen visuele inspectie van een tijdig gedemonteerd lager.

EEN MODERN PROBLEEM

Lagerschade door asspanning die door de elektrische machine zelf wordt opgewekt, komt niet vaak voor omdat de fabrikant bij te hoge asspanning een vorm van lageringsisolatie toepast. De grootschalige toepassing van de frequentieregelaar heeft lagerschade door elektrische stroomdoorgang echter wereldwijd weer prominent op de agenda gezet. De frequentieregelaar produceert een nieuw driefasen draaistroomnet met een nieuwe spanning en een nieuwe frequentie, waarmee toerental van de aandrijving regelbaar wordt. Een frequentieregelaar realiseert dit door voortdurend en razendsnel een gelijkspanning te schakelen tussen de driefasewikkelingen van de motor. Dit voedingssysteem is gemiddeld gezien wel symmetrisch, maar niet momenteel. Het koper van de statorwinding gaat ten opzichte van het ijzer van het blikpakket voortdurend in spanning op en neer, met gelijkspanningsniveaus van $+U_{dc}$, $-U_{dc}$ en 0 volt. Elke keer wanneer de frequentieregelaar schakelt, loopt er kortstondig een lekstroom naar aarde via het statorwikkingsisolatiemateriaal. Op zich is dat niet erg, maar via

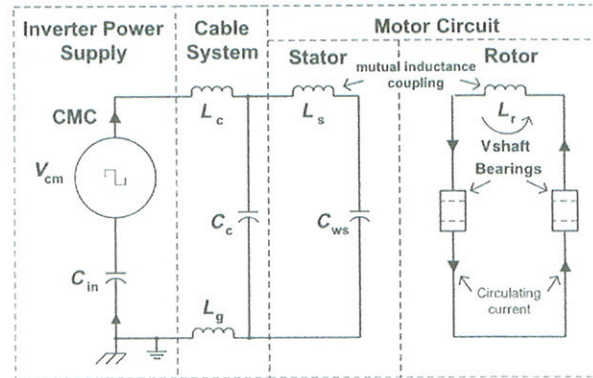


Figure 7: The high frequency axial shaft voltage can be thought of as the resultant of a transformer effect, in which the common mode current flowing in the stator frame acts as a primary, and induces the circulating current into the rotor circuit or secondary.

Afbeelding 2. Frequentieregelaar induceert asspanning. (Bron: ABB)

wederzijdse inductieve koppeling tussen stator en rotor (zie afbeelding 2) wordt er kort een hoogfrequente asspanning geïnduceerd, zelfs indien de motor in magnetische zin volkomen symmetrisch van opbouw is.

PULSVORMIG

Er is een wezenlijk verschil tussen de laagfrequent asspanning die de motor zelf opwekt en de hoogfrequent asspanning opgewekt door een frequentieregelaar: het gaat nu om een pulsvormige hoogfrequent asspanning. De frequentieregelaar schakelt 2000 tot 10.000 maal per seconde. Met een schakelsnelheid van circa $400 \cdot \sqrt{2} = 560$ V (of $690 \cdot \sqrt{2} = 970$ V) gelijkspanning in minder dan $1 \mu s$ ($dU/dt > 1$ kV/ μs) gaat het om frequenties > 100 kHz. De olielag en zelfs lagerisolatiemateriaal werken dan niet meer als isolerende weerstand, maar als geleidende condensator. Zo kan er een pulsvormige hoogfrequent astroom gaan circuleren. Er kan dan alsnog lagerschade ontstaan door elektrische stroomdoorgang, doorgaans na circa 1000 tot 10.000 draaiuren.