

VAKGROEP ELEKTROMECHANISCH ONDERHOUD



InfoTech 12

Oorzaken van en oplossingen voor asstromen - nieuwe inzichten



© UNETO-VNI, februari 2013, Zoetermeer

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van UNETO-VNI.

Disclaimer

Dit artikel is oorspronkelijk gepubliceerd in EASA Currents, april 2004. UNETO-VNI heeft veel zorg besteed aan de samenstelling van deze uitgave. Desondanks kunnen er fouten en/of onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. UNETO-VNI en de rapporteur zijn niet aansprakelijk voor de gevolgen van fouten en/of onvolledigheden.

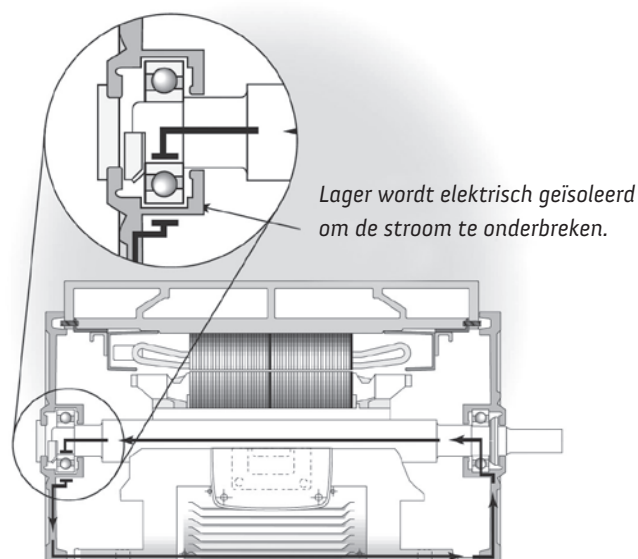
Oorzaken van en oplossingen voor asstromen – nieuwe inzichten

Ofschoon asstromen geen nieuw probleem zijn (verhandelingen over dit onderwerp dateren al van 1930), is het 'nieuwe' aspect ons begrip van hoe we het probleem kunnen oplossen. Asstromen worden ook wel beschreven als asspanningen, circulerende stromen, lagerstromen en circulerende spanningen. In dit artikel wordt het verschijnsel 'asstromen' genoemd, omdat het de stroom is die de schade veroorzaakt. Als een geleider door een magnetisch veld gaat, wordt er in de geleider spanning geïnduceerd.

Het is niet zozeer de spanning die een lager beschadigt, maar veeleer de stroom. (Zekeringen begeven het omdat de stroom te hoog is, niet de spanning.) We hebben geen praktische manier waarmee we de stroom door de as kunnen meten, dus in plaats daarvan meten we de hoogte van de spanning. We gaven magnetische asymmetrie altijd de schuld van asstromen ← en terecht. Magnetische asymmetrie betekent zoveel als gaten in het ijzer, bijvoorbeeld gesegmenteerde lamellen die zijn gebruikt om statorkernen te bouwen met een diameter van meer dan ca. 900 mm, een ongelijke luchtspleet, circulerende stromen in de parallelle schakelingen van een driefasewikkeling of variaties tussen ingeschroefde gelijkstroompolen. Omdat het elektromagnetische veld in de stator rondom de statorboring draait, vormen deze asymmetrieën een van de bronnen van geïnduceerde spanning in het motorhuis. Doorloopbouten in rotors waren een andere oorzaak, maar daarover later meer.

Het probleem corrigeren

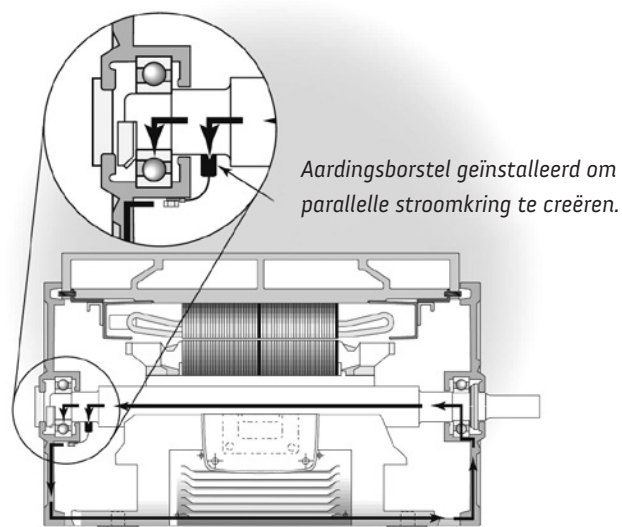
Als het probleem echt een circulerende stroom was, 'circuleerde' deze van het motorhuis via een lager langs de as en via de andere lager weer terug naar het motorhuis. Om het probleem te corrigeren hoefden wij enkel de stroomkring te onderbreken. Het isoleren van het ODE-lager (opposite drive end – lager tegenover aangedreven zijde) was de meest praktische oplossing. Zoals het uitzetten van een lichtschakelaar de stroom door de gloeilamp onderbreekt, zo onderbreekt het isoleren van het ODE-lager de stroomkring door de lagers zoals weergegeven in figuur 1.



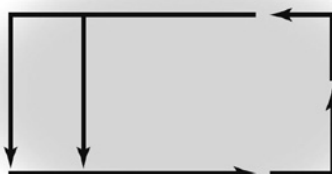
Figuur 1. Geïsoleerde lager

Een andere oplossing bestond in het installeren van een aardingsborstel parallel aan het lager zoals weergegeven in figuur 2. Hierdoor werd de stroom niet gestopt, maar de borstel leidde stroom van het lager weg (figuur 3). Parallele banen fungeren als stroomverdelers, waarbij de stroomsterkte door elke baan wordt bepaald door de relatieve weerstand van de banen. Hoe lager de weerstand van de borstel-asovergang vergeleken met de weerstand van het lager, des te meer stroom werd er weggeleid van het ODE-lager. Maar de aardingsborstel verminderde de stroom door het DE-lager (drive end – lager aan aangedreven zijde) niet. Omdat het DE-lager doorgaans het grootste lager was, verminderde de aardingsborstel lagerdefecten bij het ODE-lager – in ieder geval die fouten die werden veroorzaakt door asstromen.

Bij deze oplossing is de borstelweerstand van cruciaal belang. Geen enkele koolborstel is hiervoor geschikt. De speciaal voor dit doel geleverde aardingsborstels hebben een extreem lage weerstand. De sleutel tot succes is te zorgen voor een veel lagere weerstand in de borstel-asbaan dan in de lager-asbaan, teneinde (het grootste deel van) de stroom weg te leiden. Als de weerstand in de borstel-asbaan even groot was als de weerstand in de lager-asbaan, ligt het in de lijn der verwachting dat de helft van de stroom door het lager zou lopen. Het lager zou langer meegaan, maar het probleem zou daarmee niet zijn opgelost.



Figuur 2. Aardingsborstel



Figuur 3. Grafische weergave van parallelle baan van aardingsborstel.

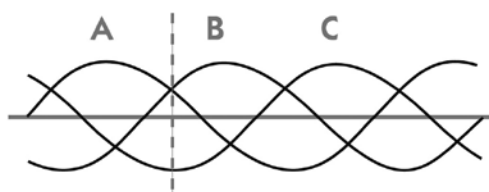
En dat geeft meteen het tweede probleem aan bij de oplossing met de aardingsborstel: als de as vuil was of gecorrodeerd, geschilderd, enz., zou de weerstandsdaling via de borstel-askoppeling toenemen. En daardoor zou weer meer stroom via het lager worden geleid.

Ofschoon het om stroom gaat die schadelijk is voor lagers, publiceren fabrikanten van lagers geen gegevens over hoeveel stroom er door hun lagers kan en mag lopen. En omdat we de stroom die door de as loopt praktisch niet kunnen meten, vertrouwen we op het meten van asspanningen. De vuistregel voor veel fabrikanten was 100 mV voor kogellagers en 200 mV voor glijlagers. (NEMA MG-1 deel 31.4.4.3 stelt een grens voor van 300 mV, aan de as gemeten van het ene uiteinde tot het andere.) Bij asstromen die worden veroorzaakt door magnetische asymmetrie werden er zelden asspanningen hoger dan enkele volts gemeten.

Aandrijvingen met variabele frequentie

En toen kwam de aandrijving met variabele frequentie en impulsbreedtemodulatie (PWM-VFD). Toen PWM-VFD's populair begonnen te worden, vormden asstromen een van de belangrijkste problemen. Gedurende enige tijd gingen we het probleem op de gebruikelijke wijze te lijf: isoleren van het ODE-lager of installeren van een aardingsborstel. Het probleem was dat elk van deze 'beproefde' oplossingen gemengde resultaten opleverde. Gebruikers verschilden van mening over welke oplossing de beste was en velen rapporteerden onbevredigende resultaten met elk van beide methoden. Een aanpak met 'riem én bretels' leek het nog het beste te doen, maar we wisten niet waarom. Langere kabeltrajecten leken het probleem erger te maken, evenals slechte aardverbindingen, en bepaalde aandrijvingen ontwikkelden een slechte reputatie als 'motorslopers'. Hogere schakelfrequenties (20 kHz) veroorzaken meer lagerproblemen dan langzamer (5 kHz) ingestelde aandrijvingen, maar er is geen duidelijke lijn waarboven problemen te verwachten zijn.

De VFD werkt door wisselstroom gelijk te richten tot gelijkstroom en de gelijkstroom af te kappen in positieve en negatieve impulsen teneinde een sinusvormige wisselstroom te simuleren. Variëren van de breedte van de gelijkstroomimpulsen simuleert een variabele sinusvormige wisselstroom en verandert de frequentie, waardoor het motortoerental wordt gewijzigd. Een van de problemen die zich daarbij voordoen is de common-mode- of in-fasespanning. Als een driefasenmotor draait op basis van een zuivere sinusvorm was de common-modespanning altijd nul (figuur 4). Maar met de VFD bestaat dat evenwicht niet langer. Gelijkspanning is ofwel positief of negatief, dus op enig moment in de tijd zijn de drie fasen ofwel $++-$ of $+-$. Common-modespanning is in wezen lijnspanning. Asstromen werden een groot probleem voor motoren die werkten op basis van een VFD, zelfs voor motoren die veel kleiner waren dan waarbij voordien de problemen voorkwamen.



Figuur 4. De drie fasen zijn onderling 120 graden verschoven; trek op een willekeurig punt in de grafiek een verticale lijn (dat is een moment in de tijd). Tel de spanningen bij elkaar op (boven de horizontale as is positief, onder de horizontale as is negatief) en de common-modespanning is altijd nul.

Andere factoren

Ooit, toen de meeste machines werden aangedreven door platte leren riemen, kon de opbouw van statische elektriciteit resulteren in elektrostatische ontladingen die de lagers konden beschadigen. Platte riemen komen bijna niet meer voor, maar statische wrijving is nog steeds een probleem voor riemen, papierrolwikkelaars en vergelijkbare toepassingen. Deze statische ontladingen zijn misschien wel de oorzaak geweest van het eerste gebruik van aardingsborstels op assen.

Capacitieve koppeling tussen het roterende veld in de stator en de draaiende inductierotor leek ook asstromen te veroorzaken. Het isoleren van één lager was geen remedie omdat het probleem niet langer een circulerende stroom was. Als beide lagers worden geïsoleerd, werkt de isolatie als een capacitantie. De geïnduceerde spanning zou zich kunnen blijven opbouwen, mogelijk tot gevaarlijke hoogten, totdat de 'condensator' zich via de isolatie ontlaaft. In bepaalde toepassingen, bijvoorbeeld op gevaarlijke locaties, zou de capacitieve ontlading een ontstekingsbron kunnen worden.

Dankzij gesprekken met ingenieurs van verschillende fabrikanten hebben we inmiddels een beter beeld van de oorzaken van asstromen en de oplossingen ervoor.

Hoe hoger de schakelfrequentie van de PWM-aandrijving, des te waarschijnlijker zal er schade aan lagers ontstaan door asstromen. Gemeenschappelijke aarding van de motor en de aandrijving is cruciaal. Zelfs als een motor en het aandrijvingshuis elk volgens elektrotechnische normen worden geaard, is het mogelijk tot wel ca. 30 volt potentiaal te meten tussen de twee verbindingen met aarde. De oplossing is een speciale gemeenschappelijke aarde van de motor naar de aandrijving. Er dient gebruik te worden gemaakt van geslagen aardingskabel; huideffect is een factor. (Stroom verplaatst zich over het oppervlak van de geleider, dus de weerstand-spanningsstroming wordt beïnvloed door het oppervlakgebied van de geleider. Geslagen kabel heeft meer oppervlakgebied dan een massieve geleider.)

Omvang van de spanning

Vergelijk de eerder genoemde relatief lage voltages eens hiermee: technische verhandelingen over het onderwerp doen melding van met VFD verband houdende asspanningen van 25 volt. De afdeling Technische Ondersteuning van EASA beschikt over betrouwbare meldingen van asspanningen van meer dan 40 volt als gereviseerde ankers of rotors terugkwamen met een combinatie van doorloopbouten en scheve spleten.

Het is algemeen bekend dat we de asspanning kunnen meten, terwijl het de stroom is die gevaarlijk is. Asspanning kan worden gemeten tussen de uiteinden van de motoras. Asspanning kan ook worden gemeten tussen de lagerconsole en de as. Gebruik een aan de geleider bevestigde messing of koperen borstel die in contact is met de as. Daardoor worden verkeerde uitlezingen die het gevolg kunnen zijn van de wrijving tussen de testgeleider en de as tot een minimum beperkt.

Een ouderwetse techniek bestaat in het gebruik van een stuk laskabel dat aan beide kanten de as raakt. Observeer het contactgebied en kijk of er vonkontladingen zijn en gebruik een opklembare ampèremeter om te controleren op stroom. Het probleem is dat een deel van de stroom nog steeds door het lager loopt, dus de laskabel is – in het gunstigste geval – een parallelle baan. Op basis van deze eenvoudige test kunnen we niet zeggen hoeveel stroom er nog steeds door het lager loopt, maar als de afgeleide stroom voldoende is om een vonk te slaan als de geleider de as raakt, is dat meer dan voldoende stroom om een lager te beschadigen.

Hoeveel stroom een lager zal beschadigen en hoeveel van de stroom nog steeds door het lager stroomt en niet door de laskabel, zijn zaken waarnaar we alleen maar kunnen gissen. Zo ongeveer de enige manier om de werkelijke asstroom te meten is het plaatsen van een stroomtransformator (ST) of ampèremeter rondom de as tussen de lagers. Dat is zelden uitvoerbaar.

Conclusie

Het is duidelijk dat er twee mechanismen zijn voor asspanningen: circulerende stroom, die kan worden onderbroken door een lager te isoleren, en capacatieve koppeling, waarbij isolatie van beide lagers is vereist plus het gebruik van een aardingsborstel. Het is ook belangrijk voor een gemeenschappelijke aarde te zorgen tussen de motor en het aandrijvingshuis.

Lagers raken snel beschadigd, zelfs als er een zeer lage stroom doorheen loopt. En met de toenemende verspreiding van VFD's kunnen aardingsproblemen bij de ene motor asstromen veroorzaken in andere apparatuur in de buurt.

Totdat er een betere oplossing wordt ontwikkeld, zullen motoren die draaien op basis van VFD's voordeel hebben bij het isoleren van beide lagerhuizen en het installeren van een aardingsborstel op de as.

Colofon

Opdrachtgever

Vakgroep Elektromechanisch Onderhoud, UNETO-VNI

Contactpersoon

Terry Heemskerk

Auteur(s)

Chuck Yung, specialist technische ondersteuning - EASA

www.uneto-vni.nl