

2002:E011



HÖGSKOLAN
TROLLHÄTTAN · UDDEVALLA
INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK

EXAMENSARBETE

**Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar
vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar
vid SCA Hygiene Products-Edet bruk.**

Jan Hvalgren

2002-05-31

Högskolan Trollhättan/Uddevalla
Institutionen för Teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99
E-post: teknik@htu.se

EXAMENSARBETE

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar på SCA Hygiene Products-Edet bruk.

Sammanfattning

När lager i en elmotor utsätts för strömgenomgång, förkortas lagrets normala livslängd. Detta leder till ökade underhållskostnader och kan i värsta fall utmynna i driftstopp och motorbyte. Om man konstaterar att man har strömgenomflutna lager, och att det finns risk för att lagerskador kan uppstå, måste man vidta lämpliga åtgärder.

Rapporten tar upp och redovisar åtgärder som syftar till att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter. Åtgärderna som redovisas syftar till att minska spänningen över motorlagren till värden som inte leder till strömpulser, eller att dämpa strömpulserna till nivåer som inte har någon negativ inverkan på lagrets livslängd.

Lagerströmmar är i princip omöjliga att mäta på en standard motor, men man kan få en indikation på om ett lager löper potentiell risk att utsättas för strömgenomgång genom att mäta ström/spänningen genom och över vissa delar i elmotorn. T.ex. strömmen genom maskinaxeln och spänningen mellan motorhölje och axel. Rapporten tar upp och redovisar lämpliga mätmetoder man kan använda sig av för att konstatera huruvida man har problem med strömgenomflutna lager eller inte.

På SCA Hygiene Products-Edet bruk har mätningar enl. ovan aldrig gjorts och för att få en indikation på om det finns risk för att lagerskador kan uppstå p.g.a. elektrisk ström, vill man utföra mätningar vid vissa maskiner där man misstänker att problemet kan finnas. Rapporten redovisar resultaten av ovan nämnda mätningar av lagerströmmar genomförda på SCA Hygiene Products-Edet bruk, våren 2002.

Nyckelord: Lagerström, lagerströmmar, Rogowskispole, isolerat lager, du/dt filter, common mode filter.

Utgivare: Högskolan Trollhättan/Uddevalla, Institutionen för Teknik
Box 957, 461 29 Trollhättan
Tel: 0520-47 50 00 Fax: 0520-47 50 99 E-post: teknik@htu.se

Författare: Jan Hvalgren

Examinator: Lars Holmblad

Handledare: Lars-Göran Andersson/Magnus Sultan. SCA Hygiene Products-Edet bruk.

Poäng: 10 **Nivå:** C

Huvudämne: Elektroteknik **Inriktning:** Elenergisystem

Språk: Svenska **Nummer:** 2002:E011 **Datum:** 2002-05-31

DISSERTATION

Actions to eliminate/minimise bearing currents in electrical drive systems and measurements of bearing currents at SCA Hygiene Products-Edet mill.

Summary

Currents that flow through motor bearings shorten the expected bearing life. This leads to increased maintenance costs and eventually to breakdown and engine change. If bearing currents are suspected, appropriate actions must be taken to assure that no harm comes to the bearings. The report presents actions to eliminate/minimise bearing currents in electrical drive systems. The actions presented aim to decrease the bearing voltage to values that do not induce bearing current pulses at all, or damp the values of the pulses to a level that has no effect on bearing life.

It is almost impossible to measure bearing currents directly from a standard motor, but if bearing currents are suspected, field measurements (e.g. voltage measurement between the motor shaft and the motor frame or various current measurements) can be taken in order to investigate if the bearings are exposed to ditto currents. The report presents proper measurement techniques to be used in order to determine whether or not harmful bearing currents flow through the motor bearings.

Measurements as above has never been effectuated at SCA Hygiene Products-Edet mill, so in order to establish whether or not bearing currents is a problem for Edet mill, the company wishes to perform proper measurements on some of their electric motors. The report states the results from those measurements, performed at SCA Hygiene Products-Edet mill in the spring of 2002.

Keywords: Bearing current, bearing currents, Rogowski transducer, isolated bearing, du/dt filter, common mode filter

Publisher: University of Trollhättan/Uddevalla, Department of Technology
Box 957, S-461 29 Trollhättan, SWEDEN
Phone: + 46 520 47 50 00 Fax: + 46 520 47 50 99 E-mail: teknik@htu.se

Author: Jan Hvalgren

Examiner: Lars Holmblad

Advisor: Lars-Göran Andersson/Magnus Sultan. SCA Hygiene Products-Edet mill.

Subject: Electrical Engineering, Electrical Energy Systems

Language: Swedish **Number:**2002:E011 **Date:**May 31, 2002

Förord

Examensarbetet Du nu håller i handen är den andra, och avslutande delen, i ett dokumentationsarbete rörande begreppet ”lagerströmmar”. Examensarbetet kompletterar mitt projektarbete, benämnt ”*Orsaker till lagerströmmar vid elmotordrifter*”, med förslag på åtgärder som syftar till att eliminera/minimera lagerströmmar samt visar hur mätningar av dito strömmar går till.

Den ursprungliga idén till examensarbetet kommer från Magnus Sultan, SCA Hygiene Products-Edet bruk och jag skulle vilja passa på att tacka honom, Lars-Göran Andersson samt alla andra personer på Edet bruk, som under examensarbetets gång, på något sätt varit mig behjälplig i mitt arbete. Ingen nämnd, ingen glömd.

Jag vill även tacka Sture Erixon, Bo Wärestam och Tuomo Hammar från ABB, Dan Edwardsson Gruvöns bruk, Magnus Eriksson Trinergi, Karin Nilsson SKF och Reidar Gustavsson Norbo Kraftteknik AB, för deras hjälp under arbetets gång.

SCA Hygiene Products-Edet bruk

2002-05-31

Janne Hvalgren

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Sammanfattning | i |
| Summary | ii |
| Förord | iii |
| Innehållsförteckning..... | iv |
| Ordförklaring | vi |
| 1 Inledning | 1 |
| 1.1 Bakgrund..... | 1 |
| 1.2 Problemformulering | 1 |
| 1.3 Syfte och mål..... | 1 |
| 1.4 Avgränsningar | 2 |
| 2 Åtgärder som syftar till att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter..... | 2 |
| 2.1 Korrekt installations- och jordningssystem..... | 3 |
| 2.1.1 Installationskabel | 3 |
| 2.1.2 Jordning/potentialutjämning | 4 |
| 2.2 Isolerat lager på icke drivsida..... | 4 |
| 2.3 Filter | 5 |
| 2.3.1 Enfas du/dt filter | 5 |
| 2.3.2 Common mode filter | 6 |
| 2.3.3 Sinusfilter..... | 6 |
| 3 Specifika åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar med avseende på strömkategori..... | 7 |
| 3.1 Cirkulerande strömmar | 7 |
| 3.1.1 Lågfrekventa cirkulerande strömmar | 7 |
| 3.1.2 Högfrekventa cirkulerande strömmar | 7 |
| 3.2 Axeljordade strömmar | 8 |
| 3.2.1 Lågfrekventa axeljordade strömmar | 8 |
| 3.2.2 Högfrekventa axeljordade strömmar..... | 9 |
| 3.3 Kapacitiv urladdning Axel – Motorhölje..... | 9 |
| 4 Rekommendationer med avseende på installationer..... | 10 |
| 5 Mätning av lagerströmmar | 11 |
| 5.1 Rogowskispole | 12 |
| 5.2 Mätning av ström..... | 12 |
| 5.3 Mätning av spänning | 16 |
| 5.4 Mätning på växelströmsmotorer..... | 17 |
| 5.5 Mätning på likströmsmotorer | 17 |
| 6 Mätning av lagerströmmar vid SCA Hygiene Products-Edet bruk. | 18 |
| 6.1 Mätobjekt:..... | 18 |
| 6.1.1 Konvertering 5 | 18 |
| 6.1.2 PM 8, Värmeåtervinning..... | 18 |
| 6.2 Mätutrustning | 20 |
| 6.3 Tillvägagångssätt och genomförande..... | 20 |

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 6.4 Mätresultat..... | 21 |
| 7 Analys av mätresultat..... | 21 |
| 7.1 Värmeåtervinningen PM 8..... | 21 |
| 7.2 Konvertering 5..... | 22 |
| 8 Slutsatser | 23 |
| 9 Referensförteckning | 24 |

Bilaga A Mätresultat Konvertering 5

Bilaga B Mätresultat Värmeåtervinningen PM 8

Ordförklaring

| | |
|-------------------|--|
| Common mode ström | En trefas perfekt sinusformad nätspänning är symmetrisk. Det vill säga, vektorsumman av de ingående fasspänningarna är noll. Detta innebär att nollpunkten i statorlindningarna i en motor antar en spänningsnivå som är noll volt. När en frekvensomriktare används och en likspänning omvandlas till en trefasspänning blir, på grund av frekvensomriktarens arbetssätt summan av fasspänningarna inte noll. Denna resulterande spänning är vad man kallar en "common mode" spänning. Varje gång frekvensomriktaren switchar ändras spänningsnivån och en ström, storleksmässigt proportionellt mot "common mode" spänningen, flyter till jord via kapacitiva kopplingar i ingående komponenter. Den här typen av ström benämns "common mode" ström. |
| HF-filter | Filter vars uppgift är att dämpa/eliminera de högfrekventa strömmarna. |
| Isolerat lager | Kullager som har ett speciellt elektriskt isolerande skikt (T.ex. aluminiumoxid) vilket står emot mycket höga spänningar. En annan form av isolerande lager är ett s.k. "hybrid lager" vilket är ett lager som har isolerande kulor i keramiskt utförande istället för att ha ett isolerande skikt. |
| Ferritringar | Stördämpande ringar som de elektriska ledarna träs igenom. Ferritkomponentens impedans ändras med frekvensen. DC och lågfrekvent ström följer strömbanan utan att dämpas på vägen. Högfrekvent energi kopplas däremot med ferritkomponenten och en impedans byggs upp som är induktiv och resistiv inom mellanfrekvensområdet och övergår till att bli resistiv inom högfrekvensområdet. |

1 Inledning

1.1 Bakgrund

När lager i en elmotor utsätts för strömgenomgång, förkortas lagrets normala livslängd. Detta leder till ökade underhållskostnader och kan i värsta fall utmynna i driftstopp och motorbyte. Lagerströmsproblemet har historiskt sett varit begränsat till stora motorer med lågt poltal. Men i och med det ökade användandet av varvtalsreglerade drivsystem har antalet identifierade lagerhaverier dramatiskt ökat.

1.2 Problemformulering

För att säkert kunna uttala sig om konditionen på lagren i en elmotor, måste lagren kontrolleras med hjälp av vibrationskänsliga mätinstrument. Resultatet från sådana mätningar talar bara om huruvida lagren är skadade eller inte, och inte vad som har orsakat skadorna. Lagerströmmar är i princip omöjliga att mäta på en standard motor, men man kan få en indikation på om ett lager löper potentiell risk att utsättas för strömgenomgång genom att mäta ström/spänningen genom och över vissa delar i elmotorn. T.ex. strömmen genom maskinaxeln och spänningen mellan motorhölje och axel.

Om det vid ovan mätningar visar sig att man har lagerströmsproblem, måste lämpliga åtgärder vidtagas.

1.3 Syfte och mål

Syftet är att ta fram och redovisa åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt att undersöka om Edet bruk har problem med strömgenomflutna lager i ett antal motorer:

- Fem motorer vid värmeåtervinningen PM 8.
- Huvuddrift rullmaskin Sincro, K5
- Huvuddrift rullmaskin Roudomat 343, K5
- Klingrörelse kapverk PC 8, K5

Målet är att:

- på ett adekvat sätt presentera de kända åtgärder som man idag använder sig av för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter
- mäta lagerströmshalten på ovan nämnda motorer vid SCA Hygiene Products-Edet bruk och att föreslå lämpliga åtgärder för att eliminera/minimera eventuellt uppmätta/påträffade lagerströmmar i dito motorer

1.4 Avgränsningar

I mitt projektarbete [1] konstaterade jag att det finns tre huvudkategorier av lagerströmmar: Cirkulerande strömmar, axeljordade strömmar och kapacitiva urladdningsströmmar. Följaktligen kommer de åtgärder som här presenteras och som syftar till att eliminera/minimera lagerströmmar att koncentreras till dessa tre kategorier.

Rapporten kommer enbart att ta upp och exemplifiera de kända åtgärder som man idag använder sig av för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter och mätningar kommer enbart att utföras på de, under ”Syfte och Mål” angivna motorerna. De åtgärder som föreslås för att eliminera/minimera eventuellt uppmätta/påträffade lagerströmmar i ovan nämnda motorer skall ses som just förslag och inte som definitiva lösningar.

2 Åtgärder som syftar till att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter

Det är framförallt i större motorer (axelhöjd IEC>315 mm) matade av frekvensomriktare som man hittar problemen med strömgenomflutna lager. Orsaken härtill är att man i större motorer får större asymmetri i magnetflödet och att frekvensomriktaren genererar högfrekventa strömmar, vilka i lagerströmssammanhang är de mest skadliga strömmarna. [1]

Problemet med lagerströmmar i kortslutna växelströmsmotorer (vilken är den i särklass vanligaste motorn inom industrin) som matas av frekvensomriktare är mycket komplext. Såväl frekvensstyrningen som motor, kabel, jordning och den drivna maskinen måste beaktas som ett system.

Det finns i huvudsak tre olika sätt att påverka lagerströmmar, så att de antingen elimineras helt, eller antar ”ofarliga” nivåer.

- Korrekt installations- och jordningssystem
- Montage av isolerat lager* på icke drivsida
- Användning av adekvata filter

Åtgärderna syftar till att minska spänningen över motorlagren till värden som inte leder till strömpulser, eller att dämpa strömpulserna till nivåer som inte har någon negativ inverkan på lagrets livslängd. [2]

* Se ordförklaring

2.1 Korrekt installations- och jordningssystem

2.1.1 Installationskabel

Det är givetvis viktigt att motorn installeras enligt tillverkarens specifikationer, men det är minst lika viktigt att man använder rätt installationskabel och jordar enligt gällande normer och föreskrifter.

Den kabeltyp som rekommenderas för att undvika lagerströmmar vid installationer av växelströmsmotorer är en symmetrisk, skärmad kabel, enligt bild 2.1. [2] [3] [4]

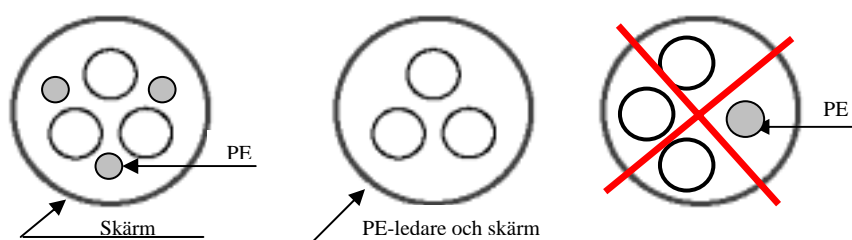


Bild 2-1. Visar två rekommenderade, symmetriska och skärmade installationskablar samt en icke rekommenderad, asymmetrisk, oskärmad kabel.

Använder man sig av en oskärmad asymmetrisk kabel, så kommer detta att orsaka en inducerad spänning p.g.a. asymmetrisk kapacitiv koppling i PE-ledaren i kabeln. [5] Detta leder till en potentialskillnad mellan statorhölje och den påkopplade lasten, och en spänning kommer att ligga över lagret. Använder man sig däremot av någon av de andra två kablarna i figuren, får man en kontrollerad högfrekvensström p.g.a. den låga induktansen i PE-ledaren samt en låg lågfrekvensinterferens (störning) p.g.a. symmetrin. [3] Detta minimerar risken för lagerströmsproblem.

Vid likströmsinstallationer är det, av symmetriskäl, viktigt att det går lika många plus- och minusledare i installationskabeln. [6]

Vid högfrekvent ström och frekvensomriktardrift är det viktigt att se till att den högfrekventa strömmens väg tillbaka till frekvensomriktaren karakteriseras av så låg impedans som möjligt. Detta görs lättast genom att man använder sig av en skärmad installationskabel där skärmen har en 360° anslutning i båda ändar. [2] (Se bild 2-2)

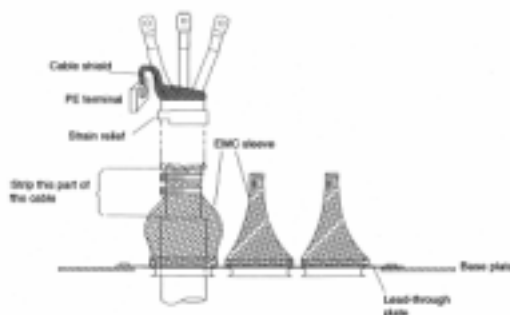


Bild 2-2. En korrekt 360° anslutning av motorkabeln. (Bild ABB)

2.1.2 Jordning/potentialutjämning

Orsaken till att lagerströmmar genereras och drivs fram är spänningar i maskinen som normalt inte skulle finnas.[1] Därför är det av största betydelse att jorda och potentialutjämna enligt gällande normer och regler. Ett korrekt jordningssystem är speciellt viktigt då man har att göra med högfrekventa strömmar. [2] Jordningen kan förbättras genom att man ansluter en flat kopparfläta 50-100 mm bred (vilken har en lägre induktans, jämfört med en rund), mellan installationen och jord. [2] Eventuellt kan det även vara nödvändigt att ansluta en kopparfläta mellan kopplingslådans nollskruv och motorhöljet, för att på så sätt försäkra sig om att motors jordning är fullgod. [4]

2.2 Isolerat lager på icke drivsida

Ett effektivt sätt att eliminera cirkulerande lagerström är att bryta den slutna krets där strömmen flyter. Detta kan göras genom att man installerar ett isolerat lager* på motors icke drivsida. Monteras det på drivsidan kommer lagerströmmen antingen att ta vägen genom det drivna objektet och fortsätta att cirkulera genom den icke drivande sidans lager (se bild 2-3) eller att sprida sig till den applikation som är ansluten till motoraxeln.

Vid frekvensomriktardrift där man har höga krav på varvtalsnoggrannhet och ansluter en pulsgivare till motors icke drivsida, måste man vara medveten om riskerna med avseende på lagerströmmar som detta kan medföra. Det hjälper inte med ett isolerat lager på icke drivsidan om man ger lagerströmmen möjlighet att ta vägen över pulsgivaren. Vid montage av pulsgivaren bör den därför isoleras från motorn, så att den cirkulerande lagerströmmen inte hittar en ny väg att ta.

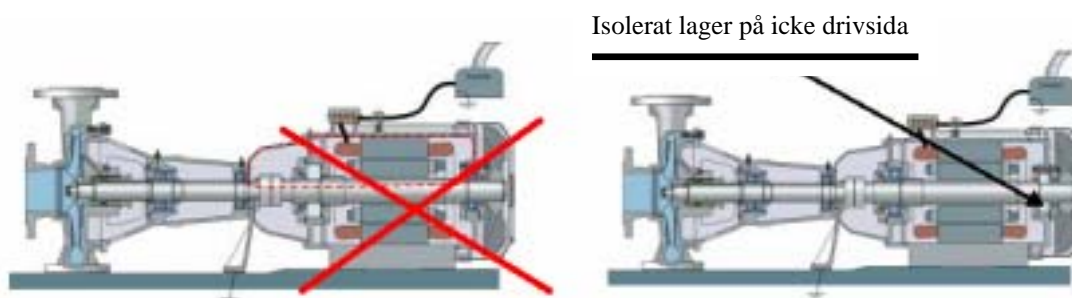


Bild 2-3 Det isolerade lagret skall monteras på motors icke drivande sida. (Bild SKF)

* Se ordförklaring

2.3 Filter

Filtrens uppgift är att dämpa de högfrekventa strömpulserna till nivåer som inte har någon negativ inverkan på lagrets livslängd.

2.3.1 Enfas du/dt filter

Det vanligaste sättet att varvtalsstyra en elmotor är genom en s.k. pulsbreddsmodulerande (PWM) frekvensomriktare.[1] Den kraftelektronik som används i dessa frekvensomriktare är av typen GTO- eller IGBT transistorer. Transistorerna ger spänningspulser med mycket branta flanker (hög du/dt), vilket ger höga spänningsspikar. (Se bild 2-4) Dessa spänningsspikar genererar en högfrekvent ström. För att reducera spänningsspikarna, och därmed den högfrekventa strömmen, kan man installera ett du/dt filter. Du/dt filtret har även en viss dämpande effekt på common mode strömmen*, som flyter till jord via kapacitiva kopplingar i ingående komponenter.

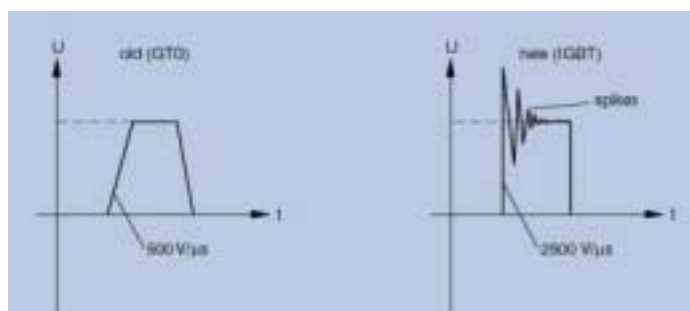


Bild 2-4 GTO transistorer och IGBT transistorer ger upphov till spänningsspikar och rippel av hög frekvens (Bild SKF)

Filtret monteras mellan frekvensomriktarens utgång och motorn och reducerar spänningens stigtid (du/dt) till värden under 500V/μs samt begränsar den maximala amplituden hos förekommande strömtransienter. [7] Du/dt-filter är konstruerade för en bestämd switchfrekvens hos omriktaren och den maximala switchfrekvensen är angiven i översikten för filter.

* Se ordförklaring



Bild 2-5 Bild på ferritringar (Bild ABB)



Bild 2-6 Visar ferritringar* som monterats på utgående motorkablar, för att reducera högfrekvent ström. (Bild ABB)



Bild 2-7 visar tydligt hur skärm och jord dras förbi på utsidan filtret. (Bild ABB)

2.3.2 Common mode filter

Common mode filter installeras med avsikt att dämpa de högfrekventa common mode strömmarna* till ofarliga nivåer, Den vanligaste typen av common mode filter är ferritringar*. (Se bild 2-5). Ferritringar* används som common mode filter för motorer med en axelhöjd > 400 mm, och kan användas tillsammans med du/dt filtret då du/dt filtrets common mode filtrering inte är tillräcklig. [3]

Ferritringarna* monteras på de utgående motorkablarna. Kabeln skalas upp och ledarna träs genom ferritringarna*. (Se bild 2-6 och bild 2-7) Jordledaren och skärmen skall inte gå genom ferritringarna* utan skall ledas förbi på utsidan av filtret.

2.3.3 Sinusfilter

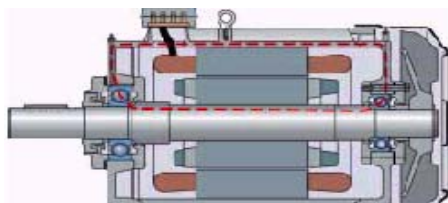
Sinusfilter ansluts mellan frekvensomriktarens utgång och motorn och monteras i direkt anslutning till frekvensomriktaren. Sinusfiltret ombesörjer att de fyrkantsformiga spänningspulserna omvandlas till sinusform och dessutom får man en signifikant reduktion av motorströmmens övertonshalt. Filtret reducerar spänningens stigtid du/dt och förhindrar transienter. Därtill kommer laddningsströmspikarna att minska då man har långa motorkablar. [7]

* Se ordförklaring

3 Specifika åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar med avseende på strömkategori.

Om man vid lagerströmsmätningar konstaterar att man har problem med strömgenomflutna lager måste lämpliga åtgärder vidtas. Steg ett är att försöka bestämma vilken typ av strömgenomgång som skett, och steg två därefter, är att angripa problemet, om möjligt vid källan.

3.1 Cirkulerande strömmar



**Bild 3-1. Cirkulerande ström i en elmotor
(Bild SKF)**

För att minimera/eliminera lagerströmmar orsakade av cirkulerande strömmar, (se bild 3-1) krävs [3][4]:

- Symmetriska motorkonstruktioner.
- Användandet av symmetrisk och skärmad kabel
- du/dt filter, sinusfilter (och ev. common mode filter)
- Installation av isolerat lager* på den icke drivande sidan i motorn.

3.1.1 Lågfrekventa cirkulerande strömmar

Lågfrekventa cirkulerande strömmar är idag inget större problem eftersom dagens elmotorer konstrueras så att axelspänningen till jord inte överstiger 1V (rms). [1] Motor-konstruktörerna har så att säga dragit lärdom av gamla misstag och lärt sig bygga bort de asymmetrier som är huvudorsak till denna typ av lagerström.

3.1.2 Högfrekventa cirkulerande strömmar

Merparten av de lagerhaverier som orsakas av elektrisk strömgenomgång, orsakas av högfrekventa cirkulerande strömmar (5 kHz-10 MHz) som induceras av de snabbt reagerande (100 ns) IGBT-halvledarkomponenterna som ingår i dagens frekvensomriktare. [5]

De medel som står till buds när det gäller att bekämpa lagerskador orsakade av högfrekventa cirkulerande strömmar är följande:

* Se ordförklaring

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

- Korrekt installation, med avseende på jordning och kabelförläggning,
- Installera du/dt filter, sinus filter och common mode filter för att dämpa de högfrekventa strömpulserna.
- Bryta den slutna krets där lagerströmmen flyter. D.v.s. Installera någon form av isolerande lager* på motorns icke drivande sida.

Från SKF:s sida säger man att en korrekt installerad motor med isolerat lager* på icke drivsidan, sällan har problem. [4]

3.2 Axeljordade strömmar

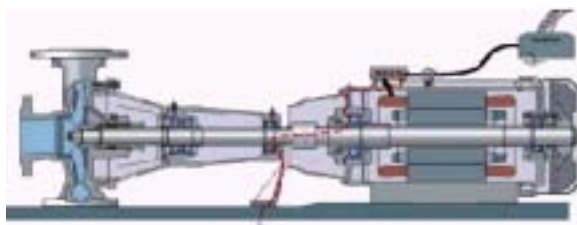


Bild 3-2 De axeljordade strömmarnas väg till jord (Bild SKF)

Jordning och potentialutjämning är honnörsord med avseende på att eliminera axeljordade strömmar. (De axeljordade strömmarnas väg till jord visas i bild 3-2) Tuomo Hammar ABB Finland, som är en av pionjärerna i ämnet ”lagerströmmar och frekvensomriktardrift”, säger att om man gjort en korrekt installation, d.v.s. använt sig av en skärmad, symmetrisk installationskabel och jordat enligt gällande regler och normer, är det inte troligt att man kommer att få några lagerströmsproblem p.g.a. axeljordade strömmar.

Tuomo säger vidare att axeljordade strömmar inte är något större problem i övriga Europa och att detta troligen hänger ihop med att man i övriga Europa under en längre tid potentialutjämnat i avsevärt större utsträckning än i Sverige.

3.2.1 Lågfrekventa axeljordade strömmar

Lagerhaverier som beror av lågfrekventa axeljordade strömmar går oftast att härleda till felaktig/dålig jordning av motorhöljet eller val av felaktig installationskabel. [4]

För att undvika att motoraxeln blir jordad via det drivna objektet kan man använda sig av en isolerad koppling mellan motor och den drivna maskinen. Alternativt se till att både motor och den drivna maskinen har samma (låga) potential, genom att ansluta en jordfläta mellan dem eller genom att placera både motor och den drivna maskinen på ett gemensamt betongfundament och en gemensam bottenplatta av stål.

* Se ordförklaring

3.2.2 Högfrekventa axeljordade strömmar

För att undvika högfrekventa axeljordade strömmar bör man alltid:

- Använda sig av skärmad, symmetrisk installationskabel samt göra en korrekt kabelförläggning
- Se till att motorn är ordentligt jordad. För att förbättra motorns jordning, kan man ansluta en jordfläta mellan jordpunkten i motorns kopplingslåda och en yttre anslutningspunkt på motorhöljet
- Se till att motorhöljet och den drivna maskinen har samma (låga) potential. T.ex. genom att placera både motor och den drivna maskinen på ett gemensamt betongfundament och en gemensam bottenplatta av stål, eller genom att ansluta en jordfläta mellan dem
- Använda en isolerande koppling mellan motorn och den drivna maskinen
- Använda sig av adekvata filter vid frekvensomriktarens utgång, för att dämpa de högfrekventa strömmarna. (du/dt filter, sinusfilter, common mode filter)

3.3 Kapacitiv urladdning Axel – Motorhölje

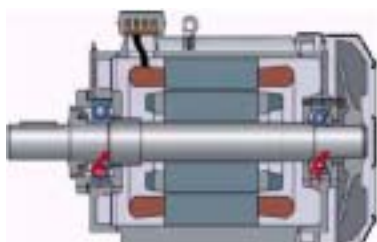


Bild 3-3 Kapacitiva urladdningsströmmar genom lagren i en elmotor (Bild SKF)

Eftersom orsaken till de kapacitiva urladdningsströmmarna (se bild 3-3) är spänningsskillnad mellan motoraxel och motorhölje är lösningen potentialutjämning mellan axel och hölje. Detta kan åstadkommas genom att man fäster en kopparfläta på motorhöljet och låter den släpa på motoraxeln (via en kolborste). Detta skall dock inte ses som någon slutlig lösning på problemet. Allt eftersom kolborsten åldras, kommer impedansen mellan axel och borste att öka. Till slut kommer impedansen att vara så hög att en spänningsskillnad mellan axel och hölje återigen är ett faktum, med lagerströmmar som följd. Istället måste man leta efter orsaken till potentialskillnaden mellan axel och hölje, och sätta in motåtgärder där.

För att minimera/eliminera lagerströmmar orsakade av kapacitiva urladdningsströmmar, krävs följande åtgärder:

- Enfasfilter du/dt, för att dämpa de högfrekventa strömmarna
- Jorda motoraxeln, genom att använda axeljordningsdon, ledande kilrep och remmar.
- Jorda rotorn (Ger samma effekt som vid jordning av motoraxeln)
- Använd isolerade lager*. När man har att göra med kapacitiva urladdningsströmmar finns det ingen strömkrets att bryta, och om man isolerar båda sidor, kan det finnas risk för att motorhöljet blir spänningsförande vid urladdningstillfället. För att minimera risken för personskador måste man då se till att motorhöljet är ordentligt jordat. [4]

4 Rekommendationer med avseende på installationer

Tuomo Hammar (ABB Finland), ger följande rekommendationer.

Vid nyinstallation:

- Om motors märkeffekt är större än 30 kW och installationskabelns dimension är större än 10mm² bör en symmetrisk, skärmad kabel användas.
- Om motorstorleken \geq IEC 315 (D.v.s. axelhöjd \geq 315 mm) och märkeffekt \geq 100 kW bör ett isolerat lager* på icke drivsidan installeras eller ett enfas du/dt filter användas.

Vid befintlig installation med avseende på cirkulerande ström

- Om man detekterar cirkulerande ström, bör man kontrollera eventuella pulsgivares montage på applikationen, eventuella befintliga HF-filter* och dess dimensionering, samt eventuellt isolerade lager* och dess kondition.
- Visar det sig att problemen kvarstår efter ovan kontroll kan, om det saknas, du/dt filter eller isolerat lager* på icke drivsidan vara lösningen på problemet.

Vid befintlig installation med avseende på axeljordad ström

- Kontrollera att jordningen följer gällande regler och normer samt att en symmetrisk, skärmad installationskabel använts.
- Kontrollera att motorhöljet och den drivna maskinen har samma (låga) potential

Om det visar det sig att problemen kvarstår, bör du/dt filter installeras på frekvensomriktarens utgång.

* Se ordförklaring

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

Tabell 1 visar rekommendationer som kan användas i förebyggande syfte, vid motorinstallationer. [3]

Tabell 1 Lathund vid motorinstallationer

| | <100kW | ≥ 100kW eller axelhöjd ≥ 315 mm | ≥ 350kW |
|-----------------|--|--|--|
| $U_N \leq 500V$ | Standard motor | Standard motor + isolerat lager på icke drivsida | Standard motor +isolerat lager på icke drivsida + common mode filter |
| $U_N \leq 600V$ | Standard motor +du/dt filter eller förstärkt isolation ¹ | Standard motor +du/dt filter eller förstärkt isolation ¹ +isolerat lager på icke drivsida | Standard motor +isolerat lager på icke drivsida + common mode filter +du/dt filter eller förstärkt isolation ¹ +isolerat lager på icke drivsida + common mode filter |
| $U_N \leq 690V$ | förstärkt isolation ¹ +du/dt filter | förstärkt isolation ¹ +du/dt filter | förstärkt isolation ¹ +isolerat lager på icke drivsida +du/dt filter +common mode filter |

¹ Denna "extraisolation" står motorkonstruktörerna för och innebär att man lägger in ett isolerande skikt runt lagerhuset i motorn.

5 Mätning av lagerströmmar

Att mäta är att veta, lyder ett klassiskt talesätt inom mättekniken. Detta gäller inte minst med avseende på lagerströmmar.

Lagerströmmar är i princip omöjliga att mäta på en standard motor, men man kan få en indikation på om ett lager löper potentiell risk att utsättas för strömgenomgång genom att mäta ström/spänningen genom och över vissa delar i elmotorn. T.ex. strömmen genom maskinaxeln och spänningen mellan motorhölje och axel.

I mitt projektarbete [1] skrev jag "eftersom det är lättare att mäta spänningen över ett lager än strömmen genom det, så använder man sig av spänningen som en indikator på om lagret genomflyts av ström vars storlek är så stor att lagerskador kan uppstå". Detta har visat sig vara en sanning med modifikation. Även om man inte kan mäta de verkliga strömmarna som flyter genom lagren, så kan man indirekt mäta dem. (Se kapitel 5.2)

5.1 Rogowskispole

Mätutrustningen som skall användas måste klara en stor bandbredd (10 kHz-2 MHz) samt klara av att mäta strömtoppar på 150 -200 A och rms-värden nedtill 10 mA.

Som mätinstrument används ett oscilloskop och som givare används en s.k. Rogowskispole. Rogowskispolen består av en spole sammanlänkad med en integrator genom en coaxialkabel. I lagerströmssammanhang är den ett ovärderligt hjälpmedel när det gäller att mäta högfrekventa cirkulerande och axeljordade strömmar. Detta beroende på spolens förmåga att mäta strömmar vid stor variation av frekvensen (stor bandbredd, 1Hz-10MHz). Den varken stör eller belastar det mätta objektet och tar ingen skada av överströmmar. För att uppnå en stor bandbredd som möjligt är det nödvändigt att använda en spole med låg induktans och för att minimera spolens kapacitans är det rekommenderat att man använder sig av en spole med en ledare som har en så liten diameter som möjligt. [8]

Vid mätning av likström måste spolen utrustas med ett s.k. Hallelement. Detta på grund av att spolen, i "normalutförande", endast fungerar som givare vid mätning av växel-flöden.

Integrator delen kan väljas antingen som passiv eller aktiv, eller som en kombination av båda. Enligt Sture Erixon på ABB spelar det ingen större roll vilken typ av integrator man använder sig av. Han säger att "har du problem med lagerströmmar märker du det, oavsett viken typ av integrator du använder". Han fortsätter "Det mest signifikanta är att Rogowskispolen har hög känslighet".

5.2 Mätning av ström

Genom att mäta strömmar med hjälp av en Rogowskispole kan man få en indikation på om man har lagerströmsproblem eller inte. I "Instructions for measuring bearing currents with a Rogowsky coil" [10] ges en utförlig beskrivning av tillvägagångssättet vid lagerströmsmätning med hjälp av en Rogowski spole.

Bild 5-1 visar olika mätpunkter som kan vara lämpliga att mäta vid med avseende på högfrekventa lagerströmmar. [9]

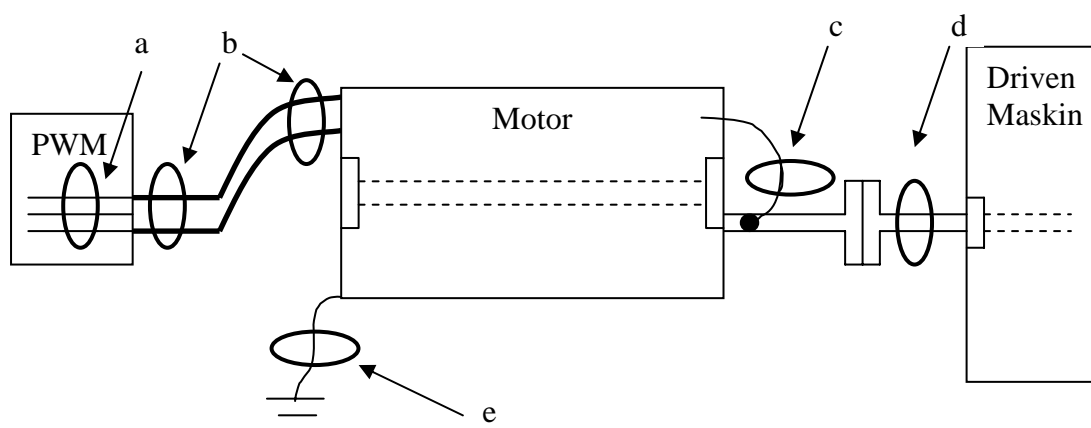


Bild 5-1 Mätpunkter i ett drivsystem med frekvensomriktare.

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

- a) Genom att lägga Rogowskispolen runt alla tre faserna i frekvensomriktarens kopplingslåda kan man mäta den totala högfrekvensströmmen i systemet. Detta kan vara ett hjälpmedel för att undersöka om installerade filter har avsedd verkan.
- b) Här mäter man summaströmmen. Är den noll finns ingen axeljordad ström och installationen är riktigt utförd. Bild 5-2 visar summaströmmen i de tre faserna vid frekvensomriktardrift och lagerströmsproblem, och bild 5-3 visar samma summaström efter åtgärd. (Sture Erixon på ABB säger att i praktiken är strömmen aldrig riktigt noll, utan lite "läckage" genom strökapacitanserna har man alltid)
- c) För att kunna mäta cirkulerande högfrekvent ström inuti motorn, kortsluter man lagret genom att låta en kolborste, (tillverkad av 90% silvergrafit för att hålla spänningsfallet så lågt som möjligt) ansluten till en kopparfläta, släpa mot motoraxelns drivända. Kopparflätans andra ände ansluts till motorhöljet. Med hjälp av Rogowskispolen kan man sedan fastställa strömmen som flyter genom kopparflätan. Bild 5-6 visar hur kurvformen för cirkulerande lagerström kan se ut.
- d) Genom motoraxeln skall det givetvis inte gå någon ström. Bild 5-4 visar uppmätt lagerström som går i motoraxeln och bild 5-5 visar samma motoraxel efter åtgärd.
- e) Summan av strömmen genom jord skall vara lika stor som den uppmätt vid b) (minus eventuell ström vid d))



Bild 5-2 Visar summaströmmen i de tre faserna vid frekvensomriktardrift och lagerströmsproblem. Mätning enligt metod b) ovan (Bild ABB)

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

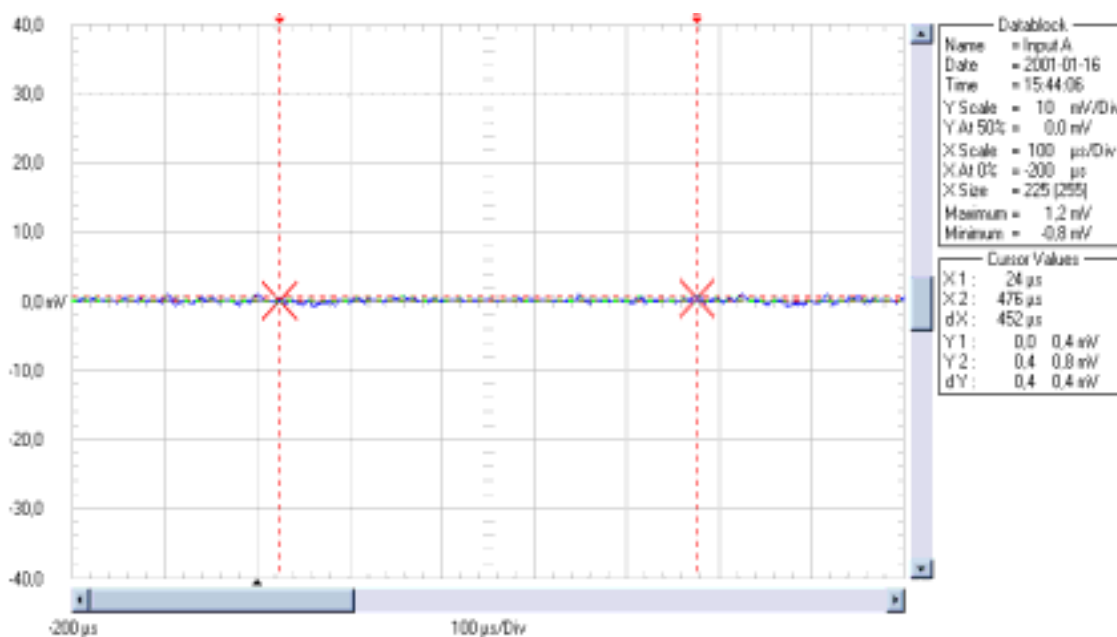


Bild 5-3 Visar summaströmmen i de tre faserna vid frekvensomriktardrift efter åtgärd. Mätning enligt metod b) ovan (Bild ABB)

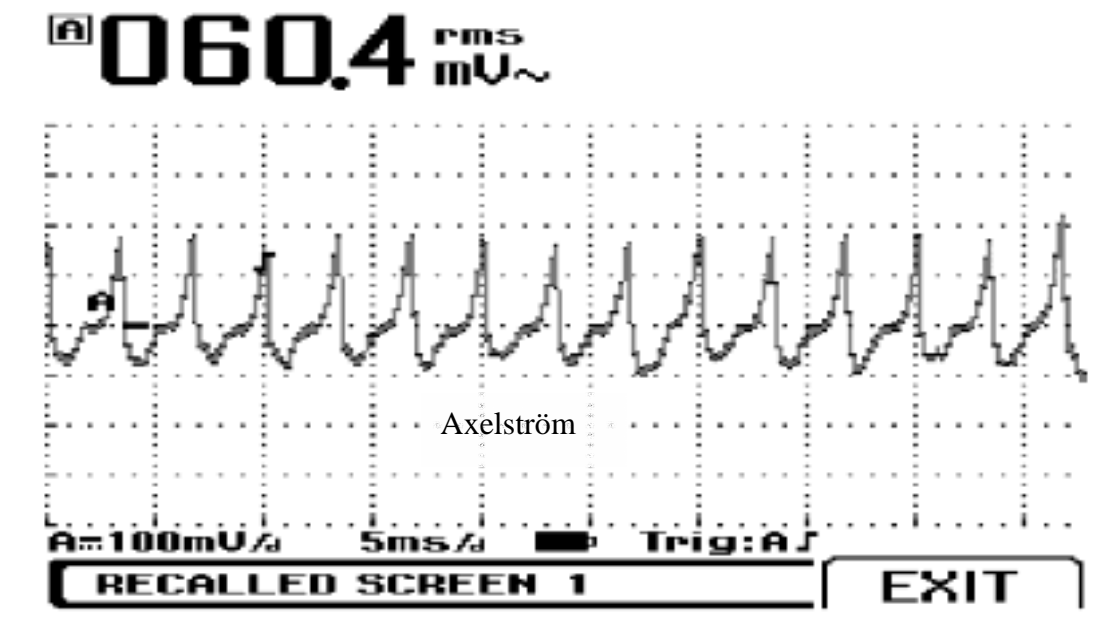


Bild 5-4 Visar lagerström som går genom motoraxeln vid mätning enligt d) ovan (Bild ABB)

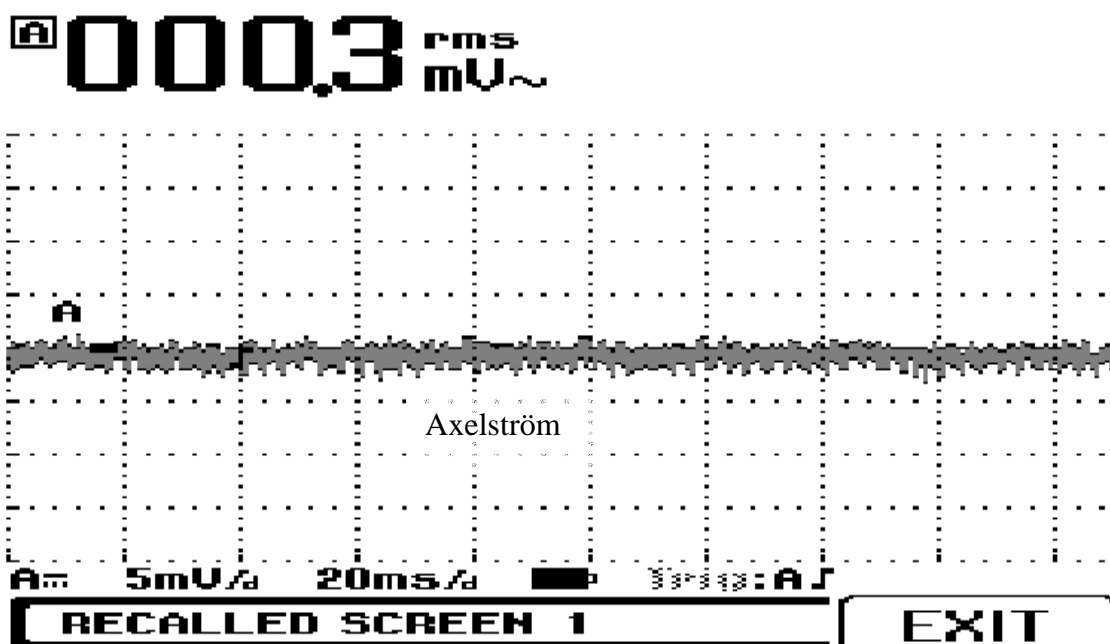


Bild 5-5 Visar mätning av axelström gjord efter korrekt jordning och installation (Bild ABB)

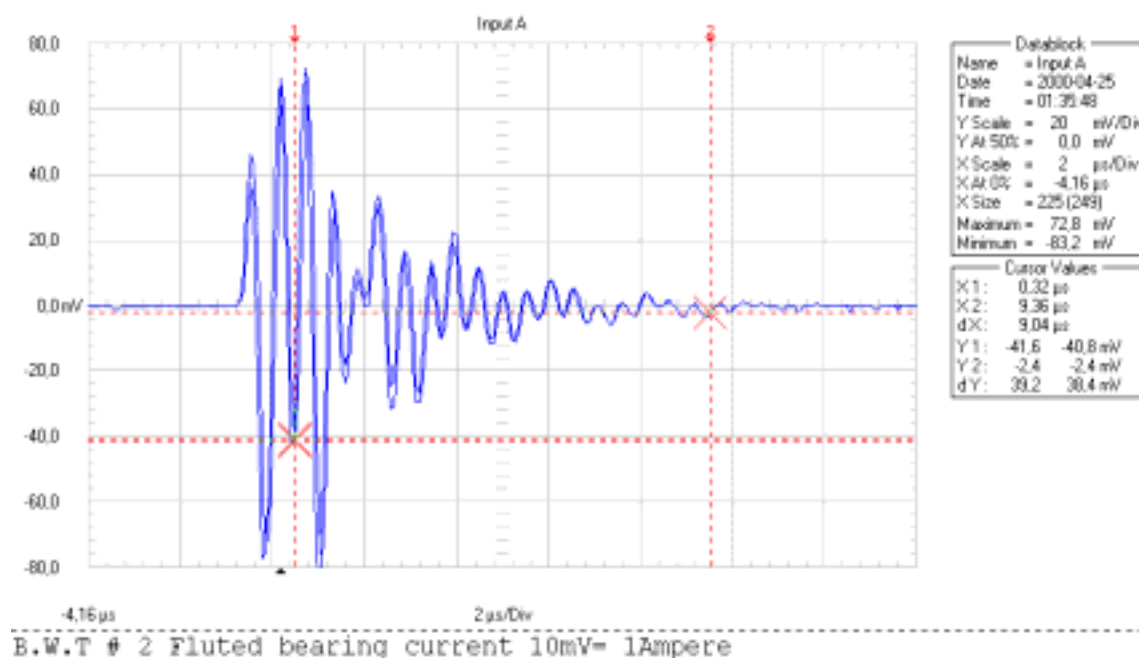


Bild 5-6 Visar hur kurvformen för en cirkulerande lagerström, mätt enligt metod c) ovan, kan se ut. (Bild ABB)

5.3 Mätning av spänning

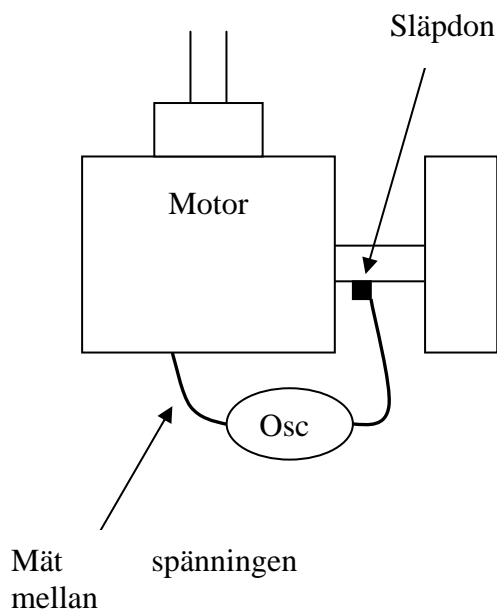


Bild 5-7 Mätning av axelspänning

För att bestämma spänningen över lagret i en motor (mellan motoraxel och motorhölje) använder man sig av en liknande metod som vid strömmätning av de cirkulerande strömmarna enligt kapitel 5.2. Man låter alltså en kolborste kopplad till en kopparfläta släpa mot motoraxeln och andra änden på kopparflätan kopplas till motorhöljet. (Se bild 5-7) Däremellan sätts ett mätinstrument.

Sture Erixon ABB, säger att om spänningen vid ovan mätning tydligt varierar, och man så att säga "kan se" en urladdning, har man tydliga lagerströmsproblem (Bild 5-8 och 5-9 visar exempel på detta) och Tuoma Hammar säger, att för att vara på den säkra sidan bör spänningen vid ovan mätning inte överstiga 5-10 V.²

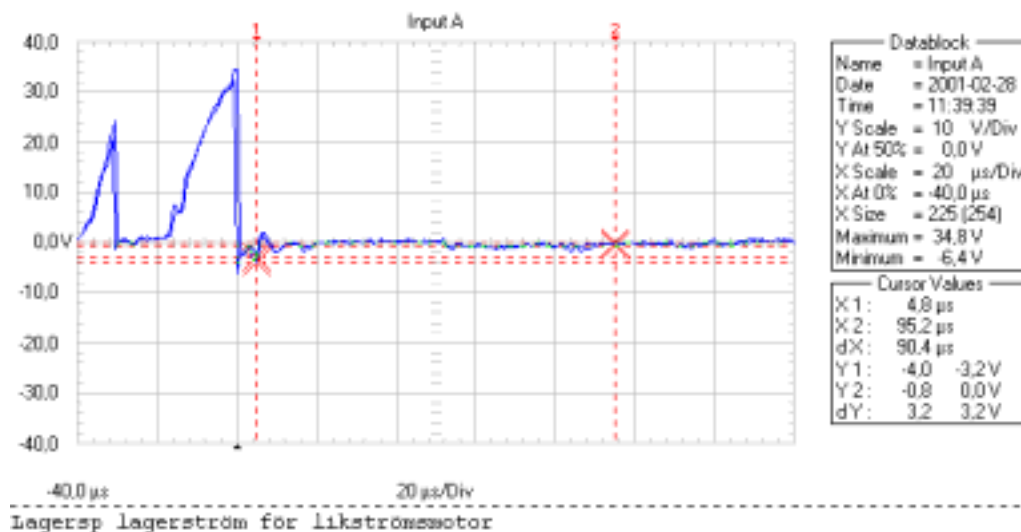


Bild 5-8 Spänning över lagret i en likströmsmotor, som har lagerströmsproblem. Man ser tydligt hur spänningen byggs upp för att sedan snabbt gå ner till noll igen, när genomslaget i lagret sker. (Bild ABB)

² När jag i mitt projektarbete [1] skriver om skadliga spänningsnivåer på 0,2-0,3 V, är det spänningen mellan motoraxelns ändar som åsyftas, och inte som här, spänningen mellan motoraxel och motorhölje.)

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

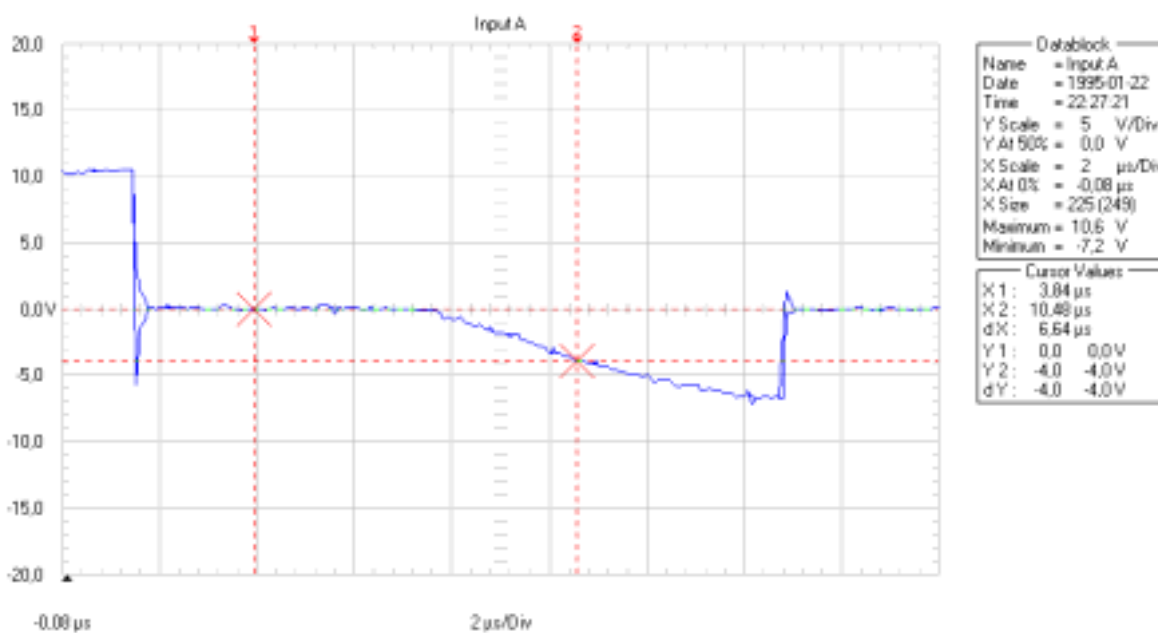


Bild 5-9 Spänning över lagret i en liten frekvensomriktad asynkronmaskin, som har lagerströmsproblem. Man ser tydligt hur spänningen byggs upp för att sedan snabbt gå ner till noll igen, när genomslaget i lagret sker. (Bild ABB)

5.4 Mätning på växelströmsmotorer

Tuomo Hammar säger att vid detektering av axeljordade och cirkulerande lagerströmmar i en växelströmsmotor är det överflödigt att mäta spänningen mellan motorhölje och axel. En sådan mätning skulle inte tillföra något. Det räcker med att mäta strömmen med hjälp av en Rogowskispole enligt kapitel 5.2. Mäter man däremot de kapacitiva urladdningsströmmarna måste man även mäta spänningen enligt avsnitt 5.3. Detta för att kunna detektera den spänningsförändring som sker då lagerfettets isolationsnivå bryts.

5.5 Mätning på likströmsmotorer

När det gäller lagerströmsmätningar på likströmsmotorer, säger Tuomo att det är fullt tillräckligt att mäta summaströmmen och den axeljordade strömmen (Enligt kapitel 5.2), eftersom den högfrekventa cirkulerande strömmen inte förekommer i likströmsmotorer, samt att mäta spänningen mellan hölje och axel, enligt kapitel 5.3. Dessa båda mätningar räcker för att indikera förekomsten av lagerströmmar.

Tuomo säger vidare att eftersom den kraftelektronik som är orsak till lagerströmmar vid frekvensomriktad drift helt saknas vid strömriktad drift, så är lagerströmsproblematik i samband med strömriktad drift relativt sällsynt och kan i förekommande fall härledas till felaktig installation av motorn. (Se kapitel 3.2.1)

6 Mätning av lagerströmmar vid SCA Hygiene Products-Edet bruk.

På Edet-bruk har mätningar av lagerströmmar aldrig gjorts och för att få en indikation på om det finns risk för att lagerskador kan uppstå p.g.a. elektrisk ström, vill man utföra mätningar på vissa motorer där man misstänker att problemet kan finnas.

6.1 Mätobjekt:

6.1.1 Konvertering 5

På konvertering 5 har mätningar på följande motorer gjorts:

Huvuddrift rullmaskin Sincro, K5

- Siemens typ:1GH6 164-OJG40-6VV5-Z, strömriktarmatad likströmsmotor, remdrift, 400V, 81,5 kW, IEC 160.

Huvuddrift rullmaskin Roudomat 343 .

- Siemens typ:1GH5 184-ONG40-6 JUS, strömriktarmatad likströmsmotor, remdrift, 400V, 97.5 kW, IEC 180.

Klingrörelse kapverk PC 8

- MGM trefas växelströmsmotor typ: CF 160 LA 4, 400 V, 15 kW, IEC135. Matad från Siemens frekvensomriktare ”Midimaster vector”. Remdrift.

6.1.2 PM 8, Värmeåtervinning

I värmeåtervinningen på PM 8, har mätningar på nedan motorer gjorts. Alla motorer utom "Fläkt förbränningsluft till två brännare" 58E-580, har en förstärkt jordning installerad i form av en kopparfläta mellan motorhölje och jordskruven i kopplingslådan. (Se bild 6-1) För att kunna fastställa huruvida kopparflätan är installerad med avseende på axeljordade lagerströmmar, är två mätningar gjorda. Dels med kopparflätan monterad, och dels utan kopparfläta. Resultaten redovisas separat.

Fläkt 1, cirkulation kåpa, kåpa våt del. 58E-558

- ABB trefas växelströmsmotor typ: M2BA 355 S4 B3 med isolerat lager på icke drivsida, 690 V, 250 kW, IEC 355. Matad från ABB frekvensomriktare ACS 600 med, enligt ABB, integrerat du/dt filter, samt korrekt 360° kabelanslutning. En isolerande koppling mellan motor och den drivna maskinen är monterad.

Åtgärder för att eliminera/minimera lagerströmmar vid elmotordrifter samt mätningar av dessa strömmar vis SCA Hygiene Products-Edet bruk.

Fläkt 2, cirkulation kåpa, kåpa torr del. 58E-578

- ABB trefas växelströmsmotor typ: M2BA 355 S4 B3, 690 V, 250 kW, IEC 355. Matad från ABB frekvensomriktare ACS 600 med, enligt ABB, integrerat du/dt filter, samt korrekt 360° kabelanslutning. En isolerande koppling mellan motor och den drivna maskinen är monterad.

Fläkt förbränningsluft till två brännare. 58E-580

- ABB trefas växelströmsmotor typ: M2AA 200 MLB2, 690 V, 37 kW, IEC 200. Matad från ABB frekvensomriktare ACS 600 med du/dt filter. En isolerande koppling mellan motor och den drivna maskinen är monterad.

Fläkt till brännare torr kåpa (make-up). 58E-582

- ABB trefas växelströmsmotor typ: M2BA 280 SMA 4 B3, 690 V, 75 kW, IEC 280. Matad från ABB frekvensomriktare ACS 600 med, enligt ABB, integrerat du/dt filter samt korrekt 360° kabelanslutning. En isolerande koppling mellan motor och den drivna maskinen är monterad. Förstärkt isolation¹.

Fläkt frånluft efter värmeväxlare 58E-588

- ABB trefas växelströmsmotor typ: M2AA 225 SMB 4, 690 V, 45 kW, IEC 225. Matad från ABB frekvensomriktare ACS 600 med du/dt filter. En isolerande koppling mellan motor och den drivna maskinen är monterad.



Bild 6-1 Visar den förstärkta jordningen i form av en kopparfläta mellan motorhölje och jordskruven i kopplingslådan på en av motorerna vid värmeåtervinningen, PM8.

¹Denna isolation innebär att man lägger in ett isolerande skikt runt lagerhuset i motorn.

6.2 Mätutrustning

Vid mätningarna användes följande mätutrustning (se bild 6-2):

- **CWT 30**, Flexibel luftspole typ Rogowski. Känslighet: 20 mV/A (Utan Hall-element)
- **Fluke 199 Scopemeter**, Oscilloskop.

samt en elborste tillverkad av 90% silvergrafit.



Bild 6-2 Till vänster ser vi Rogowski spolen och till höger det portabla oscilloskopet.

6.3 Tillvägagångssätt och genomförande

Innan mätningarna påbörjades, kontrollerades mätutrustningens pålitlighet genom att en känd spänning med känd kurvform uppmättes och kontrollerades. De slutgiltiga mätningarna genomfördes sedan enligt beskrivning i kapitel 5.

Spänningsmätningarna mellan motorhölje och motoraxel gjordes, för motorerna i värmeåtervinningen PM 8, vid två olika tillfällen och vid varje tillfälle registrerades fem mätresultat. Vid varje mätning kontrollerades spänningsförändringarna visuellt, mycket noggrant, och medelvärden av spänningen beräknades på känt maner. Det är dessa medelvärden, en skärmbild från oscilloskopet samt en kommentar om spänningsförändringarna som redovisas.

Resultaten av strömmätningarna på växelströmsmotorerna redovisas nedan med hjälp av oscilloskopsbilder.

Den isolerande koppling som finns installerad på alla motorer i värmeåtervinningen på PM 8 gör att det inte kan flyta någon ström genom motoraxeln på dito motorer. Därför har ingen sådan strömmätning gjorts.

Den förstärkta jordning som finns installerad på motorerna i värmeåtervinningen på PM 8, kan enbart påverka en axeljordad lagerström, därför har enbart summaströmsmätningar, enligt kapitel 5.2, och spänningsmätningar enligt kapitel 5.3, genomförts utan kopparfläta monterad.

Det isolerade lager som finns installerat på motorn till; Fläkt 1, cirkulation kåpa, kåpa våt del. 58E-558, eliminerar effektivt den eventuellt cirkulerande lagerström som kan förekomma i motorn. Därför är inga mätningar som detekterar cirkulerande ström gjorda på denna motor.

Eftersom den Rogowskispole som användes vid mätningarna saknade Hallelement, kunde inga strömmätningar genomföras på likströmsmotorerna i K5. Däremot mättes spänningen mellan motoraxel och motorhölje enligt kapitel 5.3. Spänningens kurvform redovisas nedan i form av oscilloskopsbilder.

6.4 Mätresultat

Mätresultaten för motorerna i konvertering 5 presenteras i bilaga A och mätresultaten för motorerna i värmeåtervinningen på PM 8 presenteras i bilaga B.

Inga lagerströmmar upptäcktes i de kontrollerade motorerna.

7 Analys av mätresultat

7.1 Värmeåtervinningen PM 8

Följande slutsatser kan dras vid analys av mätresultaten:

- Spänningsmätningarna påvisar inga större potentialskillnader mellan motorhölje och motoraxel. Detta betyder att det inte finns någon risk för kapacitiva urladdningsströmmar genom lagren.
- Såväl summaströmsmätningarna som mätningarna av de cirkulerande strömmarna visar på ett nollresultat, vilket betyder att varken cirkulerande eller axeljordade lagerströmmar är något problem.
- Eftersom de uppmätta värdena vid borttagen kopparfläta marginellt skiljer sig från de mätvärden som registrerades då flätan var monterad går det inte att påvisa att den förstärkta jordningen är installerad med avseende på lagerströmmar.

Mätningarna ovan visar att det inte finns några lagerströmsproblem i motorerna vid värmeåtervinningen på PM 8.

7.2 Konvertering 5

Följande slutsatser kan dras vid analys av mätresultaten:

- Spänningskurvformerna för likströmsmotorerna visar inga tecken på onaturliga spänningshöjningar. (Jmf. bild 5-8) Detta betyder att varken axeljordade strömmar eller kapacitiva urladdningsströmmar flyter i de kontrollerade likströmsmotorerna på K5.
- Såväl summaströmsmätningarna som mätningarna av de cirkulerande strömmarna på växelströmsmotorn till klingrörelsen på kapverket till PC 8, ger ett resultat som är noll. Detta betyder att varken cirkulerande eller axeljordade lagerströmmar är något problem. Spänningsmätningarna på dito motor visar på en liten potentialförändring som skulle kunna vara en kapacitiv urladdningsström. Men eftersom kurvan inte avslutas ”momentant” (Jmf. bild 5-8 och 5-9) så är det troligtvis någon form av störning. P.g.a. att kabelanslutningen till kolborsten gick av vid det andra mättillfället (”lyckligtvis” vid examensarbetets absolut sista mätning) kunde ingen andra mätning genomföras, så det går inte med säkerhet att säga om potentialförändringen är någon form av störning eller ej. Skulle det mot förmodan vara en spänningsurladdning, är den i storleksordningen 0,2 V vilket är såpass lite att den inte kan anses orsaka några lagerskador. [1]

De genomförda mätningarna visar att det inte föreligger några problem med strömgenomflutna lager i de kontrollerade motorerna på K 5.

8 Slutsatser

De lagerskador, orsakade av elektrisk ström, som numera är vanligast, finns i stora växelströmsmotorer ($\geq 100\text{kW}$ eller axelhöjd $\geq 315\text{ mm}$) matade av frekvensomriktare.

Lagerskadorna orsakas av högfrekventa strömmar (5 kHz-10 MHz) som induceras av de snabbt reagerande (100 ns) IGBT-halvledarkomponenterna som ingår i frekvensomriktaren.

Vid ett lagerhaveri är steg att göra en korrekt diagnos av lagerskadan.

Är det en strömrelaterad skada? För trots allt är den vanligaste orsaken till lagerhaverier inte elektrisk ström, utan för hög radiell eller axiell belastning, användandet av felaktigt lagerfett, eller att främmande partiklar kommit in i lagret.

Kommer man fram till att lagerhaveriet är orsakat av elektrisk ström måste lämpliga mätningar, som påvisar vilken typ av strömgenomgång som skett, genomföras.

Lagerströmmar är i princip omöjliga att mäta på en standard motor, men man kan få en indikation på om ett lager löper potentiell risk att utsättas för strömgenomgång, eller vilken typ av strömgenomgång som orsakat ett lagerhaveri, genom att mäta ström/spänningen genom och över vissa delar i elmotorn. Vid mätning av lagerströmmar måste man använda sig av mätutrustning som klarar en stor bandbredd.

Om det vid lagerströmsmätningar visar sig att man har problem med strömgenomflutna lager, måste lämpliga åtgärder vidtagas. Det finns i huvudsak tre olika sätt att påverka lagerströmmar, så att de antingen elimineras helt, eller antar ”ofarliga” nivåer.

- Korrekt installations- och jordningssystem
- Montage av isolerat lager på icke drivsida
- Användning av adekvata filter

En korrekt installerad motor med isolerat lager på icke-drivsida har sällan problem, och de eventuella problem som uppstår, går ofta att eliminera/minimera med hjälp av adekvata filter. Trots detta talar erfarenheten sitt tydliga språk: Det inte finns något ”facit” utan varje installation måste analyseras och betraktas utifrån installationens specifika förhållanden.

Vad gäller de praktiska lagerströmsmätningarna genomförda på Edet-bruk, finns det inga strömgenomflutna lager att rapportera, varken i värmeåtervinningen på PM 8 eller i K5.

När det gäller värmeåtervinningen på PM 8 kan bara konstateras att de åtgärder som man vanligen använder sig av för att eliminera/minimera lagerströmmar, redan är installerade och därför är det föga troligt att det i framtiden kommer att uppstå några problem där. I varje fall inte lagerströmsproblem.

9 Referensförteckning

- [1] Hvalgren Jan, 2002, *Orsaker till lagerströmmar vid elmotordrifter*, Examensarbete, Högskolan Trollhättan-Uddevalla/Institutionen för teknik.
- [2] ABB, *Bearing Currents in Modern AC Drive System*, Technical guide nr 5
- [3] Hansson Anders (ABB), 2001, *Lagerströmmar i motorer*, Föredrag vid FIE: s vårmöte i Stockholm
- [4] SKF, *Strömskador lightversion*, v_02. pdf
- [6] Putto Henri, 2001, *Elmaskiners lagerströmmar*, Projektarbete, Högskolan Trollhättan-Uddevalla/Institutionen för teknik.
- [7] SIGBI System AB, 2002, *Utgångsfilter*,
<http://www.sigbi.se/Frekvensomriktare/> 10 April 2002
- [5] Preisinger Gerwin, Gröschl Martin, Kötritsch Hubert, (SKF) 2001, *Förebyggande av strömskador i lager*, Evolution 2/01,
- [8] Ray W.F, Hewson C.R ,2000, *High Performance Rogowski Current Transducers*, Power Electronic Measurements Ltd, Nottingham UK.
- [9] Link. J. Patrick, April 1991, *Minimizing electric bearing currents in adjustable speed drive systems*, Pulp and paper Industry Technical Conference, Derborn Michigan USA
- [10] Erkkilä I, Arnberg T, 1996, *Instructions for measuring bearing currents with a Rogowsky coil*, ABB Industri Oy Pulp and Paper, Finland.

Mätresultat Konvertering 5

1.1 Huvuddrift rullmaskin Sincro

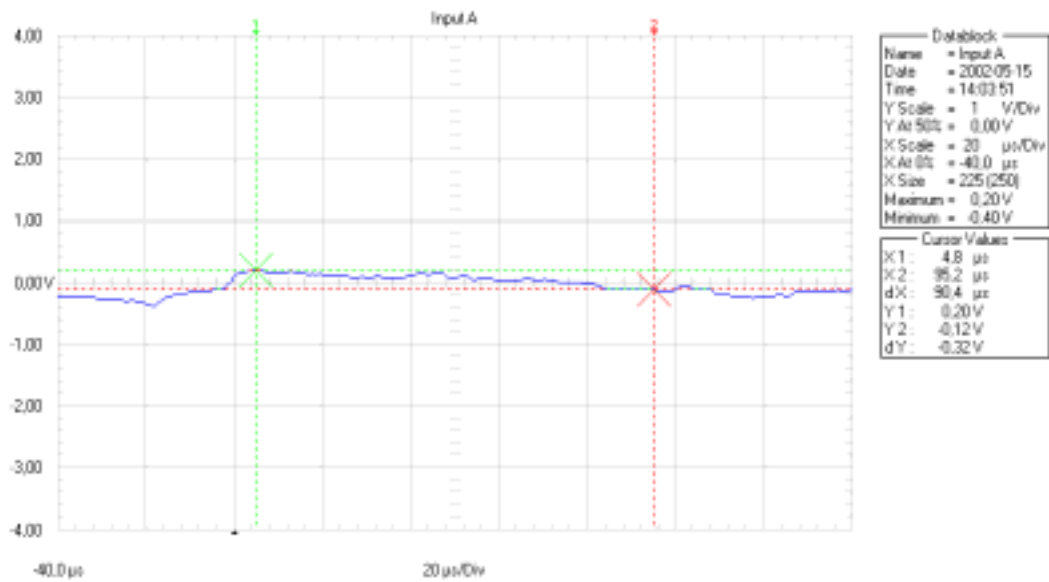


Bild A-1 Visar kurvformen för spänningen över lagret på drivsidan för huvuddrift rullmaskin Sincro.

1.2 Huvuddrift rullmaskin Roudomat 343

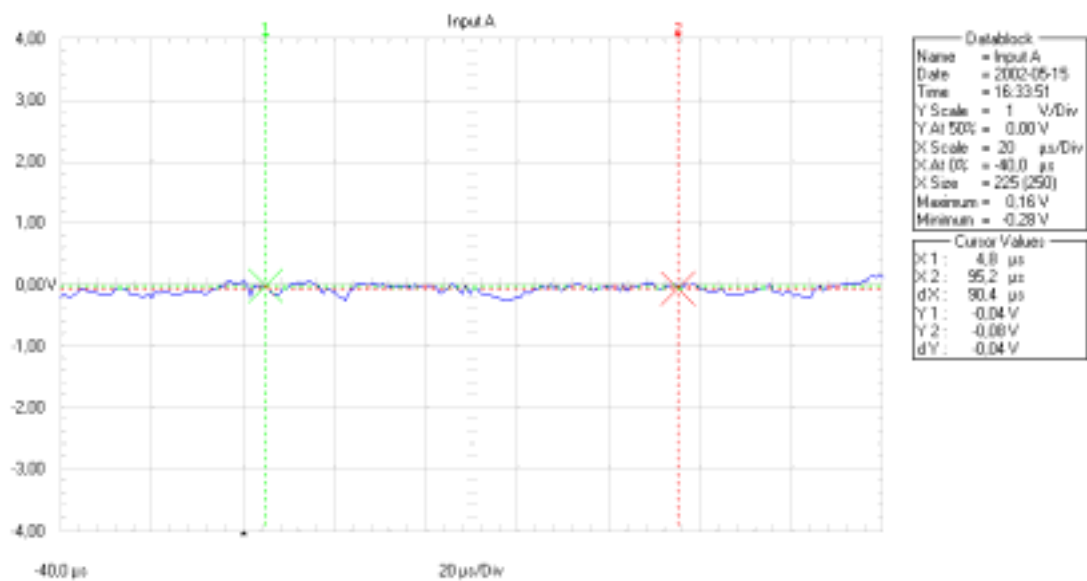


Bild A-2 Visar kurvformen för spänningen över lagret på drivsidan för huvuddrift rullmaskin Roudomat 343

1.3 Klingrörelse kapverk PC 8

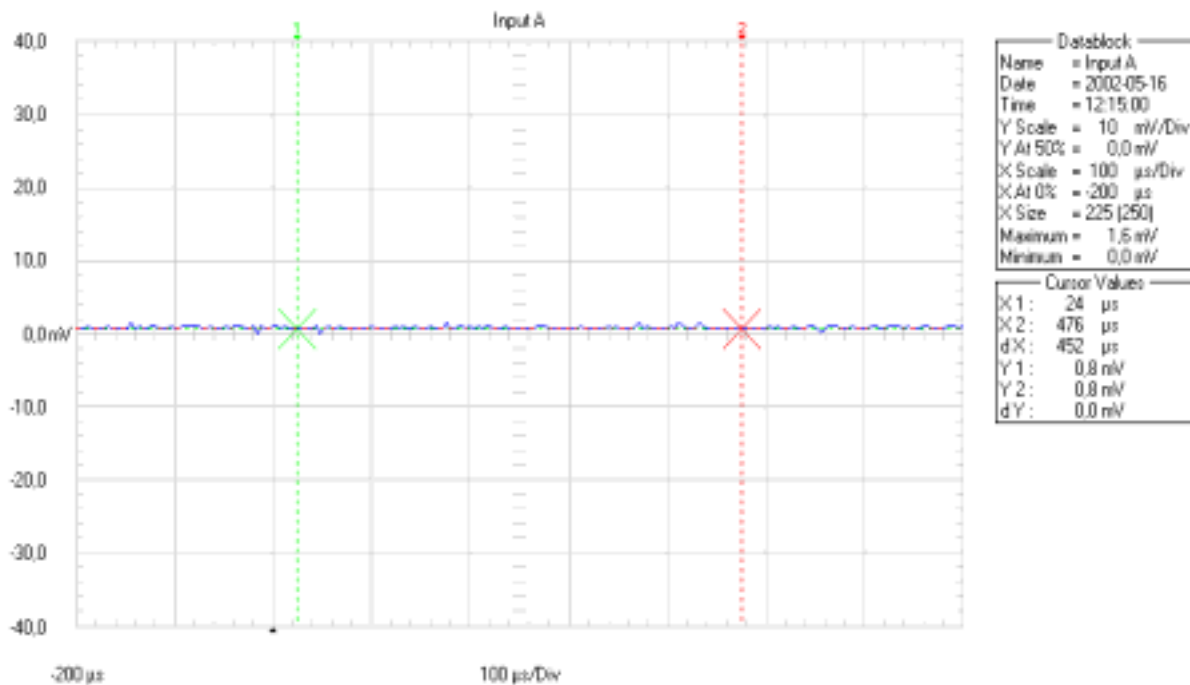


Bild A-3 Visar resultatet av summaströmsmätningarna för motorn till klingrörelsen på PC 8.

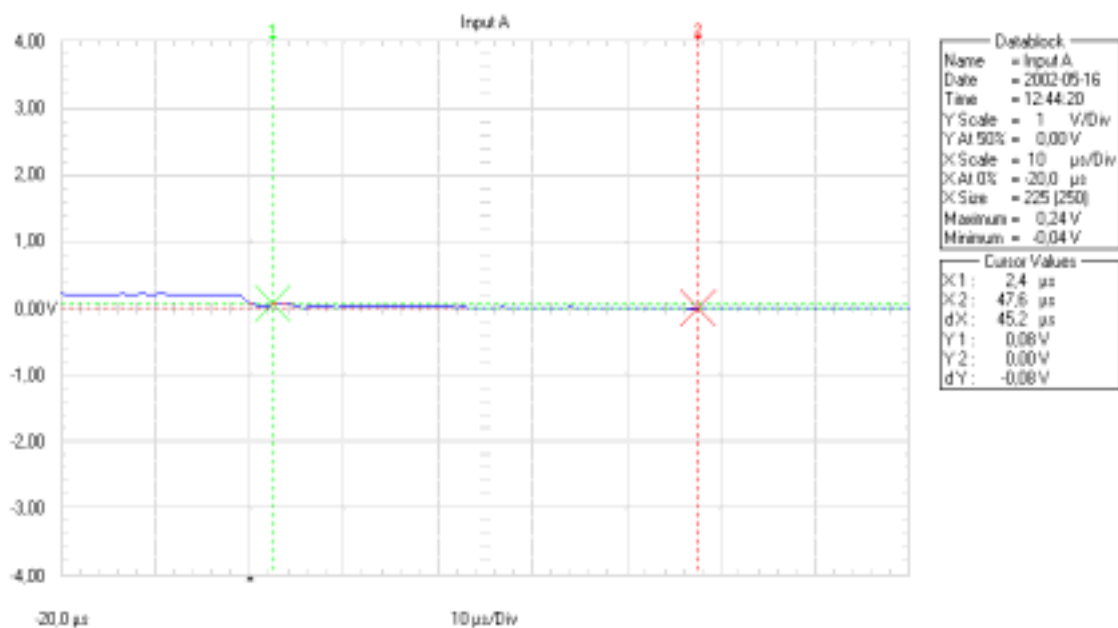


Bild A-4 Visar kurvformen för spänningen över lagret på drivsidan för motorn till klingrörelsen på PC 8.

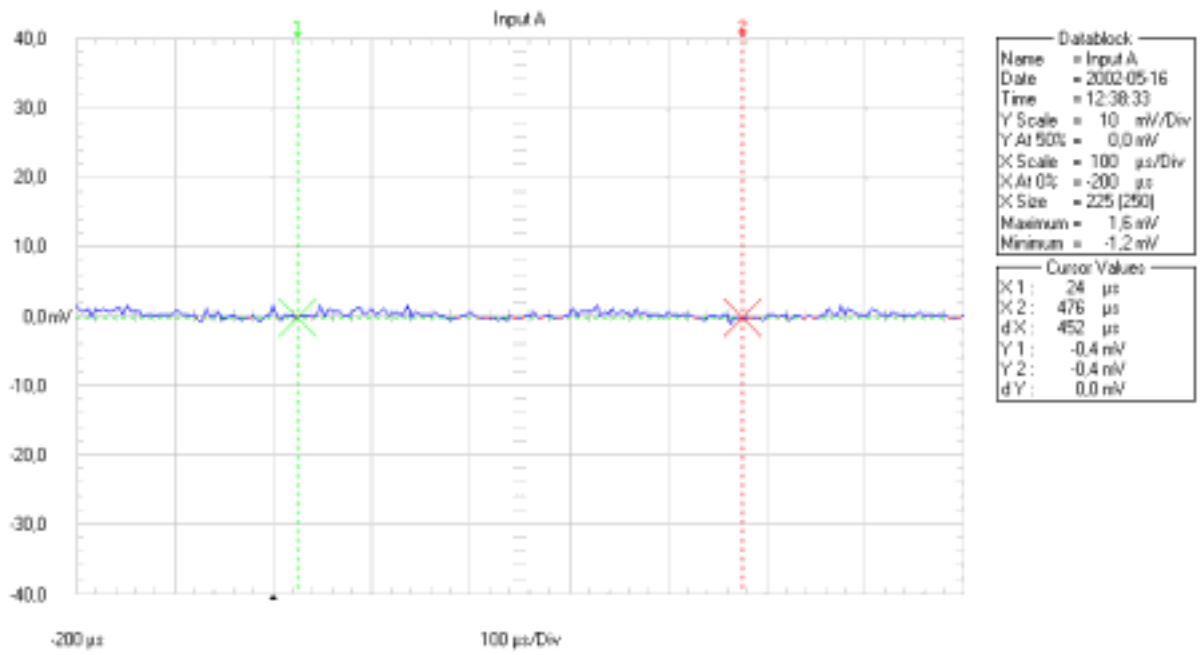
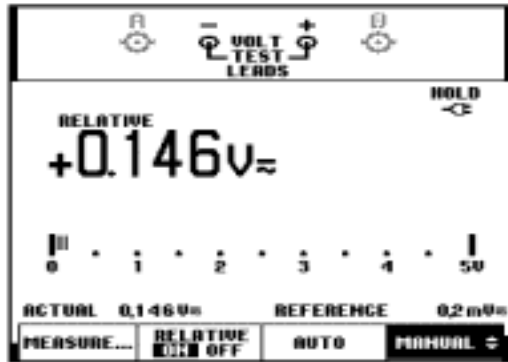


Bild A-5 Visar strömmens vågform vid mätningen av cirkulerande lagerström för motorn till klingrörelsen på PC 8.

Mätresultat värmeåtervinningen PM 8

1.1 Fläkt 1 cirkulation kåpa, kåpa våt del. 58E-558. Med förstärkt jordning



Medelvärdet av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,150 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,131 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,146-0,156 V och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,121-0,142 V.

Bild B-1 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

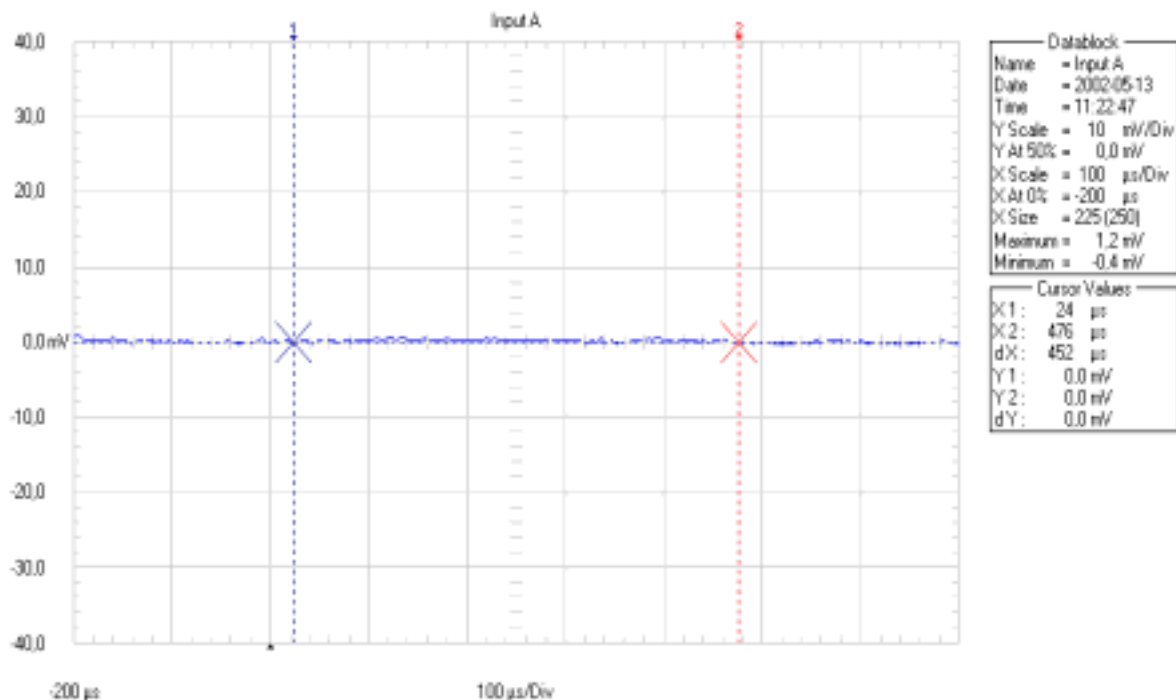


Bild B-2 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

1.2 Fläkt 1 cirkulation kåpa, kåpa våt del. 58E-558. Utan förstärkt jordning

Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,085 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,180 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,058-0,098 V och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,161-0,203 V.

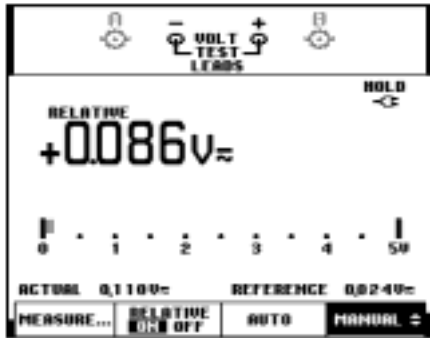


Bild B-3 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

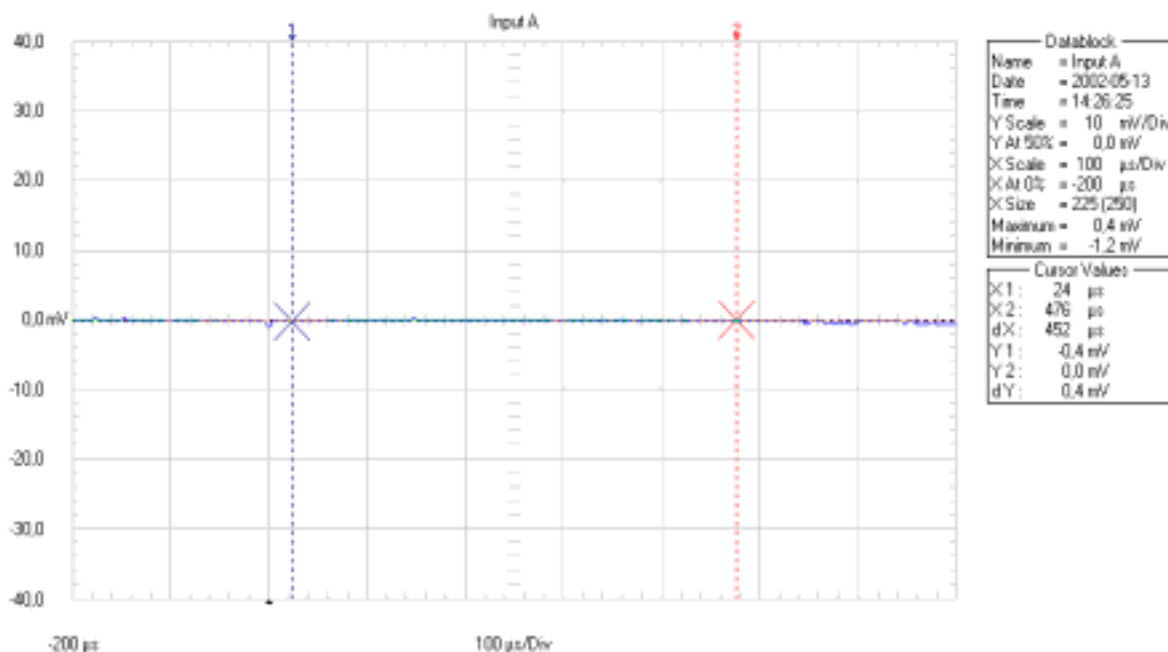
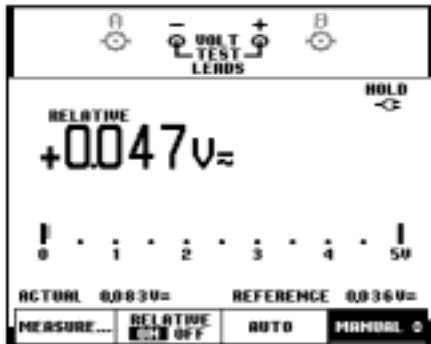


Bild B-4 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

1.3 Fläkt 2 cirkulation kåpa, kåpa torr del. 58E-578. Med förstärkt jordning



Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,031 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,055 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,022-0,052 V och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,047-0,069 V.

Bild B-5 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

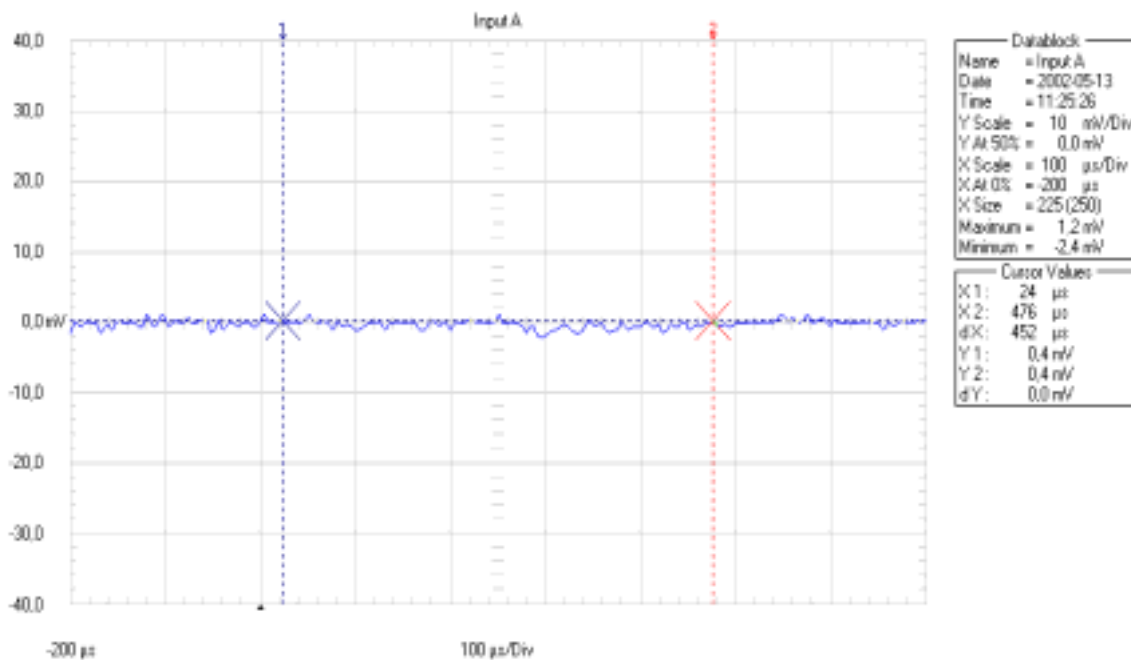


Bild B-6 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

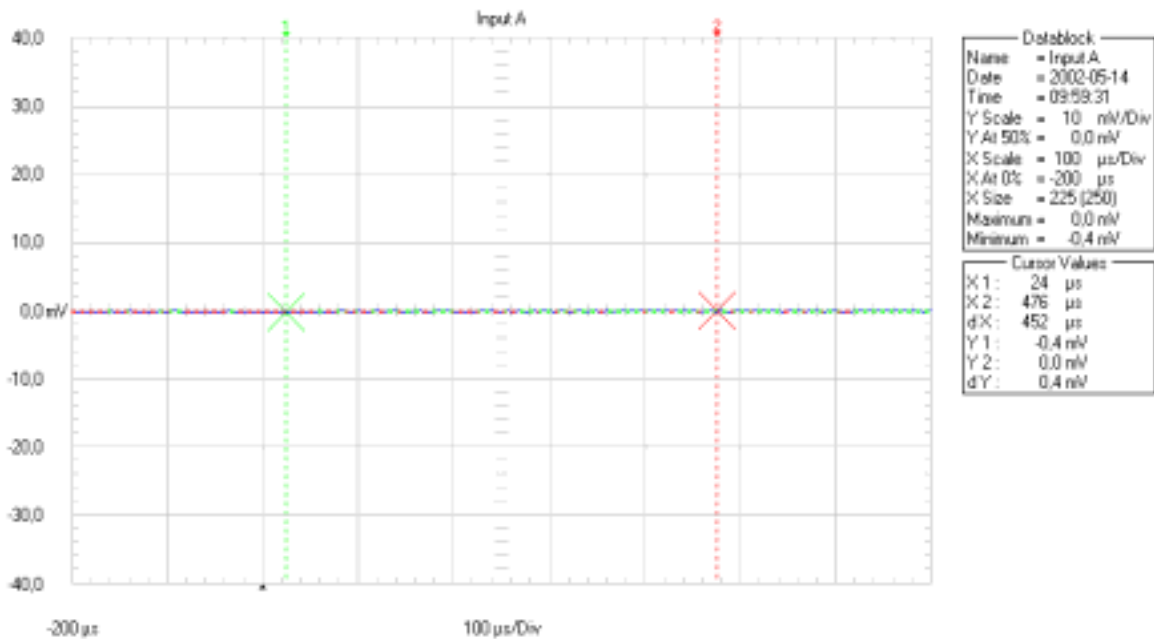


Bild B-7 Visar strömmens vågform vid mätningen av cirkulerande lagerström på ovan nämnda motor

1.4 Fläkt 2 cirkulation kåpa, kåpa torr del. 58E-578. Utan förstärkt jordning

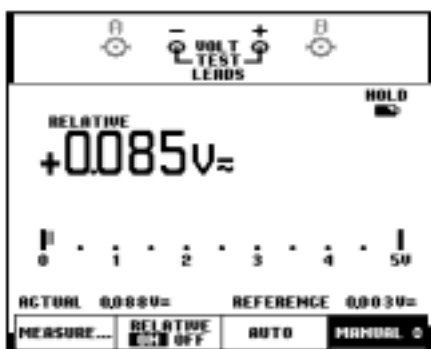


Bild B-8 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,086 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,180 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,082-0,090 V och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,161-0,203 V.

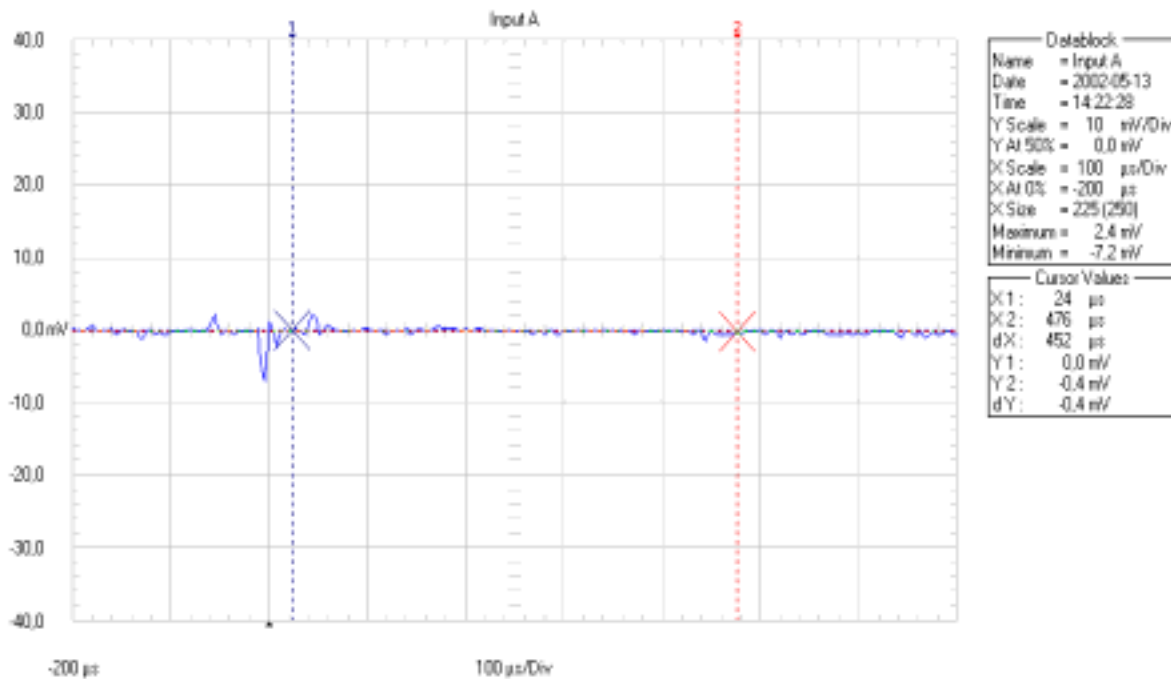


Bild B-9 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

1.5 Fläkt förbränningsluft till två brännare

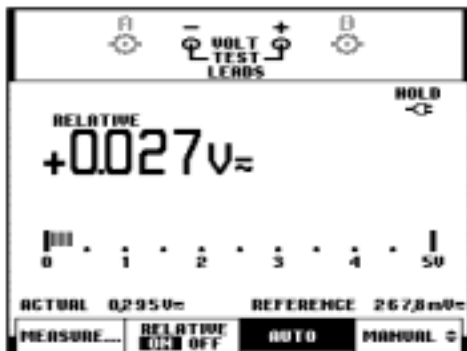


Bild B-10 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,023 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,163 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,007-0,050 V och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,147-0,225 V.

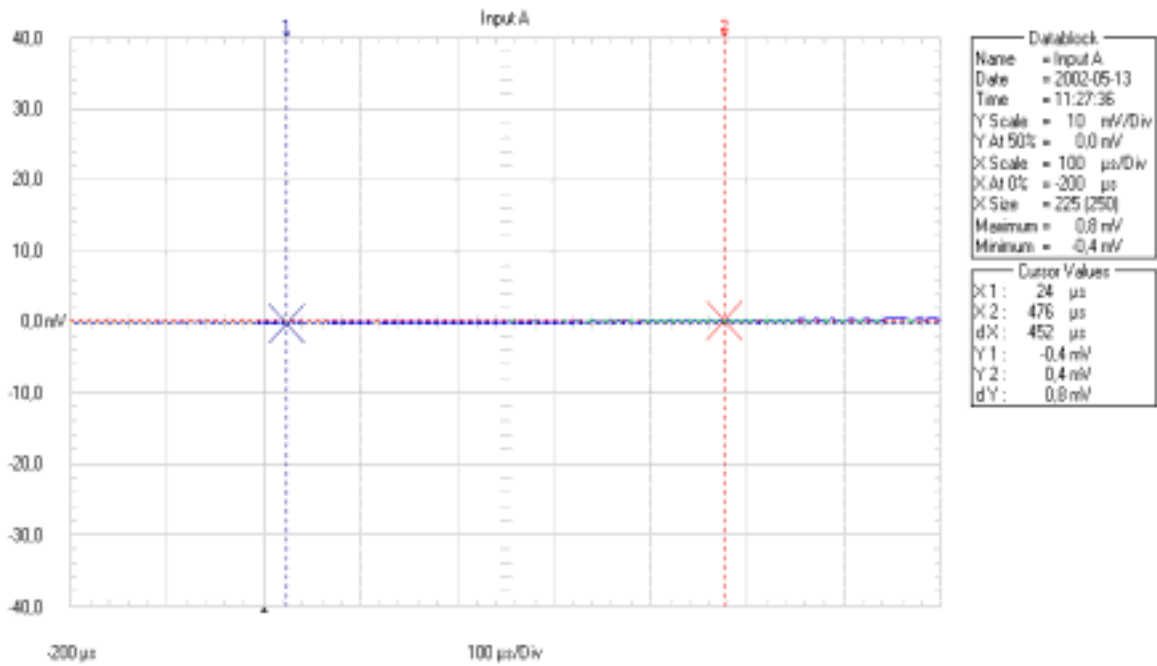


Bild B-11 Visar resultatet av summaströmmätningen för ovan nämnda motor.

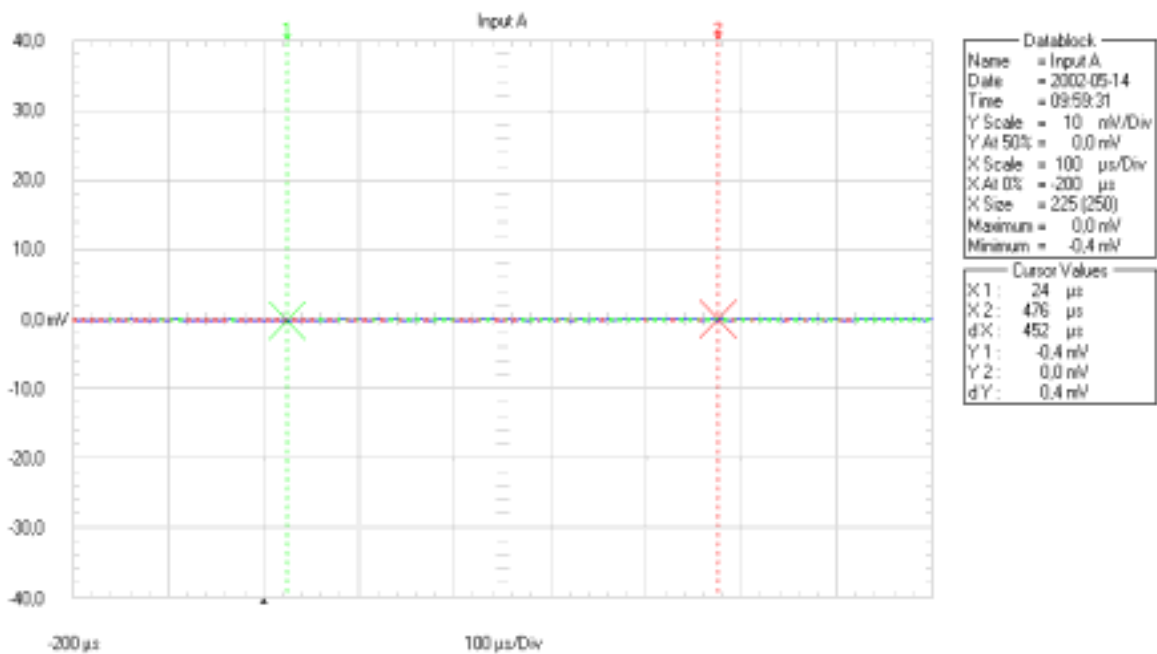
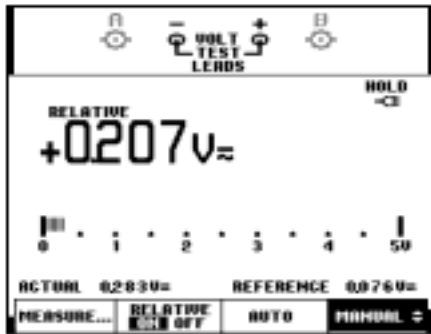


Bild B-12 Visar strömmens vågform vid mätningen av cirkulerande lagerström på ovan nämnda motor

1.6 Fläkt till brännare torr kåpa (make up). 58E-582. Med förstärkt jordning



Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,184 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,122 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,163-0,209 V, och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,097-0,146 V.

Bild B-13 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

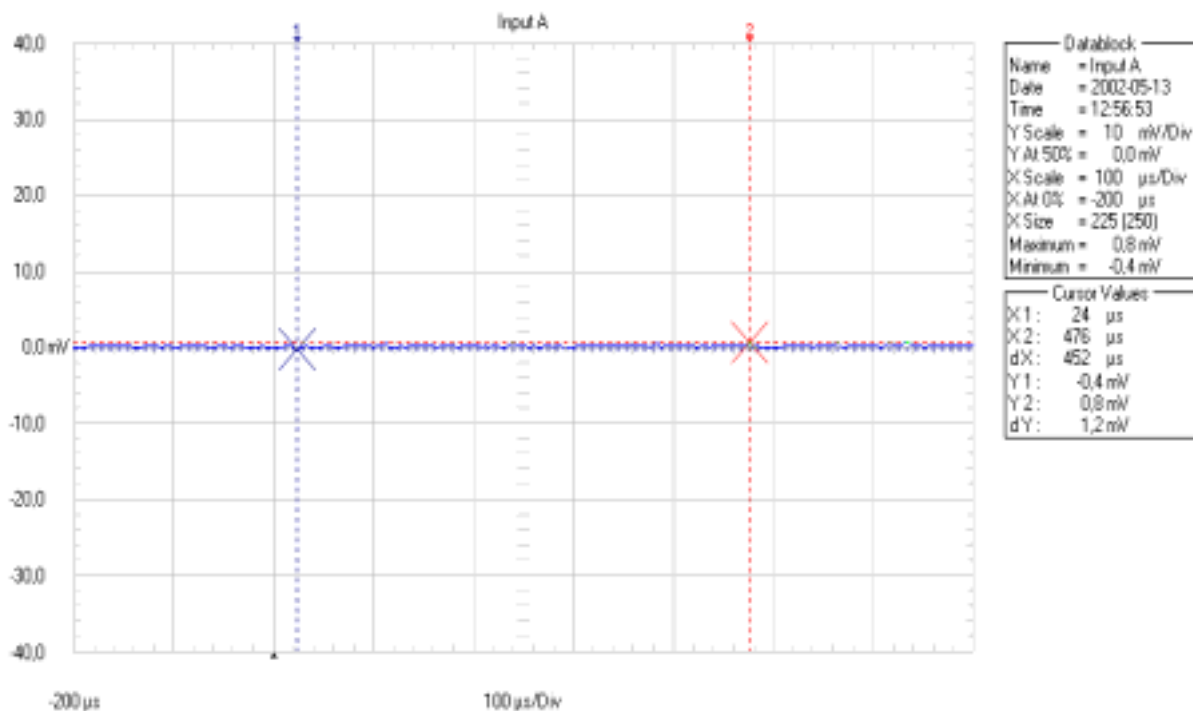


Bild B-14 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

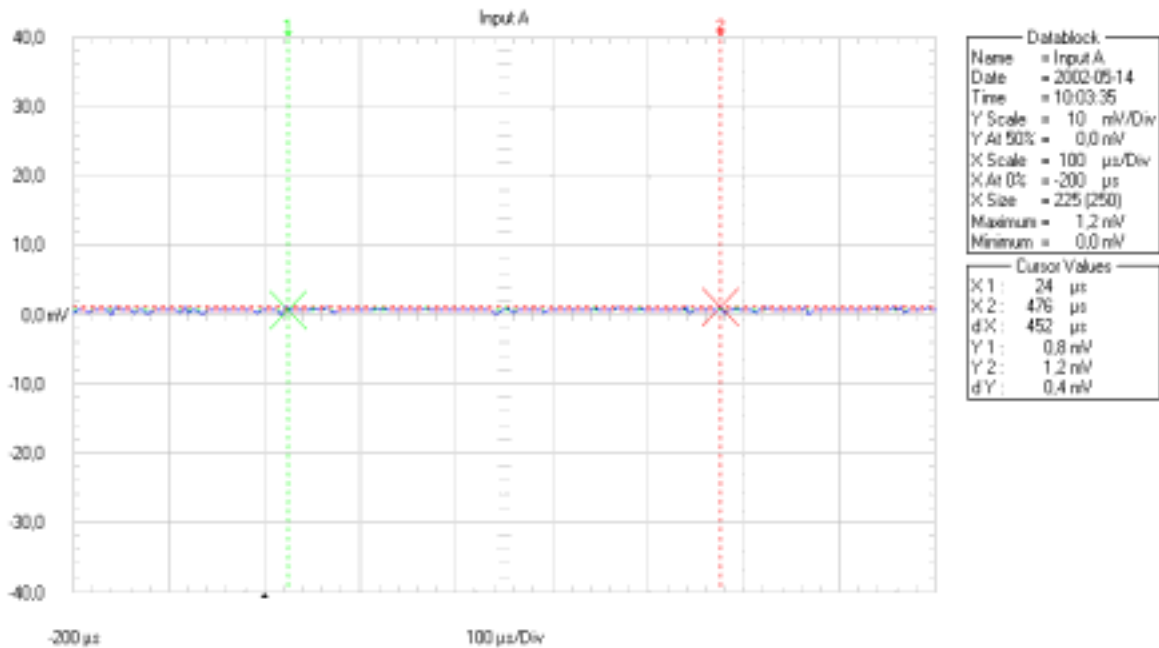
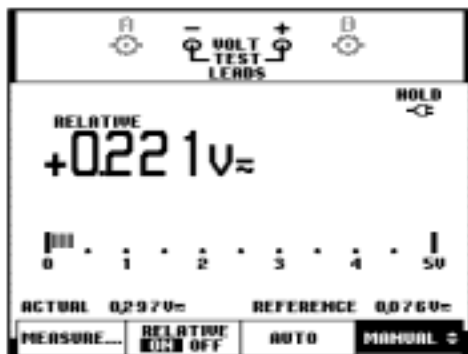


Bild B-15 Visar strömmens vågform vid mätningen av cirkulerande lagerström på ovan nämnda motor

1.7 Fläkt till brännare torr kåpa (make up). 58E-582. Utan förstärkt jordning



Medelvärdet av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,203 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,172 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,179-0,226 V, och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,157-0,196 V.

Bild B-16 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

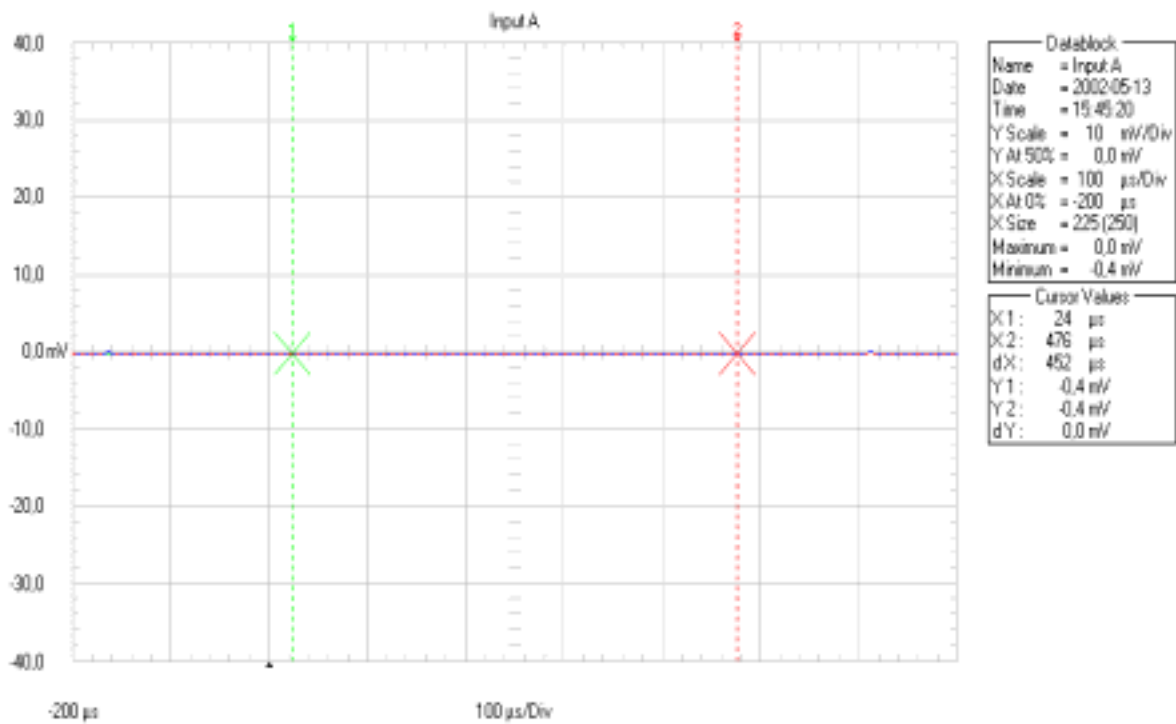


Bild B-17 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

1.8 Fläkt frånluft efter värmeväxlare 58E-588. Med förstärkt jordning

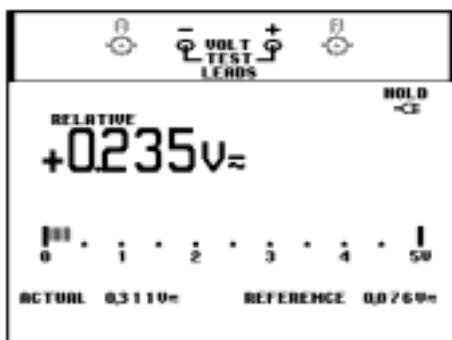


Bild B-18 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

Medelvärde av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,193 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,151 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,184-0,235 V, och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,122-0,166 V.

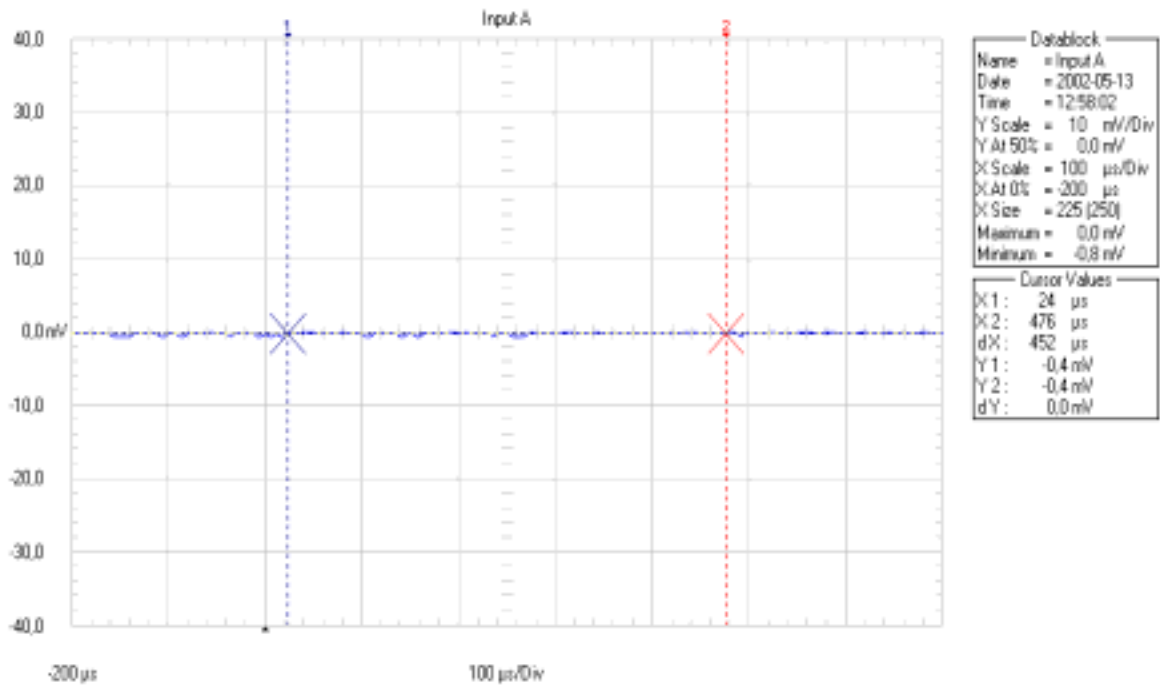


Bild B-19 Visar resultatet av summaströmsmätningen för ovan nämnda motor.

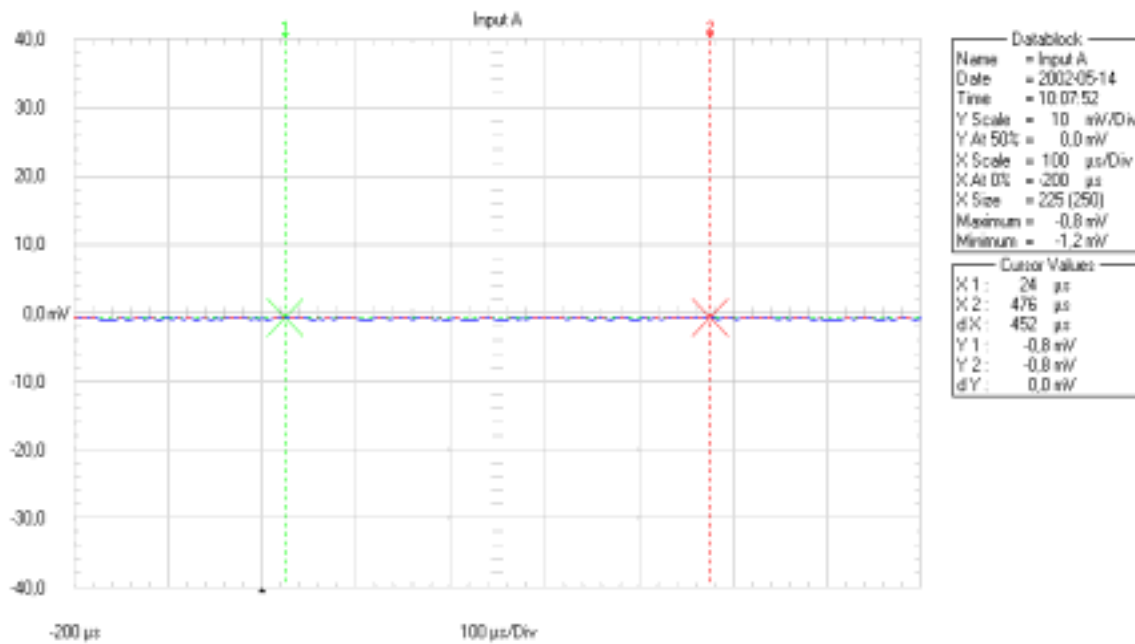
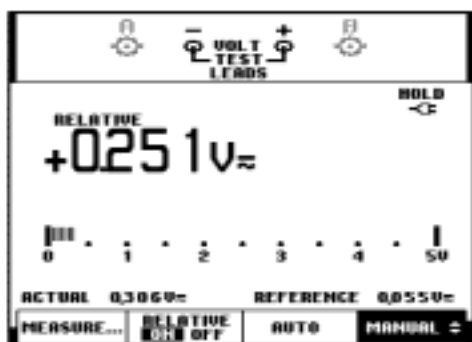


Bild B-20 Visar strömmens vågform vid mätningen av cirkulerande lagerström på ovan nämnda motor

1.9 Fläkt frånluft efter värmväxlare 58E-588. Utan förstärkt jordning



Medelvärdet av spänningen mellan motorhölje och motoraxel, var vid mättillfälle ett 0,177 V och dito värde vid mättillfälle två var 0,206 V. Spänningsvariationen vid mättillfälle ett låg mellan 0,144-0,195 V, och vid mättillfälle två var spänningsvariationen 0,182-0,216 V.

Bild B-21 Oscilloskopsbild från spänningsmätning mellan motoraxel och motorhölje för ovan nämnda motor

