

Linnéuniversitetet

Sjöfartshögskolan

Sjöingenjörsprogrammet



ELEKTROVERKSTADEN

Elmotorexperten

Henrik Jönsson

Alexander Larsson

2011-02-07

Innehållsförteckning

SAMARBETSPARTNERS	IV
1 INLEDNING.....	1
2 SÅ UPPSTÅR LAGERSTRÖMMAR	1
2.1 Common-mode spänning	2
2.2 Olika lagerströmmar	2
3 INDUKTIVT KOPPLADE LAGERSTRÖMMAR	3
4 KAPACITIVT KOPPLADE LAGERSTRÖMMAR	5
5 STOMSPÄNNING.....	6
5.1 Axeljordade lagerströmmar	6
6 MOTÅTGÄRDER FÖR LAGERSTRÖMMAR	7
6.1 Filter	7
6.1.1 Common-mode filter	7
6.1.2 Du/dt filter	7
6.1.3 Sinusfilter	7
6.2 Släpring	7
6.3 Jordning	8
7 DISKUSSION	8
7.1 Isolerade lager	8
7.2 Jordning av chassi	9
BILAGA 1	11
1 Syfte	11
2 Utförande.....	11
3 MÄTSERIE 1.1	11
3.1 Resultat mätserie 1.1.....	12
4 Mätserie 1.2	13
4.1 Resultat mätserie 1.2.....	13
4.2 Diskussion mätserie 1.1 samt 1.2	14
5 MÄTSERIE 2.1 SAMT 2.2	14
5.1 Resultat mätserie 2.1.....	16
5.3 Resultat mätserie 2.2.....	17

5.4 Diskussion mätserie 2.1 samt 2.2	18
6 MÄTSERIE 3	19
6.1 Resultat mätserie 3.....	19
6.2 Diskussion mätserie 3	20
BILAGA 2	21
Specifikationer	21
Mätserie 1.1 samt 1.2.....	21
Mätserie 2.1.....	22
Mätserie 2.2.....	22
Mätserie 3.....	22

SAMARBETSPARTNERS

Vi vill tacka de som har gjort det möjligt att genomföra detta projekt;

Elektroverkstaden AB Kalmar

KIFAB Kalmar

Sten-Uno Frisk, Landstingets fastighetsförvaltning

E.ON-ES

Nybro Energi

Kalmar Energi

Ett extra tack till Gunnar Englund, GKE Elektronik AB

1 INLEDNING

Det här examensarbetet är utformat för att ge läsaren kännedom om begreppet lagerströmmar, samt förklara hur de olika högfrekventa lagerströmmarna uppstår vid frekvensomriktardrift av asynkronmotorer. För att komplettera projektet och handboken har det under projektets gång gjorts mätningar av lagerströmmar i samarbete med Elektroverkstaden AB för att med exempel ytterligare klargöra och bekräfta teorier. Mätobjekten som valts ut att presenteras har haft problem med lagerströmmar sen innan och åtgärder har installerats på vissa av anläggningarna.

Läsaren bör ha kunskap inom el-lära för att kunna förstå och tolka det som framgår i handboken.

2 SÅ UPPSTÅR LAGERSTRÖMMAR

Lagerströmmar uppstår vid frekvensomriktardrift då frekvensomriktaren "hackar" upp den inkommande sinusformade spänningen. Frekvensomriktaren skapar en mängd utgående fyrkantsvågor av spänningen som bildar en sinusformad ström genom lasten. Genom att ändra fyrkantsvågornas pulsbredd kan man ändra frekvensen på strömmen, se figur 1.

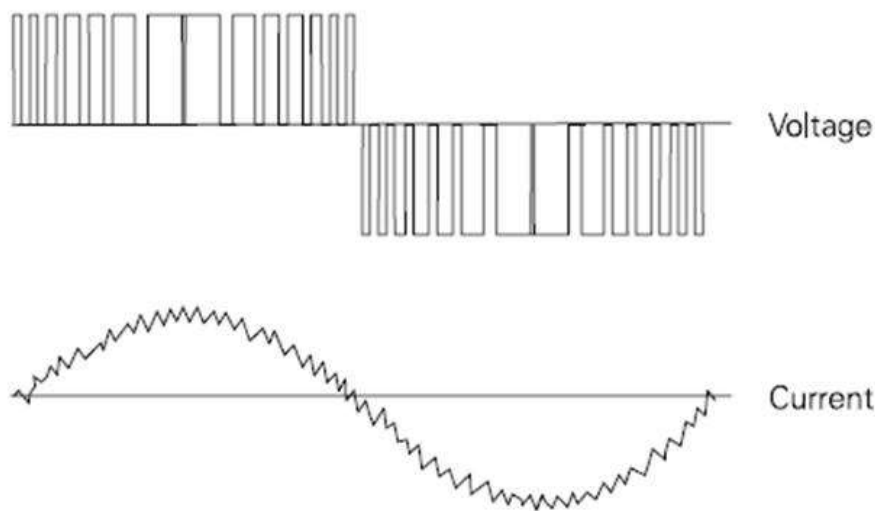


Fig. 1 Den övre delen av bilden visar utspänningens fyrkantsvåg efter frekvensomformaren. Den nedre visar strömmens sinusformade karakteristik.

När IGBT-transistorerna som skapar fyrkantsvågen tänds(börjar leda) skapas höga spänningsderivator som orsakas på grund av de branta flankerna transistorerna tillåter. Dessa höga spänningsderivator orsakar i sin tur spänningstransienter som fortplantar sig i den matande kabeln till motorn.

De spänningstransienter som uppstår ger upphov till strömgenomgångar via motorchassi och motoraxel som kan komma att skada motorlagren och även i vissa fall den drivna enhetens lager.

2.1 Common-mode spänning

När en tre-fas asynkronmotor drivs direkt av nätet, inte via frekvensomriktare, är alltid summan av faserna noll.

Summan av faserna under ett ögonblick representeras som fyrkantsvågor i figur 2. Det visar att summan inte alltid är noll när spänningen är modifierad till fyrkantsvågor.

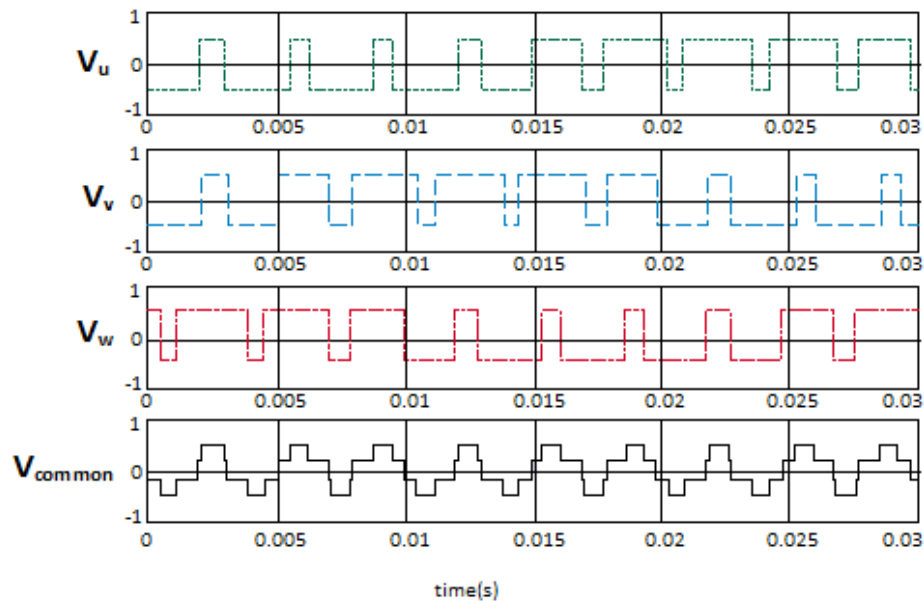


Fig. 2 Bilden ska visa spänningen efter en frekvensomriktare. De tre övre graferna visar utspänningen för varje fas, och den fjärde visar common-mode spänningen. (Bilden är tagen från SKF)

I figur två framgår att den fjärde grafen (V_{common}) inte alltid är noll. Mellan neutralpunkt och jord på en Y-kopplad motorplint kommer nu en spänning uppstå som har samma karaktär som V_{common} , det är denna spänning som är common-mode spänning.

Frekvensen på common-mode spänningen är speglad av switchnings-frekvensen som frekvensomriktaren använder sig av.

2.2 Olika lagerströmmar

Man kan dela in högfrekventa lagerströmmar i olika typer. Det finns ingen tydlig gräns där enbart en typ av lagerströmmar förekommer, en tumregel är att motorstorlekar över 100kW har induktivt kopplade lagerströmmar som den dominerande typen. Vid motorstorlekar under 100kW, cirka en axelhöjd < 280mm är det kapacitivt kopplade lagerströmmar som är den dominerande typen.

Det finns en till typ av lagerström som uppstår på grund av att impedansen är hög i återledaren till frekvensomriktaren, axeljordade lagerströmmar, denna typ av lagerström förekommer således i samtliga motorstorlekar om installationen tillåter.

3 INDUKTIVT KOPPLADE LAGERSTRÖMMAR

Common-modespänningen driver högfrekventa läckströmmar genom motorns parasitiska kapacitanser vilket ger upphov till ett pendlande magnetfält som inducerar spänning på motoraxeln.

Den inducerade spänningen mellan axeländarna rör sig i motfas, positiv potential i den ena axeländen och negativ potential i den andra, med en medelpunkt (noll) i mitten av rotorn.

De induktivt kopplade lagerströmmarna dominerar i större motorer, det vill säga motorer med en axelhöjd > 280mm.

Induktivt kopplade lagerströmmar har funnits sedan asynkronmotorn uppfanns. Det beror på att när tillverkning av elmotorer började var inte alltid magnetfältet i centrum av axeln, det orsakades av dåliga toleranser och medförde att spänning inducerades i axeln.

Problemet har övervunnits eftersom tillverkningen av elmotorer har förbättrats.

Frekvensomriktardriften har dock ökat de senaste åren och åter satt problemet på kartan med högfrekventa lagerströmmar, även vid de minsta motorstorlekarna.

Vid cirkulerande lagerströmmar passerar strömmen genom lagren via chassit till motsatta änden av axeln som då är negativ.

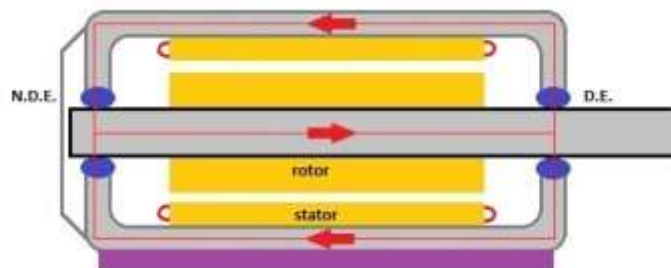


Fig. 3 Bilden illustrerar en elmotor som har cirkulerande lagerströmmar. Där den högra sidan har den positiva potentialen och den vänstra sidan har en negativ potential.

Spänningen induceras mellan axeländarna, som har i ena änden (D.E.) en positiv potential och den andra (N.D.E.) en negativ potential samt en medelpotential i mitten av rotorn. Det krävs en viss spänning för att ett genomslag ska kunna slå igenom oljefilmen, denna spänning kallas för oljefilmens genomslagsspänning. Typiska värden för oljefilmens genomslagsspänning ligger mellan 5-15 volt, detta beror på vad för typ av olja, drifttemperatur, varvtal, och toleranser som lagret har. När axeländarna når den spänning som överstiger oljefilmens genomslagsspänning kommer ett genomslag i lagret att ske.

Figur 3 illustrerar cirkulerande lagerströmmar, de förekommer vid låga varvtal, höga lager-temperaturer och i lager där oljefilmen är otillräcklig, när metall får kontakt med metall. De cirkulerande lagerströmmarna är dock inte den enda typen av induktivt kopplade lagerströmmar.

När det talas om induktivt kopplade lagerströmmar kan det tänkas att axelns potential är likt en gungbräda med medelpotentialen i mitten. När spänningen induceras kommer axeländarna att "väga" potentialmässigt åt det ena eller andra hållet. Det beror på att kapacitansen mellan rotor och stator kommer att försöka hålla den inducerade växelspanningen till noll, följaktligen har axeln en medelpotential i mitten och tippar åt olika håll i axeländarna.

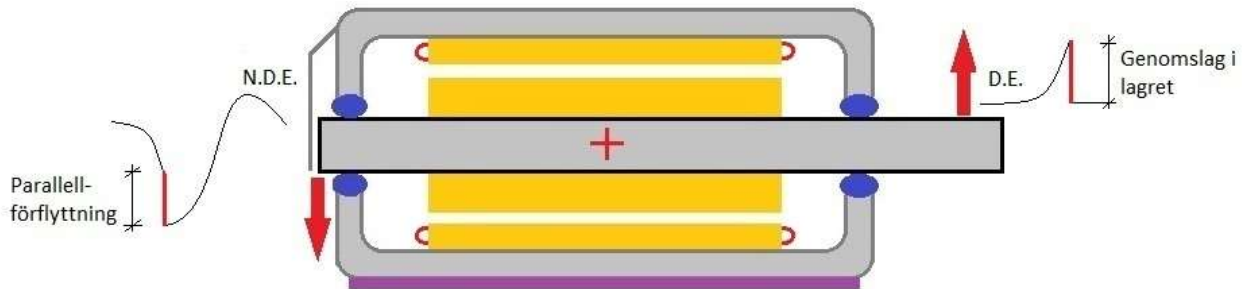


Fig. 4 Bilden ovan illustrerar ett genomslag som sker i lagret på D.E. Det röda krysset i mitten av axeln visar var medelpotentialen ligger. När urladdningen påbörjas visar grafen för N.D.E. att spänningen sjunker mot ett negativt värde, samtidigt som D.E. stiger mot ett positivt värde. I detta exempel sker genomslaget först i D.E. som visas av det röda strecket, samtidigt syns att N.D.E. flyttar sig lika mycket potentialmässigt i negativ riktning.

När D.E. i figur 4 stiger potentialmässigt i positiv riktning kommer N.D.E. att potentialmässigt sjunka i negativ riktning. D.E. når sin genomslagsspänning och ett genomslag sker i lagret.

Axeln förskjuts parallellt i negativ eller positiv potentialriktning när ett genomslag inträffar i ett lager då rotorkapacitansen laddas ur, men den redan befintliga inducerade spänningen i axeln kommer upprätthålla förskjutningen.

Eftersom när genomslaget sker i lagret på D.E. kommer hela rotorn potentialmässigt att flyttas parallellt i negativ riktning. Det medför att N.D.E. ytterligare kommer öka i potential och därmed riskera nå en spänning som är högre än genomslagsspänningen för lagret.

Axeln förskjuts parallellt eftersom den axelände där genomslaget sker i kommer få en potential noll (jord) under den korta tid då genomslaget sker. Det medför att den andra axeländen kommer få en förhöjning av sin potential, eftersom växelspanningens flödesriktning inte hinner ändras under tiden ett genomslag sker, det resulterar i att axeln förflyttas parallellt i negativ riktning som i figur 4.

Axeln har en inducerad växelspanning, det är den växelspanning som "väger" åt det ena eller andra hållet. Flödesriktningen som denna axelspänning orsakar är dock mycket långsammare på att ändra riktning än tiden det tar för ett genomslag att ske, detta kommer göra att axelns potential "tvingas" i negativ eller positiv riktning under tiden genomslaget sker, för att sedan klinga ut med rotorns egenfrekvens.

Första genomslaget kan ske i N.D.E. eller D.E. Det är inte förutbestämt vilket lager som genomslaget först sker i, det beror på oljefilmens genomslagsspänning. Skillnaden blir den att axelns potential parallellförflyttas positivt eller negativt beroende på vilken axelände urladdningen sker i först.

4 KAPACITIVT KOPPLADE LAGERSTRÖMMAR

Ett ekvivalent schema enligt figur 5 visar en asynkronmotor och dess parasitiska kapacitanser.

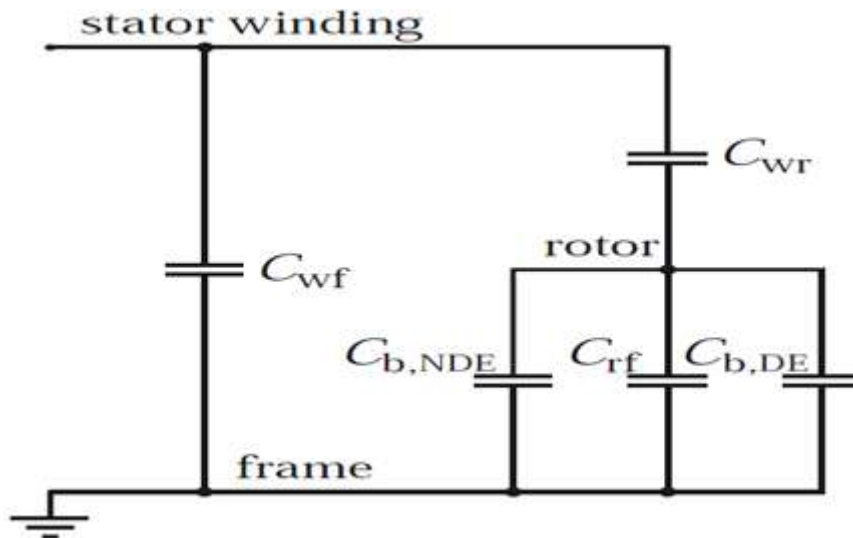


Fig. 5 Bilden visar de kapacitanser i en asynkronmotor som är väsentliga vid kapacitivt kopplade lagerströmmar. (bilden är tagen ur 2004 A. Muetze)

C_{wf} = kapacitansen mellan statorlindning och chassi (winding, frame) C_{wr} = kapacitansen mellan statorlindning och rotor (winding, rotor)

$C_{b,NDE}$ = kapacitansen mellan rotor och chassi, genom lagret på icke drivsidan

C_{rf} = kapacitansen mellan rotor och chassi (rotor, frame)

$C_{b,DE}$ = kapacitansen mellan rotor och chassi, genom lagret på drivsidan

Vid en intakt oljefilm agerar C_{wr} , C_{rf} samt C_b som en spänningsdelare och skapar en spänning över lagren som är speglad av common-mode spänningen. Spänningen delar förstås upp sig över kapacitanserna beroende på kapacitansernas storlek och gör att motorstorleken spelar in om denna typ av lagerström är skadlig, eftersom kapacitanserna ändras bland annat med motorstorlek.

Den common-mode spänning som finns på grund av att summan av de tre faserna inte är noll kommer att driva en högfrekvent ström genom dessa ovan nämnda kapacitanser och spänning skapas över lagren.

Den spänning som delats upp över lagren kommer att orsaka genomslag om spänningen överstiger lagrets genomslagsspänning. Genomslagen i lagren sker helt oberoende av varandra, eftersom potentialen på hela rotorn är den samma, det vill säga likfas, till skillnad från induktivt kopplade lagerströmmar.

De kapacitiva urladdningsströmmarna dominerar i mindre motorer med en axelhöjd < 280 mm. Som nämnt innan är dessa urladdningsströmmar ett resultat av common-mode spänning och de olika kapacitanserna som uppstår i motorn. För att kapacitiva urladdningsströmmar ska kunna uppstå, måste axeln vara ojordad, det vill säga flytande last.

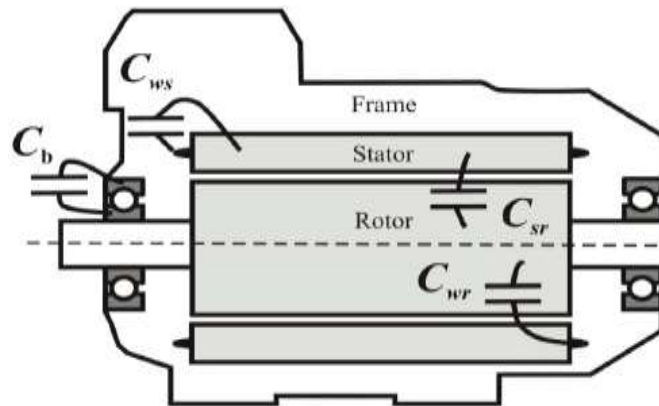


Fig. 6 Bilden visar de kapacitanser i en asynkronmotor som är av betydelse i just denna typ av lagerström.

5 STOMSPÄNNING

De läckströmmar som drivs genom motorns kapacitanser mellan lindning och stator på grund av common-mode spänningen skall idealiskt sett återvända till frekvensomriktaren. Men skulle en mätning utföras på spänningsfallet på återledningskabeln vid normal drift och vid frekvensomriktardrift kommer det att erhållas en markant förhöjning av spänningsfallet i kablarna, vid just frekvensomriktardrift. Det beror på att impedansen för de högfrekventa strömmarna som skall återledas till frekvensomriktaren ökar¹, vilket kommer alstra högfrekventa spänningar i chassit, detta kallas stomspänning.

5.1 Axeljordade lagerströmmar

Den ström som common-modespänningen driver genom lindning-stator kapacitansen kommer ta den enklaste vägen till jord. Är impedansen låg nog via lasten, än via återledaren kommer delar av strömmen ta vägen genom lasten och genomslag i lagret äger rum.

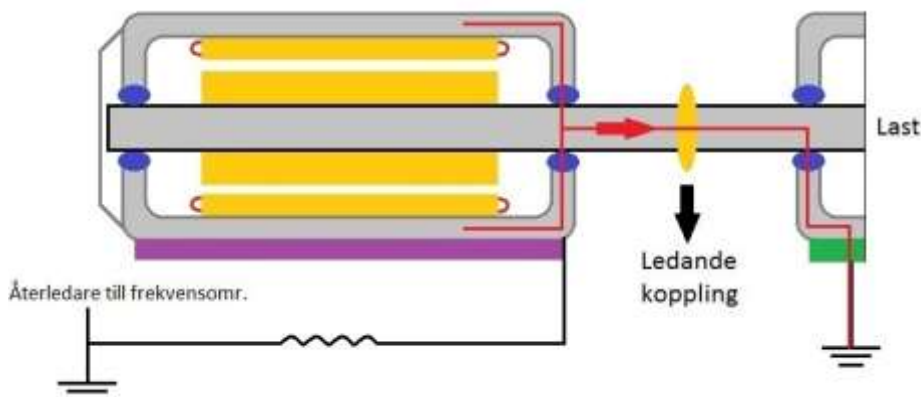


Fig. 7 Bilden visar hur strömmen söker sig till jord via lasten. Är lasten t.ex. en fläkt, som är förbunden till jord via lagren är risken stor att EDM-aktivitet i lastens lager uppstår.

¹ Kabelns induktans bidrar till en högre impedans vid högfrekventa strömmar.

6 MOTÅTGÄRDER FÖR LAGERSTRÖMMAR

6.1 Filter

6.1.1 Common-mode filter

Common-mode filtret fungerar som en lokal induktans och ser till att det blir högt motstånd för de högfrekventa komponenterna som frekvensomriktaren skapar.

Common-mode filter är en bra lösning för induktivt kopplade lagerströmmar. Filtret består av ett antal ferritringar som monteras direkt vid frekvensomriktarens matande motorkabel. Common-mode filtret filtrerar bort delar av icke sinusformade strömmar som annars drivs igenom parasitiska kapacitanser i elmotorn. Filtret är ett prisvärt alternativ till ex. du/dt och sinusfilter. Enligt ABB är common-mode filtret i första hand avsett för induktivt kopplade lagerströmmar.

6.1.2 Du/dt filter

Filtret ansluts direkt efter frekvensomriktaren i serie med matande motorkabel.

du/dt filter dämpar spänningstransienter så att spänningsderivatan som bidrar till att högfrekventa strömmar uppkommer minskas. Ett du/dt filtret filtrerar bort mer störningar än ett common-mode filter, men det som filtreras bort avgår i värmeförluster och verkningsgraden sjunker då en aning.

6.1.3 Sinusfilter

Även detta filter monteras direkt efter frekvensomriktaren på matande motorkabel.

Filtret omvandlar spänningens fyrkantsvåg till en sinusformad våg genom att reducera spänningens stigtid. Filtret skall vara inställt efter frekvensomriktarens switchnings-frekvens. Filtret har relativt höga förluster och utvecklar värme. Spänningen är näst intill sinusformad vilket givetvis eliminerar lagerströmmar men att använda sig av ett sinusfilter för att i första hand motverka lagerströmmar är inte alltid ekonomiskt försvarbart. Sinusfilter kan inte användas vid vektorstyrda omriktare eftersom de inför en kapacitiv komponent i omriktarens last, vilket vektorregleringen inte är förberedd för.

6.2 Släpring

Släpring är en sorts jordningsborste som monteras på motoraxeln vilket bidrar till att axeln erhåller samma potential som chassit.

Denna åtgärd är en effektiv lösning när problem med kapacitivt kopplade urladdningsströmmar förekommer. Ovan beskrivet visar att strömmen söker sig från axeln via lagret och chassit till jord, om släpringen monteras på axeln kommer spänningen över lagren att minimeras.

I bilaga 1 (mätserie 1.1 och 1.2) visar resultatet en tydlig förbättring av EDM-aktiviteten vid montage av släpring. Till skillnad från induktivt kopplade lagerströmmar har kapacitivt kopplade lagerströmmar en likfas spänning på motoraxeln, det vill säga de båda axeländarna rör sig potentialmässigt lika. Således är denna lösning effektiv för båda lagren även vid montage av endast en ring.

6.3 Jordning

Vid axeljordade lagerströmmar som uppstår på grund av stomspänning är problemet att strömmen tar den enklaste vägen till jord, som är via lagret och axeln.

Är det rätt typ av skärm i matande kabel och att impedansen i skyddsledaren är tillräckligt låg för högfrekventa strömmar kommer denna typ av lagerström att minimeras.

7 DISKUSSION

7.1 Isolerade lager

Kullagertillverkaren SKF har tagit fram ett lager som heter Insocoat-lager², detta har marknadsförts som en lösning på Lagerströmsproblematiken. Anledningen till att det skall fungera är att det bryter upp den "krets" som uppstår vid induktivt kopplade lagerströmmar.

Problemet är att det inte bara är induktivt kopplade lagerströmmar och cirkulerande lagerströmmar som orsakar lagerskador. Som beskrivits innan existerar även kapacitivt kopplade lagerströmmar i mindre motorer. Skulle ett Insocoat-lager monteras på en motor där kapacitivt kopplade lagerströmmar förekommer, kommer EDM-aktiviteten antagligen att öka i det oisolerade lagret eftersom strömmarna fortfarande söker sig till jord. Även vid induktivt kopplade strömmar kan genomslag i Insocoat-lagret samt i det oisolerade lagret ske.

Mätresultaten i bilaga 1(mätserie 2.1 och 2.3) visar att pumpmotorn med ett monterat Insocoat-lager på N.D.E. visar en skadlig EDM-aktivitet.

Om det antas att det handlar om induktivt kopplade lagerströmmar som orsakar genomslagen, blir det ganska klart att även om isolering av lagret på N.D.E. görs kommer troligtvis axelns spänning "tippa" ända tills ett genomslag sker i det oisolerade lagret.

Om Figur 4 betraktas i bilaga 1 syns det att lagret har havererat på grund av lagerström. Anledningen till att ström har gått genom det isolerade lagret är att det fungerar som en kondensator.

Enligt den matematiska formeln för impedansen i en kondensator; $Z = (2\pi * f * C)^{-1}$ kommer impedansen sjunka vid en stigande frekvens och orsakar därför genomslag i det isolerade lagret eftersom läckströmmarna är högfrekventa.

Även hybridlager med keramiska rullkroppar marknadsförs som en lösning till lagerströmmar. Hybridlager är fullt elektriskt isolerade tack vare sina keramiska rullkroppar och kan således inte drabbas av strömgenomgång. Dessa hybridlager är avsevärt dyrare än både ett standardlager och Insocoat-lager. Problematiken är dock fortfarande att genomslag kan ske i det oisolerade lagret både vid kapacitivt och induktivt kopplade lagerströmmar. Att montera hybridlager på båda sidorna skulle förvisso eliminera genomslagen i motorns lager men en hög spänning på motoraxeln kan alstras vilket kan bli riskabelt ur säkerhetssynpunkt.

² Insocoat-lager har ett isolerande skikt på ytter- eller innerringen. Materialet som används är aluminiumoxid, som även används i vissa kondensatorer.(elektrolytkondensatorer).

7.2 Jordning av chassi

Det är inte ovanligt att man inom branschen anser att en fullgod jordning eliminerar lagerströmmarna. Men detta är inte helt sanningsenligt.

En god jord vid stomspänning/axeljordade lagerströmmar kommer att göra att strömmen kommer gå den tänkta vägen genom skyddsjorden/återledaren, istället för att gå igenom lagret till jord. Vid denna typ av lagerström är det alltså helt rätt att chassit har en god jord även för högfrekventa strömmar för att eliminera dessa lagerströmmar.

Att jorda ner chassit vid kapacitivt kopplade urladdningsströmmar kommer resultera i en större potentialskillnad mellan chassi och axel, eftersom axeln pendlar potentialmässigt. Är chassit ordentligt jordat kommer alltså chassits potential stå still, medan rotorn gör sina "språng". Det kommer medföra en ökad EDM-aktivitet. Följaktligen är inte en jordning av chassi en universallösning när det rör sig om lagerströmmar, det är givetvis ingen lösning att ta bort jordningen heller. Att montera en jordningsborste för att leda strömmen från axeln via jordningsborsten till jord, istället för via lagret är en lösning på just kapacitivt kopplade urladdningsströmmar.

BILAGA 1

1 Syfte

Syftet med dessa mätningar är att påvisa EDM³-aktiviteter i asynkronmotorer där lagerströmmar misstänks förekomma samt där åtgärder vidtagits för att eliminera dem.

2 Utförande

Mätningarna utförs med ett instrument kallat "BEPPE" som är avsett för att detektera högfrekventa lagerströmmar. Instrumentet är framtaget av GKE Elektronik AB.

Mätinstrumentet mäter PPS (Pulse per second). PPS är antalet gånger som ett genomslag i lagret uppstår, under en sekund. Pulser mäts vid tre olika spänningsderivator ($V/\mu s$) då Spänningsderivatan är ett mått på hur kraftiga genomslagen i lagret är. De tre förinställda spänningsderivatorna som mätinstrumentet använder sig av är 200-, 100- och 50 $V/\mu s$.

Ett högt PPS-värde vid spänningsderivatan 200 $V/\mu s$ är alltså mer skadligt för ett lager än ett högt PPS-värde vid 50 $V/\mu s$, eftersom genomslagsenergin är kraftigare vid högre spänningsderivator.

Gränsvärden för en garanterad riskfri driftssituation definieras som följande "Motorlager, kardanaxlar och lager i anslutning till drivlinan ska inte, under någon del av varvtalsområdet och temperaturområdet, utsättas för spänningar som leder till EDM. Det innebär att EDM-nivån ska vara mindre än 100 PPS vid 10 V genomslagsspänning och mindre än 10 PPS vid 20 V." Där 10 V motsvarar 100 $V/\mu s$ och 20 V motsvarar 200 $V/\mu s$.

3 MÄTSERIE 1.1

Mätning 1.1 samt mätning 1.2 genomfördes på ventilationsanläggningar på en fastighet i Kalmar. Mätningarna utfördes på nästintill identiska ventilationsanläggningar, nr.11 och 12, som är placerade i fastigheten. Det som skiljer de åt är att anläggning nr.12 är utrustad med en släpring som potentialutjämnar rotoraxeln.

Ventilationsaggregatet är isolerat via sin upphängning. Fläkten drivs via en icke ledande kilrem och är inte jordad via lasten. Motorchassits enda potentialutjämnning är via skärmen i matande kabel. Motorstorleken är 1,5 kW. Närmare information om motor, kabel och frekvensomformare finns i bilaga 2.

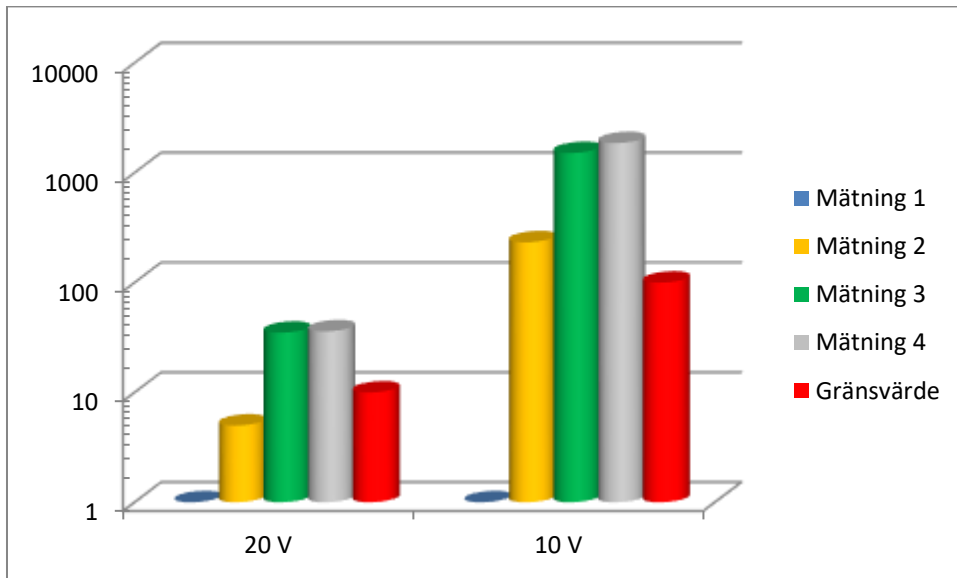
Mätningarna 1-4 gjordes vid ökande varvtal. Mätning 1 hade en frekvens av 20 Hz och mätning 4 hade en frekvens på 60 Hz.

³ Electric discharge machining (Gnistbearbetning i lagret).

3.1 Resultat mätserie 1.1

Y-axeln i samtliga diagram är logaritmisk och mäter i enheten PPS.

Diagram 1 Stapeldiagram som visar de två skadliga genomslagsnivåerna tillsammans med mätresultatet under fyra mätningar. Ventilationsanläggning nr.11 Utan släpning. Motor FFD, 1.5kW 2-polig. Frekvensomriktare Danfoss VLT.



Tabell 1. Varje mätningens specifika värde.

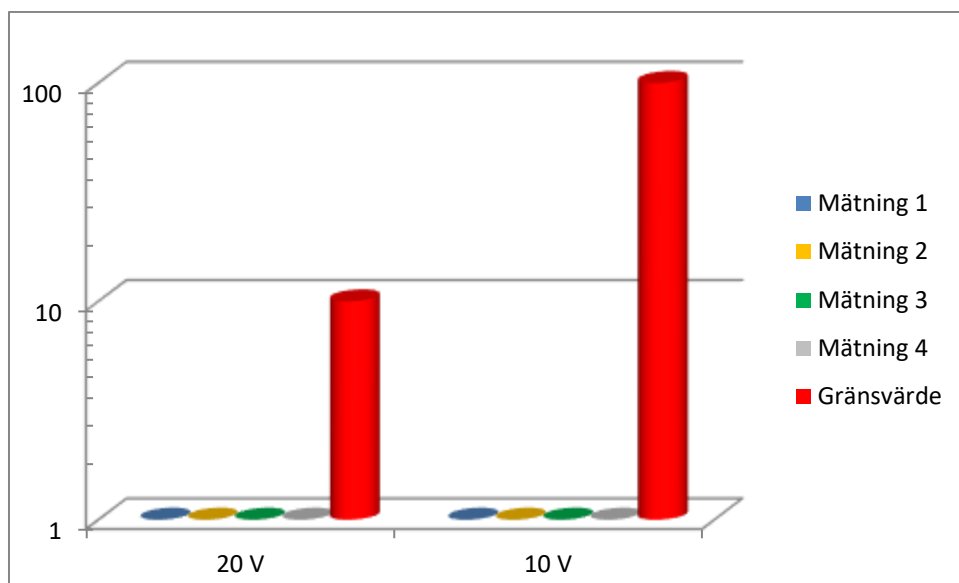
Mätförsök	20 V	10 V	
Mätning 1	0	0	PPS
Mätning 2	5	233	PPS
Mätning 3	35	1512	PPS
Mätning 4	36	1863	PPS
Gränsvärde	10	100	PPS

4 Mätserie 1.2

Ventilationsanläggningen är som beskriven i mätserie 1.1 ovan.⁴ Enda skillnaden är släpningen som potentialutjämnar motorchassit och rotoraxeln.

4.1 Resultat mätserie 1.2

Diagram 2. Stapeldiagram som visar de två skadliga genomslagsnivåerna tillsammans med mätresultatet under fyra mätningar. Ventilationsanläggning nr.12 Med släpning. Motor FFD, 1.5kW 2-polig. Frekvensomriktare Danfoss VLT.



Tabell 2. Varje mätningens specifika värde.

Mätförsök	20 V	10 V	
Mätning 1	0	0	PPS
Mätning 2	1	0	PPS
Mätning 3	1	0	PPS
Mätning 4	1	0	PPS
Gränsvärde	10	100	PPS

⁴ Specifikationer finns att tillgå i bilaga 2.

4.2 Diskussion mätserie 1.1 samt 1.2

Det kan uteslutas att det rör sig om stomspänningar⁵ som orsakar genomslagen, eftersom axeln inte är jordad via lasten. Då det är kapacitivt kopplade lagerströmmar är det en effektiv åtgärd att utrusta motoraxeln med en släpring som ser till att axeln och motorchassit har samma potential, vilket minimerar lagerströmmarna. Mätserie 1.2 visar på ett resultat där lagerströmmarna är kraftigt reducerade, tack vare släpringen.



Fig. 8 Bilden visar den monterade släpringen som potentialutjämnar axel och chassi på ventilationsanläggning nr 12.

5 MÄTSERIE 2.1 SAMT 2.2

Mätningarna utfördes på fjärrvärmenätspumpar 2 och 3 (de två motorerna till höger i figur 9) på ett värmeverk i Småland. Elmotorerna och pumparna på mätserie 2.1 samt 2.2 är nästintill identiska. Det som skiljer de åt är att den ena motorn, nätpump 2, har ett Insocoat-lager på den icke drivande sidan.

Frekvensomriktarna som driver de två motorerna skiljs åt i årtal och fabrikat. Nätpump 2 drivs av en Danfoss VLT 8352. Nätpump 3 drivs av en ABB ACS 800, ABB frekvensomriktaren är den nyare. Närmare specifikationer på motor, pump och frekvensomriktare finns i bilaga 2.

⁵ Uppstår när skyddsledaren har hög impedans. Läckströmmar från motorledning via kapacitans till motorchassit söker sig till jord. Är motoraxeln jordad via lasten går ofta en del av strömmarna till jord via lagren och motoraxel till jord.



Fig. 2 De två motorerna till höger är mätobjekten.

Motorerna har en isolerande koppling mellan axel och pump. Motorchassit är fast monterat med bultförband i samma betongfundament som pumphuset, utan någon extra potentialutjämning.

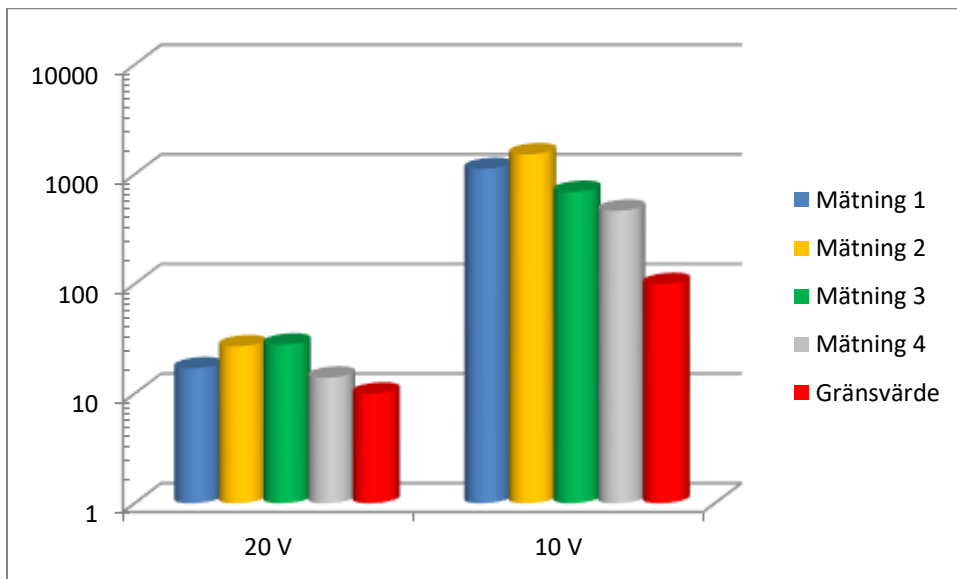
Mätningarna 1-4 utfördes med ett stigande varvtal. Där mätning 1 gjordes vid 15 Hz och mätning 4 vid 44 Hz.



Fig. 10 Isolerande koppling på båda pumparna, se figur ovan.

5.1 Resultat mätserie 2.1

Diagram 3. Stapeldiagram som visar de två skadliga genomslagsnivåerna tillsammans med mätresultatet under fyra mätningar. Fjärrvärmenät pump nr.2 ABB motors, 250kW 4-polig. Frekvensomriktare Danfoss VLT 8352

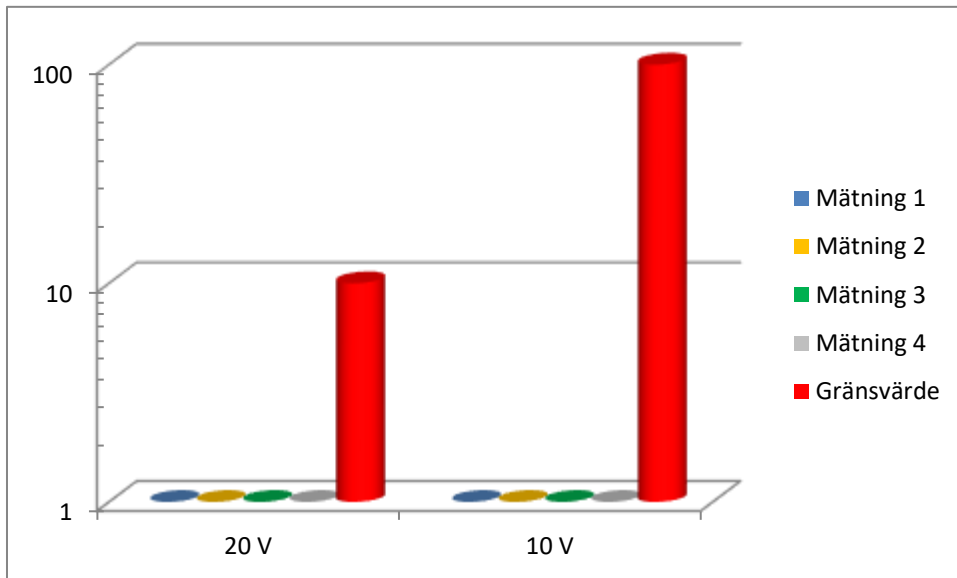


Tabell 3. Varje mätningens specifika värde.

Mätförsök	20 V	10 V	
Mätning 1	17	1121	PPS
Mätning 2	27	1523	PPS
Mätning 3	28	693	PPS
Mätning 4	14	466	PPS
Gränsvärde	10	100	PPS

5.3 Resultat mätserie 2.2

Diagram 4. Stapeldiagram som visar de två skadliga genomslagsnivåerna tillsammans med mätresultatet under fyra mätningar. Fjärrvärmenät pump nr.3 ABB motors, 250kW 4-polig. Frekvensomriktare ABB ACS 800



Tabell 4. Varje mätningens specifika värde.

Mätförsök	20 V	10 V	
Mätning 1	1	1	PPS
Mätning 2	1	0	PPS
Mätning 3	1	0	PPS
Mätning 4	1	0	PPS
Gränsvärde	10	100	PPS

5.4 Diskussion mätserie 2.1 samt 2.2

Mätresultaten på fjärrvärmepump nr. 2 visar en skadlig EDM-aktivitet trots att ett Insocoat-lager är monterat på N.D.E. Motorstorleken uppfyller kravet för att induktiva lagerströmmar ska vara dominerande. Dock kan inte kapacitivt kopplade lagerströmmar uteslutas, således rekommenderas att inte montera Insocoat-lager. Detta kommer förvärra situationen för det andra lagret vid kapacitivt kopplade lagerströmmar⁶.

Att installera ett Insocoat-lager vid induktivt kopplade lagerströmmar är inte alltid att rekommendera om intentionen är att eliminera lagerströmmar i båda lagren. Det minskar lagerströmmarna i Insocoat-lagret, men det kommer fortfarande att utsättas för genomslag, eftersom det inte är helt isolerande vid höga frekvenser. Se figur 11 nedan.



Fig. 11 Lagret ovan är ett Insocoat-lager från SKF som har havererat p.g.a. lagerströmmar. "Blixtläsmönstret" indikerar tydligt att det är lagerströmmar som orsakat haveriet.

Fjärrvärmepump nr. 3 drivs av en nyare frekvensomriktare och uppvisar avsevärt lägre EDM-aktivitet. Det beror på att frekvensomriktaren ABB AC S800 har ett inbyggt common-mode filter. Mer specifik data finns i bilaga 2.

⁶ Se rubrik 3 och 4 ovan för mer information om induktivt samt kapacitivt kopplade lagerströmmar.

6 MÄTSERIE 3

Mätningarna utfördes på en fjärrvärmeanläggning i Småland. Objektet är en rökgasfläkt på 200 kW som styrs av en Vacon frekvensomriktare. Elmotorn har haft problem med lagerströmmar sen tidigare, nu har dock åtgärder vidtagits. Frekvensomriktarens matande kabel är utrustad med ferritringar, vilka fungerar som ett common-mode filter.

Elmotorn är även utrustad med ett Insocoat lager på N.D.E., kopplingen är även isolerad. Motorn står fast på ett stålfundament utan vibrationsdämpande fötter, likaså lasten. Elmotorn är utrustad med en extra potentialutjämning.

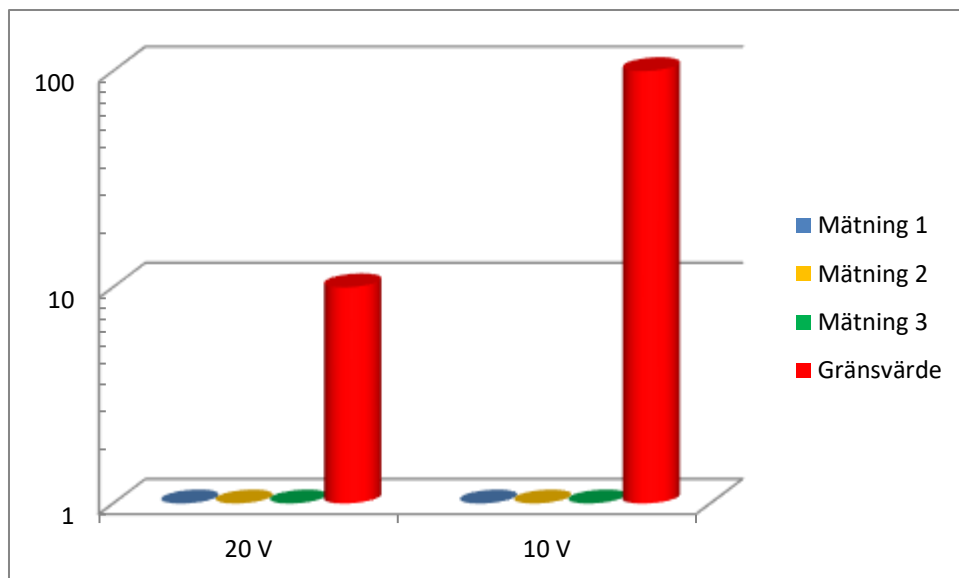
Mätning 1-3 utfördes med konstant varvtal, varvtalet var 50 % av det maximala.



Fig. 12 Bilden visar mätobjektet vid mätning 3. Den högra kabeln är extra potentialutjämningen.

6.1 Resultat mätserie 3

Diagram 5. Stapeldiagram som visar de två skadliga genomslagsnivåerna tillsammans med mätresultatet under fyra mätningar. Motorn är av typen ABB motors, 200kW 6-polig. Frekvensomriktare Vacon 160CXL.



Tabell 5. Varje mätningens specifika värde.

Mätförsök	20 V	10 V	
Mätning 1	1	1	PPS
Mätning 2	1	0	PPS
Mätning 3	1	0	PPS
Gränsvärde	10	100	PPS

6.2 Diskussion mätserie 3

Eftersom axelkopplingen är isolerad från lasten kan axeljordade lagerströmmar uteslutas.

Motorn är i den storleksklassen att vare sig induktivt eller kapacitivt kopplade lagerströmmar kan uteslutas. Motorn är utrustad med ett Insocoat lager på N.D.E. och frekvensomriktaren är utrustad med common-mode filter. Om kapacitivt kopplade lagerströmmar hade

förekommit hade vi sett en EDM-aktivitet i det icke isolerande lagret, enligt tidigare teorier. Eftersom vi inte mäter upp någon EDM-aktivitet, har common-mode filtret fungerat.



Fig. 13. Ferritringarna som är monterade på matande kabel efter frekvensomriktaren fungerar som ett common-mode filter då dessa agerar som en lokal induktans för icke sinusformade strömmar.

BILAGA 2

Specifikationer

Mätserie 1.1 samt 1.2

Motor: FFD, 1.5kW 2-polig

Typ: DFIG 90S-2

Kabeltyp: RKFK 4x1.4 Klassad 450-750V <20m.

Frekvensomriktare: Danfoss VLT

Typ: 3504 HVAC

Serie nr: 06 82 15 G257

Mätserie 2.1

Motor: ABB motors, 250kW 4-polig

Typ: M3BP 355sma 4 b3

Pump: Sulzer APP55-100

Kabellängd: 15m (2xcu120)

Frekvensomriktare: Danfoss VLT

Typ: VLT 8352

Serie nr: 000 20 2H 534

Mätserie 2.2

Motor

ABB motors, 250 kW 4-polig

Typ: M3BP 355sma 4 b3

Pump: Sulzer APP55-100

Kabellängd: 15m (2xcu120)

Frekvensomriktare: ABB ACS 800-07-0320-3

Serie nr: 44 600 84

Mätserie 3

Motor: ABB motors, 200kW 6-polig

Typ: M2BA 355 5MA 6 B 3

Frekvensomriktare: Vacon

Typ: 160CXL4A5NO Serie nr: 9185 055

