

Elektriska lagerskador, EDM, och hur de kontrolleras

Introduktion till PPS, V/ μ s och PC-Beppe

Av Gunnar Englund, GKE Elektronik AB, Granbergsdal

PRELIMINÄR, UNDER ARBETE, ENDAST FÖR KÄNNEDOM

Ett gammalt problem..

Elektriskt orsakade lagerskador i elektriska motorer är inget nytt problem. De har funnits så länge som det funnits elektriska motorer. Ursprungligen handlade det om tillverkningstoleranser, magnetmaterial med mindre goda egenskaper och ibland rena haverier som ledde till att även lagren skadades.

..som man trodde var bekämpat – men dyker upp igen

Problemen med tillverkningstoleranser och material är numera övervunna. Haverier som leder till lagerskador inträffar fortfarande, men i det stora hela borde elektrisk erosion i lager inte vara något problem längre. Och ändå börjar det vara ett av de dominerande problemen med variabla drifter – både sådana som använder frekvensomriktare med synkronmotorer och sådana som använder likströmsmotorer med thyristorströmriktare eller så kallade choppers. Det största problemet är PWM och asynkronmotorer.

Nya tekniker – nya problem

Orsakerna till problemen är numera ganska välkända. I AC-fallet handlar det om inducerad axelspänning (större maskiner, axelhöjd >270 är en vanligt förekommande gräns), kapacitivt kopplad rotorspänning och flytande last (mindre maskiner, fläktar, maskiner med drivremmar etc) samt spänningsfall i jordledare och avledning genom lager till jordad axel (stomspänning, alla storlekar). Tidigare ansågs det att problemen endast fanns vid axelhöjder över ca 270 mm, men erfarenheter från fläktinstallationer i effektområdet 1 – 22 kW visar att även de är utsatta för EDM – och i ganska stor omfattning. Skadorna utvecklas inte lika snabbt som i de större maskinerna. Det kan ta mellan ett och två år i en typisk fläktinstallation medan katastrofala skador kan uppstå redan efter ett par månaders drift av matarvattenpumpar och rökgasfläktar i 500 – 1500 kW storleksordning.

Det är egentligen endast en typ av omriktare som inte ger de här problemen. Det är en svensk konstruktion med ren sinusspänning till motorn och som i skrivande stund tillverkas i effekter upp till 22 kW, perfekt för HVAC etc, men som vi hoppas och tror kommer att kunna levereras i högre effekter och för högre spänningar inom en inte alltför avlägsen framtid.

Motmedel finns – men hur vet man att de behövs?

Motmedel i form av common-modefilter, sinusfilter, du/dt-filter, isolerade lager och isolerad inbyggnad, jordningsborstar och kolfiberringar finns i mer eller mindre standardiserat utförande. En del är billiga och enkla att applicera. En del kräver större insatser både finansiellt och montagemässigt. Och de flesta kräver tillsyn/underhåll. Allt detta är oönskade kostnader och komplikationer som oftast är helt onödigt att genomföra. I praktiken visar det sig att kanske fem till tio procent av alla installationer är utsatta för EDM¹ och att då "hänga på" extra utrustning som kräver kontroll och underhåll är inte ekonomiskt försvarbart. Hur vet man då vilka drifter som behöver de extra skyddsåtgärderna och hur vet man vilka som inte behöver dem?

Svaret har hittills varit "Det vet man inte"

GKE Elektronik AB har arbetat med de här problemen i mer än tio år. Det har så småningom lett till bra insikter i problemens natur och hur man diagnosticerar dem. En omfattande enkät med europeiska pappersbruk år 1996 visade att problemen redan då hade börjat göra sig gällande. Tidig kontakt med underhållsavdelningar på pappersbruk, stålverk, kraftvärmeverk och fordonstillverkare har gett ett brett erfarenhetsunderlag som så småningom resulterade i en mätutrustning som identifierade och klassificerade elektriska genomslag i lager. Enheten PPS (Pulser Per Sekund) kom att bli ett lätthanterligt begrepp för elektrisk aktivitet i lagren. Energin i varje genomslag i oljefilmen visade sig vara proportionell mot spänningsderivatan i genomslaget ($V/\mu s$) och nivåerna 50, 100 och 200 $V/\mu s$ blev mer eller mindre en lokal standard för lätt, medelsvår och svår EDM. Men detta var saker som GKE Elektronik var mer eller mindre ensamma om. Några bruk, verkstäder och konsulter började använda tekniken i mindre skala. GKE anlätades också av både ABB och Siemens för kontroll av speciella drifter, men i det stora hela gällde rubrikens "Det vet man inte". En ganska vanlig situation var (och är fortfarande) att man tog i drift system utan några åtgärder mot lagerskador för att efter några månader och upp till ett par år konstatera att lagren hade havererat oväntat tidigt. Vid kontroll med tidiga Beppe-varianter visade det sig i samtliga fall att det förekom EDM i lagren. En enkel EDM-mätning omedelbart efter idrifttagningen hade i samtliga fall lett till att kompletterande skydd monterats och att kostsamma reparationer och stillestånd efter kort tids drift hade kunnat undvikas.

Numera kan man veta

I och med att PC-Beppe² är tillgänglig kan man numera veta i förväg om en maskin kommer att få problem med elektriska lagerskador eller ej. Om mätning visar att EDM över huvud taget inte

¹ EDM = Electric Discharge Machining. Detsamma som gnisterosion dvs lagerförstöring på grund av elektriska urladdningar mellan rullelement och lagerbanor.

² Beppe är namnet på den mätutrustning som används. Det kommer från "Bearing Predictor" som anger att man med mätning av elektrisk aktivitet i lagret kan förutsäga om lagret kommer att skadas av EDM. "Bearing Predictor" förkortades BP, vilket kom att uttalas Beppe. Resten är, som det heter, historia. PC-Beppe skiljer sig

förekommer (eller förekommer i storleksordningen några tusen PPS vid 50 V/ μ s, men inte vid 100 V/ μ s) så kan man lugnt köra vidare utan åtgärder. Om man däremot hittar tusentals PPS vid 200 V/ μ s så är det klokt att snarast se till att sätta in jordningsborstar, kolfiberringar eller filter. Det är sedan mycket enkelt att göra en ny mätning med PC-Beppe för att säkerställa att nivån sjunkit till acceptabla värden. Ofta visar det sig då att man har mindre än några hundra PPS vid 50 V/ μ s och noll vid högre energinivåer, det vill säga en drift som inte kommer att få några elektriskt orsakade lagerhaverier inom lagrens mekaniska livslängd. Vissa motmedel, speciellt jordningsborstar, kan ge problem över tiden. De kan nötas ner, även om de vanligen nöts långsammare än kolborstar i likströmsmaskiner. Kolfiberringar sägs ha "livstids garanti" – frågan är hur lång livstiden är. I vissa miljöer bildas också ett isolerande skikt på axeln så att jordningsborsten glider ovanpå detta skikt och inte längre är effektiv. Genom att göra en kontroll med PC-Beppe en eller ett par gånger/år kan tendenser till försämrat skydd (PPS ökar) fångas upp och korrigeras.

Liten ordlista

EDM Electric Discharge Machining (gnistbearbetning). Beskriver vad som händer i ett lagers metallytor när rotorkapacitansen laddas ur genom lagret. Varje urladdning ger upphov till en liten (0,5 – 2 μ m) krater. Den avhårdar också bärytorna så att de mjuknar och så småningom ger upp hov till det typiska tvättbrädesmönster man ser i lager med EDM-skador.

Fluting Det tvättbrädesmönster man ser i EDM-skadade lager. I grunden samma typ av mekanism som orsakar tvättbrädesmönster på grusvägar. Det vill säga löst underlag och studsande rullande element. Bilhjul på vägen, kulor eller rullar i lagret.

PPS Pulser Per Sekund. Den ena parametern när det gäller att avgöra risken för framtida EDM i ett lager. Den andra parametern är V/ μ s, som anger genomslagets "häftighet". Genom att mäta PPS vid tre olika nivåer (50, 100 och 200 V/ μ s) kan man få en bra bild av risk för EDM-skada.

V/ μ s Volt per mikrosekund. Elektriska genomslag i lager sker på mycket kort tid. Det är sällan som genomslaget tar mer än 50 nanosekunder (0,05 μ s). Vanligen hittar man tider mellan 20 och 40 ns. En typisk genomslagsnivå där skador uppstår är 10 volt. Det innebär att spänningen bryter samman från 10 V till 0 V på mindre än en tjugondels mikrosekund – eller i siffror: 10*20 V/ μ s – dvs 200 V/ μ s. Aktivitet med lägre spänningsderivata är i allmänhet ofarlig för lagret. Men om man hittar tusentals PPS vid 100 V/ μ s är det förstås inte bra. Nivån 50 V/ μ s används för att kontrollera att jordningsborstar och kolfiberringar fungerar som de ska. En korrekt vald och monterad kolborste ska inte tillåta mer än något hundratal PPS vid 50 V/ μ s.

Rotorspänning Uppstår på flera olika sätt. De två dominerande typerna är kapacitivt kopplad och induktivt kopplad. Induktivt kopplad i större maskiner och kapacitivt kopplad i mindre maskiner med flytande (ojordad) last. Direktdrivna och remdrivna fläktar är den största

från Beppe Original och "Lill-Beppe" genom att den har USB-anslutning till PC så att mätvärden som samlats in under en mättrunda kan föras över till PC.

Stomspänning Uppstår till följd av lång skyddsledare (PE) med åtföljande hög impedans. Läckströmmar från motorns statorlindning via kapacitans till motorhöljet ger upphov till högfrekvent spänning på höljet (motorn kan kännas "kall-het" när man nuddar den med handen). Denna spänning söker sig till jord på alla sätt. Om då motoraxeln är jordad via driven maskin går ofta en del av strömmen via lagret ut i axeln till jord.

Jordningsborste "Borste" dvs elektriskt ledande kol som löper direkt mot motoraxeln eller mot bronsring på axeln och ser till att hålla rotorpotentialen nära jordpotential. Effektivt skydd mot EDM, men behöver tillsyn och visst underhåll.

Kolfiberring En utvecklad variant av jordningsborste som är uppbyggd av ett stort antal kolfibrer i en rund aluminiumbehållare. Fibrerna är monterade så att de omsluter och kontakter motoraxeln. Genom att ringen monteras i kontakt med motorhöljet hålls rotorn på eller nära jordpotential. Reducerar rotorspänningen så att den faller under genomslagsspänningen och därmed eliminerar risken för EDM.

AEGIS Typ av kolfiberring. Ökad användning under de senaste åren.

Mercotac Jordningsdon för motorer. En liten "släpring" som är mycket effektiv, men tyvärr innehåller kvicksilver och därför endast undantagsvis (om ens någonsin) användbar.

DGBB Vanlig kullagertyp. Deep Groove Ball Bearing dvs spårkullager.

NFO Sinus Omriktartyp med ren sinusspänning till motorn och som inte ger några problem med EDM. Tillverkaren lämnar fem års garanti på att omriktaren inte skadar lagren i motorn.

DTC Direct Torque Control. En motorstyrningsprincip som skiljer något från ren PWM (har exempelvis ingen karakteristisk switchfrekvens) men som har alla PWM-teknikens nackdelar i form av EMI, EDM, läckströmmar etcetera.